DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

# VOLUME 2

# DESCRIPTION GENERALE DES STRUCTURES, SYSTEMES ET COMPOSANTS

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## PRESENTATION DU VOLUME 2

L'EPR NM est un réacteur à eau pressurisée de troisième génération, dérivé de l'EPR Flamanville, qui intègre des évolutions techniques permettant, tout en consolidant le niveau de sûreté, d'augmenter significativement la compétitivité du réacteur.

Les évolutions techniques présentées dans le volume 2 ont été retenues sur la base d'études de faisabilité techniques, industrielles et économiques. Elles seront confirmées et consolidées pendant la phase de « basic design », qui permettra de définir précisément la conception en conformité avec le référentiel de sûreté.

Les évolutions envisagées sont associées à des dispositions de conception qui permettent d'avoir un haut niveau de confiance dans l'atteinte des objectifs généraux de sûreté associés au projet.

## 1. STRUCTURES

Les structures sont décrites au chapitre 1 du présent volume.

L'îlot nucléaire d'une unité de production est constitué d'un Bâtiment Réacteur (BR), d'un Bâtiment Combustible (BK) ainsi que de trois Bâtiments des Auxiliaires de Sauvegarde (BAS) fondés sur un radier commun. Le Bâtiment des Auxiliaires Nucléaires existant sur l'EPR Flamanville est supprimé.

L'enceinte de confinement du bâtiment réacteur est une enceinte simple épaisse en béton armé précontraint revêtue d'un revêtement métallique (liner) recouvrant l'ensemble de sa surface interne ainsi que le radier.

Les structures de Génie Civil sont dimensionnées en considérant un « design standard » indépendant du site d'implantation envisagé en France.

La conception des ouvrages est définie afin d'améliorer la régularité des structures de génie civil. Elle est basée sur les principes suivants :

- assurer une redondance suffisante des éléments verticaux de contreventement ;
- limiter les risques d'interaction entre les ouvrages en adoptant un radier commun pour le bâtiment réacteur, le bâtiment combustible ainsi que trois bâtiments des auxiliaires de sauvegarde ;
- maintenir la continuité des éléments verticaux appartenant au système principal de contreventement, de façon à assurer un transfert régulier des efforts jusqu'aux fondations ;
- veiller à ce que les modes de déformation locale des éléments structuraux n'affectent pas leur participation au système principal de contreventement.

## 2. REACTEUR, COMBUSTIBLE, CIRCUIT PRIMAIRE

La conception du cœur et de son instrumentation ainsi que la conception du circuit primaire sont présentées au chapitre 2 du présent volume.

Elle s'appuie sur les enseignements de la conception détaillée de l'EPR Flamanville. En particulier, les principales caractéristiques de l'EPR Flamanville ont été analysées pour que l'EPR NM en conserve les bénéfices clés tout en évoluant sur certains aspects sensibles afin d'atteindre un niveau de sûreté optimal.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

Par rapport à l'EPR Flamanville, la conception du cœur a évolué sur les points suivants :

- l'assemblage combustible de l'EPR NM comprend 3 grilles de structure additionnelles, induisant une amélioration de la performance thermohydraulique de l'assemblage combustible par rapport à l'assemblage [ ] utilisé sur l'EPR Flamanville (augmentation des marges vis-à-vis du phénomène de crise d'ébullition). Cette évolution a également pour avantage de conférer à l'assemblage une plus grande rigidité et de fait une plus grande résistance mécanique en cas de brèche primaire ou séisme.
- en parallèle, l'EPR NM utilisera une nouvelle corrélation de flux critique [ ]. Celle-ci est développée spécifiquement pour la conception de l'assemblage combustible employé dans le cœur EPR NM et permettra de valoriser dans la démonstration de sûreté nucléaire le meilleur comportement thermohydraulique de la structure de l'assemblage combustible.
- l'utilisation de grappes noires seules est privilégiée pour favoriser l'efficacité des grappes absorbantes.

D'autre part, la conception des systèmes de protection et de surveillance du cœur a évolué. Les solutions techniques de l'EPR NM sont :

- l'utilisation d'une technologie de détecteurs disposés à l'extérieur de la cuve du réacteur (dite instrumentation « excore ») ; cette instrumentation fournit en permanence des signaux destinés aux fonctions de protection du cœur. Il n'est pas utilisé de collectrons à émetteur Cobalt, qui sont remplacés par une instrumentation nécessitant moins d'opérations de remplacement et permettant par ce fait de réduire la dose collective. Cette technologie excore et son mode d'utilisation par les fonctions de protection du cœur bénéficient du retour d'expérience du parc EDF en exploitation.
- l'utilisation de collectrons à émetteur rhodium en cœur (dite instrumentation « incore ») pour la réalisation des cartes de flux d'une part et d'autre part pour la reconstruction en temps réel de la distribution de puissance en trois dimensions, traitée par le système de surveillance et de contrôle du cœur. Ces mesures, couplées à une unité de reconstruction de la puissance (basée sur un code neutronique utilisé dans les études de conception) en 3D, permettent de suivre en ligne les paramètres principaux du cœur (Rapport de Flux Thermique Critique (RFTC) et puissance linéique) en réduisant l'incertitude sur les valeurs reconstruites par le système de surveillance.

Enfin, la conception du circuit primaire reprend les caractéristiques de l'EPR Flamanville en termes de dimensionnement des gros équipements tout en s'adaptant au niveau de puissance visé via une augmentation de la taille des générateurs de vapeur et du pressuriseur afin de garantir les performances opérationnelles et le niveau de sûreté requis. De plus, des évolutions plus spécifiques allant dans le sens d'un renforcement du niveau de sûreté sont prévues comme par exemple le remplacement des joints hydrostatiques des groupes motopompes primaires par une nouvelle technologie de joints (dits joints hydrodynamiques). Cette technologie présente une meilleure qualification en conditions primaires dégradées, et ainsi permet une amélioration de la gestion des situations accidentelles de perte des moyens de refroidissement des joints. Elle présente aussi des améliorations notables en termes de redondance, performance et maintenance.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## 3. SYSTEMES AUXILIAIRES

Les systèmes auxiliaires des circuits primaires et secondaires sont présentés aux chapitres 3, 7, 8 et 9 du présent volume.

Concernant la conception de ces systèmes, en cohérence avec le double objectif de sûreté et de compétitivité économique porté par l'EPR NM, plusieurs évolutions ont été retenues.

Il convient de noter, en particulier, la suppression de la maintenance préventive réacteur en fonctionnement des systèmes de sauvegarde RIS (chapitre 3.2) et ASG (chapitre 3.3), tout en gardant le même objectif de disponibilité, ce qui permet une configuration avec 3 trains de sauvegarde.

Concernant les systèmes VDA (chapitre 3.5) et VVP (chapitre 9.2), la possibilité de réaliser une fonction opérationnelle de décharge à l'atmosphère de manière à découpler l'îlot nucléaire de l'îlot conventionnel dans les phases de démarrage et d'arrêt est analysée dans le cadre du « basic design ». De même, une alimentation en eau des générateurs de vapeur assurée par un apport en eau alimentaire dégazée via le système ASG est à l'étude. Il est à noter également que le poste de vannage ARE (chapitre 9.4) proposé pour EPR NM est en évolution par rapport à l'EPR Flamanville et son optimisation est en cours d'étude.

Un système d'aspersion enceinte EAS (chapitre 3.7) a été ajouté afin de pouvoir réutiliser le même type d'équipements que ceux installés et qualifiés sur l'EPR Flamanville.

Le système de traitement et de refroidissement de l'eau des piscines PTR présenté dans le chapitre 7.3 ne présente pas d'évolutions majeures par rapport à l'EPR Flamanville. Cependant les études sont en cours concernant son architecture et des évolutions pourraient être envisagées ultérieurement.

Par ailleurs, la suppression du Bâtiment des Auxiliaires Nucléaires (BAN) et la mutualisation de certains systèmes entre unités de production permettent de rationaliser la conception des systèmes de borication, dilution et traitement des effluents et d'améliorer la sûreté par optimisation du confinement radioactif en localisant les fonctions auxiliaires (borication, etc.) dans le Bâtiment Combustible (BK) et les Bâtiments des Auxiliaires de Sauvegarde (BAS), les autres fonctions étant déportées dans le Bâtiment de Traitement des Effluents (BTE) commun aux deux unités de production (voir chapitres 8.2 et 10).

Enfin, en complément des gains attendus du fait de l'organisation du projet EPR NM, la prise en compte dès la phase de « basic design » des enseignements issus de l'EPR Flamanville et des aspects industriels tels que la standardisation des équipements permettra une optimisation de la conception des systèmes avec un haut niveau de confiance au regard de leur capacité à assurer les performances requises. Ainsi, concernant les enseignements issus de l'EPR Flamanville, il a déjà été retenu de réduire le délai d'injection de bore dans le cœur par le système de borication de sécurité RBS (chapitre 3.4) en connectant ses lignes d'injection directement sur les branches froides, ainsi que d'augmenter l'efficacité du système d'injection de sécurité RIS en augmentant les débits injectés dans les boucles primaires par les pompes ISMP.

## 4. SYSTEMES DE CONFINEMENT ET DISPOSITIONS DE MITIGATION DES ACCIDENTS AVEC FUSION DU CŒUR

Concernant les dispositions de mitigation des accidents avec fusion du cœur décrites au chapitre 4 du présent volume, et en particulier le récupérateur de corium (chapitre 4.2), la stratégie de gestion des conséquences de tels accidents est la même sur EPR NM que pour l'EPR Flamanville. Cependant, la surface et la géométrie du récupérateur de corium ainsi que du système de décharge (canal et porte fusible) ont évolué afin d'en faciliter la construction sans que leurs performances en termes de sûreté soient dégradées. La

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

réduction de taille a en effet été faite de sorte à conserver des marges de sûreté suffisantes, notamment par rapport à la capacité d'échanges thermiques.

En termes de rôle fonctionnel, le système EVU (chapitre 4.3) permettant d'évacuer la puissance résiduelle de l'enceinte ne présente pas d'évolution à ce stade par rapport à la conception de l'EPR Flamanville mais des études sont en cours pour définir précisément son architecture.

Les autres systèmes participant à la fonction confinement décrits au chapitre 3.1 du présent volume sont en évolution par rapport à EPR Flamanville du fait du passage à une simple enceinte. En particulier, les systèmes de collecte des fuites (EPP, DWL) sont modifiés.

## 5. SYSTEMES SUPPORT

Concernant les systèmes support :

- l'architecture du contrôle-commande présentée au chapitre 0 intègre le retour d'expérience des projets EPR en cours. Elle sera également adaptée pour tenir compte du passage à une architecture 3 trains des systèmes d'injection de sécurité (RIS) et d'alimentation en eau de secours des générateurs de vapeur (ASG).
- l'architecture du système électrique présentée au chapitre 6 est adaptée pour prendre en compte également le passage à une architecture 3 trains. Par ailleurs, il est à noter une importance particulière accordée à l'indépendance du réseau de distribution relatif aux dispositions de mitigation des accidents avec fusion du cœur par rapport au reste de la distribution électrique.
- l'architecture des chaînes de refroidissement présentée au chapitre 8.1 est adaptée à l'architecture 3 trains des systèmes supportés ;
- l'architecture des systèmes de ventilation présentée au chapitre 8.3 est également adaptée pour tenir compte du passage à une architecture 3 trains.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## TABLE DES MATIERES


| | | |
|---|---|---|
| **PRESENTATION DU VOLUME 2** | | **244** |
| **1.** | **STRUCTURES** | **244** |
| **2.** | **REACTEUR, COMBUSTIBLE, CIRCUIT PRIMAIRE** | **244** |
| **3.** | **SYSTEMES AUXILIAIRES** | **246** |
| **4.** | **SYSTEMES DE CONFINEMENT ET DISPOSITIONS DE MITIGATION DES ACCIDENTS AVEC FUSION DU CŒUR** | **246** |
| **5.** | **SYSTEMES SUPPORT** | **247** |
| **0.** | **RÉFÉRENCES** | **258** |
| **1.** | **STRUCTURES** | **258** |
| **1.1.** | **Bâtiment réacteur** | **258** |
| **1.2.** | **Bâtiments de l'îlot nucléaire sur radier commun** | **269** |
| **1.3.** | **Autres bâtiments** | **273** |
| **2.** | **REACTEUR, CŒUR, CIRCUIT PRIMAIRE ET SYSTEMES ASSOCIES** | **277** |
| **2.1.** | **Réacteur, cœur, combustible** | **277** |
| **2.2.** | **Instrumentation coeur** | **289** |
| **2.3.** | **Circuit primaire et systèmes associés** | **304** |
| **3.** | **SYSTEMES DE CONFINEMENT ET DE SAUVEGARDE** | **331** |
| **3.1.** | **Systèmes de confinement** | **331** |
| **3.2.** | **Système d'injection de sécurité (RIS) et réservoir de remplissage des piscines (IRWST)** | **397** |
| **3.3.** | **Circuit d'alimentation en eau de secours des générateurs de vapeur (ASG)** | **413** |
| **3.4.** | **Système de borication de sécurité (RBS)** | **427** |
| **3.5.** | **Circuit de décharge à l'atmosphère (VDA)** | **435** |
| **3.6.** | **Système d'appoint en eau de secours (SEM)** | **445** |
| **3.7.** | **Système d'aspersion enceinte (EAS)** | **451** |
| **4.** | **SYSTEMES DE MITIGATION DES ACCIDENTS AVEC FUSION DU CŒUR** | **458** |
| **4.1.** | **Suppression du système « convect »** | **458** |
| **4.2.** | **Système de récupération et de stabilisation du corium (RSC)** | **460** |
| **4.3.** | **Système d'évacuation ultime de chaleur (EVU)** | **464** |


This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2


| | | |
|---|---|---|
| 5. | ARCHITECTURE GENERALE DU CONTROLE-COMMANDE | 472 |
| 5.1. | Rôle fonctionnel | 472 |
| 5.2. | Architecture du contrôle-commande | 473 |
| 5.3. | Prise en compte des exigences de conception dans l'architecture du contrôle-commande | 482 |
| 6. | ALIMENTATION ÉLECTRIQUE | 488 |
| 6.1. | Rôle fonctionnel | 488 |
| 6.2. | Description de l'alimentation électrique | 490 |
| 6.3. | Prise en compte des exigences de conception dans l'architecture de l'alimentation électrique | 500 |
| 6.4. | Prise en compte des pertes électriques à la conception | 508 |
| 7. | PISCINES COMBUSTIBLE ET SYSTEMES ASSOCIES | 527 |
| 7.1. | Description globale des piscines réacteur | 529 |
| 7.2. | Description globale des piscines combustible | 529 |
| 7.3. | Traitement et refroidissement de l'eau des piscines (PTR) | 530 |
| 7.4. | Dispositions d' « élimination pratique » | 538 |
| 7.5. | Systèmes de manutention | 540 |
| 8. | AUTRES SYSTEMES FLUIDES | 543 |
| 8.1. | Chaînes de refroidissement | 543 |
| 8.2. | Auxiliaires du circuit primaire | 562 |
| 8.3. | Systèmes de climatisation, chauffage et ventilation | 573 |
| 8.4. | Systèmes et équipements de protection incendie | 639 |
| 9. | CIRCUIT VAPEUR ET TRANSFORMATION D'ÉNERGIE | 641 |
| 9.1. | Groupe turboalternateur | 641 |
| 9.2. | Système de vapeur principal (VVP) | 647 |
| 9.3. | Autres circuits de vapeur et transformation d'énergie | 651 |
| 9.4. | Système d'eau alimentaire principal (ARE) | 653 |
| 10. | SYSTEMES DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS ET DECHETS RADIOACTIFS | 657 |
| 10.1. | Origine des effluents radioactifs | 657 |
| 10.2. | Rôle des systèmes de traitement des effluents | 658 |
| 10.3. | Principe de la suppression du Bâtiment des Auxiliaires Nucléaires (BAN) | 658 |
| 10.4. | Systèmes de traitement des effluents liquides | 660 |
| 10.5. | Système de traitement des effluents gazeux (TEG) | 660 |
| 10.6. | Système de traitement des effluents solides (TES) | 662 |


This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2


| | | |
|---|---|---|
| **10.7.** | **Système de réfrigération du Bâtiment de Traitement des Effluents (TRI)** | **663** |
| **11.** | **PRESENTATION DES SYSTEMES SELON LE NIVEAU DE DEFENSE EN PROFONDEUR** | **664** |
| **11.1.** | **Introduction** | **664** |
| **11.2.** | **Analyse des tableaux** | **666** |
| **12.** | **ANALYSE D'IMPACT DU NIVEAU DE PUISSANCE DE L'EPR NM SUR LA SURETE** | **695** |
| **12.1.** | **Modifications matérielles et exigences de performance** | **695** |
| **12.2.** | **Bénéfices des évolutions matérielles et d'exigences de performance sur la sûreté** | **700** |
| **12.3.** | **Conclusion de l'analyse d'impact du niveau de puissance** | **708** |


This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Géométrie envisagée de l'enceinte EPR NM 259

Figure 2 : Schéma du gousset de l'EPR Flamanville 260

Figure 3 : Schéma de principe de la liaison structures internes – gousset 260

Figure 4 : Exemple de traversée standard 266

Figure 5 : Schéma de principe d'un îlot nucléaire EPR NM 269

Figure 6 : Schéma de principe d'un joint bâtiment périphérique/enceinte 271

Figure 7 : Plan masse préliminaire 275

Figure 8 : Description de la structure de l'assemblage combustible 286

Figure 9 : Gamme de puissance de l'instrumentation externe du coeur 295

Figure 10 : Vue radiale de l'instrumentation externe du cœur 296

Figure 11 : Configuration axiale de l'instrumentation du cœur 300

Figure 12 : Configuration radiale de l'instrumentation interne du cœur 301

Figure 13 : Vue d'ensemble de l'instrumentation neutronique cœur 301

Figure 14 : Vue axiale de l'instrumentation interne du cœur 302

Figure 15 : Schéma de principe du système d'étanchéité des GMPP 323

Figure 16 : Schéma de principe du circuit primaire 326

Figure 17 : Schéma de principe de la cuve 327

Figure 18 : Schéma de principe du pressuriseur 328

Figure 19 : Schéma de principe d'un générateur de vapeur 329

Figure 20 : Ecorché d'un groupe motopompe primaire 330

Figure 21 : Principe de fonctionnement du système de joints 330

Figure 22 : Chemins de fuites potentielles provenant du bâtiment réacteur vers l'environnement 335

Figure 23 : Identification des chemins de fuites potentielles à travers une traversée 394

Figure 24 : Schéma de principe du système RIS 402

Figure 25 : Schéma de principe du système ASG 415

Figure 26 : Schéma de principe du système RBS 429

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

Figure 27 : Schéma de principe d'un train du système VDA 436

Figure 28 : Schéma de principe du système SEM 446

Figure 29 : Schéma de principe du système EAS 452

Figure 30 : Récupérateur de corium rectangulaire 463

Figure 31 : Surface d'étalement (zone indiquée en trait plein) 463

Figure 32 : Nouvelle conception de l'ancrage central des éléments du récupérateur 463

Figure 33 : Alimentation en eau du récupérateur de corium 463

Figure 34 : Positionnement de la trappe fusible sur le côté du puits de cuve 463

Figure 35 : Schéma de principe du système EVU 465

Figure 36 : Architecture physique de contrôle-commande d'EPR NM 478

Figure 37 : Architecture géographique du contrôle-commande 478

Figure 38 : Schéma unifilaire de l'alimentation électrique 511

Figure 39 : Défense en profondeur des sources d'alimentation 512

Figure 40 : Schéma des piscines BR et BK 527

Figure 41 : Schéma de la piscine de stockage du combustible usé 529

Figure 42 : Schéma de principe des circuits de refroidissement PTR 532

Figure 43 : Option couvercles et rehausses 538

Figure 44 : Option limiteur de débit 539

Figure 45 : Option rapprochement vanne d'isolement 539

Figure 46 : Schéma de principe de l'aspiration et du refoulement des trains de refroidissement PTR 539

Figure 47 : Schéma de principe de manutention au sein du bâtiment combustible 541

Figure 48 : Schéma de principe des chaînes de refroidissement (RRI/SEC et EVUi/SRU) 545

Figure 49 : Schéma de principe de la source froide principale de sûreté pour un site bord de mer 546

Figure 50 : Schéma de principe d'un aéroréfrigérant humide à tirage mécanique forcé 548

Figure 51 : Schéma de principe du système REA bore dans le bâtiment combustible 565

Figure 52 : Schéma de principe du système REA eau dans le bâtiment combustible 565

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

Figure 53 : Schéma de principe du système REA bore dans le BTE 566

Figure 54 : Schéma de principe du système REA eau dans le BTE 567

Figure 55 : Schéma de principe du système TEP dans le bâtiment combustible 569

Figure 56 : Schéma de principe du système TEP dans le BTE 570

Figure 57 : Architecture des systèmes HVAC classés de sûreté en DBC1 575

Figure 58 : Architecture des systèmes HVAC classés de sûreté en DBC2-4 575

Figure 59 : Architecture des systèmes HVAC classés de sûreté en DEC-A 575

Figure 60 : Architecture des systèmes HVAC classés de sûreté 576

Figure 61 : Chaîne de refroidissement des systèmes HVAC en DEC-B 579

Figure 62 : Schéma de principe du système DVL 633

Figure 63 : Schéma de principe du système DCL 633

Figure 64 : Schéma de principe du système DEL 633

Figure 65 : Schéma de principe du système DWL 633

Figure 66 : Schéma de principe du système EBA 633

Figure 67 : Schéma de principe du système DWK 633

Figure 68 : Schéma de principe d'un train du système VVP 649

Figure 69 : Schéma de principe d'un train du système ARE 655

Figure 70 : Schéma fonctionnel simplifié de la gestion des effluents liquides entre les bâtiments 660

Figure 71 : Schéma de fonctionnement et transfert des effluents (liquides et solides) entre les bâtiments 660

Figure 72 : Vue générale du BAS 3 avec les zones DEC-B et DBC/DEC-A 673

Figure 73 : Vue du BAS 3 niveau -9.60m 673

Figure 74 : Vue du BAS 3 niveau -5.00m 673

Figure 75 : Vue du BAS 3 niveau +0.00m 673

Figure 76 : Vue du BAS 3 niveau +4.70m 673

Figure 77 : Vue du BAS 3 niveau +8.10m 673

Figure 78 : Vue du BAS 3 niveau +12.30m 673

Figure 79 : Schéma de principe du DVL3 et DVL4 675

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

Figure 80 : Schéma de principe du confinement DWL 678

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Assemblage de combustible – Caractéristiques Générales 285

Tableau 2 : Assemblage de combustible – Matériaux 285

Tableau 3 : Principales fonctions de sûreté du système RIS 400

Tableau 4 : Classement de sûreté des principaux composants du système RIS 410

Tableau 5 : Principales fonctions de sûreté du système ASG 414

Tableau 6 : Classement de sûreté des principaux composants du système ASG 424

Tableau 7 : Principales fonctions de sûreté du système RBS 428

Tableau 8 : Classement de sûreté des principaux composants du système RBS 432

Tableau 9 : Principales fonctions de sûreté du système VDA 436

Tableau 10 : Classement de sûreté des principaux composants du système VDA 441

Tableau 11 : Principales fonctions de sûreté du système SEM 445

Tableau 12 : Classement de sûreté des principaux composants du système SEM 449

Tableau 13 : Principales fonctions de sûreté du système EAS 452

Tableau 14 : Classement de sûreté des principaux composants du système EAS 456

Tableau 15 : Principales fonctions de sûreté du système EVU 464

Tableau 16 : Classement de sûreté des principaux composants du système EVU 469

Tableau 17 : Types de fonctions de Contrôle-Commande 478

Tableau 18 : Principales fonctions de sûreté du système PTR 531

Tableau 19 : Classement de sûreté des principaux composants du système PTR 535

Tableau 20 : Principales fonctions de sûreté des systèmes RRI, SEC, EVUi et SRU 544

Tableau 21 : Consommation de l'inventaire en eau de sûreté au regard des conditions de fonctionnement entre les systèmes SEC3, SRU et SEM 549

Tableau 22 : Classement de sûreté des principaux composants des systèmes RRI et SEC 557

Tableau 23 : Classement de sûreté des principaux composants des systèmes EVUi et SRU 558

Tableau 24 : Principales fonctions de sûreté du système DVL 582

Tableau 25 : Classement de sûreté des principaux composants du système DVL 588

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

## DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

Tableau 26 : Principales fonctions de sûreté du système DCL 590

Tableau 27 : Classement de sûreté des principaux composants du système DCL 595

Tableau 28 : Principales fonctions de sûreté du système DEL 597

Tableau 29 : Classement de sûreté des principaux composants du système DEL 601

Tableau 30 : Principales fonctions de sûreté des systèmes DWL/EBA 604

Tableau 31 : Classement de sûreté des principaux composants des systèmes DWL et EBA 612

Tableau 32 : Principales fonctions de sûreté du système DWK 615

Tableau 33 : Classement de sûreté des principaux composants du système DWK 620

Tableau 34 : Présentation des principaux systèmes frontaux selon les niveaux de défense en profondeur 683

Tableau 35 : Présentation des principaux systèmes supports selon les niveaux de défense en profondeur 686

Tableau 36 : Indépendance du niveau 4 de défense en profondeur – Partie 1 687

Tableau 37 : Indépendance du niveau 4 de défense en profondeur – Partie 2 688

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## 0. RÉFÉRENCES

[1]. Eurocode 2 - EN 1992-1-1

[2]. Règle Fondamentale de Sûreté n°1.2.b « Prise en compte des risques d'émission de projectiles par suite de l'éclatement des groupes turbo-alternateurs ». 5 août 1980.

[3]. [ ]

[4]. EN 1090-2+A1 Octobre 2011 – Exécution des structures en acier et des structures en aluminium – Partie 2 : exigences techniques pour les structures en acier

[5]. [ ]

## 1. STRUCTURES

## 1.1. BÂTIMENT REACTEUR

Le Bâtiment Réacteur (BR) comprend :

- l'enceinte ;
- les structures internes.

### 1.1.1. ENCEINTE DE CONFINEMENT

#### 1.1.1.1. Description générale

L'enceinte de confinement constitue, après la gaine des assemblages combustibles et l'enveloppe du circuit primaire, la troisième barrière de confinement afin de prévenir les rejets de substances radioactives dans l'environnement. Ainsi, la robustesse de la conception de l'enceinte de confinement doit permettre de répondre aux exigences de sûreté pour l'ensemble des événements considérés au titre de son dimensionnement.

Pour le projet EPR NM, l'enceinte de confinement est une enceinte simple en béton armé précontraint dont l'ensemble de la surface interne y compris le radier est recouvert par un revêtement métallique assurant l'étanchéité de l'ouvrage.

La suppression de l'enceinte externe est une évolution structurante du projet EPR NM. Cette évolution s'appuie sur le retour d'expérience très positif des enceintes simples du parc EDF en exploitation et le retour d'expérience de la protection vis-à-vis des agressions externes. Cette option conduit à une reconfiguration profonde de l'architecture des bâtiments de l'îlot nucléaire et a permis de régulariser les éléments de structures génie civil dans le but de faciliter la construction et d'améliorer le comportement au séisme de ces ouvrages.

L'enceinte offre un volume libre compatible avec les conditions générées par le scénario d'accident le plus dimensionnant.

La conception de l'enceinte de confinement de l'EPR NM s'appuie sur la démarche présentée au chapitre 2.8 du volume 1.

Au-dessus du niveau du radier, l'enceinte de confinement est structurellement dissociée des bâtiments périphériques et des structures internes du bâtiment réacteur. Ainsi, la paroi de l'enceinte précontrainte ne comporte pas de liaisons rigides avec les voiles et les dalles des locaux des bâtiments périphériques adjacents.

A la fin de la construction, le comportement de l'enceinte sera vérifié grâce à une épreuve de résistance et un test d'étanchéité. Ensuite, au cours de sa durée de vie, le taux de fuite de l'enceinte sera mesuré sur la base d'épreuves régulières.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

Un programme de surveillance adapté sera élaboré afin de permettre le suivi des principales caractéristiques en lien avec la fonction de confinement et leur évolution au cours de la durée de vie de l'enceinte. Pour cela, un système d'auscultation adapté sera défini.

Le radier est une structure en béton armé commune aux bâtiments de l'îlot nucléaire suivants : bâtiment réacteur, bâtiment combustible, bâtiments des auxiliaires de sauvegarde 1 à 3 (voir chapitre 1.2 du présent volume). Une galerie de précontrainte destinée à la mise en tension des câbles de précontrainte de l'enceinte de confinement débouchant dans cette zone est située en dessous du radier, au droit de la paroi de l'enceinte. Cette galerie n'est pas liée structurellement au radier.

#### 1.1.1.2. Présentation de la géométrie

L'enceinte de confinement, en béton précontraint avec revêtement métallique, est constituée de bas en haut par :

- un gousset, permettant la reprise des efforts thermiques et sismiques issus des structures internes ;
- une partie cylindrique dite « fût de l'enceinte de confinement » [ ] ;
- un dôme.

##### 1.1.1.2.1. Enceinte de confinement

La figure suivante présenté la géométrie envisagée de l''enceinte de confinement.

[ ]

**FIGURE 1: GEOMETRIE ENVISAGEE DE L'ENCEINTE EPR NM**

L'enceinte de confinement comporte :

- sur sa face interne, un revêtement métallique d'étanchéité d'épaisseur 6 mm ancré dans le béton, un bossage autour de l'accès matériel et les consoles support de la poutre de roulement du pont polaire ;
- sur sa face externe, les nervures verticales pour l'ancrage des câbles de précontrainte horizontaux et des bossages et renforts autour du fourreau du tube de transfert et autour de l'accès matériel. La précontrainte est réalisée avec des câbles 54 T 15 et comprend des câbles horizontaux ancrés sur les nervures, des câbles verticaux purs et des câbles gamma.

Un espace suffisant est prévu pour permettre au pont polaire de manutentionner les éléments les plus volumineux de l'installation (générateurs de vapeur en une seule pièce).

##### 1.1.1.2.2. Gousset

Le gousset assure l'encastrement de l'enceinte dans le radier, de ce fait il constitue une zone singulière. Il est le siège de sollicitations de flexion, de cisaillement et d'effort normal. Cette partie de l'ouvrage est également en contact avec le radier des structures internes (voir paragraphe 1.1.2 ci-après) qui transmet au gousset les efforts de poussée thermique et les efforts inertiels sous séisme.

Le retour d'expérience de la construction de cette zone sur EPR et la suppression de l'enceinte externe a conduit à revoir la géométrie du gousset.

L'objectif principal était de supprimer la marche dont la réalisation s'est révélée compliquée sur l'EPR Flamanville. La forme tronconique permet d'épaissir l'enceinte là où le moment d'encastrement est le plus important et permet de revenir à l'épaisseur courante sans brusque variation d'épaisseur.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

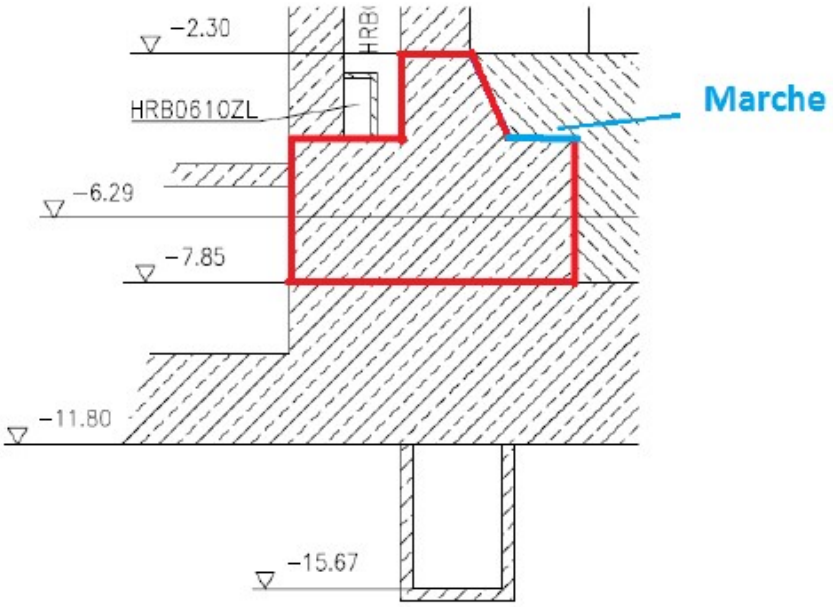



**FIGURE 2 : SCHEMA DU GOUSSET DE L'EPR FLAMANVILLE**

La géométrie du gousset permet d'ancrer les structures internes au gousset. Cet ancrage vise à améliorer le comportement sous séisme des structures internes, et notamment le comportement sous séisme extrême. Cet ancrage est réalisé avec des barres horizontales. Ces barres sont fixées de part et d'autre du liner qui sera épaissi dans cette zone.

Les premiers calculs de pré dimensionnement de cette solution ont montré que cet ancrage avait un effet favorable sur la répartition des efforts horizontaux apportés par le radier des structures internes sous séisme. En effet, l'ancrage du radier des structures internes permet d'équilibrer l'effort horizontal en traction et en cisaillement le long du périmètre du gousset et pas uniquement en butée.

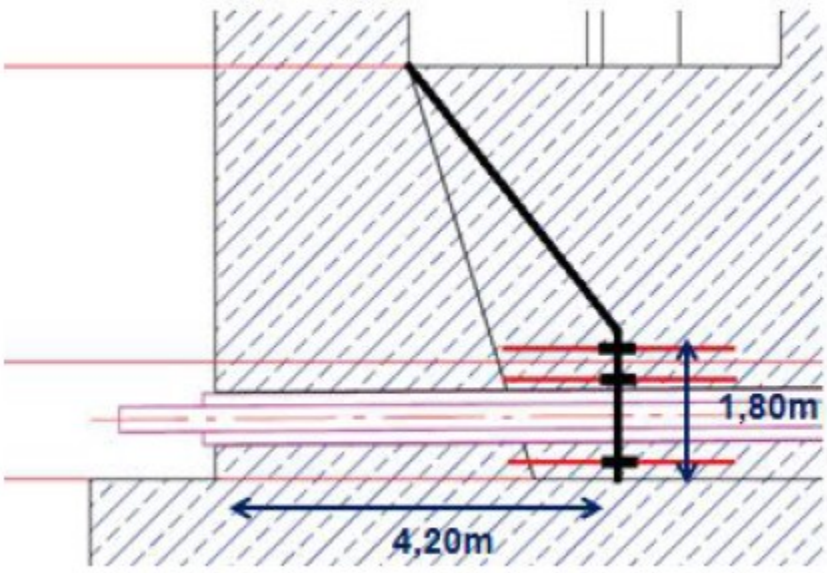



**FIGURE 3 : SCHEMA DE PRINCIPE DE LA LIAISON STRUCTURES INTERNES – GOUSSET**

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

### 1.1.1.3. Description des éléments constituant la paroi

#### 1.1.1.3.1. Le béton

Le béton de l'enceinte de confinement est de type « haute performance » afin de limiter les déformations différées de l'enceinte et ainsi les pertes de précontrainte.[ ]

#### 1.1.1.3.2. La précontrainte

Le fût et le dôme de l'enceinte de confinement sont des structures précontraintes.

Des câbles de précontrainte sont implantés dans la paroi afin d'appliquer un effort de précontrainte bidirectionnel dans la structure (fût et dôme de l'enceinte de confinement).

Chaque câble horizontal fait le tour complet de l'enceinte, et est ancré dans une nervure verticale. Il est tendu par les deux extrémités.

L'extrémité inférieure des câbles verticaux est ancrée dans la galerie de précontrainte, située sous le radier.

Afin de garantir le bon état des câbles de précontrainte et assurer la durabilité de l'enceinte de confinement, les précautions suivantes sont prises :

- les têtes d'ancrage des câbles sont protégées par un capot ou cachetage ;
- pour les torons injectés au coulis de ciment utilisés, le capot est rempli avec le même coulis de ciment qui est injecté dans les câbles ;
- protection contre les infiltrations d'eau, en particulier par la mise en œuvre d'exutoires d'eau de pluie sur le dôme et l'étanchéité de la galerie de précontrainte ;
- soin particulier à la mise en œuvre des cachetages pour assurer la durabilité de la protection.

#### 1.1.1.3.3. Le ferraillage

En plus de la précontrainte, le béton de l'enceinte est armé pour résister à des efforts de flexion et de membrane en zones courantes et singulières ce qui limite les ouvertures de fissures.

[ ]

#### 1.1.1.3.4. Le revêtement métallique

##### 1.1.1.3.4.1. Description générale

Le revêtement métallique (ou liner) recouvre entièrement la face interne de l'enceinte de confinement, y compris la surface du radier au droit des structures internes du bâtiment réacteur de manière à obtenir une surface continue. De ce fait, le revêtement métallique est maintenu entre le radier commun et le radier des structures internes.

Le revêtement métallique est conçu pour assurer l'étanchéité en fonctionnement normal, lors d'essais sur l'enceinte et dans toutes les conditions de dimensionnement.

Le revêtement métallique est utilisé comme coffrage pour la construction de l'enceinte de confinement.

Le revêtement métallique [ ] est en acier non allié pour équipement sous pression.

On peut noter que le choix d'une enceinte simple épaissie s'avère favorable sur la conception du revêtement métallique comparativement à une enceinte double. En effet, cette paroi présente notamment une cinétique de retrait et de fluage significativement plus faible,

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

diminuant ainsi la déformation imposée au revêtement métallique et donc notamment son taux de compression en service normal. Cela permet d'obtenir des marges accrues vis-à-vis du phénomène de flambage.

#### 1.1.1.3.4.2. Le système d'ancrage du revêtement métallique

Un système d'ancrage dit continu est intégré au béton de l'enceinte de confinement et soudé au revêtement métallique, mis à part au niveau du radier commun. Il est composé de cornières en acier (horizontales et verticales au niveau du fût, circonférentielles et méridiennes au niveau du dôme) délimitant les mailles. Ce dispositif d'ancrage est complété, à l'intérieur des mailles, par des ancrages ponctuels en acier appelés goujons ou connecteurs.

Les cornières transmettent la déformation du béton au revêtement métallique. Elles permettent également de répartir les efforts, induits par la déformation du revêtement métallique, et de les transmettre au béton, sous chargement thermique, dans le cas de deux mailles adjacentes non symétriques.

En outre, les cornières sont conçues pour conférer au revêtement métallique une rigidité suffisante en phase de construction.

Les cornières sont réalisées dans une nuance d'acier [ ].

Les ancrages ponctuels empêchent le flambage du revêtement métallique sur l'étendue de la maille. L'espacement des ancrages est tel que la déformation locale, susceptible de survenir dans le revêtement métallique pendant la mise en précontrainte, après une épreuve enceinte ou lors d'une élévation de température, reste dans les limites acceptables compatibles avec les critères du RCC-CW (chapitre 2.12, volume 1).

[ ]

Les platines, destinées à supporter les équipements ainsi que de nombreux fourreaux de traversées sont incorporées au revêtement métallique. Celles-ci sont fabriquées dans une nuance similaire à celle du revêtement métallique.

Les fourreaux ont également une nuance d'acier similaire à celle du revêtement métallique.

#### 1.1.1.3.4.3. Qualité de fabrication du liner

L'ensemble des exigences définies par le chapitre « Construction » relatif au liner d'enceinte (CCLIN) du code RCC-CW (voir chapitre 2.12 du volume 1) a été établi pour garantir dès la fabrication la maîtrise du risque de perte d'étanchéité du liner pendant toutes les phases de fonctionnement. Les exigences ont été établies dans le cadre de l'AFCEN et sont le résultat d'un travail collaboratif entre des ingénieurs conception et fabrication qui ont fait la synthèse du retour d'expérience de la fabrication des liners des EPR Flamanville et Olkiluoto. A ce titre, les dispositions spécifiques, dont la pertinence et l'efficacité pour la maîtrise des opérations de soudage ont été démontrées sur les derniers projets (prise en compte de l'ergonomie, habilitation des soudeurs, validation des process en grandeur réelle), ont été explicitées dans le code.

<u>Principe général</u>

Le chapitre CCLIN est basé sur la norme EN 1090-2+A1 [4] qu'il complète ou amende. L'exigence d'application d'une classe d'exécution minimale élevée (EXC3) permet de garantir un haut niveau d'exigence de fabrication.

<u>Choix des matériaux</u>

Le chapitre CCLIN exige que les matériaux de base destinés à assurer une fonction d'étanchéité soient approvisionnés en conformité avec des normes européennes harmonisées d'acier pour appareil à pression. Les tolérances d'approvisionnement exigées

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

par le chapitre CCLIN permettent de garantir la fourniture de tôles fines d'épaisseur au moins égale à l'épaisseur de calcul.

Exigences pour le soudage

En application de l'EN 1090-2+A1 [4] et en considération de la classe d'exécution retenue, le soudage doit être réalisé conformément aux prescriptions de la partie 2 de l'EN ISO 3834.

Par ailleurs, en complément des exigences de soudage définies par l'EN 1090-2+A1 [4] pour la classe d'exécution EXC3, le chapitre CCLIN requière :

- que les soudures d'étanchéités soient systématiquement réalisées à pleine pénétration et en plusieurs couches ;
- que le positionnement des soudures et des échafaudages soit considéré dans l'optique d'éviter au soudeur le soudage dans des positions contraignantes ;
- la recette spécifique (chimie + mécanique) des métaux d'apport et des couples fils/flux ;
- la qualification des modes opératoires de soudage de la peau métallique du liner en conditions représentatives en termes d'épaisseur, de position et de préparation de joint ;
- qu'en complément de leur qualification, les soudeurs réalisant les soudures d'étanchéité de la peau métallique du liner soient entrainés et habilités dans le but de garantir leur capacité à atteindre, sur des soudures de longueur représentatives, le niveau d'exigence requis ;
- que la capacité des installations et moyens mis en œuvre par le fabricant pour mener à bien les opérations de soudage soit démontrée (qualification d'atelier ou de chantier) ;
- que pour les modes opératoires de soudage identifiés comme à risque par le fabricant, la maîtrise de leur mise en œuvre en conditions représentatives de la production soit vérifiée au travers de la réalisation de maquettes « grandeur réelle ».

#### 1.1.1.3.4.4. Contrôle des soudures

Les contrôles non destructifs (CND) requis par l'EN 1090-2+A1 [4] pour le contrôle des soudures ne sont pas adaptés à la fabrication d'un liner et ne sont donc pas applicables. De la même façon que pour les exigences de fabrication, les méthodes et étendues des CND requis dans ce cas sont explicitées dans le chapitre CCLIN du RCC-CW et dépendent des données de conception (fonction, configuration d'assemblage, chargement) :

- chaque soudure d'étanchéité doit être contrôlée surfaciquement sur 100 % de sa surface accessible ;
- chaque soudure d'étanchéité doit être contrôlée volumiquement selon une étendue définie en fonction du niveau de qualité des soudures (A, B ou C) considéré en conception (chapitre DCLIN du RCC-CW), respectivement 100 %, ≥ 10 % et sondage à définir par le projet. Cette approche permet une meilleure adaptation des contrôles en fonction du chargement des soudures ;
- la pertinence du sondage vis-à-vis du mode opératoire de soudage mis en œuvre doit être validée. Dans cette optique, le chapitre CCLIN requière que le premier lot de soudure réalisé avec un mode opératoire de soudage soit contrôlé volumiquement à 100 %. Le contrôle à 100 % doit être maintenu tant que l'aptitude du mode opératoire de soudage à réaliser des soudures conformes n'est pas démontrée.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

La qualité des réalisations sera notamment vérifiée par un contrôle volumique des soudures selon un procédé de CND [ ] en cours de développement permettant d'atteindre un taux de sondage maximisé dans un contexte industriel. L'objectif final est de mettre à disposition un moyen de contrôle non destructif de la fabrication répondant aux enjeux suivants :

- détecter les défauts technologiques de soudages susceptibles d'affecter la fonction d'étanchéité du liner de l'enceinte ;
- atteindre un taux de contrôle élevé dans un contexte industriel de chantier de construction, en éliminant notamment les impacts liés à la radioprotection qui sont associés aux CND exploitant des rayonnements ionisants.

Compte tenu des épaisseurs de liner des bâtiments réacteurs (< 8 mm), le choix d'une technique de CND [ ] se trouve confronté aux limites du périmètre d'applicabilité du point de vue des prescriptions des normes applicables. Dans ce contexte, une étude de faisabilité détaillée a été engagée pour valider l'emploi de ces techniques pour le contrôle des soudures considérées.[ ]

#### 1.1.1.3.4.5. Maîtrise du vieillissement et de la corrosion du liner

##### 1.1.1.3.4.5.1. Généralités sur la corrosion

Le phénomène de corrosion du liner se produit quand certaines conditions sont réunies, en particulier la présence d'eau, en milieu aéré, au contact du liner.

Il faut distinguer la corrosion généralisée qui mènerait à une perte d'épaisseur du liner métallique des phénomènes de corrosion localisées (principalement par piqûres) qui mèneraient à des défauts traversants.

Dans les milieux désaérés, la vitesse de corrosion généralisée est beaucoup plus faible que ce qu'elle est en présence d'oxygène. Les estimations de perte d'épaisseur sur les enceintes simple avec liner du parc EDF en exploitation sont moins de 20 µm/an dans un milieu faiblement acide, et moins de 1 µm/an dans un milieu neutre à basique. De plus, en absence d'oxygène, le phénomène de corrosion par piqûre n'existe plus.

La corrosion des liners est un phénomène observé sur le parc nucléaire mondial. La corrosion a été constatée dans le cas de zones insuffisamment protégées, ou singulières (au droit de joint pouvant dégrader le revêtement), ou encore dans le cas de zones humides non accessibles avec la présence d'oxygène résiduel. Le retour d'expérience confirme aussi que les phénomènes de corrosion n'apparaissent pas quand les conditions susmentionnées ne sont pas réunies.

##### 1.1.1.3.4.5.2. Zones situées au-dessus du gousset

Au-dessus du gousset, la face interne du liner est généralement inspectable. Sur le palier 900 MWe du parc EDF en exploitation, des inspections diverses (contrôles visuels du liner et de sa peinture, mesures d'épaisseur, contrôle du cloquage) sont réalisées régulièrement. Un bon été général de la peau est constaté. Les mesures ne montrent pas de perte d'épaisseur significative (corrosion généralisée). Les éléments remontés par les sites font état très localement de quelques points de corrosion superficielle (qu'il s'agisse des tôles ou des soudures) qui sont traités dans le cadre du programme de base de maintenance préventive.

Le suivi de la corrosion de la peau métallique est réalisé indirectement par l'intermédiaire des mesures de taux de fuite de l'enceinte lors des épreuves décennales. Ce contrôle de l'étanchéité permet a priori de détecter un défaut traversant dans la peau.

Enfin, en ce qui concerne le domaine de fonctionnement de la peau par rapport aux critères du RCC-CW, des marges existent, et les mesures ne laissent pas craindre d'impact sur l'intégrité du liner même en zones singulières.

Au vu de ce retour d'expérience positif, la tenue du liner EPR NM à long terme devrait être

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

encore meilleure, compte tenu des sollicitations moindres et des améliorations en termes de réalisation décrites dans les paragraphes précédents.

Les dispositions déjà prévues sur le parc EDF en exploitation seront à minima reconduites pour EPR NM, et des réflexions sont prévues pendant le « basic design » pour améliorer l'inspection en service du liner, en particulier pour la partie basse.

#### 1.1.1.3.4.5.3. Étanchéité en partie basse

Au début des années 90, des défauts de corrosion ont été constatés en différentes parties basses de la peau métallique de l'enceinte de confinement des réacteurs du palier 900 MWe du parc EDF en exploitation :

- au niveau des joints périphériques de dilatation localisés à l'interface entre le radier des structures internes et le gousset de l'enceinte ;
- au niveau des canaux de pressurisation de la peau métallique en fond de bâtiment réacteur.

La localisation particulière des défauts au niveau des joints périphériques a été expliquée par la présence, au contact de la peau métallique, d'une eau « stagnante et aérée » et de polluants chlorurés du fait de la lixiviation du matériau initial de remplissage, le « Flexcell » qui favorisait les phénomènes de corrosion.

Suite à ces constats, le Flexcell a été retiré autant que possible et remplacé par de la cire pétrolifère. On a par ailleurs appliqué une peinture anti-corrosion sur le liner en partie supérieure du joint, mis en place une protection par un calfeutrement en mastic de type silicone ainsi qu'un couvre-joint métallique.

Les canaux de pressurisation ont été remplis par un coulis de ciment (à pH basique pour limiter la cinétique de corrosion) afin de stopper les entrées d'eau et d'air.

[ ]

#### 1.1.1.3.4.5.4. Améliorations de la réalisation de l'enceinte

Des améliorations concernant la réalisation de l'enceinte, qui ont été réalisées au gré de la construction des différents paliers du parc EDF en exploitation, vont dans le sens d'une amélioration pour la tenue du liner et l'étanchéité à long terme. En particulier, les pratiques visant un bon remplissage de béton au contact du liner permettent d'éviter sa corrosion par l'intérieur de la paroi.

Les pratiques utilisées sur le chantier EPR Flamanville pouvant être reconduites sont par exemple :

- les réseaux d'injection. Un exemple est celui mis en place pour un bon remplissage sous la marche quasi-horizontale du gousset ;
- le béton auto-plaçant, utilisé pour les levées d'enceintes pour ne pas créer de vides ou de « nids de cailloux » dans les zones très ferraillées ;
- les méthodes de bétonnage sous les fourreaux de grand diamètre.

#### 1.1.1.3.4.6. Fuites à travers le liner

Les fuites directes par le liner ne peuvent pas être mesurées directement. Pour le palier 900 MW du parc EDF en exploitation, le retour d'expérience montre cependant qu'elles sont faibles.

Pour EPR NM, les éléments suivants, spécifiques à EPR NM ou étant les fruits de l'amélioration continue des pratiques et de l'expérience, permettent de justifier d'un liner d'une étanchéité encore meilleure et dont la tenue dans le temps est maîtrisée :

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- la conception d'une enceinte épaisse, qui engendre moins de déformations imposées au liner qu'une enceinte moins épaisse ;
- l'ensemble des exigences définies par le chapitre « Construction » relatif au liner d'enceinte (CCLIN) du code RCC-CW, qui a été établi pour garantir dès la fabrication la maîtrise du risque de perte d'étanchéité du liner pendant toutes les phases de fonctionnement (voir paragraphe 1.1.1.3.4.3 ci-avant) ;
- les exigences applicables au contrôle des soudures, et en particulier le développement de techniques ultrasonores, qui facilitent le contrôle volumique des soudures d'étanchéité avec un taux de sondage maximisé dans un contexte industriel (voir paragraphe 1.1.1.3.4.4 ci-avant) ;
- l'expérience acquise pour mieux maîtriser le vieillissement et la corrosion du liner, et de ce fait justifier du maintien de l'étanchéité à long terme, en particulier en partie basse de l'enceinte et dans des zones singulières de traversées (voir paragraphe 1.1.1.3.4.5 ci-avant).

Ces arguments permettent de considérer que les fuites à travers le liner de l'enceinte EPR NM sont négligeables.

#### 1.1.1.3.5. Les traversées

L'enceinte de confinement présente diverses traversées parmi lesquelles :

- le tampon d'accès matériel ;
- les sas personnel, de secours et de chantier ;
- les traversées fluides ;
- les traversées électriques ;
- le tube de transfert de combustible.

Ces traversées relient les systèmes entre le bâtiment réacteur et les autres bâtiments (bâtiments des auxiliaires de sauvegarde, bâtiment combustible).

[ ]

**FIGURE 4 : EXEMPLE DE TRAVERSEE STANDARD**

#### 1.1.1.3.6. Les consoles du pont polaire

Les consoles du pont polaire ont pour fonction :

- d'assurer l'interface entre le pont polaire et l'enceinte en supportant la voie de roulement du pont polaire ;
- de supporter une passerelle d'inspection de la voie de roulement du pont polaire.

### 1.1.2. STRUCTURE INTERNES DU BATIMENT REACTEUR

Les structures internes du bâtiment réacteur abritent principalement :

- le circuit primaire et l'ensemble des composants associés (voir chapitre 2.3 du présent volume) ;
- la piscine et ses compartiments associés (voir chapitre 7.1 du présent volume) ;
- les accumulateurs RIS (voir chapitre 3.2 du présent volume) ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- l'IRWST (voir chapitre 3.2 du présent volume) ;
- le récupérateur de corium (voir chapitre 4.2 du présent volume) ;
- les échangeurs associés au système RCV (voir chapitre 8.2 du présent volume) ;
- les échangeurs et les pompes associés au système RPE (voir chapitre 8.2 du présent volume) ;
- les moyens de manutention, tels que le pont polaire (voir chapitre 7.5 du présent volume).

Les structures internes sont conçues sur la base d'un concept « One room ». L'ensemble du volume du bâtiment réacteur est donc considéré comme une zone contrôlée. Ce choix a conduit à certaines modifications des structures internes pour supprimer les éléments de structure dont la fonction était d'assurer l'accessibilité dans le bâtiment réacteur en puissance (protections biologiques, portes, circulation). Cette analyse a été combinée à une démarche d'ensemble visant à simplifier la constructibilité du Génie Civil par l'application de grands principes de conception :

- alignement autant que possible des voiles planchers et ouvertures ;
- simplification des géométries (angles des liaisons entre voiles, etc.) pour réduire les concentrations d'effort et limiter les zones à fort ratio de ferraillage.

La phase de conception des structures internes incorporera une étude particulière de dimensionnement réalisée sur la base de la prise en compte des cas de charges sismiques ainsi que des différentes conditions de dimensionnement (voir chapitre 2.8 du volume 1).

Les structures internes reposent sur un radier appelé « radier des structures internes » reposant lui-même sur le radier commun. L'interface entre le radier commun et le radier des structures internes est constitué par le revêtement métallique.

Les structures internes sont en contact avec l'enceinte uniquement au niveau de la base de l'enceinte, dans la zone du gousset. Cette disposition permet de bloquer géométriquement les structures internes, sous cas de charge sismique notamment.

Dans les niveaux supérieurs, les planchers des structures internes sont découplés de l'enceinte de confinement et suffisamment espacés afin d'éviter tout contact entre les structures soumises à des déplacements différentiels pour l'ensemble des cas de charge.

En partie inférieure des structures internes, le récupérateur de corium incorpore une zone d'étalement reliée au puits de cuve par un canal de transfert. L'optimisation de la géométrie du récupérateur de corium permet de simplifier et régulariser les structures de génie civil, à proximité de l'IRWST (voir chapitre 4.2 du présent volume).

[ ]

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## 1.2. BATIMENTS DE L'ILOT NUCLEAIRE SUR RADIER COMMUN

### 1.2.1. DESCRIPTION GENERALE

Le Bâtiment Réacteur (BR), le Bâtiment Combustible (BK) ainsi que les trois Bâtiments des Auxiliaires de Sauvegarde (BAS) de l'îlot nucléaire de l'EPR NM sont fondés sur un radier commun permettant un comportement homogène de l'ensemble des bâtiments.

La disposition des bâtiments tient compte des critères suivants :

- séparation géographique des trois divisions de sûreté vis-à-vis des agressions ;
- regroupement des matériels valorisés en cas de condition de fonctionnement avec fusion du cœur DEC-B dans le bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3 dans une zone dédiée ;
- indépendance entre les différentes divisions afin d'éviter les modes communs entre les différents systèmes.

Le Bâtiment des Auxiliaires Nucléaires (BAN) existant sur l'EPR Flamanville est supprimé sur l'EPR NM. Les systèmes du BAN sont répartis principalement entre le bâtiment combustible et le Bâtiment de Traitement des Effluents (BTE).

Le bâtiment combustible et les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde sont structurellement reliés entre eux par un système de contreventement orthogonal. Les éléments de contreventement sont continus afin d'assurer un transfert régulier des efforts.

En effet, la conception des bâtiments a été réalisée en portant une attention à la continuité dans les éléments principaux de contreventement et à l'alignement des éléments de structures (voiles et planchers). Cette conception est favorable au comportement sous séisme et favorable à la simplification et à l'amélioration de la qualité de réalisation.

Une évaluation continue de la constructibilité de l'ouvrage est intégrée dès les premières phases de la conception. Cela se traduit par la présence auprès des équipes de conception de représentants des principaux groupes de construction de génie civil qui évaluent la faisabilité et proposent des améliorations de la conception pour tenir compte de principes d'exécution.

[ ]

**FIGURE 5 : SCHEMA DE PRINCIPE D'UN ILOT NUCLEAIRE EPR NM**

Les bâtiments périphériques sont découplés de l'enceinte de confinement sur toute leur hauteur. Un jeu est aménagé afin de permettre un déplacement différentiel des structures pour toutes les situations.

Cette conception, associée aux dispositions énoncées au chapitre 2.8 du volume 1, contribue à assurer un comportement robuste de l'îlot nucléaire sous séisme.

### 1.2.2. DESCRIPTION DES BATIMENTS

#### 1.2.2.1. Description des Bâtiments des Auxiliaires de Sauvegarde

Les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde (trois divisions) sont des structures en béton armé.

Les trois divisions des auxiliaires de sauvegarde, abritant à la fois les systèmes mécaniques et les systèmes électriques de sauvegarde, sont adjacentes au bâtiment réacteur [ ].

- Ces bâtiments abritent les systèmes classés de sûreté dédiés au bâtiment réacteur [ ].

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

Les locaux mécaniques sont séparés verticalement en deux zones, l'une contrôlée (proche enceinte), l'autre non contrôlée (au sens de la radioprotection).

[ ]Des murs et des dalles écrans séparent la zone contrôlée de la zone non-contrôlée. Des écrans complémentaires protègent le personnel d'exploitation des sources radioactives au sein de la zone contrôlée.

[ ]Les compartiments des vannes vapeurs principales et d'eau alimentaires sont adjacents au bâtiment réacteur. Les compartiments contiennent les organes d'isolement et soupapes de sécurité des tuyauteries de vapeur et d'eau alimentaire. Ces casemates, constituées de voiles épais en béton armé, protègent entre autres ces lignes contre les agressions externes. Les compartiments des vannes d'eau alimentaire sont séparés des compartiments des vannes vapeur.

### 1.2.2.2. Description du Bâtiment Combustible

Le bâtiment combustible est une structure en béton armé adjacente au bâtiment réacteur [ ].

Il est conçu pour les opérations de manutention et de stockage des éléments combustibles neufs ou irradiés en atmosphère confinée. Il a pour fonctions d'abriter les équipements nécessaires à ces opérations et d'en permettre l'exploitation (circulation, manutention, ventilation, etc.). Il abrite également des systèmes d'exploitation opérationnels et des zones de maintenance des auxiliaires nucléaires.

[ ]Le bâtiment combustible supporte de plus en toiture la cheminée d'évacuation des effluents gazeux.

La majeure partie du bâtiment est en zone contrôlée.

[ ]

### 1.2.2.3. Description des joints entre bâtiments et enceinte

Les bâtiments périphériques sont désolidarisés de l'enceinte de confinement. Au niveau des toitures de ces bâtiments, des planchers et des voiles, un joint est présent.

Les bâtiments périphériques étant désolidarisés de l'enceinte de confinement, les joints au niveau des voiles et des planchers assurent à différents niveaux de plancher des fonctions de sûreté qui dépendent de leur localisation :

- en frontière de la sectorisation incendie ;
- en frontière entre zone contrôlée et zone non contrôlée, ou zone contrôlée et extérieur ;
- en frontière de la compartimentation vis-à-vis de l'inondation interne.

Les joints aux frontières des bâtiments ventilés ou en limite de zone contrôlée et non contrôlée, contribuent à l'efficacité du confinement dynamique des locaux.

En cas de perte du confinement dynamique, les joints participent au confinement statique de bâtiment.

Les joints des toitures et des voiles externes du bâtiment combustible et du bâtiment de sauvegarde 3, ainsi que leur calfeutrement sont conçus pour assurer entre autres la fonction de confinement.

Les joints contribuant à l'efficacité du confinement des locaux s'inscrivent dans le cadre de la doctrine de maintenance des éléments de génie civil classés de sûreté. A ce titre, ils sont inspectés périodiquement et remplacés en fonction de leur vieillissement. Un schéma de principe est fourni Figure 6 ci-dessous.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

[ ]

## FIGURE 6 : SCHEMA DE PRINCIPE D'UN JOINT BATIMENT PERIPHERIQUE/ENCEINTE

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

## 1.3. AUTRES BATIMENTS

Le plan masse préliminaire est présenté sur la Figure 7.

### 1.3.1. LISTE DES BATIMENTS DE SITE

Les bâtiments de site se regroupent en :

- îlot conventionnel ;
- source froide ;
- autres ouvrages de site ;
- bâtiments de l'îlot nucléaire hors radier commun.

La liste prévisible mais non exhaustive des ouvrages ou bâtiments est la suivante pour deux unités de production :

- la ou les station(s) de pompage de la source froide principale de sûreté ;
- le ou les ouvrage(s) de rejet ;
- le bâtiment de l'aéroréfrigérant de la source froide diversifiée ;
- les salles des machines ;
- les plates-formes d'évacuation d'énergie ;
- le pôle opérationnel d'exploitation ;
- les galeries ;
- les bâtiments diesels ;
- les tours d'accès ;
- le bâtiment de traitement des effluents mutualisé ;
- les Bâtiments Electriques Non Classés.

La liste des bâtiments de site sera définie lorsque le site d'implantation de l'EPR NM sera connu.

Le RCC-CW (voir chapitre 2.12, volume 1) constitue le code servant de base à la conception des ouvrages de Génie Civil classés de sûreté S1 (voir chapitre 2.8 du volume 1).

Par la suite, la description des bâtiments est faite pour chaque unité de production. Cette liste sera mise à jour au cours du « basic design ».

### 1.3.2. OUVRAGES DE L'ÎLOT CONVENTIONNEL

Les ouvrages de site de l'îlot conventionnel de l'EPR NM sont composés d'une salle des machines et d'un bâtiment électrique non classé.

#### 1.3.2.1. Salle des machines

[ ]

La salle des machines est conçue de manière à éviter tout risque d'agression contre les bâtiments de l'îlot nucléaire.[ ]

#### 1.3.2.2. Bâtiment électrique non classé

Le bâtiment électrique non classé est accolé à une façade de la salle des machines à

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

proximité de la plate-forme d'évacuation d'énergie.

### 1.3.3. OUVRAGES DE LA SOURCE FROIDE

La (les) station(s) de pompage est (sont) une (des) structure(s) en béton armé qui contient (contiennent) les équipements nécessaires pour assurer le refroidissement des auxiliaires des îlots nucléaire ou conventionnel.

L' (les) ouvrage(s) de rejet est (sont) une (des) structure(s) en béton armé qui recueille(nt) les détritus provenant de la station de pompage (pré-rejet) puis assure(nt) la mise en charge des eaux des circuits de la source froide pour permettre leur rejet dans le milieu naturel.

Le bâtiment de l'aéroréfrigérant est une structure qui abrite des matériels de la chaîne de refroidissement diversifiée et du système d'appoint en eau de secours.

Les ouvrages de la source froide principale de sûreté et de la source froide diversifiée (voir chapitre 8.1 du présent volume) seront définis lorsque le site d'implantation de l'EPR NM sera retenu.

### 1.3.4. AUTRES OUVRAGES DE SITE

Les principaux ouvrages de site sont les suivants (voir Figure 7) :

- la plate-forme d'évacuation d'énergie est attenante à la salle des machines et à proximité du Bâtiment Electrique Non Classé. [ ]
- les galeries permettent de relier certains bâtiments du site. [ ]

### 1.3.5. BATIMENTS DE L'ILOT NUCLEAIRE HORS RADIER COMMUN

#### 1.3.5.1. Bâtiments diesels

Les bâtiments diesels sont des bâtiments en béton armé fondés sur des radiers indépendants. Ils sont situés de part et d'autre du radier commun. [ ]

#### 1.3.5.2. Tour d'accès

La tour d'accès est un bâtiment en béton armé fondé sur un radier indépendant [ ].

#### 1.3.5.3. Bâtiment de traitement des effluents

Le bâtiment de traitement des effluents est un bâtiment en béton armé fondé sur un radier indépendant.

Ce bâtiment est mutualisé entre les deux unités de production [ ].

La fonction de ce bâtiment est principalement l'entreposage des déchets et le traitement des effluents.

[ ]

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

## FIGURE 7 : PLAN MASSE PRELIMINAIRE

[ ]

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# 2. REACTEUR, CŒUR, CIRCUIT PRIMAIRE ET SYSTEMES ASSOCIES

## 2.1. RÉACTEUR, CŒUR, COMBUSTIBLE

### 2.1.1. CARACTÉRISTIQUES GENERALES

La configuration de référence du réacteur EPR NM est la suivante :

- puissance thermique nominale du cœur : 4850 MWth (valeur cible) ;
- longueur de cycle de combustible : 470 Jours Équivalents Pleine Puissance (JEPP) avec une flexibilité maximale de +/- 60 JEPP.

Le réacteur EPR NM est conçu pour accueillir des chargements combustibles 100 % $UO_2$, ainsi que des chargements mixtes comprenant des combustibles $UO_2$ et des combustibles à base d'oxydes mixtes (Mélange d'OXyde de plutonium et d'OXyde d'uranium (MOX)) [ ].

Le cœur est constitué de 241 assemblages combustibles. La périphérie du cœur est entourée d'un réflecteur lourd, constitué d'une large structure d'acier, refroidie par de l'eau s'écoulant par des canaux la traversant sur toute sa hauteur. Le réflecteur lourd réduit la fuite des neutrons, aplatit la distribution de la puissance du cœur et assure le maintien latéral des assemblages combustibles.

### 2.1.2. RÉACTEUR ET CŒUR COMBUSTIBLE

#### 2.1.2.1. Conception nucléaire

##### 2.1.2.1.1. Fonctions de sûreté

La conception nucléaire du cœur du réacteur contribue aux trois fonctions fondamentales de sûreté, comme défini ci-après.

Maîtrise des réactions nucléaires en chaîne

Le cœur doit être conçu de telle sorte que la réactivité puisse être contrôlée et que l'arrêt de la réaction en chaîne et le retour à l'état d'arrêt sûr soient assurés quelle que soit la condition de fonctionnement.

Pour n'importe quel niveau de puissance, lorsque le cœur est critique, les contre-réactions neutroniques doivent être telles que le réacteur est intrinsèquement stable en cas d'excursion de puissance.

Le cœur est conçu pour présenter des contre-réactions négatives en fonction de la température du combustible (effet Doppler) et de la densité du modérateur. Ces caractéristiques permettent de contrôler intrinsèquement les variations de puissance. En particulier, le coefficient de température (effet Doppler) et le coefficient de vide sont négatifs en toutes circonstances.

Lorsque la concentration en bore soluble augmente dans le circuit primaire, le coefficient modérateur devient moins négatif. L'utilisation seule d'un absorbeur neutronique soluble rendrait ce coefficient positif en début de vie. De ce fait, des absorbeurs consommables sont inclus dans les crayons combustibles afin de réduire la concentration en bore soluble, et garantir ainsi un coefficient modérateur négatif dans toutes les situations d'exploitation en puissance.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

Évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives et des réactions nucléaires

La conception neutronique doit permettre que la chaleur produite dans le cœur du réacteur soit limitée pour que :

- son évacuation puisse être garantie en fonctionnement normal et lors des transitoires DBC1 et conditions de fonctionnement DBC2 ;
- elle ne provoque pas de dégradation de la structure géométrique du cœur en cas d'incident et d'accident (conditions de fonctionnement DBC2-4 et conditions de fonctionnement avec défaillances multiples DEC-A) ;
- elle reste dans des limites compatibles avec la conception mécanique de l'assemblage combustible.

Confinement des substances radioactives

Les conditions thermomécaniques imposées à la gaine du combustible, en tant que première barrière de confinement, doivent être telles que son intégrité soit assurée lorsque celle-ci est requise (notamment pour les conditions de fonctionnement DBC2, voir chapitre 3.1 du volume 1).

### 2.1.2.1.2. Principes de conception

#### 2.1.2.1.2.1. Cycles combustible

Les cycles combustible et les plans de chargement associés sont définis de façon à respecter les principaux objectifs de conception suivants :

- avoir un coefficient modérateur négatif ;
- respecter l'objectif en termes d'enrichissement du combustible et d'épuisement maximal des crayons de combustible ;
- limiter le facteur d'élévation d'enthalpie à puissance nominale ;
- limiter le flux des assemblages périphériques pour limiter la fluence cuve ;
- renforcer les marges d'arrêt en fin de refroidissement partiel ;
- limiter la puissance des crayons MOX ayant un épuisement élevé.

#### 2.1.2.1.2.2. Epuisement du combustible

L'enrichissement en $^{235}U$ et la concentration en poisons neutroniques sont tels qu'ils permettent d'entretenir la réaction en chaîne tout le long du cycle, compte tenu des objectifs en termes d'épuisement du combustible.

La gestion prévisionnelle du combustible envisagée ne conduit pas à des taux de combustion de décharge supérieurs à ceux déjà licenciés en France.

#### 2.1.2.1.2.3. Contrôle de la distribution de puissance

La distribution de puissance est contrôlée pour éviter des points chauds dans le cœur qui pourraient être responsables de problèmes d'endommagement de la gaine.

La distribution de puissance est homogénéisée par :

- le positionnement des assemblages combustibles dans le cœur ;
- l'enrichissement du combustible et l'utilisation de gadolinium dans les crayons combustibles afin d'homogénéiser la réactivité des combustibles neufs par rapport aux anciens ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- la présence du réflecteur lourd à la périphérie du cœur.

#### 2.1.2.1.2.4. Insertion de réactivité

L'insertion de réactivité due au retrait des grappes ou à la dilution du bore est limitée par les facteurs suivants :

- la limitation de la vitesse maximale de retrait des grappes ;
- la limitation de l'efficacité d'une grappe en termes d'antiréactivité ;
- la cinétique des dilutions intempestives ;
- la limitation des volumes d'eau claire injectés dans le circuit primaire.

Le calcul d'insertion de réactivité maximale prend en compte des hypothèses pénalisantes sur les conditions initiales, notamment au niveau des concentrations de xénon ou de la distribution axiale et radiale de puissance.

#### 2.1.2.1.2.5. Marge d'arrêt

Pour les conditions de fonctionnement de référence DBC et les conditions de fonctionnement avec défaillances multiples DEC-A, le réacteur dispose de suffisamment d'antiréactivité pour amener le réacteur dans l'état d'arrêt sûr. Cette fonction est assurée par deux moyens indépendants, l'un par le contrôle mécanique des grappes, l'autre par le contrôle de la concentration en bore via notamment des réserves suffisantes de bore dans le système de borication de sécurité (RBS, voir chapitre 3.4 du présent volume).

#### 2.1.2.1.2.6. Sous-criticité

A l'arrêt, lorsque le couvercle de la cuve du réacteur est ouvert ou est sur le point de l'être, la sous-criticité est assurée par :

- une concentration en bore adéquate ;
- l'insertion de toutes les grappes dans le cœur ;
- la conformité du plan de chargement des assemblages combustibles aux études de sûreté.

#### 2.1.2.1.2.7. Stabilité

Les oscillations axiales et azimutales de puissance à l'intérieur du cœur à niveau de puissance constant sont minimisées.
La stabilité du réacteur est assurée par les contre-réactions négatives, l'homogénéité de la chimie et des paramètres thermodynamiques du fluide primaire dans le cœur, et les caractéristiques de conception qui permettent d'aplanir la distribution de puissance.
Le cas échéant, les oscillations sont détectées par les instrumentations dans et en dehors du cœur (voir chapitre 2.2 du présent volume).

### 2.1.2.2. Conception thermohydraulique

#### 2.1.2.2.1. Fonctions de sûreté

La contribution de la conception thermohydraulique du cœur du réacteur aux fonctions fondamentales de sûreté est définie ci-après.

<u>Évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives et des réactions nucléaires</u>

La conception thermohydraulique doit garantir l'évacuation de la chaleur produite dans le cœur grâce au maintien d'un transfert efficace entre les crayons de combustible et le réfrigérant primaire en fonctionnement normal et en cas d'incident.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

Confinement des substances radioactives

L'absence de crise d'ébullition lors des transitoires de catégorie 1 et des conditions de fonctionnement de catégorie 2 contribue à garantir l'intégrité de la première barrière de confinement que constitue la gaine des crayons combustibles.

#### 2.1.2.2.2. Principes de conception

L'objectif de la conception thermohydraulique est d'assurer un refroidissement adéquat des crayons combustibles et des équipements de contrôle. Cela permet de démontrer que le refroidissement du cœur par le circuit primaire ou par le système d'injection de sécurité (RIS) est conforme aux exigences de sûreté (voir chapitre 3.2 du présent volume).

Pour répondre à ces critères, les principes de conception suivants ont été établis pour la conception thermohydraulique du cœur du réacteur.

##### 2.1.2.2.2.1. Protection contre la crise d'ébullition

Pour éviter l'ébullition critique, un transfert de chaleur adéquat est assuré entre la gaine du combustible et le fluide primaire. La prévention de l'ébullition critique s'appuie sur des limites de fonctionnement et des fonctions de protection et de surveillance basées sur des calculs en temps réel du rapport de flux thermique critique (RFTC).

Le flux thermique dépend de paramètres tels que la géométrie fine des éléments à refroidir, la puissance moyenne, les distributions axiale et radiale de puissance, la température et la pression du fluide primaire et du débit local. Le RFTC est le rapport entre le flux thermique réel et le flux thermique critique, dont la loi est obtenue à partir d'une corrélation empirique.

A cet effet, une corrélation (voir annexe 2.1-1 du présent chapitre), est développée à partir d'essais de flux thermique critique spécifiques à la structure de l'assemblage combustible employé dans le cœur EPR NM (voir paragraphe 2.1.3.2.2 ci-après).

Les incertitudes de la reconstruction, ainsi que les incertitudes liées à la géométrie du combustible et du modèle thermohydraulique sont prises en compte pour déterminer les seuils de surveillance et de protection. Ces seuils sont définis de telle sorte qu'en transitoire de fonctionnement normal et en incident de catégorie 2, la crise d'ébullition ne soit pas atteinte avec une probabilité de 95 % (à un taux de confiance de 95 %), lorsque les actions de protection ont agi, soit après franchissement du seuil de protection sur valeur basse du RFTC, soit après déclenchement de l'arrêt automatique du réacteur par d'autres chaînes de protection.

##### 2.1.2.2.2.2. Température du combustible

Pour les conditions de fonctionnement normales et de catégorie 1 ou 2, il est établi avec une probabilité de 95 % (à un taux de confiance de 95 %) que la température de fusion du combustible n'est dépassée dans aucune zone du cœur.

La prévention de la fusion du combustible participe au maintien de la géométrie du cœur et donc à la garantie de son bon refroidissement.

##### 2.1.2.2.2.3. Débit dans le cœur

Le débit et la température du réfrigérant primaire sont optimisés afin d'assurer un transfert de chaleur maximum vers le circuit secondaire, tout en garantissant des conditions thermohydrauliques acceptables dans le cœur.

Trois débits différents sont considérés pour la conception :

- un débit de « conception thermohydraulique » minimisant le débit à l'entrée du cœur est utilisé pour la conception thermohydraulique. Ce débit prend en compte toutes les incertitudes ou tolérances de manière conservative pour le refroidissement du cœur (minimisation du débit).

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- un débit « réaliste » est utilisé pour estimer la pression secondaire nominale et pour dimensionner les groupes motopompes primaires ;
- un débit de « conception mécanique », maximisant le débit à l'entrée du cœur, est utilisé pour la conception mécanique des composants. Ce débit mécanique prend en compte les incertitudes et tolérances de manière conservative (maximisation du débit).

Une partie du débit ne participe pas au refroidissement des crayons combustibles et est court-circuité à travers les ajutages de sortie et les tubes guides du squelette de l'assemblage combustible ou utilisé pour refroidir le réflecteur lourd ainsi que pour maintenir des conditions de température moyenne acceptables dans la partie supérieure de la cuve (ajutages d'aspersion). En particulier, le débit de contournement vers la partie supérieure de la cuve est ajusté de manière à assurer un dôme « froid », configuration qui permet une intervention plus précoce du RBS en cas d'accident de rupture de tuyauterie vapeur.

De manière conservative, le débit de conception thermohydraulique tient compte d'un contournement total maximisé du cœur.

#### 2.1.2.2.2.4. Stabilité hydrodynamique du cœur

Les transitoires DBC1 et conditions de fonctionnement DBC2 ne conduisent pas à des instabilités hydrodynamiques du cœur.

### 2.1.2.3. Contrôle de la réactivité

#### 2.1.2.3.1. Fonctions de sûreté

Les fonctions de contrôle de la réactivité doivent permettre à tout instant l'arrêt de la réaction en chaîne et le retour à l'état d'arrêt sûr du réacteur.

Ce contrôle de la réactivité doit être assuré par deux moyens fonctionnellement différents. L'un consiste à utiliser les grappes de contrôle, l'autre à faire varier la concentration en bore soluble dans le fluide de refroidissement.

#### 2.1.2.3.2. Principes de conception

##### 2.1.2.3.2.1. Grappes de contrôle

Les grappes de contrôle fournissent suffisamment d'antiréactivité pour compenser les variations de réactivité rapides, et assurer le retour à l'état d'arrêt sûr, même en considérant le blocage de la grappe la plus efficace par application du critère de défaillance unique. Afin de garantir ces marges d'arrêt, des limites d'insertion des grappes de contrôle sont définies et contrôlées en cours d'exploitation. Chaque grappe de contrôle contient 24 crayons avec des absorbants fixés à un pommeau commun, l'araignée. Les grappes sont actionnées par un mécanisme de contrôle assurant leur insertion dans les tubes guides.

Pour favoriser l'efficacité des grappes absorbantes, des grappes noires sont utilisées. Les grappes noires comportent 24 crayons constitués de tubes d'acier inoxydable contenant des matériaux neutrophages [ ].

Lorsque les grappes de contrôle sont complètement insérées, elles couvrent l'ensemble de la hauteur active des crayons combustibles.

Les insertions limites des grappes sont définies de la façon usuelle pour le mode de pilotage de l'EPR NM [ ], c'est-à-dire de façon à pouvoir atteindre la puissance nominale par un retrait des grappes de contrôle jusqu'à leur position de référence. La définition des insertions limites est un compromis entre d'une part la manœuvrabilité du réacteur et d'autre part les analyses de sûreté.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

Le nombre de grappes de contrôle et d'arrêt (89) et leur localisation correspondent aux meilleures performances selon les indicateurs suivants :

- les marges d'arrêt [ ] ;
- le facteur d'élévation d'enthalpie à puissance nominale ;
- le poids maximal des grappes pour l'étude d'éjection de grappe ;
- l'impact sur la distribution axiale de puissance lors de l'insertion des grappes de contrôle.

Le contrôle de la position des grappes de contrôle est effectué par le système de contrôle des grappes.

#### 2.1.2.3.2.2. Système de borication

Les variations lentes de réactivité, comme l'épuisement du combustible, l'effet xénon ou lors des transitions entre l'arrêt à chaud et l'arrêt à froid, sont compensées par la dilution ou la borication du circuit primaire.

Le système de contrôle volumétrique et chimique (RCV, voir paragraphe 8.2.1 ci-après) permet d'ajuster la concentration en bore du circuit primaire en fonction des besoins lors du fonctionnement normal. Le système de borication de sécurité (RBS) utilise également le bore soluble pour contrôler la réactivité en conditions de fonctionnement DBC2-4 et DEC-A. En conditions DBC3 et 4 et DEC-A, le système d'injection de sécurité participe également au contrôle de la réactivité par la teneur en bore de l'eau qu'il injecte dans le circuit primaire.

Enfin, afin de réduire l'effet de la chimie du fluide primaire sur les matériaux, l'acide borique est enrichi.

### 2.1.3. ASSEMBLAGE COMBUSTIBLE

#### 2.1.3.1. Fonctions de sûreté

La contribution du combustible aux trois fonctions fondamentales de sûreté est définie ci-après.

Maîtrise des réactions nucléaires en chaîne

La conception du combustible doit permettre de contrôler la réactivité et d'arrêter la réaction en chaîne en toutes circonstances, en permettant une chute des grappes de contrôle dans un temps compatible avec le respect des critères de découplage.

Pour ce faire, la conception de l'assemblage doit garantir, pour toutes les conditions de fonctionnement, le maintien d'une géométrie du réseau de l'assemblage permettant l'insertion des grappes. Les embouts inférieurs et supérieurs des assemblages combustibles doivent permettre le positionnement des tubes guides et éviter l'éjection des crayons combustibles.

Évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives et des réactions nucléaires

La conception du combustible doit permettre au réfrigérant primaire d'évacuer la chaleur produite. Pour ce faire, l'ensemble des composants mécaniques (assemblages combustibles, tubes guides, grilles, embouts inférieurs et supérieurs, etc.) doivent maintenir une géométrie permettant le refroidissement du cœur.

Confinement des substances radioactives

La gaine du crayon combustible doit assurer sa fonction de première barrière de confinement des produits radioactifs contenus dans le combustible en fonctionnement normal et lors des conditions de fonctionnement DBC2. Pour cela, l'étanchéité des composants mécaniques qui

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

constituent la gaine du crayon combustible ne doit pas être remise en cause pour les transitoires DBC1 et incidents DBC2.

### 2.1.3.2. Principes de conception

L'assemblage combustible est conçu et fabriqué selon les règles décrites dans le RCC-C (voir chapitre 2.12 du volume 1).

#### 2.1.3.2.1. Crayon combustible

Le crayon de combustible est constitué de pastilles de combustible cylindriques contenues dans un tube sans soudure en alliage de zirconium [ ] scellé hermétiquement à chacune de ses extrémités. Un ressort de maintien situé au-dessus de la colonne de pastilles permet d'accommoder les dilatations différentielles en fonctionnement. Il doit être dimensionné pour que les pastilles ne puissent se déplacer pendant le transport et la manutention des assemblages neufs. Le crayon combustible est pressurisé avec de l'hélium afin de limiter les contraintes dans la gaine et améliorer le transfert thermique dans le jeu pastille-gaine. Le crayon est muni d'une chambre d'expansion supérieure et d'une chambre d'expansion inférieure dont la fonction est de limiter l'augmentation de pression interne résultant du relâchement des produits de fission gazeux en fonctionnement.

Les pastilles de combustible sont constituées de dioxyde d'uranium ($UO_2$) fritté enrichi en $^{235}U$ (jusqu'à 4,45 %). Des pastilles d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium (MOX) peuvent également être utilisées.

Les pastilles de combustible peuvent contenir du poison consommable, le gadolinium sous la forme d'oxyde mixte [ ].

Il peut y avoir entre 0 et 20 crayons dits gadoliniés par assemblage combustible.

Chaque pastille est munie à chacune de ses extrémités d'un évidement compensant la déformation différentielle entre le centre et la périphérie.

Afin de limiter l'interaction entre la pastille et la gaine, susceptible de conduire à un endommagement de cette dernière, un espace suffisant est initialement ménagé entre la pastille et la gaine.

#### 2.1.3.2.2. Structure de l'assemblage combustible

Les assemblages regroupent 265 crayons maintenus selon un réseau carré 17x17 par 13 grilles de structure dont 11 grilles de mélange en partie courante et 2 grilles d'extrémité inférieure et supérieure.

Les 24 emplacements du réseau 17x17 laissés libres par des crayons sont occupés par les tubes guides qui sont liés aux grilles, à un embout inférieur et à un embout supérieur et constituent ainsi la structure de l'assemblage. Les tubes guides permettent l'insertion soit de cannes d'instrumentation neutronique, soit de grappes de contrôle, soit de grappes sources.

Les grilles sont conçues pour résister aux sollicitations mécaniques et participer à la performance thermohydraulique du cœur.

Le nombre accru des grilles de mélange et leur positionnement axial assure une amélioration de la performance thermohydraulique, ainsi qu'un renforcement mécanique en comparaison de l'assemblage [ ] utilisé sur l'EPR Flamanville (voir Figure 8).

Les grilles de structure sont principalement en alliage de Zirconium, les grilles d'extrémité pouvant être entièrement dans un alliage à base de nickel [ ]. L'embout supérieur dispose de ressorts de maintien afin d'éviter que l'assemblage combustible ne se soulève sous l'effet de la force hydraulique axiale en fonctionnement normal. L'embout inférieur et l'embout

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

supérieur peuvent être facilement démontés et réinstallés pour réparation ou maintenance. Afin de limiter la perte de charge, la grille inférieure est une simple grille.

Les grilles sont fixées mécaniquement aux tubes guides. Les tubes guides sont en alliage de zirconium et fixés à l'embout inférieur. Le bas du tube guide présente un diamètre interne réduit ainsi que plusieurs ouvertures permettant ainsi un ralentissement de la grappe mobile à la fin de sa chute.

Le retour d'expérience des réacteurs existants, en particulier du parc EDF en exploitation utilisant des assemblages 14ft, est intégré dans la conception de l'assemblage EPR NM pris en compte pour le « basic design ».

Cela inclut les évolutions permettant de réduire les risques de déformations des assemblages telles que l'épaississement des tubes-guides, l'utilisation d'un alliage en zirconium plus résistant au fluage sous irradiation pour la structure de l'assemblage et l'ajustement des marges de maintien au juste nécessaire.

Le risque d'anomalie de chute de grappe sera ainsi extrêmement faible, et ceci d'autant plus avec le renforcement mécanique de la structure par les trois grilles supplémentaires.

Le débit moyen par assemblage étant plus faible que pour les réacteurs 14ft du parc EDF en exploitation, combiné au dispositif uniformisant la nappe de débit entrée cœur de l'EPR Flamanville, induit des débits transverses plus faibles en comparaisons des réacteurs 14ft du parc EDF en exploitation. Les conditions thermohydrauliques sont donc plus favorables vis-à-vis de la déformation de l'assemblage. La performance vis-à-vis de la tenue à la vibration / usure du supportage crayon des grilles a été démontrée, par des caractérisations hors pile à la fois sur des tests unitaires de vibration-usure et sur des tests d'endurance sur des assemblages complets. Le retour d'expérience positif acquis en réacteur sur un très grand nombre d'assemblages est aussi très démonstratif.

[ ]

Ces valeurs sont cohérentes avec les limitations existantes sur la gestion parité MOX. Ces taux de combustion crayon sont dans le domaine de validité du code [ ] établi à partir de la base expérimentale de validation.

Le taux de combustion maximal assemblage est couvert par le retour d'expérience obtenu en réacteur en particulier dans la gestion GALICE ou par l'EPR Flamanville.

Lors de la phase de conception finale, le retour d'expérience disponible qui inclura aussi celui des réacteurs EPR sera pris en compte dans la définition détaillée du combustible EPR NM avant la réalisation des rapports de conception et la mise en fabrication du premier cœur.

D'une façon générale, les améliorations de conception et de fabrication permettant d'augmenter la performance et la fiabilité du combustible seront prises en compte pour le combustible EPR NM.

Le Tableau 1 donne les caractéristiques générales de l'assemblage de combustible.

Le Tableau 2 donne les différents matériaux utilisés pour la fabrication de l'assemblage de combustible.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

| PARAMETRES | Assemblage EPR NM |
|---|---|
| Nombre de crayons de combustible par assemblage | [ ] |
| Pas des assemblages [mm] | [ ] |
| Pas des crayons [mm] | [ ] |
| Longueur active du combustible [mm] | [ ] |
| Diamètre du crayon de combustible [mm] | [ ] |
| Diamètre extérieur du tube-guide [mm] | [ ] |
| Épaisseur du tube-guide en partie courante [mm] | [ ] |
| Nombre de tubes-guides par assemblage | [ ] |
| Nombre de grilles de mélanges | [ ] |
| Nombre de grilles d'extrémité | [ ] |

**TABLEAU 1: ASSEMBLAGE DE COMBUSTIBLE – CARACTERISTIQUES GENERALES**

| ÉLÉMENTS CONSTITUANTS | MATÉRIAUX |
|---|---|
| Pastilles de combustible | Dioxyde d'uranium (UNE ou URE) ou Dioxyde mixte d'uranium et de gadolinium (Gd) ou Dioxyde mixte d'uranium et de plutonium (MOX) |
| Gainage de crayon de combustible | Alliage de Zirconium |
| Ressort de crayon de combustible | Acier inoxydable |
| Ensemble tube-guide | Alliage de Zirconium |
| Vis de fixation du tube-guide sur l'embout inférieur | Acier inoxydable |
| Liaison de fixation du tube-guide sur l'embout inférieur | Composant en acier inoxydable et alliages base Nickel |
| Cale inférieure du crayon combustible | Acier inoxydable |
| Ressorts de maintien | Alliage de Nickel [ ] |
| Vis de fixation des ressorts | Alliage de Nickel [ ] |
| Embout inférieur | Acier inoxydable |
| Embout supérieur | Acier inoxydable |
| Grilles mélangeuses<br>Plaquettes<br>Ressorts | <br>Alliage de Zirconium<br>Alliage de Nickel [ ] |
| Grilles d'extrémité | Alliage de Nickel [ ] |

**TABLEAU 2 : ASSEMBLAGE DE COMBUSTIBLE – MATERIAUX**

### 2.1.3.2.3. Structure de l'assemblage combustible

L'assemblage de combustible EPR NM est globalement très proche de l'assemblage [ ]

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

utilisé sur l'EPR Flamanville. Sa qualification sera donc basée en grande partie sur celle [ ] qui s'appuie elle-même sur celle des assemblages 14ft du parc EDF en exploitation.

Des essais de caractérisation ou de validation de cette nouvelle architecture seront réalisés plus tard durant la phase de conception détaillée de l'assemblage de combustible afin de supporter la justification mécanique des assemblages de combustible pour la Demande de Mise en Service du réacteur.

Les essais classiques sur maquettes d'assemblage à l'échelle 1 prévus à ce jour sont :

- un essai d'endurance semblable à ceux réalisés pour valider la conception des assemblages du parc EDF en exploitation 14ft [ ] vis-à-vis du risque de vibration-usure ;
- des essais de caractérisation mécanique afin de valider les modèles utilisés pour la conception et la justification de l'assemblage.

Suivant la définition finale de l'assemblage, il pourrait être nécessaire de réaliser un essai de perte de charge sur un assemblage complet en condition réacteur, ce qui permettra de valider les coefficients de perte de charge des principaux composants de l'assemblage et de l'assemblage dans son ensemble.

**FIGURE 8 : DESCRIPTION DE LA STRUCTURE DE L'ASSEMBLAGE COMBUSTIBLE**

**[ ]**

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## ANNEXE 2.1 – 1 : CORRELATION DE FLUX CRITIQUE - ORFEO

[ ]

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# 2.2. INSTRUMENTATION COEUR

## 2.2.1. INTRODUCTION

L'instrumentation du cœur, que ce soit interne (dite incore ou système RIC) ou externe (dite excore ou système RPN) a pour vocation de mesurer les niveaux et distribution de la puissance nucléaire, ainsi que les températures et niveaux d'eau dans la cuve. Ces mesures permettent d'assurer certaines fonctions de protection, limitation, surveillance, régulation du cœur et d'affichage en salle de commande principale. Le traitement de ces mesures permet également d'évaluer l'état du cœur au cours des situations accidentelles ou en conditions post-accidentelles.

## 2.2.2. INSTRUMENTATION INTERNE DU CŒUR

### 2.2.2.1. Description

L'instrumentation interne du cœur est insérée par le haut du couvercle et est composée de trois types de détecteurs, les collectrons à émetteur Rhodium, les thermocouples sortie cœur et les capteurs de niveau cuve, comme illustré par la Figure 11.

#### 2.2.2.1.1. Collectrons à émetteur Rhodium

Les collectrons à émetteur Rhodium fournissent la mesure en continu du flux neutronique à des positions données du cœur. Ils fournissent ainsi la distribution de la puissance 3D de référence.

La gamme de mesure s'étend sur les deux décades de variation du flux au-dessous de la puissance nominale.

Les détecteurs choisis sont les collectrons fixes à émetteur Rhodium. [ ]

Les [ ] collectrons sont insérés par le haut à l'intérieur du la cuve du réacteur.

Le positionnement des collectrons dans les assemblages combustibles suit les règles suivantes :

- chaque assemblage combustible instrumenté compte 8 collectrons répartis axialement sur toute la hauteur active du combustible et placés dans une même canne ;
- les cannes sont insérées dans les tubes guides des assemblages combustible instrumentés et sont portées par des bâtis des lances d'instrumentation (yoke) ;
- chaque yoke rassemble [ ] cannes et est monté sur une lance d'instrumentation.

En conséquence il y a 10 lances d'instrumentation réparties radialement sur l'ensemble du cœur et permettant d'instrumenter 60 assemblages combustibles.

La dimension axiale d'un collectron sera de 40 cm. Compte tenu de la présence de 11 grilles de mélange dans l'assemblage du combustible de l'EPR NM, les collectrons ne seront pas tous positionnés entre les grilles.

Les raisons du choix des collectrons à émetteur Rhodium sont les suivantes :

- le retour d'expérience positif :
  - des réacteurs nucléaires à l'international (Russie, Corée et États-Unis) et notamment ceux de conception Badcock & Wilcox (B&W) ;
  - de la maquette MARINE testée sur le réacteur de Cattenom 1 du parc EDF en exploitation ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- la simplification d'utilisation : un système fixe présente une plus grande simplicité d'utilisation par rapport à un système à sondes mobiles ;
- la possibilité d'exploiter des signaux collectrons Rhodium en continu par l'US3D pour reconstruire en temps réel la distribution de puissance du cœur en trois dimensions (voir 2.2.2.2.3 ci-après).

#### 2.2.2.1.2. Thermocouples sortie cœur

Les thermocouples sortie cœur mesurent la température en sortie des assemblages combustibles et sont principalement utilisés pour l'évaluation de l'état du cœur en conditions post-accidentelles.

Les thermocouples au nombre de 12 sont répartis sur l'ensemble du cœur et sont supportés par les lances d'instrumentation.

#### 2.2.2.1.3. Capteurs de niveau cuve

Les capteurs de niveau cuve permettent l'évaluation en permanence du niveau d'eau dans la cuve du réacteur au cours des situations accidentelles.

Le principe de ces capteurs repose sur une mesure différentielle de dissipation thermique d'un élément chauffant. Quatre capteurs indépendants sont situés dans les internes supérieurs de la cuve et détectent les niveaux d'eau à trois altitudes autour du plan des boucles.

### 2.2.2.2. Rôles fonctionnels

#### 2.2.2.2.1. Fonctions opérationnelles

Les signaux délivrés par les collectrons Rhodium sont utilisés pour les fonctions opérationnelles suivantes :

- l'établissement des cartes de flux neutronique ;
- la régulation du cœur ;
- l'affichage de l'état du cœur.

Ils sont valorisés dans le domaine d'exploitation « Réacteur en production (état A) » et dans les transitoires d'exploitation normale DBC1.

L'utilisation des collectrons Rhodium pour les fonctions listées ci-dessus sera possible à partir d'un certain niveau de puissance qui sera défini lors de la détermination des incertitudes associées à l'instrumentation Rhodium (la valeur préliminaire d'utilisation fonctionnelle des collectrons Rhodium est autour de 10 %PN).

La fonction d'établissement de la carte de flux, qui utilise les signaux des collectrons Rhodium en tant que mesures de flux neutronique de référence, a pour objectifs de :

- valider périodiquement la conformité des paramètres physiques du cœur (distribution de puissance 2D et 3D, tilt) ;
- calibrer périodiquement l'instrumentation excore (Chaînes Neutronique de Puissance (CNP)), par la détermination des grandeurs physiques de référence utilisées pour le calibrage (distribution de puissance axiale moyenne, axial-offset, etc.).

L'établissement de la carte de flux fait partie d'un essai physique cœur qui sera réalisé avec une périodicité typique de 30 Jours Équivalent Pleine Puissance (JEPP).

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

#### 2.2.2.2.2. Fonctions de sûreté

L'instrumentation interne du cœur contribue aux trois fonctions fondamentales de sûreté indiquées ci-après.

Maîtrise des réactions nucléaires en chaîne

La mesure permanente du flux neutronique du cœur par l'instrumentation interne (collectrons rhodium) contribue au contrôle du niveau et de la distribution de puissance du cœur dans toutes les conditions de fonctionnement de référence DBC ainsi que dans les conditions de fonctionnement avec défaillances multiples DEC-A et ce, dans les états de fonctionnement du réacteur avec des assemblages en cuve.

Évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives et des réactions nucléaires

La température et le niveau du fluide primaire sont mesurés en permanence, dans les différentes situations :

- dans les conditions de fonctionnement de référence DBC ainsi que dans les conditions de fonctionnement avec défaillances multiples DEC-A :
  - les mesures de niveau cuve et de marge à la saturation, élaborée à l'aide des thermocouples sortie cœur, délivrent des informations sur l'état du système et permettent la gestion de l'évacuation de la puissance résiduelle pour l'atteinte de l'état contrôlé DBC ;
  - pour l'atteinte de l'état d'arrêt sûr DBC/DEC-A, le niveau du fluide primaire est mesuré par les capteurs de niveau cuve ;
- dans le cas des conditions de fonctionnement avec fusion du cœur avec fusion du cœur, la température en sortie des assemblages combustibles est mesurée par les thermocouples sortie cœur.

Confinement des substances radioactives

Les lances d'instrumentation incore et les capteurs de niveau cuve sont en interface avec le couvercle de cuve. A ce titre, ils contribuent à l'intégrité du circuit primaire principal constituant la deuxième barrière de confinement.

Par ailleurs, la fonction de surveillance du cœur utilisant les signaux des collectrons Rhodium est assurée par une unité de surveillance (US3D), qui reconstruit en temps réel la distribution de puissance en 3 dimensions dans le cœur afin d'obtenir les paramètres physiques permettant de surveiller en continu les conditions limites de fonctionnement.

Les fonctions de surveillance du cœur allouées à l'US3D sont les suivantes (liste préliminaire) :

- surveillance de la Puissance linéique (Plin) ;
- surveillance du Rapport de Flux Thermique Critique (RFTC) ;
- surveillance de la marge d'arrêt ;
- surveillance du FΔH ;
- surveillance du déséquilibre axial de puissance (à confirmer en « basic design »).

Les collectrons Rhodium sont utilisés par la fonction de régulation du cœur qui permet le contrôle de la forme de puissance axiale du cœur (à confirmer en « basic design »).

Pour les fonctions d'affichage, l'US3D fournit les grandeurs physiques représentatives de l'état du cœur.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

#### 2.2.2.2.3. Reconstruction de puissance 3D

Le processus de reconstruction utilise un modèle théorique du cœur et un ensemble de mesures, afin de déterminer la distribution de puissance dans l'ensemble du cœur.

Pour l'EPR NM, le processus de reconstruction de la puissance 3D, pour la réalisation de la carte de flux ou dans l'US3D, utilise :

- les mesures incore issues de l'instrumentation collectron Rhodium ;
- le modèle théorique du cœur issu du code de calcul neutronique en ligne.

Le principe de fonctionnement des collectrons Rhodium repose sur l'interaction du flux de neutron avec l'émetteur du détecteur :

- la capture neutronique provoque la formation d'isotopes radioactifs à l'état excité ;
- un photon gamma est émis suite à la désexcitation ;
- l'isotope radioactif décroît par désintégration β-, ce qui génère un électron.

Le signal délivré par les collectrons se décompose en une composante prompte estimée à 6 % du signal total et une composante retardée, la majeure partie du signal, liée à la décroissance radioactive des isotopes de Rhodium formés par capture neutronique.

Pendant le fonctionnement du réacteur en puissance, les captures neutroniques provoquent un épuisement progressif des noyaux de Rhodium au sein de l'émetteur. Cet épuisement induit une diminution de la sensibilité du collectron (la réponse en courant diminue, pour un flux neutronique donnée).

Pour pouvoir corréler le signal fourni par les collectrons Rhodium au flux neutronique, il est nécessaire de corriger cette perte de sensibilité, spécifique à chaque collectron en fonction de son historique d'irradiation.

Cette correction est déterminée via une loi empirique, appelé loi d'usure des collectrons Rhodium, qui a été établie par Babcock & Wilcox (B&W) grâce à une expérience menée pendant neuf ans à Oconee aux États-Unis en comparant la réponse d'un détecteur usé à la réponse d'un détecteur neuf (les deux détecteurs étant positionnés aux mêmes emplacements dans le cœur).

L'application de cette loi permet de compenser l'épuisement du Rhodium et de disposer d'un signal comme si le collectron était neuf et donc de pouvoir utiliser les détecteurs pour la reconstruction de la distribution de puissance 3D.

La reconstruction en ligne de la distribution de puissance 3D le cœur utilise :

- les signaux des collectrons Rhodium ;
- les sensibilités des collectrons Rhodium ;
- les activités calculées des collectrons Rhodium sur la base du modèle du cœur ;
- les distributions des puissances 3D calculées en ligne sur la base des données mesurées d'état cœur.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

La reconstruction est réalisée en trois étapes :

- traitement des mesures des collectrons Rhodium (pour chaque collectron, correction de l'activité mesurée par sa sensibilité, déterminée avec la loi d'usure ; pour chaque canne de collectrons, transformation de la distribution des mesures axiales discontinue (8 signaux collectrons) en une distribution continue) ;
- détermination des écarts entre les activités calculées et mesurées à chaque position instrumentée, après normalisation de chacun des deux groupes d'activités (calculées et mesurées ;
- calcul de la distribution de puissance moyenne 3D reconstruite à partir des calculs et des mesures, dans les assemblages du cœur, selon la même méthode que pour l'EPR Flamanville [ ] .

En sortie de la reconstruction sont calculées :

- les distributions de puissance 3D reconstruites (niveau assemblage et crayon) ;
- les grandeurs physiques d'intérêt (facteurs de point chaud, les déséquilibres axiaux et azimutaux, etc.).

## 2.2.3. INSTRUMENTATION EXTERNE DU CŒUR

### 2.2.3.1. Description

L'instrumentation nucléaire externe du cœur fournit la mesure en continu du flux neutronique à l'extérieur du cœur. Cela permet d'accéder à la mesure du niveau et de la distribution de la puissance nucléaire du réacteur.

La gamme de mesure s'étend sur les onze décades de variation du flux entre le chargement des assemblages de combustible et la puissance nominale. En effet, l'instrumentation excore est utilisée dans toutes les phases de fonctionnement du réacteur, du chargement du cœur jusqu'à en puissance.

La gamme de mesure est divisée en trois sous-gammes de mesure qui se chevauchent car elle ne peut être couverte avec une précision suffisante par un seul système de détection.

Trois types de détecteurs sont installés (voir Figure 10) :

- les Chaînes Neutroniques Sources (CNS) : il s'agit de compteurs proportionnels surveillant les 6 décades inférieures (entre le chargement du combustible et la criticité) et assurant le chevauchement avec les CNI en haut de sa gamme ;
- les Chaînes Neutroniques Intermédiaires (CNI) : il s'agit de chambres d'ionisation compensées surveillant 8 décades intermédiaires entre CNP et CNS et assurant le chevauchement avec les CNS en bas de sa gamme ;
- les Chaînes Neutroniques de Puissance (CNP) : il s'agit de chambres d'ionisation non compensées surveillant les 3 décades supérieures.

Les CNS et les CNI sont au nombre de trois et sont localisées aux mêmes positions radiales et azimutales par rapport au cœur :

- situées le long de l'axe vertical du cœur dans trois tubes conduits répartis sur trois quarts de cœur ;
- chaque tube conduit contient une chambre source et une chambre intermédiaire ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- les CNS sont localisées dans la moitié inférieure de la zone active du cœur, les CNI sont localisées dans le plan médian de la zone active du cœur.

Les CNP sont au nombre de quatre et chacune est composée de six détecteurs situés le long de l'axe vertical du cœur et réparties par quart de cœur.

L'adoption d'une instrumentation neutronique excore multi-étagée sur l'EPR NM et la suppression des collectrons Cobalt utilisé sur l'EPR Flamanville est liée au choix d'utiliser des collectrons à émetteur Rhodium :

- la présence de collectrons à émetteur Rhodium en permanence dans le cœur permet de les utiliser pour les fonctions de surveillance du cœur. De façon à simplifier l'exploitation et ne pas avoir à gérer deux types de collectrons différents (Cobalt pour la protection et Rhodium pour la surveillance) avec des durées de vie différentes, il a été choisi, pour les fonctions de protection, de revenir à la solution utilisée sur les réacteurs 4 boucles du parc EDF en exploitation, en affectant ces fonctions aux CNP multi-étagées.
- ce choix permet de bénéficier, par ailleurs, du très bon retour d'expérience du parc EDF en exploitation et de réduire significativement les opérations de remplacement.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

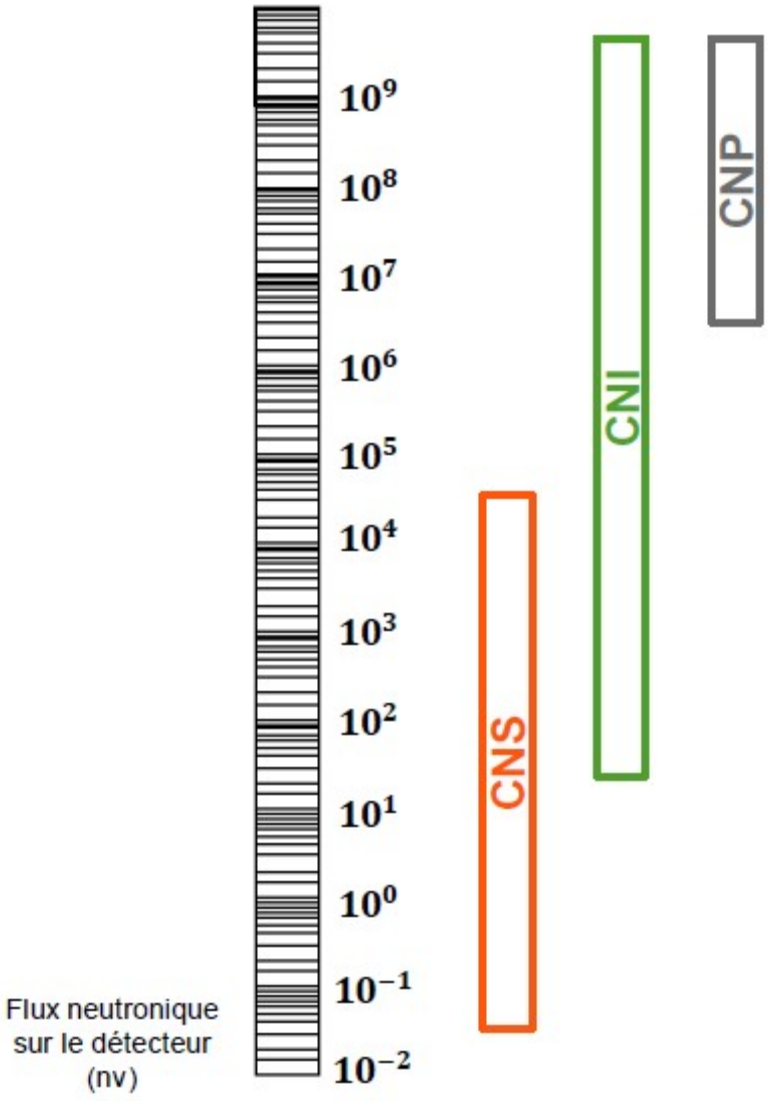



**FIGURE 9 : GAMME DE PUISSANCE DE L'INSTRUMENTATION EXTERNE DU COEUR**

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

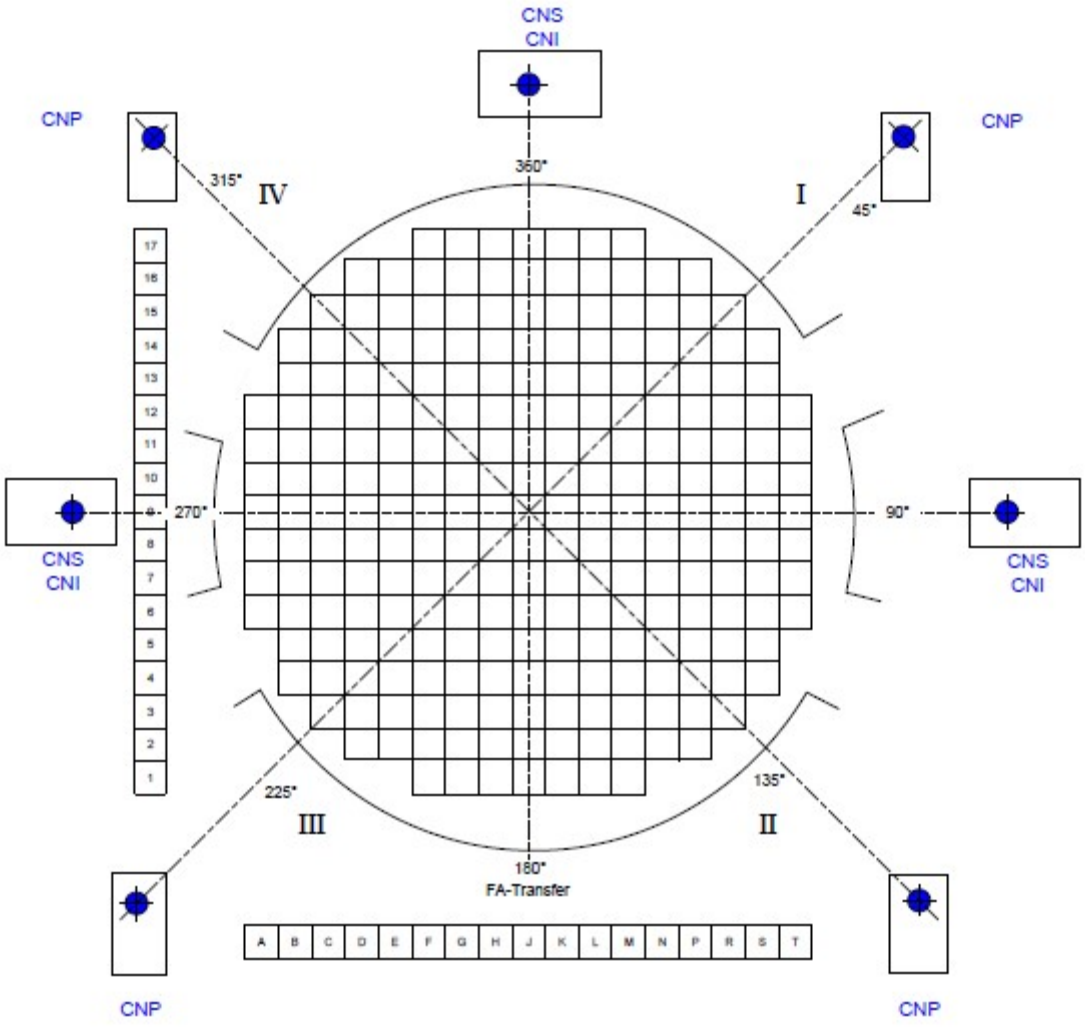



**FIGURE 10 : VUE RADIALE DE L'INSTRUMENTATION EXTERNE DU CŒUR**

### 2.2.3.2. Rôles fonctionnels

#### 2.2.3.2.1. Fonctions opérationnelles

##### 2.2.3.2.1.1. Chaînes Neutroniques Sources (CNS)

Les signaux délivrés par les CNS sont utilisés pour l'affichage de l'état du cœur : taux de comptage et valeur du temps de doublement.

Les CNS sont valorisées dans tous les transitoires d'exploitation normale DBC1.

Les CNS ne nécessitent pas d'essais fonctionnels (elles ne sont pas calibrées).

##### 2.2.3.2.1.2. Chaînes Neutroniques Intermédiaires (CNI)

Les signaux délivrés par les CNI sont également utilisés pour l'affichage de l'état du cœur : valeur de la puissance nucléaire, valeur du courant et valeur du temps de doublement.

Les CNI sont valorisées dans tous les transitoires d'exploitation normale DBC1.

Les signaux CNI servent pour élaborer les niveaux de puissance nucléaire via des coefficients de calibrage. Des essais physiques cœur sont nécessaires pour calibrer leur réponse sur la base de la puissance thermique de référence.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

#### 2.2.3.2.1.3. Chaînes Neutroniques de Puissance (CNP)

Les signaux délivrés par les CNP multi-étagées sont utilisés pour les fonctions opérationnelles suivantes :

- régulation du cœur ;
  - régulation de la température moyenne primaire ;
  - régulation du flux neutronique ;
  - régulation de la forme de puissance axiale du cœur (à confirmer) ;
- affichage de l'état du cœur (paramètres physiques affichés pour les opérateurs en salle de commande principale), par exemple.
  - valeur de la puissance nucléaire ;
  - valeur du courant total ;
  - valeur de la dérivée dΦ/dt.

Les CNP sont valorisées dans tous les transitoires d'exploitation normale DBC1.

Des essais physiques cœur sont nécessaires pour calibrer les réponses des CNP en niveau de puissance nucléaire et en distribution axiale de puissance :

- essais physiques pour calibrer le niveau de puissance nucléaire :
  - sur la base du bilan enthalpique de référence ;
  - avec une périodicité typique pour le contrôle du calibrage de 8 JEPP ;
- essais physiques pour calibrer la distribution axiale de puissance :
  - sur la base du bilan enthalpique de référence et de la carte de flux de référence ;
  - avec une périodicité typique pour le contrôle du calibrage de 30 JEPP.

Ces détecteurs ont un temps de réponse court, afin de de disposer d'un système efficace pour la détection de variations lente et rapide de la puissance du cœur

### 2.2.3.2.2. Fonctions de sûreté

L'instrumentation externe du cœur contribue à la fonction fondamentale de sûreté de maîtrise des réactions nucléaires en chaîne.

La mesure permanente du flux neutronique du cœur par l'instrumentation externe (excore) contribue au contrôle du niveau et de la distribution de puissance du cœur dans toutes les conditions de fonctionnement de référence DBC ainsi que dans les conditions de fonctionnement avec défaillances multiples DEC-A et ce, dans les états de fonctionnement du réacteur avec des assemblages en cuve.

En situation de démarrage du réacteur, les chambres excore permettent la mesure de la réactivité du cœur.

#### 2.2.3.2.2.1. Chaînes Neutroniques Sources (CNS)

Les signaux délivrés par les CNS sont utilisés pour la fonction de protection du cœur : haut flux nucléaire (niveau source).

Les CNS sont valorisées dans toutes les conditions de fonctionnement de référence DBC2-4 (jusqu'à l'atteinte de l'état contrôlé) et dans les conditions de fonctionnement avec défaillances multiples DEC-A (état standards A à E).

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

#### 2.2.3.2.2.2. Chaînes Neutroniques Intermédiaires (CNI)

Les signaux délivrés par les CNI sont utilisés pour assurer les fonctions de sûreté suivantes :

- protection du cœur : haut flux nucléaire (niveau intermédiaire), bas temps de doublement (niveau intermédiaire) et élaboration de certains permissifs ;
- limitation du cœur : haut flux nucléaire et bas temps de doublement (niveau intermédiaire) ;
- fonctions post-accidentelles : contrôle de la sous-criticité du cœur de l'état d'arrêt sûr et son maintien en état d'arrêt après une condition de fonctionnement DBC2-4.

Les CNI sont valorisées dans toutes les conditions de fonctionnement de référence DBC2-4 (jusqu'à l'atteinte de l'état contrôlé) et dans les conditions de fonctionnement avec défaillances multiples DEC-A (état standards A réacteur en production).

#### 2.2.3.2.2.3. Chaînes Neutroniques de Puissance (CNP)

Les signaux délivrés par les CNP multi-étagées sont utilisés pour les fonctions de sûreté suivantes :

- protection du cœur ;
  - puissance linéique élevée ;
  - bas Rapport de Flux Thermique Critique (RFTC) ;
  - Interaction Pastille-Gaine (IPG) ;
  - taux d'augmentation élevé de la puissance nucléaire ($d\Phi/dt > 0$) ;
  - élaboration de certains permissifs ;
- limitation du cœur (à confirmer en « basic design ») ;
  - puissance linéique élevée ;
  - bas RFTC ;
  - haut flux nucléaire (niveau puissance) ;
- surveillance du cœur (liste préliminaire à confirmer pendant le « basic design ») ;
  - surveillance du déséquilibre axial de puissance ;
  - surveillance du déséquilibre azimutal de puissance.

Les CNP sont valorisées dans toutes les conditions de fonctionnement de référence DBC2-4 (jusqu'à l'atteinte de l'état contrôlé) et dans les conditions de fonctionnement avec défaillances multiples DEC-A (état standards A réacteur en production).

#### 2.2.3.2.2.4. Reconstruction de la Plin et du RFTC

Le système de protection de l'EPR NM est similaire au Système de Protection Intégré Numérique (SPIN) des réacteurs 4 boucles du parc EDF en exploitation. Il bénéficiera à ce titre du retour d'expérience.

[ ]

### 2.2.4. INSTRUMENTATION DE MESURE DES POSITIONS DE GRAPPE (RPI)

Le système de mesure des positions de grappe (RPI) traite les mesures analogiques de position de chaque grappe de contrôle (arrêt et régulation) et les fournit au système de protection et au système de commande des grappes.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

Les signaux délivrés par le RPI sont utilisés pour les fonctions suivantes :

- protection du cœur : taux de diminution de la position des grappes (dZ/dt<0), désalignement de grappe(s) et élaboration de certains permissifs (fonction de sûreté) ;
- surveillance du cœur : désalignement d'une grappe de commande (RCCA) (fonction de sûreté) ;
- fonction opérationnelle - affichage de l'état du cœur : positions des grappes et des groupes de régulation et d'arrêt.

Les mesures de position des grappes du RPI sont valorisées dans les transitoires d'exploitation normale DBC1, les conditions de fonctionnement DBC2 et DBC3, et dans les conditions de fonctionnement avec défaillances multiples DEC-A (états standards A à D).

L'instrumentation RPI en cours d'étude pour la mise en œuvre sur l'EPR NM se distingue de celle de l'EPR Flamanville, en particulier, par l'introduction de la redondance des capteurs de mesure de position.

La redondance des capteurs RPI permet leur utilisation pour les fonctions de protection :

- dZ/dt < 0 contre l'incident de « Mauvais positionnement et chute de grappe(s) – état A (DBC2) » ;
- « Désalignement de grappe(s) » contre l'accident de « Retrait incontrôlé d'une grappe – état A (DBC3) ».

Ce choix permet de se protéger des accidents dissymétriques (chute de grappe et retrait incontrôlé d'une grappe) et d'augmenter les marges de sûreté et opérationnelles.

Par ailleurs, cette technologie [ ] est déjà utilisée :

- pour la mesure des positions des grappes dans les centrales Babcok&Wilcox et Combustion Engineering aux États-Unis (signal non utilisé pour des fonctions de protection) et bénéficie d'un bon retour d'expérience ;
- pour la mesure de niveau des puisards dans le bâtiment réacteur des EPR (Accident Level Monitoring (ALM) system).

L'utilisation des RPI B&W dans des fonctions de protection s'accompagnera :

- d'une adaptation de la technologie ;
- de la validation des composants à une température plus élevée en cohérence avec le fonctionnement de l'EPR NM ;
- de la validation de la conception aux conditions de fonctionnement des mécanismes des grappes de l'EPR NM.

Par ailleurs, les dispositions permettant les mesures de position des grappes (détecteurs et liaisons) seront qualifiées aux conditions accidentelles, séisme inclus, dans lesquelles les fonctions utilisant ce signal seront utilisées.

### 2.2.5. PRINCIPES DE CONCEPTION

L'instrumentation du cœur est conçue selon le code RCC-E (voir chapitre 2.12 du volume 1).

L'instrumentation interne du cœur est soumise à la pression du circuit primaire. Elle est conçue en suivant les règles relatives aux Equipements Sous Pression Nucléaires (ESPN) et le code RCC-M (voir chapitre 2.12 du volume 1).

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

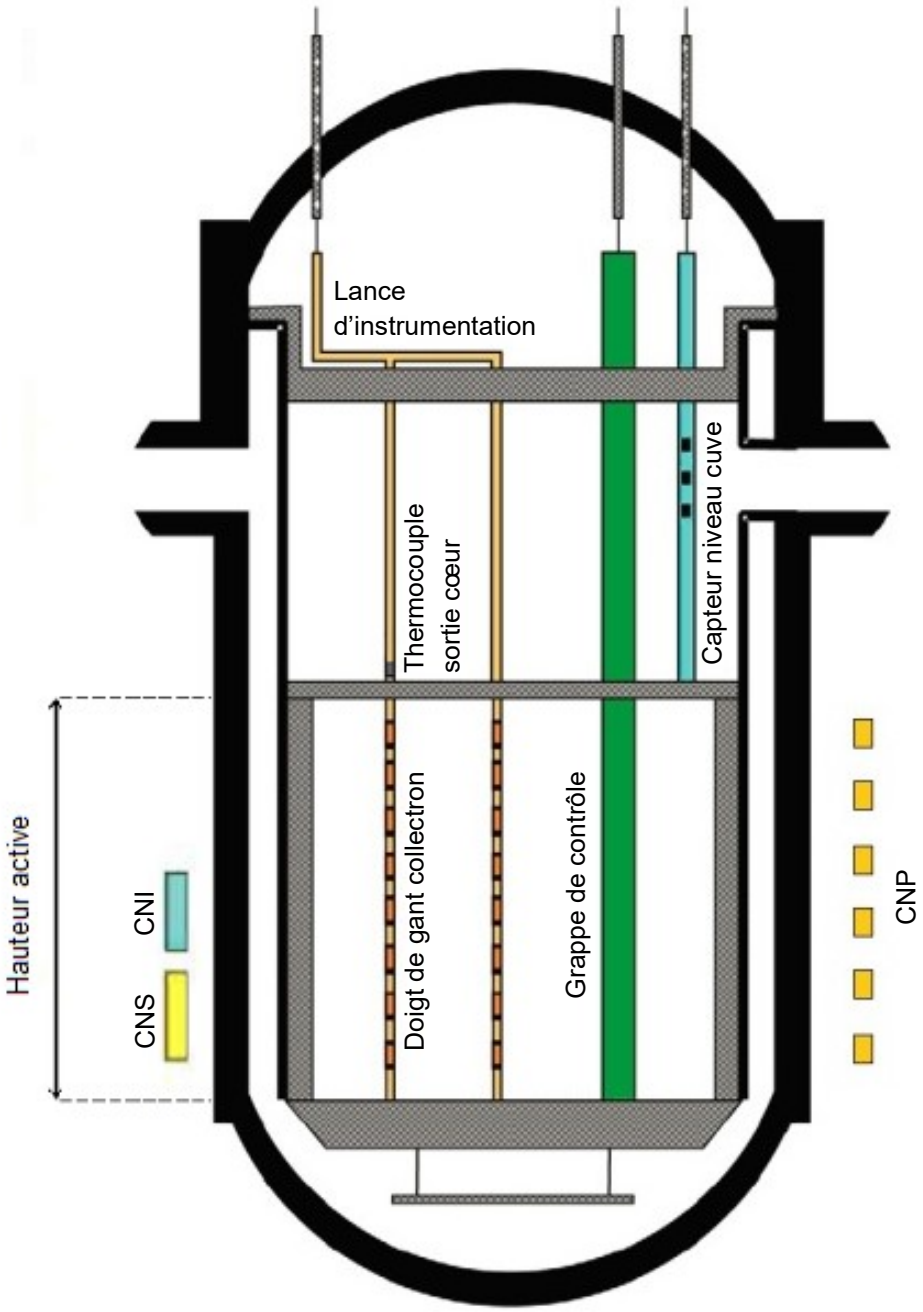



**FIGURE 11 : CONFIGURATION AXIALE DE L'INSTRUMENTATION DU CŒUR**

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

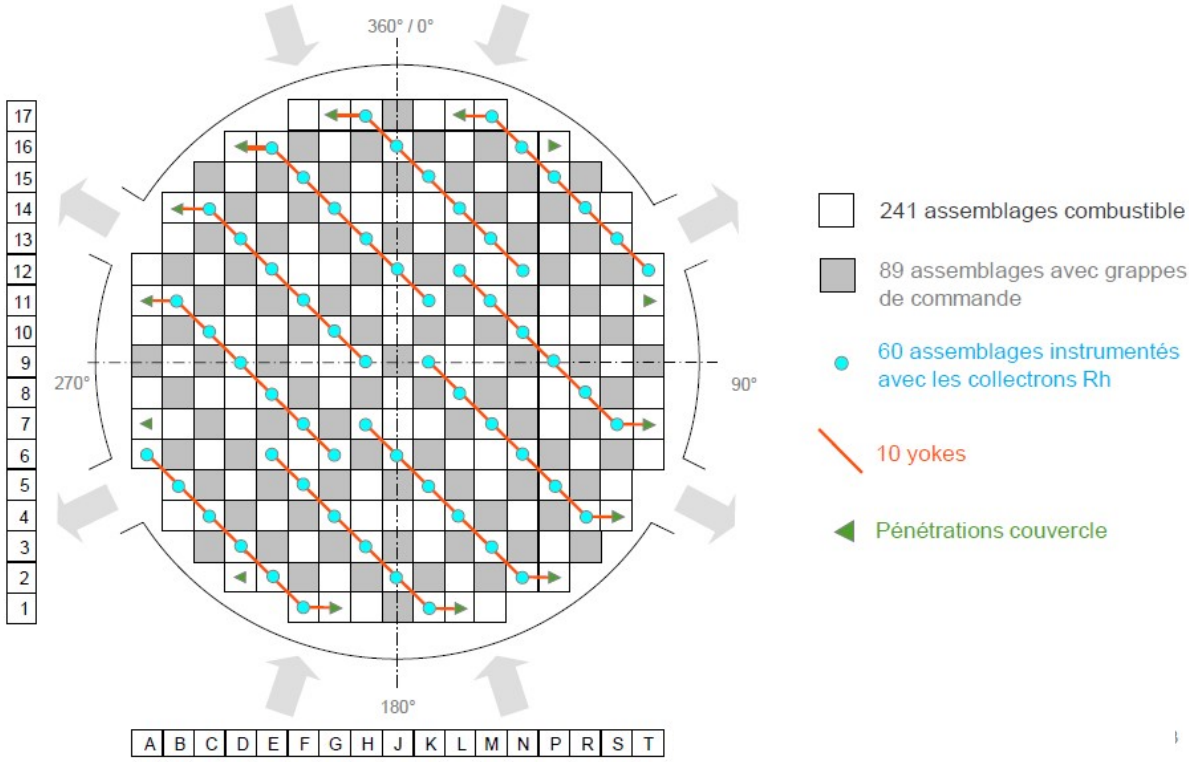



**FIGURE 12 : CONFIGURATION RADIALE DE L'INSTRUMENTATION INTERNE DU CŒUR**

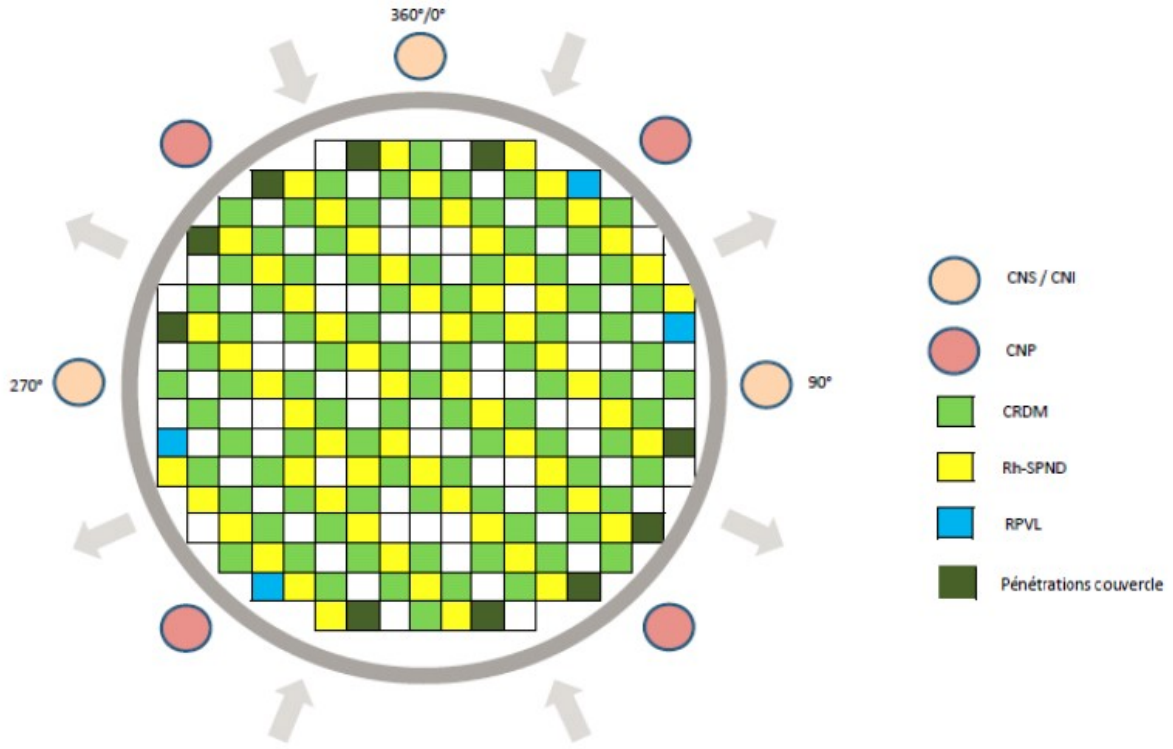



**FIGURE 13 : VUE D'ENSEMBLE DE L'INSTRUMENTATION NEUTRONIQUE CŒUR**

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

[ ]

## FIGURE 14 : VUE AXIALE DE L'INSTRUMENTATION INTERNE DU CŒUR

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## 2.3. CIRCUIT PRIMAIRE ET SYSTEMES ASSOCIES

### 2.3.1. CIRCUIT PRIMAIRE

Les valeurs numériques fournies et les options de conception envisagées dans ce chapitre sont préliminaires et seront consolidées au cours de la phase de « basic design » de l'EPR NM.

#### 2.3.1.1. Rôles fonctionnels

##### 2.3.1.1.1. Fonctions opérationnelles

Le circuit primaire (RCP) remplit les fonctions suivantes.

Maîtrise des réactions nucléaires en chaîne

Le fluide primaire, contenu dans le RCP, est utilisé comme modérateur de neutrons afin de réduire la vitesse des neutrons et de les thermaliser.

L'acide borique contenu dans le fluide primaire participe au contrôle de la réactivité du cœur en fonctionnement normal. Sa concentration est régulée pour compenser la diminution de réactivité du cœur entre le début et la fin du cycle.

L'acide borique est aussi utilisé pour compenser les effets des transitoires de xénon et lors des arrêts normaux de la chaudière.

Transfert de chaleur du réacteur et évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives et des réactions nucléaires

La principale fonction du RCP est d'extraire la chaleur du cœur du réacteur et de la transférer au circuit secondaire et ainsi produire la vapeur servant au fonctionnement de la turbine. Il sert aussi à évacuer la puissance primaire lorsque la turbine n'est pas couplée.

La puissance thermique (4850 MWth [ ]) est transférée du cœur aux générateurs de vapeur par le fluide primaire, qui est donc aussi utilisé comme fluide caloporteur.

La chaleur est échangée avec l'eau secondaire dans les générateurs de vapeur où la vapeur est générée puis acheminée vers la turbine par les tuyauteries de vapeur.

Les pompes primaires assurent un débit de fluide primaire suffisant pour refroidir le cœur du réacteur et notamment permettre de limiter la température des crayons combustible afin de préserver l'intégrité des gaines.

Confinement des substances radioactives

Le RCP constitue la deuxième barrière de confinement qui est entièrement contenue dans la troisième barrière (l'enceinte de confinement). Le RCP sert de barrière de rétention des substances radioactives dans le cas de ruptures de gaines de crayons combustibles.

La plaque tubulaire et les tubes des générateurs de vapeur sont conçus pour rester intègres et limiter les rejets radioactifs par le circuit secondaire.

Régulation de la pression primaire

Lorsque le fluide primaire est diphasique, la régulation de la pression primaire est effectuée dans le pressuriseur connecté à une branche chaude du RCP par l'intermédiaire de la ligne d'expansion.

La pression primaire est supérieure à la pression de saturation correspondant à la température de la branche chaude afin d'empêcher d'entrer en crise d'ébullition, qui nuirait à l'échange thermique entre le combustible et le fluide primaire et à la maîtrise de la réactivité.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

La marge à la saturation dans la branche froide est suffisamment faible pour minimiser les efforts exercés sur les équipements internes de la cuve en cas de brèche primaire.

Lorsque le fluide primaire est monophasique, lors des phases d'arrêt et de démarrage, la régulation de la pression primaire n'est plus effectuée par le RCP mais par le circuit de contrôle volumétrique et chimique (RCV).

#### 2.3.1.1.2. Fonctions de sûreté

En conditions de fonctionnement de référence DBC2-4 et en conditions de fonctionnement avec défaillances multiples DEC-A, le RCP contribue aux fonctions fondamentales de sûreté suivantes.

Maîtrise des réactions nucléaires en chaîne

L'acide borique injecté dans le RCP par les systèmes de sauvegarde (voir chapitre 3 du présent volume) est utilisé en complément des grappes de contrôle (voir paragraphe 2.1.2.3 ci-avant) pour compenser les effets des transitoires de xénon et pour assurer la sous-criticité requise pour atteindre l'état d'arrêt sûr.

Evacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives et des réactions nucléaires

En fonctionnement incidentel et accidentel, en fonction des cas, la puissance thermique est transférée du cœur aux générateurs de vapeur ou à des circuits auxiliaires (comme par exemple le système d'injection de sécurité (RIS) en mode de refroidissement à l'arrêt - RA), ou encore à l'enceinte.

Confinement des substances radioactives

Le RCP constitue la deuxième barrière de confinement qui est entièrement contenue dans la troisième barrière (l'enceinte de confinement). Le RCP sert de barrière de rétention des substances radioactives dans le cas de ruptures de gaines de crayons combustibles.

Dans les conditions de fonctionnement incidentel et accidentel, l'isolement du circuit primaire principal vis-à-vis des systèmes en interface est assuré par un ou plusieurs des organes d'isolement installés sur chacune des lignes connectées. Ces organes d'isolement peuvent appartenir au RCP ou à des systèmes en interface.

#### 2.3.1.1.3. Agressions externes

Le système RCP est conçu pour rester fonctionnel en cas d'agression externe de référence (DBH). De plus, selon les principes énoncés au chapitre 2.4 du volume 1, les équipements du RCP nécessaires pour démontrer l'absence de rejets importants ou précoces sont conçus pour rester opérationnels en cas d'agression externe extrême naturelle.

### 2.3.1.2. Description générale du système

La Figure 16 représente un schéma simplifié du RCP.

#### 2.3.1.2.1. Boucles primaires

Le système comporte quatre boucles primaires participant au refroidissement du cœur.

Elles sont composées de 3 tronçons :

- le premier tronçon est compris entre la cuve et le générateur de vapeur et est appelé branche chaude. Le générateur de vapeur extrait en fonctionnement normal l'énergie du cœur ;
- le deuxième tronçon est compris entre le générateur de vapeur et l'aspiration du groupe motopompe primaire et est appelé branche en U ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- le troisième tronçon est compris entre le refoulement du groupe motopompe primaire et la cuve et est appelé branche froide.

Dans les conditions normales, la circulation forcée est assurée par les quatre groupes motopompes primaires. En cas d'indisponibilité totale des pompes, la chaleur résiduelle est évacuée par circulation naturelle dans le cœur et dans les boucles.

Dans les conditions d'arrêt, lorsque les générateurs de vapeur ne sont plus capables d'évacuer l'énergie provenant du cœur, cette fonction est assurée par le système d'injection de sécurité (RIS en mode RA). Le fluide caloporteur primaire est alors aspiré en branche chaude et réinjecté en branche froide après refroidissement.

#### 2.3.1.2.2. Régulation de pression

Lorsque le fluide primaire est diphasique, la régulation de la pression primaire est effectuée par le pressuriseur, lequel est connecté à l'une des branches chaudes par l'intermédiaire de la ligne d'expansion. Dans le pressuriseur, l'eau et la vapeur sont maintenues à saturation.

La régulation de pression dans le pressuriseur est obtenue grâce :

- aux cannes chauffantes qui vaporisent l'eau contenue dans le pressuriseur pour augmenter la pression de vapeur et la pression primaire ;
- à deux lignes d'aspersion normale d'eau froide dans la phase en vapeur du pressuriseur ; cette eau condense la vapeur et diminue la pression primaire.

Les lignes d'aspersion normale sont connectées à deux des branches froides. Le débit d'aspersion est assuré par les groupes motopompes primaires et régulé par des vannes réglantes motorisées. Pour garantir un débit minimum permanent dans les lignes d'aspersion, une ligne de bipasse est installée en dérivation de chaque vanne réglante.

Chaque ligne de bipasse est munie d'une vanne de réglage manuelle. L'aspersion continue permet aussi aux lignes d'aspersion normale d'être maintenues pleines d'eau à la température des branches froides ce qui permet de prévenir les chocs thermiques lors de l'ouverture des vannes réglantes principales.

Par ailleurs, une des lignes d'aspersion normale est séparée en deux en amont de la vanne réglante principale afin de fournir un débit d'aspersion au sommet du pressuriseur. Cette ligne supplémentaire dite d'homogénéisation du pressuriseur est munie d'une vanne motorisée ainsi que d'un bipasse pour les mêmes raisons que celles listées précédemment. Elle est utilisée lors de la phase d'arrêt, lorsque le pressuriseur est monophasique, afin d'homogénéiser et de refroidir le haut du pressuriseur.

Si le débit dans les deux lignes d'aspersion normale n'est pas suffisant pour réguler la pression primaire ou en cas de perte ou d'arrêt des pompes primaires, l'aspersion auxiliaire du pressuriseur est mise en service. Cette ligne est connectée au refoulement des pompes du système de contrôle volumétrique et chimique (RCV, voir paragraphe 8.2.1 ci-après).

#### 2.3.1.2.3. Protection contre les surpressions et système de décharge du pressuriseur

Si la régulation de pression n'est pas suffisante pour maintenir une pression acceptable dans le RCP, un système de protection contre les surpressions est prévu au niveau du pressuriseur.

Ce système de décharge du pressuriseur est composé de plusieurs sous-systèmes qui :

- limitent la pression dans le circuit primaire à chaud, mais aussi à froid évitant ainsi le risque de rupture brutale de la cuve ;
- assurent une dépressurisation contrôlée du circuit primaire jusqu'à la connexion du circuit RIS-RA en cas d'indisponibilité des autres moyens de

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

dépressurisation ;

- assurent la décharge primaire en cas de fonctionnement en « gavé ouvert[1] » pour certaines conditions de fonctionnement DEC-A ;
- assurent une dépressurisation du circuit primaire dans les conditions de fonctionnement avec fusion du cœur DEC-B) conduisant ainsi à éliminer pratiquement les séquences de fusion du cœur à haute pression qui conduiraient à des rejets précoces importants.

L'ensemble des sous-systèmes décharge l'eau et la vapeur du pressuriseur dans une ligne unique qui se termine dans une rampe de décharge noyée dans de l'eau froide contenue dans le réservoir de décharge du pressuriseur (RDP). Ce réservoir est maintenu sous azote et est protégé contre les surpressions par deux disques de rupture installés en partie haute. En cas de rupture d'un disque, la vapeur, l'hydrogène (en cas de fusion du cœur) et l'azote contenus dans le RDP sont évacués vers l'enceinte.

Le système de décharge du pressuriseur est conçu en assurant une redondance vis-à-vis de ses fonctions de protection contre les surpressions à chaud et à froid, et de dépressurisation contrôlée.

Les sous-systèmes de décharge du pressuriseur sont les suivants :

- sous-systèmes assurant les fonctions de protection contre les surpressions à chaud et à froid, et de dépressurisation contrôlée (soupapes du pressuriseur) ;
- sous-système assurant les fonctions de décharge primaire en « gavé ouvert » et de dépressurisation dans les conditions de fonctionnement avec fusion du cœur DEC-B (lignes de décharge/dépressurisation du pressuriseur).

L'architecture détaillée des sous-systèmes de décharge du pressuriseur sera définie au cours du « basic design ».

Les règles d'étude des transitoires de surpression primaire sont présentées au chapitre 3.9 du volume 1.

#### 2.3.1.3. Caractéristiques du fluide du RCP

Le fluide caloporteur primaire est de l'eau déminéralisée hydrogénée, pouvant être conditionnée par des agents chimiques complémentaires, et dans laquelle est dissout de l'acide borique à fin de contrôle de la réactivité du cœur.

La pression en fonctionnement en puissance est constante et égale à 15,5 MPa abs dans le pressuriseur.

Trois valeurs de débit primaire sont considérées pour les différentes études :

- le débit réaliste [ ] représente le débit nominal correspondant à l'intersection entre la courbe caractéristique des groupes motopompes primaires (débit-hauteur) et la courbe caractéristique du RCP, sans marge ;
- le débit thermohydraulique [ ] représente un débit minimisé, utilisé notamment pour l'étude des performances du cœur. [ ]
- le débit mécanique de conception [ ] représente un débit maximisé, utilisé notamment pour le dimensionnement mécanique des équipements internes de la cuve et des assemblages combustibles.

[1] Fonctionnement avec dépressurisation du circuit primaire par l'opérateur et mise en service de l'injection de sécurité afin d'assurer le maintien d'un inventaire en eau suffisant et évacuer la puissance résiduelle et éviter la mise en surpression du circuit primaire.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

[ ]

Une réduction de la surface d'échange au niveau des tubes GV est par ailleurs considérée dans les études afin de couvrir les phénomènes de bouchage ou d'encrassement des tubes GV.

[ ]

#### 2.3.1.4. Principes de conception

Le circuit primaire est conçu en suivant les règles relatives aux Equipements Sous Pression Nucléaires (ESPN).

La classe de sûreté et les exigences mécaniques des équipements constituant le RCP sont définies selon les règles du chapitre 2.6 du volume 1. En particulier, les équipements formant l'enveloppe sous pression du circuit primaire principal tel que défini dans l'arrêté du 10 novembre 1999 ont des exigences de conception M1.

### 2.3.2. CUVE DU RÉACTEUR

#### 2.3.2.1. Rôle

La cuve est une enveloppe sous pression qui est remplie de fluide primaire et qui contient les éléments combustibles. Elle participe aux fonctions de sûreté de confinement des substances radioactives et d'évacuation de la puissance résiduelle (voir paragraphe 2.3.1.1 ci-avant).

#### 2.3.2.2. Description

La cuve du réacteur est constituée de deux éléments principaux, le corps et le couvercle de la cuve, raccordés par les composants de fermeture.

La Figure 17 représente un schéma de principe de la cuve et des principaux composants qu'elle referme dont le cœur constitué des assemblages combustibles.

Le débit de contournement du cœur dirigé des branches froides vers la partie supérieure de la cuve, au travers d'ajutages d'aspersion, contribue à abaisser la température moyenne de l'eau sous le couvercle de cuve. Cela permet, en cas d'accident de brèche secondaire, une arrivée plus précoce dans le cœur du bore injecté par le système RIS. Le dôme froid permet de limiter la formation d'une phase vapeur sous le couvercle de cuve et permet ainsi d'accélérer la dépressurisation du circuit primaire afin de rejoindre plus rapidement une pression permettant l'injection de bore par l'ISMP (Injection de Sécurité Moyenne Pression) dans le circuit primaire.

##### 2.3.2.2.1. Corps de la cuve

Le corps de la cuve est constitué d'une partie supérieure, de viroles cylindriques et d'un fond hémisphérique soudés par des soudures circulaires. La taille des pièces forgées le constituant est optimisée de façon à diminuer autant que possible le nombre de soudures en particulier au niveau des viroles de cœur. Les principaux constituants du corps de la cuve sont les suivants, de haut en bas :

- la virole porte tubulures intégrant la bride de liaison avec le couvercle. Il s'agit d'une pièce forgée comportant 8 ouvertures pour le raccordement des boucles primaires. Les 4 entrées et les 4 sorties sont situées au même niveau, au-dessus de la partie haute du cœur.
- les tubulures sont des pièces forgées séparées, soudées sur la cuve suivant une conception de type « set on » ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- la zone de cœur est constituée de 2 viroles forgées assemblées par soudage ;
- l'anneau de transition (dont la partie supérieure peut faire partie de la zone de cœur) est une pièce forgée qui assure la transition entre la virole de cœur et le fond hémisphérique ;
- le fond hémisphérique, pièce forgée, qui ne comprend aucune pénétration.

#### 2.3.2.2.2. Couvercle de la cuve

Le couvercle de la cuve est de forme hémisphérique en partie haute ; il comporte une bride de raccordement en partie basse. La partie hémisphérique est équipée des pièces suivantes :

- les adaptateurs des mécanismes de commande des grappes de contrôle ;
- les adaptateurs de l'instrumentation dans le cœur, dite incore ;
- un piquage d'évent et un piquage de thermocouple sous dôme.

La bride est munie de trous pour laisser passer les goujons de fermeture.

Les orientations de conception visent à tenir compte du retour d'expérience de l'EPR Flamanville à travers trois axes :

- prise en compte des dispositions de réalisation des soudures mises en œuvre sur l'EPR Flamanville pour garantir la bonne santé de soudure (défaut à l'interface soudure/adaptateur) ;
- amélioration de la conception pour limiter, voire éliminer les problèmes de décohésion en racine des soudures ;
- amélioration de la contrôlabilité des soudures.

Les difficultés rencontrées initialement sur l'EPR Flamanville ont été traitées pour obtenir le niveau de qualité attendu.

Parmi les améliorations de conception, la réalisation d'un léger chambrage dans le beurrage et le métal de base à proximité de la soudure, de manière à ajouter de la souplesse en racine de soudure (en cours de validation dans le cadre du projet Hinkley Point C) pourrait être envisagée. Les premiers résultats tirés de maquettes et obtenus sans précaution opératoire particulière montrent une absence de défaut ou une taille nettement inférieure au critère d'acceptabilité du RCC-M Edition 2016 (0,8 mm).

Des développements de nouvelles sondes US (type multi-éléments) sont également en cours, afin de pouvoir :

- détecter et si possible caractériser des décohésions en racine ;
- détecter une plus grande plage de profondeurs et d'orientations de défauts.

#### 2.3.2.2.3. Composants de fermeture de la cuve

Le couvercle est retiré lors des opérations de chargement et de déchargement du combustible.

La boulonnerie permet d'assurer la fermeture et l'étanchéité du couvercle avec le corps de cuve. Des goujons sont vissés dans les filetages de la bride de la cuve et exercent un effort de serrage sur le couvercle par l'intermédiaire d'un système écrou rondelle vissé sur les goujons.

Deux joints toriques concentriques assurent l'étanchéité entre la bride de la cuve et la bride du couvercle. Ces joints toriques pénètrent dans des rainures de la bride du couvercle.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

L'étanchéité du premier joint au contact avec le fluide primaire est contrôlée par un détecteur de fuite.

### 2.3.2.3. Principes de conception

Codes utilisés

La cuve du réacteur est conçue selon le code RCC-M (voir chapitre 2.12 du volume 1).

Matériaux

La cuve est constituée d'acier faiblement allié. Les surfaces en contact avec le fluide primaire sont recouvertes d'un revêtement en acier inoxydable austénitique.

Prise en compte du risque de rupture brutale

Ce risque est pris en compte dès la conception de la cuve, par une estimation majorée de la fluence en fin de vie. La fluence de conception retenue est égale à $2{,}19.10^{19}$ n/cm² après 60 ans de fonctionnement.

Cet objectif en termes de fluence est atteint, d'une part grâce à la distance entre les assemblages périphériques et la paroi de la cuve et d'autre part à la présence d'un réflecteur lourd placé en périphérie du cœur.

Contrôlabilité

Des capsules d'irradiation sont installées entre la cuve et l'enveloppe du cœur. Elles contiennent des éprouvettes faites du même métal que le métal de base de la cuve. Ces éprouvettes sont irradiées en fonctionnement normal. Des éprouvettes seront extraites au cours de la vie de l'installation ; elles subiront des essais destructifs pour suivre les évolutions des caractéristiques mécaniques du matériau.

La conception de la cuve prend en compte la nécessité de pouvoir réaliser des inspections en service de toutes les soudures de la cuve.

Les surfaces internes de la cuve sont inspectables de l'intérieur lorsque les internes sont retirés.

### 2.3.2.4. Supportage

L'ensemble de la cuve repose sur des patins d'appui situés sous chacune des 8 tubulures. Ces patins d'appui sont monobloc avec les tubulures. Ces patins reposent sur l'anneau de support qui est une structure mécano-soudée reposant sur le bord du puits de cuve.

## 2.3.3. INTERNES DE LA CUVE

Les internes correspondent aux structures contenues dans la cuve et qui ne sont ni le cœur, ni les grappes et tiges de commande, ni les grappes de bouchon et ni l'instrumentation. On les répartit entre internes inférieurs et internes supérieurs.

Cette structure en deux ensembles distincts convient aux phases de chargement et de déchargement du combustible. Lorsque la cuve est ouverte, les internes supérieurs sont retirés, rendant accessible pour les opérations de déchargement le combustible contenu dans les internes inférieurs. Les internes inférieurs ne sont retirés que pour permettre une inspection de la surface intérieure de la cuve.

En évolution par rapport à la conception de l'EPR Flamanville, les internes inférieurs et les internes supérieurs sont munis de brides en leur partie supérieure. Ces brides sont maintenues au niveau de la bride de la liaison de la cuve. Un anneau de calage est coincé entre les brides des internes inférieurs et supérieurs. Une fois le couvercle en position, la bride du couvercle appuie sur l'ensemble des brides des internes. L'anneau de calage est comprimé et cette liaison assure la stabilité verticale des internes soumis aux forces

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

hydrauliques du fluide primaire.

Le positionnement précis des internes inférieurs est assuré par l'intermédiaire des quatre broches d'alignement monobloc de la cuve et du couvercle.

### 2.3.3.1. Internes inférieurs

#### 2.3.3.1.1. Rôle des internes inférieurs

Les internes inférieurs assurent :

- le supportage, le positionnement, le maintien en position et la protection des éléments combustibles ;
- le bon refroidissement du cœur en garantissant une distribution homogène de l'écoulement dans le cœur : l'eau qui entre dans la cuve par les tubulures d'entrée descend vers le fond de la cuve en s'écoulant entre la paroi de la cuve et l'enveloppe du cœur avant de traverser la plaque support de cœur et le cœur ;
- par l'intermédiaire du réflecteur lourd, une meilleure utilisation du combustible en limitant les fuites neutroniques de la zone du cœur et une protection du métal de base de la cuve en limitant son irradiation ;
- un supportage secondaire du cœur qui limite les conséquences d'une chute accidentelle du cœur suite à une défaillance hypothétique des équipements internes inférieurs. Ce supportage est conçu pour :
  - limiter le déplacement vertical vers le bas des internes inférieurs afin d'éviter le retrait des grappes de contrôle du cœur ;
  - conserver l'espace annulaire entre l'enveloppe de cœur et la cuve.

#### 2.3.3.1.2. Description des internes inférieurs

Les internes inférieurs sont constitués des trois sous-ensembles suivants :

- la structure de support inférieur du cœur ;
- le système de distribution du débit ;
- le réflecteur lourd.

##### 2.3.3.1.2.1. Structure de support inférieur du cœur

La structure de support inférieur du cœur est l'élément majeur de la structure des équipements internes de la cuve.

La structure de support inférieur du cœur transmet les chargements verticaux à la bride de la cuve et répartit les chargements horizontaux entre la bride de la cuve et le système de maintien radial inférieur.

C'est dans cette structure que se trouve le cœur entouré du réflecteur lourd. Les assemblages combustibles reposent sur le fond support de cœur. Deux pions de centrage par assemblage sont vissés sur le fond support de cœur. Ces pions servent à positionner, à aligner et à maintenir en position les embouts inférieurs des assemblages combustibles. Les éléments constituant la structure de support inférieur sont détaillés ci-après :

- une bride supérieure, qui est la bride de l'enveloppe du cœur. Elle repose à l'intérieur de la bride de la cuve et transmet à la cuve les chargements des assemblages combustibles et des équipements internes inférieurs.
- une enveloppe cylindrique du cœur. Elle est soudée à la bride de l'enveloppe du

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

cœur et est constituée de sections cylindriques soudées ensemble. La partie supérieure de l'enveloppe comporte quatre ajutages de sortie situés en face des quatre ajutages de sortie de la cuve. Ils constituent la voie de passage du réfrigérant primaire entre le cœur et les ajutages de sortie de la cuve. Le jeu radial, entre les ajutages de sortie de l'enveloppe du cœur et ceux de la cuve, est réduit afin de limiter le débit de bipasse.

- le fond support de cœur est soudé au bas de l'enveloppe du cœur. Cette épaisse plaque forgée supporte tous les assemblages combustibles, le réflecteur lourd et le système de distribution de débit. Elle possède 4 orifices sous chacun des 241 éléments combustibles. Ces orifices dirigent et répartissent le flux du réfrigérant primaire jusqu'à l'entrée du cœur.
- le système de maintien radial inférieur. Il est constitué de glissières de maintien radial fixées à la périphérie du fond support de cœur dans lesquelles s'engagent des clavettes soudées sur la paroi de la cuve. Cet assemblage participe au supportage secondaire de la cuve en cas de défaillance hypothétique des équipements internes inférieurs du type rupture circonférentielle de l'enveloppe de cœur.
- les paniers des capsules d'irradiation. Ils sont fixés à l'extérieur de l'enveloppe du cœur à des endroits où le flux neutronique est supérieur à celui qui existe sur la face intérieure des viroles de la cuve. Ils positionnent, supportent, immobilisent et guident les capsules d'irradiation. Ils participent également à leur refroidissement.

#### 2.3.3.1.2.2. Système de distribution de débit

Le système de distribution de débit est fixé sous le fond support de cœur au moyen de colonnes verticales vissées. Il homogénéise la distribution du débit à l'entrée du fond support de cœur.

#### 2.3.3.1.2.3. Réflecteur lourd

Le réflecteur lourd se trouve à l'intérieur de l'enveloppe du cœur et repose sur le fond support de cœur. Il s'étend sur pratiquement toute la hauteur de la cavité de cœur. Il réduit la fuite des neutrons, aplatit la distribution de la puissance du cœur et assure le maintien latéral des assemblages combustibles.

Le réflecteur lourd est constitué de plusieurs galettes forgées en acier inoxydable placées les unes au-dessus des autres. Pour éviter tout assemblage soudé ou boulonné à proximité du cœur, les galettes sont maintenues en position par des cales et des tirants, ces derniers étant vissés au fond support de cœur.

Les galettes ont une forme extérieure cylindrique mais ne rentrent pas en contact avec l'enveloppe de cœur. Le contour intérieur des galettes épouse la forme polygonale du cœur sans rentrer en contact avec lui.

La chaleur générée à l'intérieur de la structure en acier par absorption du rayonnement gamma est évacuée par l'eau circulant dans le réseau de trous traversant les galettes ainsi que par l'eau circulant dans les jeux existant entre le réflecteur lourd et l'enveloppe de cœur d'un côté, et les assemblages combustibles de l'autre côté.

#### 2.3.3.1.2.4. Principes de conception

Codes utilisés

Les internes inférieurs sont conçus selon le code RCC-M (voir chapitre 2.12 du volume 1).

Matériaux

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

Les internes inférieurs sont constitués majoritairement d'acier inoxydable austénitique.

### 2.3.3.2. Internes supérieurs

#### 2.3.3.2.1. Rôle des internes supérieurs

Les équipements internes supérieurs se trouvent dans la partie supérieure de l'enveloppe du cœur et au-dessus du cœur. Ils assurent les fonctions suivantes :

- garantir le positionnement, l'alignement et le maintien en position des éléments combustibles ;
- distribuer le réfrigérant en sortie du cœur ;
- garantir le positionnement, l'alignement et la protection des tiges et grappes de contrôle ainsi que de l'instrumentation du cœur.

#### 2.3.3.2.2. Description des internes supérieurs

Les internes supérieurs sont constitués des éléments suivants :

- le support supérieur (en forme de chapeau renversé) ;
- la plaque supérieure de cœur ;
- plusieurs types de colonnes.

##### 2.3.3.2.2.1. Support supérieur

Cet élément isole le couvercle de la cuve du plénum supérieur ; il constitue l'ossature des équipements internes supérieurs. Il comprend la plaque support supérieure, une bride et une jupe circulaire. La jupe circulaire est soudée à la plaque support supérieure et à la bride. La plaque support supérieure contient de larges orifices pour le passage des guides de grappes et des orifices plus petits pour le passage des doigts de gants des lances d'instrumentation du cœur et des sondes de mesure de niveau d'eau dans la cuve.

La bride du support supérieur participe au supportage et au maintien en position des internes dans la cuve.

##### 2.3.3.2.2.2. Plaque supérieure de cœur

La plaque supérieure de cœur constitue le toit de la cavité du cœur. Elle est percée d'orifices assurant la sortie du cœur du fluide primaire au niveau de chaque assemblage combustible. La géométrie de ces orifices diffère selon que l'assemblage combustible est équipé d'une grappe de contrôle ou non.

Les pions supérieurs de centrage du combustible (deux par assemblage) et les broches de centrage des guides de grappes assurent un positionnement précis des guides de grappes par rapport aux assemblages combustibles correspondants et la rectitude du canal de chute des grappes de contrôle.

Un alignement précis entre la plaque supérieure de cœur et le réflecteur lourd est obtenu grâce à quatre broches vissées sur le réflecteur lourd qui s'engagent dans quatre jeux d'inserts fixés sur la plaque supérieure de cœur.

##### 2.3.3.2.2.3. Colonnes

Le support supérieur est connecté à la plaque supérieure de cœur par les colonnes des guides de grappes, les colonnes dites normales et les colonnes dites LMP (Level Measurement Probe).

Collectivement, ces colonnes maintiennent l'espace requis entre le support supérieur et la plaque supérieure de cœur.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

Les colonnes des guides de grappes assurent les fonctions suivantes :

- elles transmettent vers la bride des internes supérieurs les forces verticales qui s'exercent sur la plaque supérieure de cœur ;
- elles protègent les guides de grappe des écoulements existants dans le plénum supérieur et sont donc placées à la verticale des assemblages combustibles munis de grappes de contrôle ;
- certaines d'entre elles supportent les tubes guidant les doigts de l'instrumentation de cœur jusqu'aux assemblages combustibles.

Les colonnes LMP sont situées en périphérie. Chacune de ces colonnes positionne et protège les capteurs de niveau cuve situés à des niveaux différents au droit des ajutages de sortie dans le plénum supérieur.

Les colonnes normales sont des colonnes non instrumentées situées en périphérie comme les colonnes LMP.

#### 2.3.3.2.2.4. Principes de conception

Codes utilisés

Les internes supérieurs sont conçus selon le code RCC-M (voir chapitre 2.12 du volume 1).

Matériaux

Les internes supérieurs sont constitués majoritairement d'acier inoxydable austénitique.

### 2.3.4. PRESSURISEUR

#### 2.3.4.1. Rôle

Les fonctions principales assurées par le pressuriseur sont les suivantes :

- contrôler les variations de pression du circuit primaire principal lorsque le pressuriseur est diphasique. Le pressuriseur assure cette variation de pression primaire grâce aux chaufferettes et à l'aspersion.
- contribuer à la protection du circuit primaire principale contre les surpressions. Le pressuriseur assure les fonctions de régulation de pression primaire et de protection contre les surpressions afin de contrôler et, si nécessaire, d'accommoder l'expansion et la contraction du fluide primaire, en limitant les effets sur la pression en conditions normales et accidentelles. Cette protection doit également être assurée dans les conditions de fonctionnement DEC-A, en particulier en cas d'accident avec blocage mécanique de grappes de contrôle et d'arrêt.
- chauffer et refroidir le fluide primaire qu'il contient grâce aux chaufferettes et à l'aspersion.

Le pressuriseur assure également une fonction de confinement dans les conditions de fonctionnement DBC et DEC-A puisqu'il fait partie de l'enveloppe de pression du circuit primaire principal.

Le volume d'eau saturée et le volume d'expansion de vapeur combinés sont suffisants pour fournir la réponse en pression souhaitée aux changements de volume du fluide primaire.

Le pressuriseur de l'EPR NM est conçu pour accommoder les variations de pression et de volume du fluide primaire pour une puissance thermique totale du cœur de 4850 MWth. Par rapport à l'EPR Flamanville, les caractéristiques de cet équipement évoluent comme indiqué dans les paragraphes ci-dessous.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

### 2.3.4.2. Description

La Figure 18 représente un schéma de principe du pressuriseur.

Le pressuriseur est une enceinte sous pression qui se compose de viroles cylindriques verticales, fermées aux deux extrémités par des fonds hémisphériques. Son volume libre est augmenté par rapport au volume du pressuriseur de l'EPR Flamanville, et ce afin d'accommoder l'augmentation de la puissance du cœur vis-à-vis du risque de surpressions primaires. L'orientation préliminaire retenue pour l'EPR NM est d'augmenter la hauteur du pressuriseur par rapport à l'EPR Flamanville tout en conservant le diamètre inchangé.

Le fond inférieur est une pièce forgée munie :

- de la tubulure de la ligne d'expansion (verticale et localisée au centre du fond inférieur) : cette tubulure est équipée d'une manchette thermique inversée vissée sur l'anneau support de la crépine ;
- d'une crépine montée à l'entrée de la tubulure d'expansion dans le fond inférieur ; elle empêche le passage de corps migrants du pressuriseur vers le circuit primaire ;
- de piquages d'instrumentation inférieurs (phase liquide) ;
- d'un piquage (phase liquide) connecté au système d'échantillonnage nucléaire (REN, voir chapitre 8.2 du présent volume) ;
- de pénétrations pour les manchettes de cannes chauffantes dont la longueur est minimisée pour réduire les besoins en eau liquide dans le pressuriseur.

La partie cylindrique est constituée de viroles en forgés, soudées entre elles par des soudures circulaires. La partie cylindrique supérieure est munie :

- de trois tubulures connectées aux lignes d'aspersion normales et auxiliaire : ces trois tubulures possèdent des manchettes thermiques soudées intégrées qui sont prolongées par une lance d'aspersion ;
- de piquages d'instrumentation supérieurs (phase vapeur) ;
- de supports de fixation latéraux (trois consoles de supportage).

Le fond supérieur est une pièce forgée et est munie :

- de 3 tubulures connectées aux soupapes de sûreté : ces trois tubulures sont munies d'une écope à l'intérieur du pressuriseur permettant d'avoir un bouchon d'eau sous chaque siège de soupape ;
- de tubulure(s) connectée(s) aux lignes de décharge en cas d'accident ;
- d'un évent connecté au système de drains et évents (RPE, voir chapitre 8.2 du présent volume) ;
- d'un trou d'homme qui permet d'accéder à l'intérieur du pressuriseur pour les opérations de contrôle et de maintenance.

Le trou d'homme est obturé en fonctionnement normal par un tampon boulonné placé dans l'axe du pressuriseur et percé en son centre afin de laisser passer la ligne d'homogénéisation du pressuriseur. L'étanchéité du trou d'homme est garantie par un joint d'étanchéité.

Une plaque support de cannes est installée dans le fond inférieur du pressuriseur. Sa conception (large ouverture centrale) permet l'accès à la crépine de la tubulure de la ligne d'expansion à des fins d'inspection.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

### 2.3.4.3. Principes de conception

Codes utilisés

Le pressuriseur est conçu selon le code RCC-M (voir chapitre 2.12 du volume 1).

Matériaux

Les viroles et les fonds du pressuriseur sont constitués d'acier ferritique faiblement allié. Les surfaces en contact avec le fluide primaire sont recouvertes d'un revêtement en acier inoxydable austénitique.

Conception

Le nombre de soudures est réduit autant que possible pour limiter les inspections en service.

### 2.3.4.4. Supportage

Il existe deux niveaux de supports.

Supports inférieurs

Le pressuriseur est soutenu par trois blocs (consoles de supportage) soudés sur la partie cylindrique inférieure. Ceux-ci reposent sur une structure permettant une libre dilatation radiale provoquée par la pression ou la dilatation thermique, l'axe vertical du pressuriseur restant fixe par rapport à la casemate.

Cette configuration sera confirmée au cours du « basic design » en tenant compte de la masse du pressuriseur augmentée par rapport à celle de l'EPR Flamanville.

Supports latéraux supérieurs

Pour assurer sa stabilité dans des conditions accidentelles, le pressuriseur est également muni d'un dispositif de maintien latéral constitué de butées situées à peu près au niveau du centre de gravité du pressuriseur. Ce dispositif lui permet de se dilater librement dans les sens axial et radial.

## 2.3.5. GÉNÉRATEURS DE VAPEUR

### 2.3.5.1. Rôle

Les générateurs de vapeur sont des échangeurs thermiques qui utilisent la puissance thermique extraite du cœur par l'eau du circuit primaire pour produire, à partir de l'eau d'alimentation venant du poste de réchauffage, la vapeur nécessaire au circuit secondaire de l'installation.

Les fonctions principales assurées par le générateur de vapeur sont les suivantes :

- transférer l'eau du circuit primaire de la branche chaude à la branche en U1 et :
  - soit produire de la vapeur saturée en fonctionnement normal en puissance ;
  - soit évacuer la chaleur du circuit primaire principal vers le circuit secondaire principal en fonctionnement normal cœur convergé ou dans certaines conditions de fonctionnement DBC et DEC-A ;

  Dans les deux cas, la chaleur véhiculée par le fluide primaire est transférée au fluide secondaire via les parois des tubes du faisceau tubulaire.
- confiner :
  - la partie primaire du générateur de vapeur fait partie de l'enveloppe du circuit primaire principal et doit donc assurer une fonction de confinement dans les conditions de fonctionnement DBC et DEC-A à l'exception des accidents de

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

rupture de tube de générateur de vapeur – RTGV ;

- la partie secondaire du générateur de vapeur fait partie de l'enveloppe secondaire principale et doit donc assurer une fonction de confinement dans les conditions de fonctionnement DBC et DEC-A.

### 2.3.5.2. Description

La Figure 19 représente un schéma de principe d'un générateur de vapeur.

Les quatre générateurs de vapeur sont des échangeurs à circulation naturelle à tubes en U et équipés d'un économiseur axial. Ils sont disposés verticalement.

Chaque échangeur est constitué d'une partie primaire et d'une partie secondaire.

Les quatre générateurs de vapeur de l'EPR NM sont conçus pour extraire une puissance thermique totale du cœur de 4850 MWth. En conséquence, par rapport à l'EPR Flamanville, un certain nombre de caractéristiques évoluent comme indiqué dans les paragraphes ci-dessous.

#### 2.3.5.2.1. Partie primaire

La partie primaire est composée de la boîte à eau et des tubes d'échange disposés en réseau à pas triangulaire.

La boîte à eau est constituée du fond hémisphérique inférieur et de la plaque tubulaire. Une plaque de partition primaire sépare de manière étanche la boîte à eau en deux compartiments.

Les tubes d'échange communiquent avec la boîte à eau à travers la plaque tubulaire, qui sépare les parties primaire et secondaire du générateur de vapeur.

Le fluide primaire de la branche chaude de la boucle primaire, en provenance de la cuve du réacteur, pénètre dans le premier compartiment de la boîte à eau par la tubulure d'entrée, chemine ensuite à l'intérieur des tubes en U pour rejoindre le second compartiment, qu'il quitte par la tubulure de sortie, vers la branche en U de la boucle primaire.

L'échange de chaleur entre le côté primaire et le côté secondaire du générateur de vapeur a lieu dans la zone du faisceau de tubes en U dont le nombre et la géométrie sont ajustés en fonction de la puissance à évacuer. Par rapport à l'EPR Flamanville, le nombre de tubes est augmenté ce qui conduit à augmenter le diamètre de la partie inférieure du générateur de vapeur.

#### 2.3.5.2.2. Partie secondaire

La partie secondaire du générateur de vapeur est composée de deux sous-ensembles.

<u>Sous-ensemble assurant la vaporisation de l'eau du circuit secondaire</u>

L'eau alimentaire normale pénètre dans le générateur de vapeur par la tubulure d'eau alimentaire principale. Cette dernière est installée sur la virole conique : elle est ainsi inclinée afin de réduire la stratification thermique susceptible d'apparaitre lors des phases de démarrage et d'arrêt des injections alimentaires et ainsi réduire les sollicitations de la manchette thermique (connexion étanche entre la tubulure d'eau alimentaire principale et le tore d'eau lui-même) et de la tubulure.

Le générateur de vapeur peut aussi être alimenté par l'eau alimentaire de secours via une tubulure distincte la tubulure d'eau alimentaire principale.

Le générateur de vapeur est équipé d'un économiseur axial. Le principe de l'économiseur axial consiste à forcer le cheminement de la majorité de l'eau alimentaire dans la branche froide du faisceau tubulaire, la branche chaude étant par conséquent alimentée

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

principalement par de l'eau recirculée à saturation. Pour atteindre cet objectif, on ajoute à la conception d'un générateur de vapeur bouilleur standard à tubes en U et à circulation naturelle :

- une double enveloppe dans le retour d'eau du côté froid pour guider l'eau alimentaire vers la branche froide du faisceau tubulaire ;
- une plaque de séparation, côté secondaire (de la plaque tubulaire jusqu'à la sixième plaque entretoise), pour séparer les volumes autour des branches froide et chaude du faisceau tubulaire ;
- un système de distribution d'eau alimentaire du générateur de vapeur ne couvrant qu'une portion angulaire de 180° de l'enveloppe afin d'alimenter uniquement le côté froid de l'échangeur. Ce demi-tore d'eau alimentaire est percé de trous oblongs et équipé d'un déflecteur. Il est installé au-dessus de la partie supérieure du faisceau tubulaire.

L'économiseur axial augmente l'efficacité de l'échange thermique entre le côté primaire et le côté secondaire et permet un gain maximum d'environ 3 bar sur la pression de vapeur en sortie du générateur de vapeur par rapport à un échangeur bouilleur standard possédant la même surface d'échange.

Sous-ensemble assurant le séchage mécanique du mélange d'eau et de vapeur généré

Le système de séparation de l'eau et de la vapeur comporte :

- un premier étage de séparation à cyclones conçu pour obtenir un faible entraînement d'eau dans la vapeur ;
- un ensemble de cadres sécheurs à un seul étage agencés en étoile qui permet d'obtenir un faible taux de primage au niveau de la sortie du générateur de vapeur.

### 2.3.5.3. Principes de conception

Codes utilisés

Le générateur de vapeur est conçu selon le code RCC-M (voir chapitre 2.12 du volume 1).

Matériaux de l'enceinte sous pression

L'ensemble de l'enceinte sous pression est constituée d'acier ferritique faiblement allié. Les parties suivantes sont forgées :

- fond primaire avec tubulures intégrées ;
- plaque tubulaire avec anneau de supportage ;
- viroles (droites et conique) ;
- dôme elliptique avec tubulure de sortie vapeur intégrée ;
- tubulures et trous d'homme de l'enceinte secondaire.

Matériaux en contact avec le fluide primaire

Les surfaces du matériau en contact avec le fluide primaire sont revêtues soit d'acier inoxydable austénitique (fond du générateur de vapeur) ou d'alliage Ni-Cr-Fe [ ] (plaque tubulaire).

La plaque de partition de la boîte à eau est en alliage Ni-Cr-Fe.

Matériau des tubes des générateurs de vapeur

Le matériau du faisceau tubulaire est en alliage Ni-Cr-Fe et possède une excellente

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

résistance à la corrosion. [ ]

Matériaux des internes GV en contact avec le fluide secondaire

Les plaques entretoises et les barres anti-vibratoires, qui visent à supprimer tout risque de vibration excessive du faisceau tubulaire, sont en acier inoxydable.

Les phénomènes de colmatage, d'encrassement et de corps migrants dans le compartiment secondaire du GV font l'objet d'un retour d'expérience de l'exploitant réglementaire.

L'absence d'alliage cuivreux dans le circuit secondaire permet de spécifier un conditionnement à haut pH qui limite le phénomène de corrosion / érosion des aciers non et faiblement alliés du circuit secondaire et par conséquent, l'entrée dans le GV des oxydes générés. De plus, les matériaux retenus pour les composants du circuit secondaire présenteront un taux de chrome optimisé qui participe à la prévention du risque de colmatage et d'encrassement au niveau du compartiment secondaire des GV.

Le retour d'expérience des nouvelles conceptions de GV de remplacement sera pris en compte pour les dispositifs récupérateurs de corps migrants.

Les dispositions de conception pour tenir compte de ces phénomènes seront définies dans le cadre de l'analyse de risques du GV. En particulier, l'accessibilité aux plaques entretoises (présence d'orifices de visite au travers de l'enveloppe sous pression et l'enveloppe de faisceau, en altitude) sera facilitée afin de permettre leur inspection et les opérations de maintenance.

Afin de prévenir la formation de boues sur la plaque tubulaire, les dispositions suivantes permettent le lançage à haute pression de la plaque :

- le GV devrait être équipé de trous de poings en partie basse du compartiment secondaire GV ;
- les dimensions et positionnement de ces trous de poings seront spécifiés pour garantir la compatibilité de la conception GV avec la réalisation d'opération de lançage à haute pression de la face secondaire de la plaque tubulaire ;
- les dimensions maximales de l'appareil dans cette zone seront bornées par des exigences dès la conception afin d'assurer de la faisabilité des opérations de lançage.

Il est envisagé de maintenir le faisceau tubulaire à l'aide de plaques entretoises pour supporter la partie droite du faisceau tubulaire et de barres anti-vibratoires dans le chignon du générateur de vapeur.

### 2.3.5.4. Supportage

Le système de supportage du générateur de vapeur est conçu pour permettre la dilatation thermique de la boucle et les déplacements dus à la pression tout en limitant ces déplacements lors d'accidents. Le supportage est composé de supports verticaux et de supports latéraux.

Le générateur de vapeur est soutenu verticalement par quatre béquilles articulées par des chapes à rotule. Les parties supérieures des béquilles sont fixées par des goujons au fond primaire du générateur de vapeur. Les parties inférieures des béquilles sont composées d'un socle circulaire et d'une chape mâle et sont fixées au plancher par des tirants.

Les supports latéraux sont installés à deux niveaux :

- au niveau inférieur, des butées localisées au niveau de la plaque tubulaire du générateur de vapeur permettent le guidage du générateur de vapeur lors des phases de dilatation thermique des boucles primaires ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- au niveau supérieur, des supports horizontaux sont directement fixés à la virole du générateur de vapeur à un niveau proche de son centre de gravité. Ces supports sont constitués de deux bielles permettant les mouvements radiaux à la cuve et de deux bloqueurs hydrauliques empêchant tout mouvement brusque de l'appareil sous chargement sismique ou en cas de rupture de tuyauterie. Cette configuration sera confirmée au cours du « basic design » en tenant compte de la masse du générateur de vapeur augmentée par rapport à celle de l'EPR Flamanville.

## 2.3.6. GROUPES MOTOPOMPES PRIMAIRES

### 2.3.6.1. Rôle

Les groupes motopompes primaires (GMPP) assurent la circulation forcée dans les boucles primaires. Ils participent à la deuxième barrière de confinement.

### 2.3.6.2. Description

Chaque GMPP est constitué d'une cellule hydraulique (pompe verticale mono-étagée), d'un système d'étanchéité et d'un moteur. Les différents constituants des GMPP sont détaillés ci-après.

La Figure 20 représente un GMPP ; la Figure 21 représente le principe du système de joints hydrodynamiques, en évolution par rapport à la conception de l'EPR Flamanville qui utilisait un système de joints hydrostatiques.

#### 2.3.6.2.1. Cellule hydraulique de la pompe

La cellule hydraulique de la pompe est constituée d'une roue hélico-centrifuge fixée en partie basse de l'arbre pompe, d'un diffuseur à l'aval de la roue et d'une volute.

La roue est fixée sur l'arbre de la pompe par une denture de Hirth, un goujon central et des goujons périphériques.

Les éléments internes de la pompe peuvent être retirés en un bloc de la volute.

#### 2.3.6.2.2. Ligne d'arbre et système d'étanchéité

La ligne d'arbre est constituée de deux parties (arbre du moteur et arbre de la pompe) raccordées rigidement par un arbre intermédiaire boulonné aux manchons d'accouplement de chaque arbre. Cette configuration permet d'assurer la maintenance des joints d'étanchéité ou du palier de la pompe sans avoir à démonter le moteur.

La ligne d'arbre est supportée par une butée axiale à double effet, et par quatre paliers radiaux. La butée axiale à patins, lubrifiée à l'huile, est située en partie haute de l'arbre moteur, sous le volant d'inertie. Deux paliers radiaux à patins lubrifiés à l'huile sont situés en partie haute et basse de l'arbre moteur. Le troisième palier radial, hydrodynamique, de type cylindrique à film d'eau, est situé sur l'arbre pompe au niveau de l'échangeur de la barrière thermique. Le dernier est un palier hydrostatique situé au niveau de la roue et du diffuseur. L'huile utilisée pour lubrifier le palier supérieur du moteur et la butée axiale, est refroidie dans un échangeur externe refroidi à l'eau, attaché à la carcasse du moteur. L'huile utilisée pour lubrifier le palier inférieur du moteur est refroidie dans un échangeur interne, refroidi à l'eau attaché à la carcasse du moteur.

La pompe participant à la deuxième barrière de confinement, elle est équipée d'un système d'étanchéité (voir Figure 15) au niveau de la ligne d'arbre, garantissant une fuite primaire contrôlée dans les limites acceptables vis-à-vis de la sûreté de l'installation.

Le système d'étanchéité envisagé est constitué de trois étages de joints disposés en série et

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

d'un dispositif d'étanchéité à l'arrêt. Cet ensemble réalise une chute de pression depuis la pression primaire jusqu'aux conditions ambiantes.

Les joints sont protégés de la température élevée de l'eau primaire par deux moyens redondants :

- un débit d'injection, fourni par le système de contrôle chimique et volumétrique (RCV, voir chapitre 8.2 du présent volume) à une pression légèrement supérieure à celle de l'eau primaire, pénètre dans la pompe dans la cavité située entre la barrière thermique et les joints d'arbre. Ce débit d'eau froide se divise, une partie remontant le long de l'arbre, l'autre descendant le long de l'arbre au travers du palier de la pompe et de l'échangeur de la barrière thermique, pour finalement se mélanger à l'eau du circuit primaire.
- le circuit de réfrigération intermédiaire de l'îlot nucléaire (RRI, voir chapitre 8.1 du présent volume) alimente en eau froide de façon sûre l'échangeur de la barrière thermique. En cas de perte du débit d'injection aux joints, l'échangeur de la barrière thermique refroidit l'eau primaire, remontant vers le système d'étanchéité, avant qu'elle n'entre en contact avec les joints d'arbre.

Les trois étages de joints envisagés sont identiques et sont de type hydrodynamique. En fonctionnement normal, ils assurent chacun un tiers de la chute de pression. Dans ces conditions, les contraintes mécaniques auxquelles chaque composant du système est soumis sont réduites, entrainant une atténuation des phénomènes d'usure. De plus, chacun des trois étages est conçu et qualifié pour supporter seul la pression totale du circuit primaire. Cela garantit une triple redondance et donc une meilleure gestion des situations accidentelles de défaillance d'un ou deux étages de joints. Enfin, chaque étage de joints est qualifié à des conditions de pression et température élevées sur des durées significativement longues, ce qui permet une gestion adaptée des situations accidentelles de perte des moyens de refroidissement des joints (par exemple lors d'une situation de manque de tension généralisé – MDTG, voir chapitre 3.2 du volume 1).

Chaque étage est composé du joint lui-même et d'un serpentin d'étagement qui est installé en parallèle du joint, qui est connecté aux cavités supérieure et inférieure du joint et qui fonctionne comme un bipasse :

- le joint assure l'étanchéité dynamique autour de l'arbre ;
- le serpentin d'étagement crée une perte de charge aux bornes de l'étage et fait circuler l'eau froide du circuit d'injection à travers l'étage pour refroidir le joint.

Les serpentins d'étagement sont des tubes calibrés (longueur et diamètre) aux travers desquels circule la majorité du débit remontant le long de l'arbre à travers le système d'étanchéité. L'équilibre hydraulique du système de joints est principalement lié à la conception de ces serpentins. Comme ils sont tous identiques, la distribution de pression à travers les trois étages est homogène.

Deux lignes de collecte sont nécessaires : une pour collecter les fuites en aval du joint #3 (ligne de fuite de joints), une autre pour collecter le débit sortant du serpentin d'étagement #3 (ligne d'étagement).

Par ailleurs, un débit de rinçage en aval du joint #3 est assuré afin de lubrifier le joint et éviter des dépôts de bore. Il est évacué par la ligne de fuite de joints.

Pour faciliter la maintenance, les joints #1 et #2 sont regroupés dans un même cartouche, le joint #3 et le dispositif d'étanchéité à l'arrêt dans un second.

En cas de défaillance du joint #1 ou du joint #2, la pompe peut fonctionner en l'état jusqu'au prochain arrêt de l'installation, en assurant une surveillance renforcée des joints non endommagés jusqu'à la réparation du joint défaillant. En effet, dans ce cas, la résistance

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

hydraulique du système de joints va simplement diminuer entraînant une augmentation du débit de fuite dans la ligne d'étagement [ ]. Dès lors, vis-à-vis du fonctionnement normal de la pompe, tant que les différents paramètres restent dans la plage d'opération du GMPP, le GMPP affecté peut continuer à fonctionner jusqu'au prochain arrêt de l'installation. D'un point de vue sûreté, cette situation est couverte puisque les études des conditions de fonctionnement de référence DBC considèrent, par conservatisme, en donnée d'entrée un joint défaillant (#1 ou #2) comme condition initiale à travers la définition des débits de fuite. Avec les 2 joints d'arbre restants, la fonction d'étanchéité est assurée, chacun des 3 joints étant capable de reprendre seul la pression primaire, GMPP en fonctionnement. Le joint #3 étant toujours intègre, la fonction d'étanchéité du GMPP (à l'arrêt) sera aussi assurée en cas d'accident de perte de refroidissement des joints.

En cas de défaillance des joints #1 et #2, la résistance hydraulique du système de joints va simplement diminuer entraînant une augmentation du débit de fuite dans la ligne d'étagement [ ]. Dès lors, vis-à-vis du fonctionnement normal de la pompe, tant que les différents paramètres restent dans la plage d'opération du GMPP, le GMPP affecté peut continuer à fonctionner en l'état jusqu'au prochain arrêt de l'installation, en assurant une surveillance renforcée du joint non endommagé jusqu'à la réparation des joints défaillants. Toutefois, d'un point de vue sûreté, la redondance des joints n'étant plus assurée, il est nécessaire de replier l'installation.

En cas de défaillance du joint #3, la pompe peut fonctionner en l'état jusqu'au prochain arrêt de l'installation, en assurant une surveillance renforcée des joints non endommagés jusqu'à la réparation du joint défaillant. En effet, dans ce cas, la résistance hydraulique du système de joints va simplement diminuer entraînant une augmentation du débit de fuite à travers le joint #3 vers le RPE [ ]. Dès lors, vis-à-vis du fonctionnement normal de la pompe, tant que les différents paramètres restent dans la plage d'opération du GMPP, le GMPP affecté peut continuer à fonctionner jusqu'au prochain arrêt du réacteur. Toutefois, d'un point de vue sûreté, le joint #3 n'étant plus intègre, la fonction d'étanchéité du GMPP n'est plus garantie en cas d'accident de perte de refroidissement des joints. Il est donc nécessaire de replier l'installation pour éviter de cumuler cette défaillance du joint #3 avec un accident de perte de refroidissement des joints.

La défaillance des joints #1, #2 et #3 est signalée par les capteurs suivants :

- débit de fuite vers RCV ;
- débit de fuite vers le RPE ;
- pression différentielle aux bornes des joints #1 et#2 ;
- températures en amont et aval (ligne de fuite vers le RCV) du système de joints d'arbre.

Au titre de la défense en profondeur, en cas de défaillance des trois joints, la pompe est immédiatement arrêtée puis les deux lignes de collecte sont isolées. La fuite primaire est alors contrôlée par conception à une valeur acceptable vis-à-vis de la sûreté de l'installation. Le dispositif d'étanchéité à l'arrêt est de plus activé. Ce dispositif constitue un quatrième niveau de joint assurant l'étanchéité de l'arbre une fois la pompe arrêtée et les deux lignes de collecte isolées. Au cours du « basic design », la possibilité de supprimer ce dispositif sera étudiée.

En cas de perte simultanée du débit d'injection du RCV et du refroidissement de la barrière thermique de plus de deux minutes (par exemple lors d'une situation de manque de tension généralisé – MDTG), la ligne d'étagement est isolée et la pompe est arrêtée. L'activation du dispositif d'étanchéité à l'arrêt n'est pas nécessaire. Les joints et notamment le joint #3 en liaison directe avec l'enceinte continuent à assurer leur fonction d'étanchéité du fait de leur qualification aux conditions de pression et de température associées.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

[ ]

**FIGURE 15 : SCHEMA DE PRINCIPE DU SYSTEME D'ETANCHEITE DES GMPP**

#### 2.3.6.2.3. Moteur

Le moteur des GMPP est un moteur asynchrone à cage d'écureuil. Il est refroidi par l'air prélevé dans la casemate, et dispose de deux échangeurs air / eau assurant un refroidissement de l'air rejeté afin d'éviter de réchauffer l'atmosphère de l'enceinte.

Il est aussi équipé de deux échangeurs huile / eau assurant un refroidissement de l'huile de lubrification des paliers de la pompe.

#### 2.3.6.2.4. Volant d'inertie

Le volant d'inertie est constitué de deux disques solidarisés par quatre broches et quatre vis.

Le volant est fretté sur l'arbre au-dessus du palier supérieur ; trois clavettes spéciales consolident la liaison.

### 2.3.6.3. Principes de conception

Codes utilisés

Les GMPP sont conçus selon le code RCC-M (voir chapitre 2.12 du volume 1).

Matériaux

La volute est une pièce monobloc en acier inoxydable moulé. Le diffuseur et la roue sont en acier inoxydable moulé.

### 2.3.6.4. Supportage

Le supportage des GMPP est constitué de supports verticaux et de supports horizontaux.

La pompe primaire est soutenue verticalement par trois béquilles articulées par des chapes à rotule. Ces béquilles possèdent une partie supérieure cylindrique liée à la patte de la volute par un goujon. Elles sont ancrées en partie basse à l'aide de tirants sur un plancher haute résistance.

Deux amortisseurs hydrauliques situés en partie haute du support moteur (au niveau du centre de gravité du GMPP) reprennent les efforts horizontaux et assurent la stabilité de la pompe dans des conditions accidentelles.

## 2.3.7. TUYAUTERIES PRIMAIRES

### 2.3.7.1. Rôle

Les tuyauteries primaires sont des lignes dans lesquelles circule le fluide primaire et/ou des portions de lignes directement connectées aux boucles et équipements primaires (cuve, pressuriseur, générateurs de vapeur, groupes motopompes primaires). Elles participent à la deuxième barrière de confinement.

### 2.3.7.2. Description

Les tuyauteries primaires comprennent les quatre boucles primaires. Comme cela est indiqué dans le paragraphe 2.3.1.2.1 ci-avant, chacune des boucles primaires comprend trois sous-ensembles de tuyauterie :

- la branche chaude située entre la cuve et le générateur de vapeur ;
- la branche en U située entre le générateur de vapeur et le GMPP, dont la

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

géométrie est adaptée par rapport à l'EPR Flamanville afin d'améliorer l'inspectabilité des soudures ;

- la branche froide située entre le GMPP et la cuve.

Les principaux piquages sur les boucles primaires, localisés sur la Figure 16, sont les suivants : piquages des lignes de charge et de décharge du système de contrôle volumétrique et chimique (RCV), piquages du système de borication de sécurité (RBS) qui sont distincts des piquages du système d'injection de sécurité (RIS), piquages de la ligne d'expansion du pressuriseur et des lignes d'aspersion normale du pressuriseur, piquages du système d'échantillonnage nucléaire (REN). Les piquages modifiés par rapport à l'EPR Flamanville sont les piquages du RBS (injection directe en branche froide) et du RIS (configuration à trois trains).

Les tuyauteries primaires comprennent aussi la ligne d'expansion qui relie le pressuriseur à une branche chaude, les tuyauteries d'aspersion normale qui relient le pressuriseur à deux branches froides, ainsi que les piquages sur les équipements primaires.

Enfin, elles comprennent un certain nombre d'autres tuyauteries connectées aux composants précédents, jusqu'à l'isolement approprié (par exemple : lignes d'évent de la cuve et du pressuriseur, lignes de décharge du pressuriseur).

### 2.3.7.3. Principes de conception

Codes utilisés

Les tuyauteries primaires sont conçues selon le code RCC-M (voir chapitre 2.12 du volume 1).

Matériaux

Les boucles primaires sont constituées d'acier austénitique forgé.

### 2.3.7.4. Supportage

La ligne d'expansion du pressuriseur est supportée par des supports poids implantés au-dessus de la ligne, les boîtes à ressort travaillant en traction et reprenant le poids de la ligne (tuyauterie, fluide contenu et calorifugeage) au cours du fonctionnement normal.

## 2.3.8. COMPOSANTS NON-RUPTIBLES ET APPLICATION DU PRINCIPE D'EXCLUSION DE RUPTURE

Les équipements sous pression nucléaire "non-ruptibles" (voir définition dans le chapitre 2.5 du volume 1) du RCP sont les gros équipements suivants : cuve, générateurs de vapeur, pressuriseur et volutes des pompes primaires.

Le principe d'exclusion de rupture pour les tuyauteries s'applique :

- pour le circuit primaire : aux branches chaudes, aux branches en U et aux branches froides, y compris les soudures bimétalliques et homogènes de raccordement aux équipements (cuve, générateurs de vapeur, motopompes primaires) et y compris les piquages intégrés de forge, à l'exclusion des soudures de raccordement de ces piquages avec les lignes connectées ;
- aux tuyauteries vapeur du circuit secondaire principal jusqu'au point fixe en aval de la vanne d'isolement vapeur, y compris les piquages principaux pour les soupapes de sûreté et la décharge à l'atmosphère.

Le référentiel applicable en cas d'exclusion de rupture est abordé au chapitre 2.5 du volume 1.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## 2.3.9. CALORIFUGES

Les tuyauteries et les principaux équipements primaires (cuve, générateurs de vapeur, pressuriseur, volutes des groupes motopompes primaires) sont calorifugés.

Le choix des calorifuges prend notamment en compte le risque d'obturation des filtres de l'IRWST. Afin de limiter ce risque, un calorifuge métallique (RMI) est envisagé au stade du « basic design » comme calorifuge principal du circuit primaire (gros composants et boucles).

L'utilisation de calorifuge fibreux ou microporeux serait réservée aux zones où l'utilisation de calorifuge métallique présente une complexité trop importante :

- lignes auxiliaires et de petits diamètres ;
- systèmes de maintien des gros composants ;
- supports et fond de pressuriseur ;
- etc.

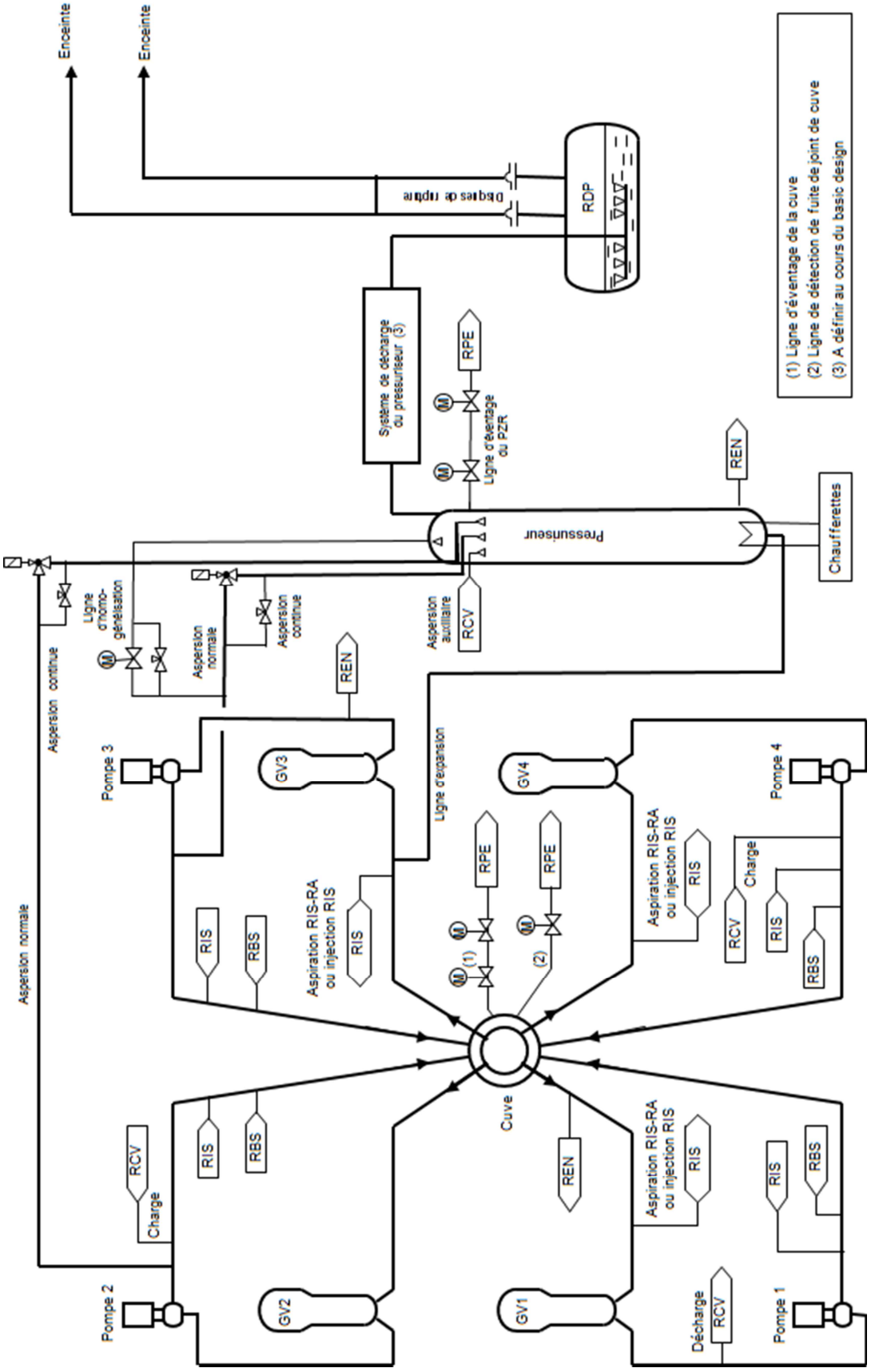
Les quantités de Microtherm seront limitées dans le bâtiment réacteur, comme sur l'EPR Flamanville.

Le remplacement du calorifuge fibreux sur les gros composants retire une fraction importante des sources de fibres pour les situations accidentelles de type APRP.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

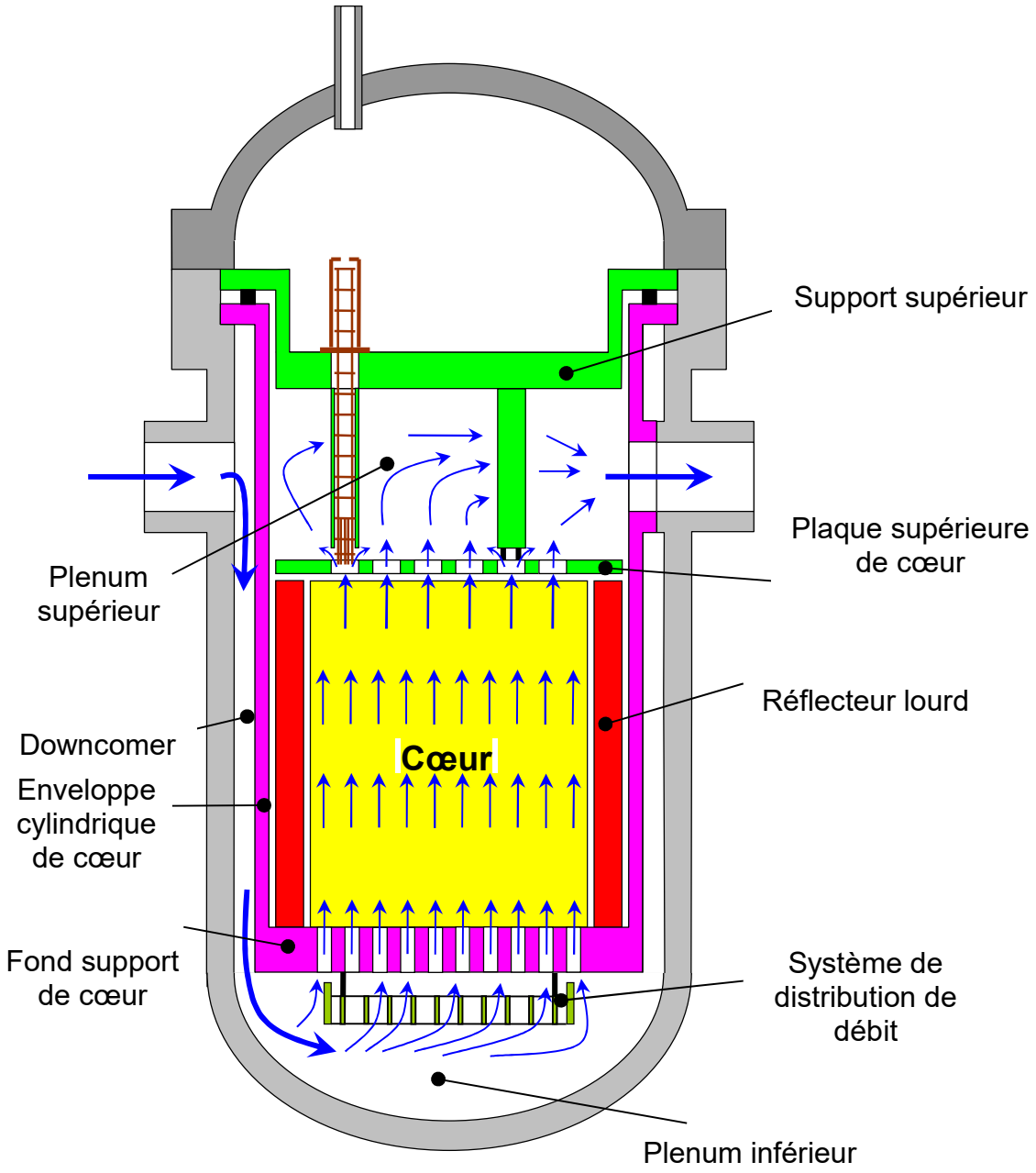
## FIGURE 16 : SCHEMA DE PRINCIPE DU CIRCUIT PRIMAIRE




This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

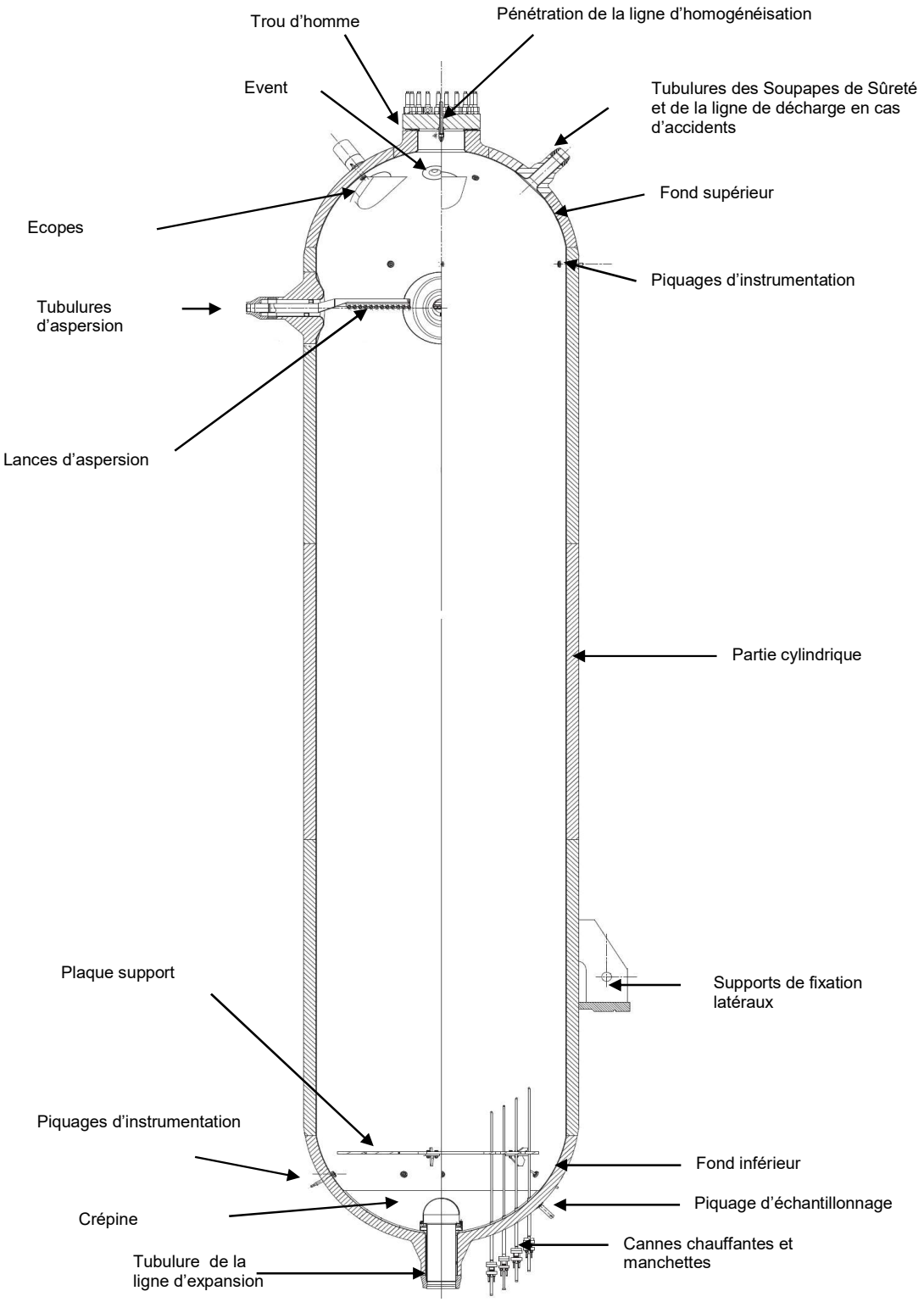
## FIGURE 17 : SCHEMA DE PRINCIPE DE LA CUVE




This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

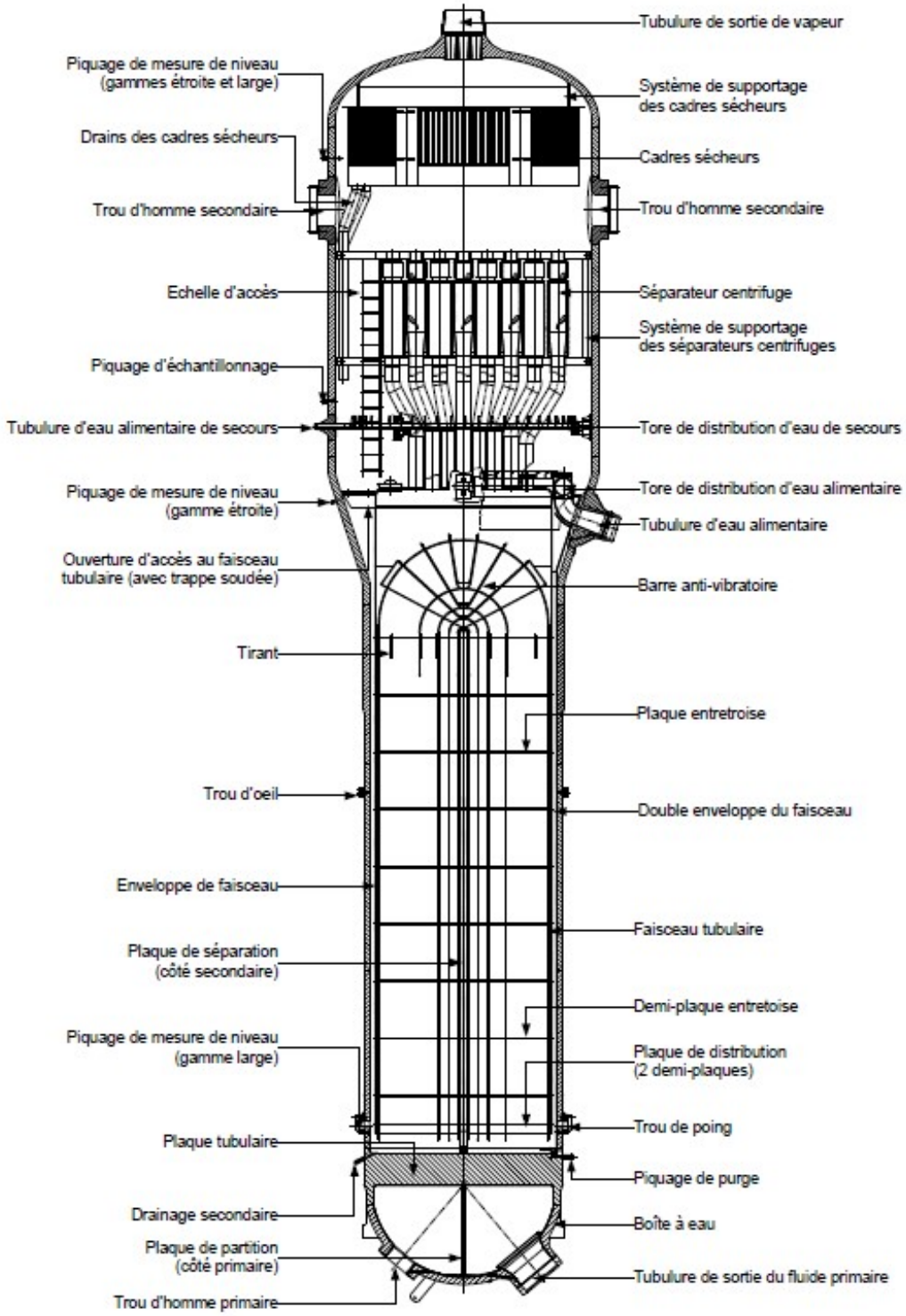
## FIGURE 18 : SCHEMA DE PRINCIPE DU PRESSURISEUR




This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## FIGURE 19 : SCHEMA DE PRINCIPE D'UN GENERATEUR DE VAPEUR




This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## FIGURE 20 : ECORCHE D'UN GROUPE MOTOPOMPE PRIMAIRE

[ ]

## FIGURE 21 : PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU SYSTEME DE JOINTS

[ ]

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## 3. SYSTEMES DE CONFINEMENT ET DE SAUVEGARDE

## 3.1. SYSTÈMES DE CONFINEMENT

### 3.1.1. INTRODUCTION

La fonction de sûreté « Confinement des substances radioactives » est une des quatre fonctions fondamentales de sûreté (décrites dans le chapitre 1.3 du volume 1). Elle est fondée sur des caractéristiques de conception et des moyens spécifiques utilisés pour limiter la dispersion de substances radioactives dans l'environnement.

Cette fonction est assurée, pour le combustible situé dans le cœur du réacteur, par 3 barrières successives : la gaine des assemblages combustibles, l'enveloppe du circuit primaire et la troisième barrière (voir définition au chapitre 1.3 du volume 1 ainsi que par les moyens permettant de maintenir un confinement dynamique dans les zones contrôlées des bâtiments périphériques autour du Bâtiment Réacteur (BR) à l'aide de dispositifs de ventilation et de filtration (voir paragraphe 3.1.3 ci-après) incluant également les organes d'isolement statique (registres d'isolement sur les gaines de soufflage ou d'extraction).

Les systèmes participant à la fonction confinement sont conçus pour rester fonctionnels en cas d'agression externe naturelle de référence (DBH). Par ailleurs, selon les principes énoncés au chapitre 2.4 du volume 1, les équipements nécessaires pour assurer la fonction confinement et démontrer l'absence de rejets importants ou précoces sont conçus pour rester opérationnels en cas d'agression externe extrême naturelle.

### 3.1.2. ENCEINTE, TRAVERSEES ENCEINTE ET SYSTEME EPP

#### 3.1.2.1. Hypothèses générales

En comparaison avec la conception EPR précédente, l'enceinte de confinement est constituée d'une enceinte unique en béton armé précontraint, à laquelle s'ajoute un revêtement métallique (liner) à l'intrados (voir chapitre 1.1 du présent volume). L'étanchéité de l'enceinte est assurée par le liner, tandis que la résistance mécanique aux chargements internes est assurée par la paroi en béton.

De ce concept d'enceinte unique découlent les données d'entrée suivantes :

- l'absence de deuxième paroi conduit à ne plus avoir de système de mise en dépression de l'espace entre-enceintes (EDE) ;
- le taux de fuite maximum de l'enceinte est de 0,2 % vol/jour de la masse des gaz contenue dans le bâtiment réacteur, dans toutes les conditions de fonctionnement (voir chapitre 1.3 du volume 1).

#### 3.1.2.2. Description de la fonction

Les différents chemins de fuites potentielles depuis le bâtiment réacteur vers les bâtiments périphériques et l'environnement sont décrits à la Figure 22.

##### 3.1.2.2.1. Dispositions constructives de l'enceinte

La prise en compte de ces dispositions de conception et de réalisation spécifiques pour le revêtement métallique (liner), associées au choix de l'enceinte unique, permet de faire l'hypothèse d'un taux de fuite négligeable (voir le chapitre 1.1 du présent volume).

En conséquence, il n'est considéré aucune fuite au travers du liner (y compris aux singularités telles que soudures entre tôles du liner, et entre la tôle du liner et les viroles des

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

fourreaux). Il n'est également pas considéré de fuites au niveau du radier. Par conséquent, il est considéré que 100 % des fuites de l'enceinte vers l'extérieur transitent par les traversées.

#### 3.1.2.2.2. Traversées

##### 3.1.2.2.2.1. Traversées des systèmes mécaniques

Les traversées enceinte qui contiennent du fluide et du gaz sont équipées de deux organes d'isolement (intérieur et extérieur enceinte), à l'exception des lignes d'aspiration dans l'IRWST dont l'isolement est assuré par une vanne. La partie non isolable des lignes d'aspiration sur l'IRWST est conçue avec une double enveloppe.

Deux types de fuites potentielles peuvent exister :

- une fuite via la tige et le presse-étoupe, si la vanne en est équipée (fuite « externe » de la vanne) ;
- une fuite amont/aval à travers l'opercule (fuite « interne »). Ces fuites de fluide ou d'atmosphère contaminés transitent par la tuyauterie des circuits vers les bâtiments périphériques.

Ces fuites sont présentées à la Figure 23.

Le confinement de ces fuites est réalisé par le confinement statique et dynamique des zones contrôlées des bâtiments périphériques. Le confinement des zones contrôlées de l'îlot nucléaire est essentiellement réalisé par le système de ventilation de la zone contrôlée (DWL) (voir paragraphe 3.1.3 ci-après).

##### 3.1.2.2.2.2. Traversées électriques

L'étanchéité des traversées au niveau du génie civil est assurée par scellement et soudure.

Les différents conducteurs électriques passant dans les traversées sont regroupés sous forme de barreaux, à l'intérieur d'un caisson pressurisé (le « conteneur »). Deux brides sont soudées à chaque extrémité du conteneur. Elles reçoivent les systèmes de montage et d'étanchéité des barreaux qui sont eux aussi munis d'un dispositif d'étanchéité à chaque extrémité. Ces dispositifs d'étanchéité, au niveau des barreaux et au niveau du conteneur dans sa globalité forment ainsi une double étanchéité statique entre l'intérieur du bâtiment réacteur et les locaux dans lesquels débouchent les traversées électriques.

Les traversées électriques sont de 2 types : haute tension (HTA) et basse tension (BT).

Sur les traversées HTA, chaque dispositif d'étanchéité des barreaux comporte :

- une ferrure métallique (étanchéité métal sur métal) ;
- des liaisons céramique-métal réalisées par brasure au niveau des soufflets métalliques soudés à chaque extrémité de l'isolation haute tension ;
- un joint torique [ ] entre l'isolateur haute tension et la bride.

Sur les traversées BT, chaque dispositif d'étanchéité des barreaux comporte :

- une ferrure métallique entre le barreau et le conteneur (étanchéité métal sur métal) ;
- des isolateurs en polysulfone entre le barreau et les conducteurs.

Sur le conteneur des traversées HTA et BT, côté extérieur bâtiment réacteur, un manomètre permet le contrôle permanent de la pression interne du caisson, et par conséquent le contrôle de l'absence de fuite sur un des dispositifs d'étanchéité. L'étanchéité de la jonction manomètre – caisson est réalisée par des joints [ ]. Ces joints ne voient pas l'ambiance intérieure du bâtiment réacteur.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

La conception des traversées électriques est telle que les fuites sont nulles, y compris en situation de fusion du cœur. Ceci est validé par les essais de qualification aux conditions accidentelles.

#### 3.1.2.2.2.3. Grandes traversées

Les tests d'étanchéité des grandes traversées (les deux SAS, le tampon d'accès matériel et le tube de transfert du combustible) seront effectués après fermeture lorsque leur fermeture est requise par les spécifications techniques d'exploitation au titre de la fonction confinement.

Le tampon d'accès matériel est refermable en mode semi-automatique ou en mode manuel en cas de perte d'alimentation électrique ou en secours du mode semi-automatique.

Les meilleures techniques industrielles disponibles ne permettent pas un temps de refermeture du tampon d'accès matériel avant fusion du combustible compatible avec l'ensemble des situations accidentelles. Cependant, le cas échéant, il est démontré que la séquence accidentelle associée est extrêmement peu probable et que les objectifs de sûreté restent assurés. Les scénarios de fusion du cœur, tampon d'accès matériel ouvert, font partie des situations « pratiquement éliminées » (voir chapitre 2.5 du volume 1).

### 3.1.2.2.3. Isolement de l'enceinte

#### 3.1.2.2.3.1. Rôle de l'isolement enceinte

En fonctionnement normal

En exploitation normale, la fonction d'isolement enceinte n'a pas de rôle particulier : les organes participant à cette fonction adoptent la position requise par le système auquel ils appartiennent.

En fonctionnement accidentel

Certaines conditions de fonctionnement accidentelles requièrent l'isolement enceinte. Dans ce cas, toutes les lignes traversant l'enceinte doivent être isolées, à l'exception des lignes des systèmes de sûreté requis.

#### 3.1.2.2.3.2. Description

L'isolement enceinte est assuré par des vannes dont la fermeture est initiée sur ordre d'isolement enceinte et par des clapets. A ce stade de la conception, on considère que les dispositifs mis en œuvre pour assurer la fonction d'isolement enceinte sont les mêmes que ceux employés sur EPR Flamanville.

## 3.1.2.3. Système d'étanchéité pour le contrôle du débit de fuite de l'enceinte et les essais d'étanchéité (EPP)

### 3.1.2.3.1. Rôles du système EPP

Le système EPP participe à la fonction « Confinement des substances radioactives ».

En fonctionnement normal

En exploitation normale, le système EPP remplit les fonctions suivantes :

- mesure du taux de fuite de l'enceinte lors des épreuves enceinte ;
- pressurisation et dépressurisation de l'enceinte lors de l'épreuve enceinte périodique et de l'essai de résistance ;
- surveillance de l'étanchéité de l'enceinte (SEXTEN).

De plus, le système EPP assure l'accessibilité au bâtiment réacteur pendant les phases

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

d'arrêt, via le tampon d'accès matériel ou via les sas personnel et de secours.

En fonctionnement accidentel

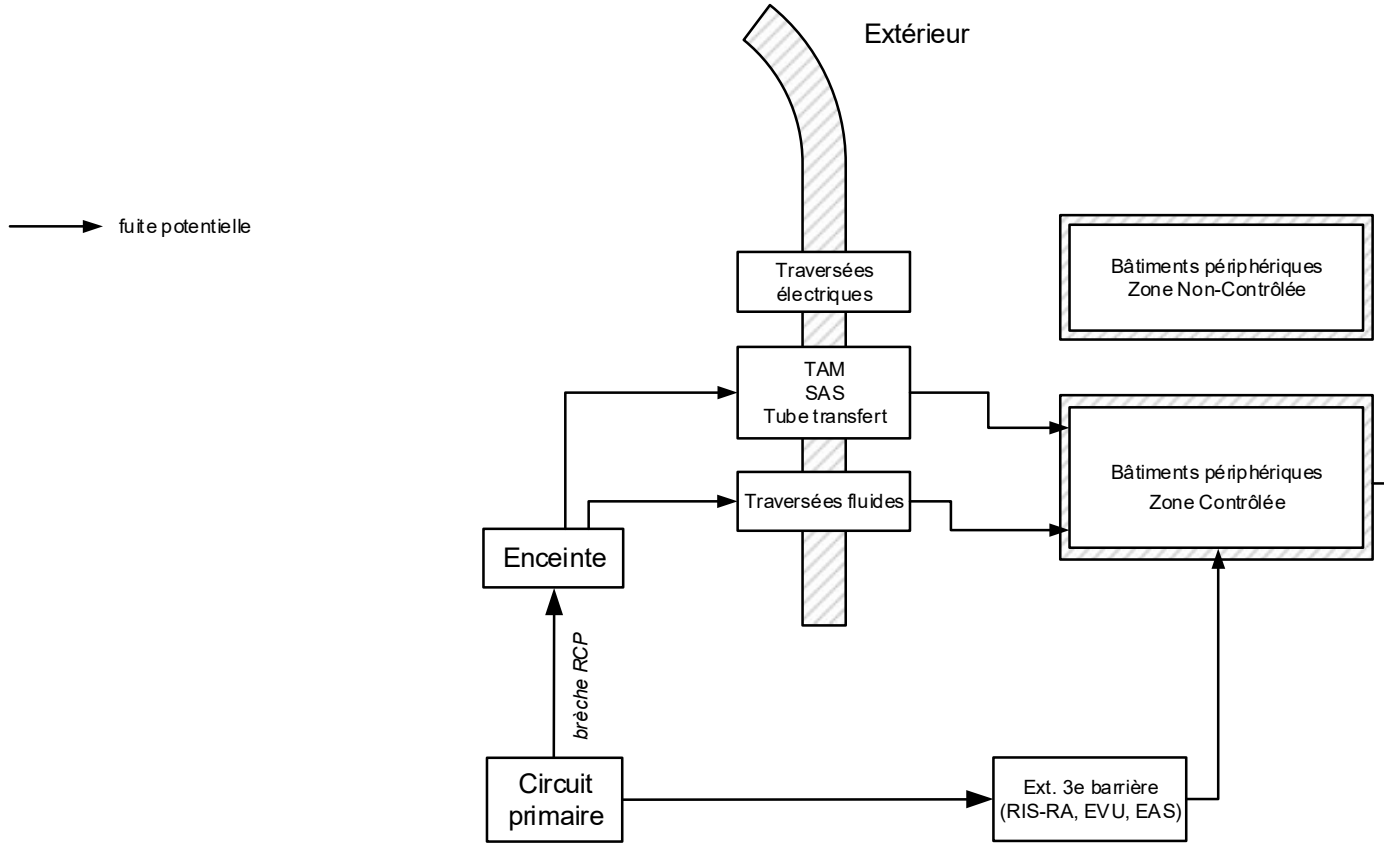
En conditions de fonctionnement de référence DBC2-4, en conditions de fonctionnement avec défaillances multiples DEC-A et en conditions de fonctionnement avec fusion du cœur DEC-B, le système EPP contribue au confinement de l'enceinte, les vannes d'isolement enceinte du système EPP appartenant à la troisième barrière telle que définie au paragraphe 3.1.1 ci-avant.

#### 3.1.2.3.2. Description et fonctionnement du système

Pour les fonctions qui lui sont assignées sur EPR NM, les dispositifs mis en œuvre pour le fonctionnement du système EPP sont identiques à ceux de l'EPR Flamanville.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

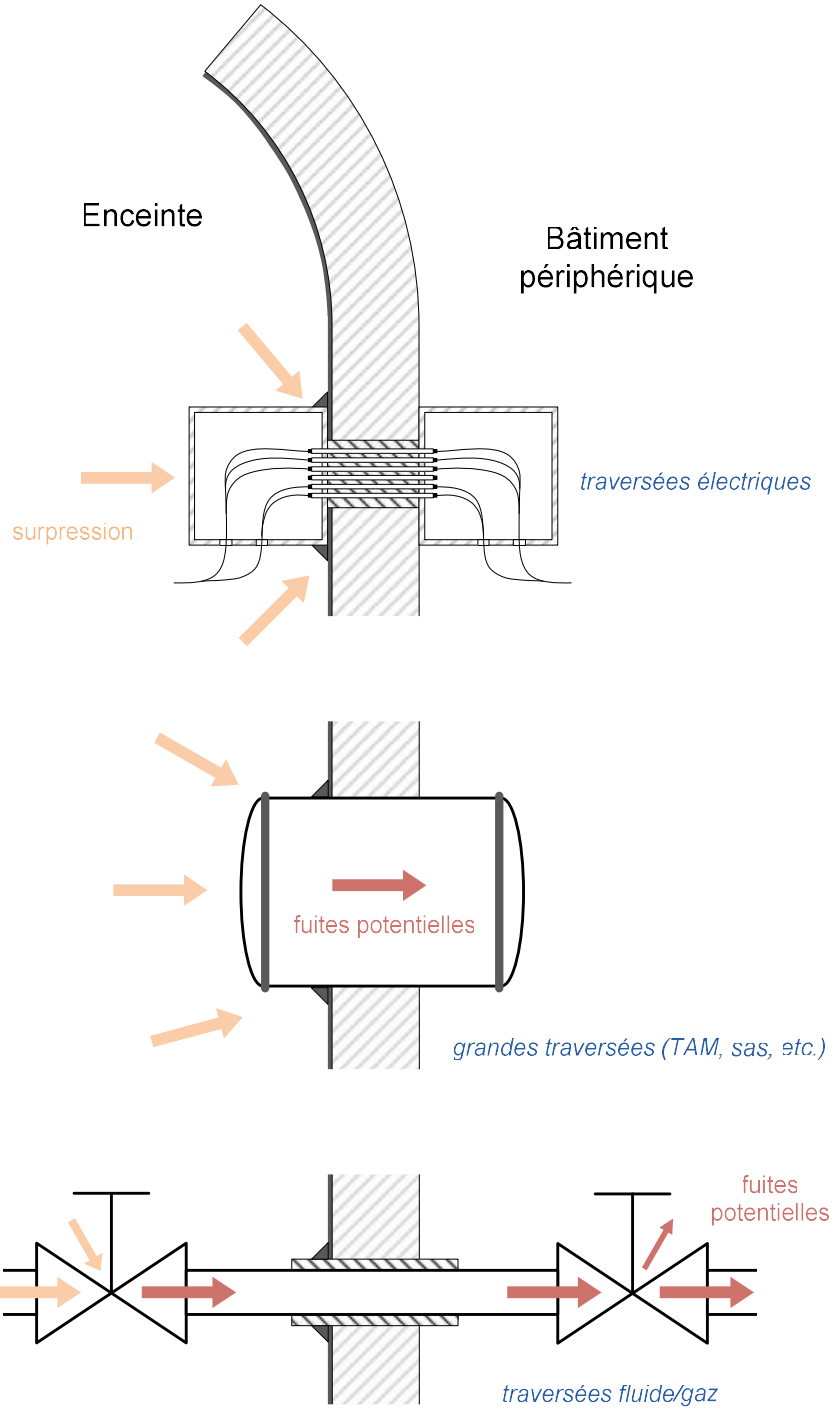
## FIGURE 22 : CHEMINS DE FUITES POTENTIELLES PROVENANT DU BATIMENT REACTEUR V




This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation
and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and writte

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## FIGURE 23 : IDENTIFICATION DES CHEMINS DE FUITES POTENTIELLES A TRAVERS UNE TRAVERSEE




This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

### 3.1.3. CONFINEMENT DES BATIMENTS PAR LES SYSTEMES DE VENTILATION

Les principaux systèmes de ventilation participant à la fonction « Confinement des substances radioactives » sont les systèmes DWL, DWK (ventilation du bâtiment combustible) et EBA (balayage du bâtiment réacteur).

D'autres systèmes de ventilation y contribuent, via leur participation à l'isolement de l'enceinte ou via le confinement statique de substances radioactives en zone contrôlée, mais ils ne sont pas détaillés ci-dessous.

#### 3.1.3.1. Système de ventilation de la zone contrôlée des Bâtiments des Auxiliaires de Sauvegarde (DWL)

DWL contribue à la fonction "Confinement des substances radioactives" de la manière suivante :

- en fonctionnement normal le système DWL ventile et maintient les zones contrôlées des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde en dépression par rapport à l'extérieur et à la zone non contrôlée afin d'éviter la dissémination de contamination, de limiter la concentration en aérosols et l'activité rejetée. L'extraction normale des locaux par DWL est reliée au système DWK où l'air est filtré et son activité mesurée avant rejet à travers la cheminée.
- en fonctionnement accidentel, le système DWL participe au confinement des substances radioactives dans les zones contrôlées des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde, du bâtiment combustible et du bâtiment réacteur selon les accidents considérés. Pour ce faire, DWL assure :

  <u>Confinement statique</u>

  - l'isolement de la ligne de soufflage du système de ventilation des locaux électriques (DVL) (voir chapitre 8.3 du présent volume) et de la ligne d'extraction normale DWL ;
  - l'isolement des registres de soufflage DWL ;
  - l'isolement de la ligne de soufflage DWL vers le sas personnel du bâtiment réacteur (si celui-ci était ouvert) ;
  - le confinement statique préventif des locaux des composants du système d'injection de sécurité (RIS) ;

  <u>Confinement dynamique</u>

  - le maintien en dépression des locaux des zones contrôlées des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde et de ceux du bâtiment combustible par rapport à la pression atmosphérique ;
  - avant rejet à la cheminée, la pré-filtration, la filtration Très Haute Efficacité (THE) et la filtration iode de l'air potentiellement contaminé :
    - en provenance du bâtiment réacteur (via la file EBA accidentel) en cas d'accident de manutention combustible dans le bâtiment réacteur ;
    - issu des fuites du bâtiment réacteur aux traversées dans les bâtiments périphériques (voir paragraphe 3.1.2 ci-avant) ;
    - extrait du hall de la piscine de stockage du combustible usé en cas d'accident de manutention combustible dans le bâtiment combustible.

Pour les autres fonctions et la description du système DWL, se référer au chapitre 8.3 du présent volume.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

### 3.1.3.2. Système de ventilation du Bâtiment Combustible (DWK)

DWK contribue à la fonction "Confinement des substances radioactives" de la manière suivante :

- en fonctionnement normal le système DWK :
  - ventile et maintient les zones contrôlées du bâtiment combustible en dépression par rapport à l'atmosphère afin d'éviter la dissémination de contamination, de limiter la concentration en aérosols et l'activité rejetée. L'air extrait du bâtiment combustible est filtré par des pré-filtres, des filtres THE et son activité est mesurée avant rejet à la cheminée. En cas de détection iode en fonctionnement normal, l'extraction du bâtiment combustible est orientée vers une file de filtration iode avant rejet à la cheminée.
  - assure la filtration de l'air extrait des zones contrôlées des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde par la file normale de DWL. Avant rejet à la cheminée, l'activité de l'air extrait est mesurée afin d'orienter l'extraction vers une file de filtration iode si nécessaire.
  - fournit l'air de soufflage, récupère et filtre l'air d'extraction d'EBA opérationnel. Avant rejet à la cheminée, l'activité de l'air extrait d'EBA opérationnel est mesurée et l'air passe sur des pré-filtres, sur des filtres THE et sur piège à iode.
- en fonctionnement accidentel le système DWK participe au confinement statique des substances radioactives dans les zones contrôlées du bâtiment combustible selon les événements, en assurant :
  - l'isolement des lignes de soufflage et d'extraction DWK du hall de la piscine de stockage du combustible usé, de la zone du tampon d'accès matériel et du local devant le sas de secours (cette action permet d'assurer un confinement dynamique par le système DWL) ;
  - l'isolement des connexions DWK avec l'extérieur.

Pour les autres fonctions et la description du système DWK, se référer au chapitre 8.3 du présent volume.

### 3.1.3.3. Système de balayage du Bâtiment Réacteur (EBA)

EBA contribue à la fonction « Confinement des substances radioactives » en cas d'accident de manutention combustible dans le bâtiment réacteur en assurant :

<u>Confinement statique</u>

- la fermeture des vannes et des registres d'isolement de l'enceinte de la ligne EBA opérationnel.

<u>Confinement dynamique</u>

- le maintien dans le bâtiment réacteur d'une dépression par rapport à la pression atmosphérique, avant filtration appropriée par la file de mitigation DWL.

Pour les autres fonctions et la description du système EBA, se référer au chapitre 8.3 du présent volume.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## 3.2. SYSTEME D'INJECTION DE SECURITE (RIS) ET RESERVOIR DE REMPLISSAGE DES PISCINES (IRWST)

### 3.2.1. ROLE FONCTIONNEL

Le système RIS assure principalement deux fonctions qui sont l'injection de sécurité en fonctionnement accidentel et l'évacuation de la puissance résiduelle du cœur en conditions de fonctionnement normal et accidentel.

Dans sa fonction d'injection de sécurité, le système RIS permet d'éviter ou de limiter le dénoyage des assemblages du combustible après un accident de perte de réfrigérant primaire. Il s'appuie notamment sur des moyens d'injection passifs (accumulateurs) et sur des moyens de pompage aspirant dans un réservoir de stockage situé dans le Bâtiment Réacteur (BR) (IRWST) et injectant dans le circuit primaire principal.

Dans les accidents de perte de réfrigérant primaire, le système participe aussi à l'évacuation de la puissance du cœur relâchée dans l'enceinte par refroidissement du fluide aspiré dans l'IRWST.

Par ailleurs, en fonctionnement accidentel, après un accident pour lequel l'inventaire en eau du circuit primaire le permet et pour lequel la chaîne de refroidissement RRI/SEC est disponible, l'utilisation du système RIS en mode refroidissement à l'arrêt (mode RA) contribue à assurer l'évacuation de la puissance résiduelle du cœur hors du circuit primaire principal afin de garantir le maintien des conditions de l'état d'arrêt sûr.

En plus de fournir de l'eau borée filtrée au système RIS, l'IRWST fournit de l'eau filtrée aux systèmes d'aspersion enceinte (EAS), d'évacuation ultime de la chaleur du bâtiment réacteur (EVU) et de récupération et stabilisation du corium (RSC) dans toutes les conditions dans lesquelles ces systèmes sont sollicités.

#### 3.2.1.1. Fonctions opérationnelles

En puissance, le RIS est à l'arrêt et disponible, prêt à démarrer. Les pompes du système peuvent être utilisées pour l'homogénéisation et le refroidissement de l'IRWST, l'appoint des accumulateurs RIS ou dans le cadre d'essais périodiques.

Lors du passage à l'arrêt, après la phase de refroidissement initiale par les générateurs de vapeur, le système RIS en mode RA (Refroidissement du circuit primaire lors des états d'Arrêt) évacue, par l'intermédiaire du RRI (voir chapitre 8.1 du présent volume), la puissance résiduelle du cœur, la puissance des pompes primaires en service et la chaleur sensible du système primaire jusqu'à l'atteinte et le maintien de l'arrêt à froid du réacteur. Le système assure également la circulation de l'eau primaire après l'arrêt de la dernière pompe primaire.

Au redémarrage, le système RIS en mode RA assure la circulation de l'eau primaire jusqu'à ce que soit atteinte la pression permettant la mise en service des pompes primaires, et contrôle la montée en température de l'eau du circuit primaire principal.

Le système RIS en mode RA assure aussi un débit de décharge du circuit primaire principal (RCP) vers le système de contrôle chimique et volumétrique (RCV) pour permettre la purification du fluide primaire durant les phases où les conditions de pression ne permettent pas d'utiliser les organes de détente haute pression installés sur la ligne de décharge RCV.

Lors des phases d'arrêt, lorsque le circuit primaire est à l'état monophasique, afin d'éviter la dégradation de la ou des pompes primaires en service en cas de transitoires de dépressurisation, le système RIS maintient une pression minimale dans le circuit primaire grâce aux accumulateurs qui ont été partiellement dépressurisés et dont les vannes d'isolement sont ouvertes.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

Les pompes RIS participent au transfert de l'eau borée stockée dans l'IRWST vers les piscines du réacteur avant déchargement du combustible.

L'IRWST assure le stockage de l'eau borée requise pour le remplissage des piscines du réacteur nécessaire en état D à F.

### 3.2.1.2. Fonctions de sûreté

En conditions de fonctionnement DBC2-4 et DEC-A, le système RIS et l'IRWST contribuent aux fonctions fondamentales de sûreté tel que développé ci-dessous.

Maîtrise des réactions nucléaires en chaîne

Avec le support de l'IRWST, le RIS injecte de l'eau borée filtrée dans le circuit primaire afin de contrôler la réactivité du cœur et de maintenir le réacteur sous-critique en états d'arrêt.

Évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives et des réactions nucléaires

Au titre de cette fonction, le RIS, avec le support de l'IRWST, injecte de l'eau froide filtrée dans le circuit primaire :

- pour assurer le maintien de l'inventaire en eau primaire en cas d'accident de perte de réfrigérant primaire (APRP) ou de rupture de tube de générateur de vapeur (RTGV) ;
- pour assurer le refroidissement à long terme du combustible suite à un APRP ;
- pour compenser la contraction volumique du circuit primaire en cas d'accident de refroidissement (RTV) ;
- pour assurer le maintien de l'inventaire en eau primaire en mode « gavé-ouvert ».

Le basculement de l'injection des pompes RIS basse pression en branche chaude garantit, en cas de grosse brèche primaire, l'absence de cristallisation du bore dans le cœur et le maintien de son refroidissement.

Par ailleurs, le RIS en mode RA évacue la puissance résiduelle du cœur afin de garantir le maintien des conditions de l'état d'arrêt sûr suite à une condition de fonctionnement de référence DBC2-4 pour laquelle l'inventaire en eau du circuit primaire le permet, c'est-à-dire lorsqu'il n'y a pas de brèche du circuit primaire de taille trop importante.

En plus de fournir de l'eau borée filtrée au système RIS, l'IRWST fournit de l'eau au système d'aspersion enceinte (EAS, voir chapitre 3.7 du présent volume) dans toutes les conditions dans lesquelles ce système est sollicité.

Confinement des substances radioactives

Afin de limiter la production de vapeur dans l'enceinte et participer ainsi à son intégrité en situation accidentelle, le RIS :

- assure l'extraction de la puissance à l'extérieur de l'enceinte par l'intermédiaire d'échangeurs refroidis par le circuit de réfrigération intermédiaire (RRI, voir chapitre 8.1 du présent volume) ;
- injecte de l'eau froide avec les pompes basse pression.

Le système RIS en mode RA est connecté au circuit primaire et participe à l'intégrité de la deuxième barrière de confinement. Dans toutes les conditions de fonctionnement faisant intervenir le RIS en mode RA, les parties du circuit extérieures à l'enceinte doivent rester intègres. Néanmoins, en cas de rupture ou de perte de l'étanchéité d'une partie d'un des trains du système extérieure à l'enceinte, le train est isolé rapidement du circuit primaire par

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

deux organes d'isolement en série installés sur chacune des lignes connectées aux boucles primaires.

Le système RIS est localisé hors de l'enceinte et injecte dans le circuit primaire situé dans l'enceinte. Par conséquent lorsqu'il est requis, ses parties extérieures à l'enceinte constituent une extension de la troisième barrière de confinement.

Le système RIS n'assure pas de fonction d'injection de soude pour le confinement des iodes radioactifs. Cette fonction est assurée uniquement par l'EVU.

En cas de conditions de fonctionnement avec fusion du cœur DEC-B :

- le système RIS participe à la fonction d'isolement de l'enceinte ;
- l'IRWST fournit de l'eau filtrée au système d'évacuation ultime de la chaleur de l'enceinte (EVU, voir chapitre 4.3 du présent volume).) et de l'eau permettant le noyage du corium (RSC, voir chapitre 4.2 du présent volume).

Le Tableau 3 ci-après liste les principales fonctions de sûreté du système RIS et indique leur contribution aux trois fonctions fondamentales de sûreté. Le respect de ces dernières permet d'assurer la quatrième fonction fondamentale de sûreté, c'est-à-dire la protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

| Fonctions RIS | Maîtrise des réactions nucléaires | Évacuation de la puissance | Confinement des substances radioactives |
|---|---|---|---|
| Stocker de l'eau borée et la fournir aux systèmes RIS, EAS, EVU et RSC | indirect | indirect | indirect |
| Évacuer la puissance résiduelle du cœur hors du circuit primaire principal (RIS en mode RA) | | X | indirect |
| Évacuer la puissance résiduelle du cœur relâchée dans l'enceinte (mode RIS – recirculation et injection) | | X | indirect |
| Injecter de l'eau borée dans les branches froides du RCP | X | X | indirect |
| Injecter rapidement de l'eau borée dans les branches froides du RCP | | X | indirect |
| Injecter de l'eau borée dans les branches chaudes du RCP | indirect | X | indirect |
| Isoler les connexions du système au circuit primaire principal | | | X |
| Isoler les traversées de l'enceinte du système | | | X |

**TABLEAU 3 : PRINCIPALES FONCTIONS DE SURETE DU SYSTEME RIS**

## 3.2.2. DESCRIPTION GENERALE DU SYSTEME

### 3.2.2.1. Architecture générale du RIS

Un schéma préliminaire du système est présenté en Figure 24 ci-après.

Le RIS comporte quatre accumulateurs installés dans le bâtiment réacteur. Trois d'entre eux sont connectés chacun à une branche froide différente (boucles 1, 2 et 4) du circuit primaire via les lignes d'injection communes aux pompes. Le quatrième est connecté directement à la quatrième branche froide (de la boucle 3). L'indisponibilité d'un train du fait de la maintenance n'étant pas prévue de l'état A à l'état E, le reste du système s'appuie sur une architecture à trois trains constitués chacun des principaux composants suivants :

- une pompe ISMP (Injection de Sécurité à Moyenne Pression), alimentée électriquement par un tableau secouru, pouvant aspirer de l'eau borée filtrée dans l'IRWST et injecter dans le circuit primaire à moyenne pression ;
- une pompe ISBP (Injection de Sécurité Basse Pression), alimentée électriquement par un tableau secouru, pouvant aspirer soit de l'eau borée filtrée dans l'IRWST soit dans le circuit primaire, et pouvant injecter dans le circuit primaire à basse pression ;
- un échangeur de chaleur, refroidi par le RRI, permettant le refroidissement du fluide au refoulement de la pompe ISBP.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

Ces différents composants sont localisés à l'extérieur de l'enceinte, dans les Bâtiments des Auxiliaires de Sauvegarde (BAS). Chaque train RIS extérieur enceinte est localisé dans un bâtiment des auxiliaires de sauvegarde.

Pour limiter le nombre d'équipements soumis aux conditions accidentelles dégradées dans l'enceinte tout en limitant le nombre de traversées de l'enceinte :

- les lignes à débit minimum des pompes ISMP et ISBP et les vannes d'isolement associées sont installées à l'extérieur de l'enceinte et connectées entre elles ;
- les lignes d'injection ISMP sont connectées aux lignes d'injection ISBP en dehors de l'enceinte.

Chaque ligne du RIS qui traverse l'enceinte est munie de deux organes d'isolement, à l'exception des lignes d'aspiration dans l'IRWST qui sont munies d'une vanne d'isolement et d'une double enveloppe.

Connexion des trains 1 et 2 aux boucles primaires

Le train 1 est connecté à la boucle primaire 1 :

- en branche chaude pour l'aspiration de la pompe ISBP en mode RA et son refoulement en mode ISBP à long terme (configuration avec basculement ISBP en branche chaude) ;
- en branche froide pour permettre l'injection dans la boucle primaire, via une ligne commune, des débits refoulés par les pompes ISMP et ISBP.

La configuration est identique pour le train 2, mais sur la boucle primaire 2.

Connexion du train 3 aux boucles primaires

Le train 3 est connecté aux boucles primaires 3 et 4 :

- en branche chaude 3 pour l'aspiration de la pompe ISBP en mode RA et son refoulement en mode ISBP à long terme (configuration avec basculement ISBP en branche chaude) ;
- en branche froide 4 pour permettre l'injection dans la boucle primaire, via une ligne commune, des débits refoulés par les pompes ISMP et ISBP.

Ainsi, la pompe ISBP du train 3 assure la fonction RA en aspirant en boucle primaire 3 et en refoulant en boucle primaire 4.

L'architecture préliminaire des trois trains du RIS est présentée sur la Figure 24 ci-dessous. Elle sera validée au cours du « basic design ».

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

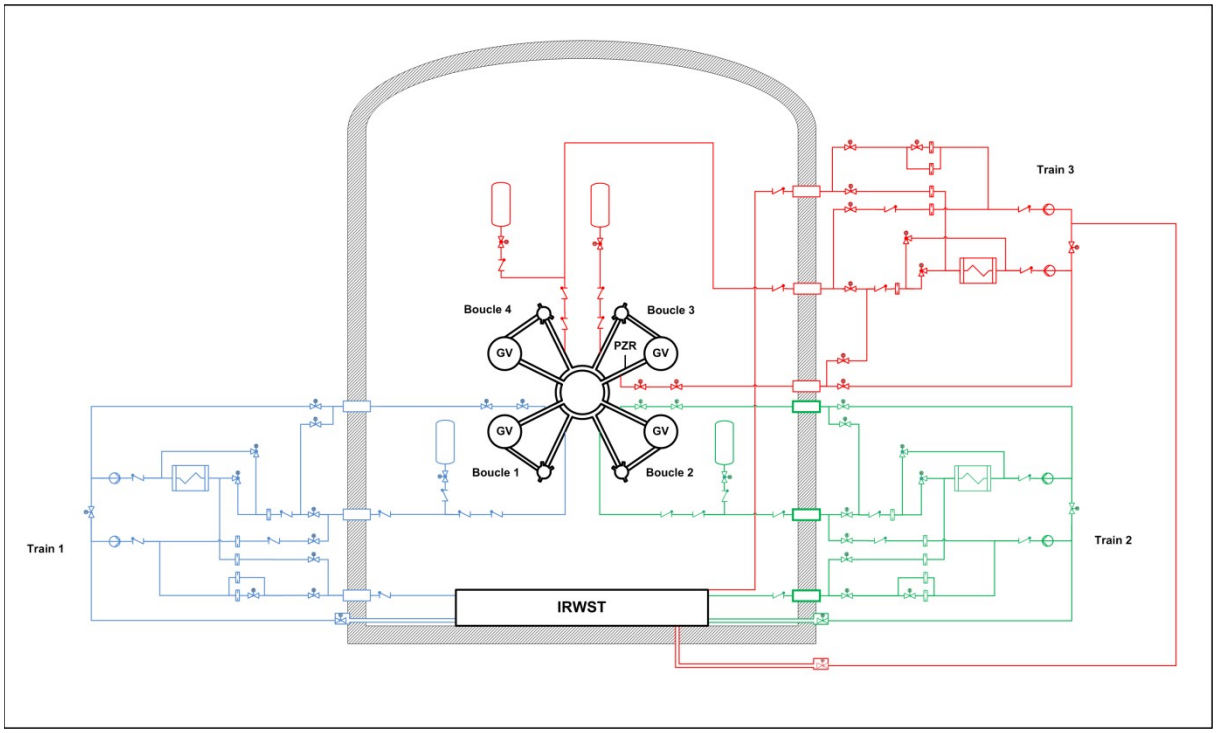



**FIGURE 24 : SCHEMA DE PRINCIPE DU SYSTEME RIS**

Le dimensionnement des composants du système, en particulier des pompes, échangeurs et accumulateurs, est fait en cohérence avec l'augmentation de puissance visée pour le réacteur et l'architecture trois trains de l'EPR NM et vise une amélioration des performances des pompes ISMP sur la base du retour d'expérience des EPR existants.

Compte tenu des choix d'architecture et du niveau de puissance visé :

- les pompes ISMP assurent un débit d'injection plus important que sur l'EPR Flamanville (environ +50 %), afin de garantir une marge au regard du respect des critères techniques d'acceptation dans les études des conditions de fonctionnement de référence DBC et les études des conditions de fonctionnement avec défaillances multiples DEC-A ;
- les pompes ISBP assurent un débit d'injection plus important que sur l'EPR Flamanville (environ +40 %), du fait d'une puissance résiduelle du cœur plus importante à évacuer en mode RA d'une part et du passage à une architecture 3 trains d'autre part ;
- le dimensionnement des échangeurs ISBP est adapté en cohérence avec la performance des pompes ISBP pour garantir des performances identiques de refroidissement en conditions normales et accidentelles ;
- le volume des accumulateurs est défini en fonction du niveau de puissance visé.

### 3.2.2.2. Conditions de fonctionnement du système RIS

#### 3.2.2.2.1. Conditions de fonctionnement normal

Le système RIS n'assure pas de fonctions en états A et B mais est disponible, prêt à injecter ou à être connecté au RCP en mode RA.

La disponibilité des pompes est validée par des essais périodiques de mise en service.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

La disponibilité de l'IRWST est validée par la surveillance de son niveau, de sa teneur en bore et de sa température.

La disponibilité des accumulateurs est validée par la surveillance de leur niveau, de leur pression et de leur teneur en bore.

À la fin de l'état B, le système est conditionné en vue de sa connexion au RCP en mode RA. En états C, D et E, le système RIS est connecté en mode RA au RCP et assure principalement son refroidissement et le contrôle de son gradient de refroidissement.

#### 3.2.2.2.2. Conditions de fonctionnement accidentel

Les fonctions de sûreté du système RIS interviennent dans les conditions de fonctionnement de référence DBC, dans les conditions de fonctionnement avec défaillances multiples DEC-A ou dans les conditions de fonctionnement avec fusion du cœur DEC-B de l'installation listées dans le chapitre 2.2 du volume 1.

La catégorisation de sûreté des fonctions du système RIS, selon leur rôle dans la mitigation des conditions de fonctionnement, est déduite par l'application des règles indiquées dans le paragraphe 2.6.3 du volume 1.

Ainsi :

- la fonction « Stocker de l'eau borée et la fournir aux systèmes RIS, EAS, EVU et RSC » est de catégorie 1 au titre de l'atteinte de l'état contrôlé en condition de fonctionnement DBC ;
- la fonction « Évacuer la puissance résiduelle du cœur hors du circuit primaire principal » est de catégorie 1 au titre de l'atteinte de l'état contrôlé en condition de fonctionnement DBC ;
- la fonction « Évacuer la puissance résiduelle du cœur relâchée dans l'enceinte » est de catégorie 1 au titre de l'atteinte de l'état contrôlé en condition de fonctionnement DBC ;
- la fonction « Injecter de l'eau borée dans les branches froides du RCP » est de catégorie 1 au titre de l'atteinte de l'état contrôlé en condition de fonctionnement DBC ;
- la fonction « Injecter rapidement de l'eau borée dans les branches froides du RCP » est de catégorie 1 au titre de l'atteinte de l'état contrôlé en condition de fonctionnement DBC ;
- la fonction « Injecter de l'eau borée dans les branches chaudes du RCP » est de catégorie 2 au titre de l'atteinte de l'état sûr en condition de fonctionnement DBC.

La catégorisation des fonctions d'isolement sera définie ultérieurement.

Il convient de noter par ailleurs, qu'un état d'arrêt sûr sur RIS en mode RA est recherché dans les conditions de fonctionnement DEC-A, lorsque le système RIS n'est pas affecté par l'initiateur.

##### 3.2.2.2.2.1. Conditions n'étant pas impactées par l'architecture 3 trains du système RIS

Sur l'EPR NM, du fait de l'absence de considération de maintenance préventive qui pourrait rendre un train RIS indisponible de l'état A à l'état E, les principales conditions de fonctionnement suivantes ne sont pas impactées par l'architecture trois trains du RIS :

- rupture de tube de générateur de vapeur (1 ou 2 tubes) en état initial A (DBC) ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- APRP Petite Brèche en état initial A ou B (DBC) ;
- APRP Grosse Brèche et Brèche Intermédiaire en état initial A ou B (DBC) ;
- petite brèche de tuyauterie d'alimentation en eau des Générateurs de Vapeur (GV) en état initial A ou B (DBC) ;
- rupture de tuyauterie d'alimentation en eau des GV en état initial A ou B (DBC) ;
- petite brèche de tuyauterie vapeur en état initial A ou B (DBC) ;
- rupture de tuyauterie vapeur en état initial A ou B (DBC) ;
- conditions de fonctionnement avec fusion du cœur (DEC-B)[2].

#### 3.2.2.2.2. Conditions étant impactées par l'architecture 3 trains du système RIS

Sur l'EPR Flamanville, du fait de l'absence de maintenance préventive impactant la disponibilité du système RIS dans les états d'arrêt C, D et E ou lors de conditions de fonctionnement DEC-A, les quatre trains du système RIS sont crédités.

Sur l'EPR NM, ces conditions de fonctionnement sont donc impactées par le choix d'une architecture trois trains, à travers l'impact sur la réalisation des fonctions de sûreté suivantes :

- injecter de l'eau borée dans les branches froides du RCP ;
- évacuer la puissance résiduelle du cœur hors du circuit primaire principal ;
- évacuer la puissance résiduelle du cœur relâchée dans l'enceinte.

Les conditions de fonctionnement concernées sont décrites ci-dessous.

##### 3.2.2.2.2.1. APRP Petite Brèche (état d'arrêt)

Type : DBC.

États initiaux de l'installation : C, D, E.

Fonctions de sûreté du système RIS requises et impactées par l'architecture trois trains :

- injecter de l'eau borée dans les branches froides du RCP ;
- évacuer la puissance résiduelle du cœur hors du circuit primaire principal.

Par rapport à l'EPR Flamanville, en état E, la prise en compte de la défaillance unique amène à ne considérer plus que deux pompes ISMP efficaces sur les trois pompes existantes. Les deux pompes ISMP efficaces compensent le débit perdu à la brèche.

[ ]

Note : En états D et E, une partie de l'inventaire en eau de l'IRWST se trouve dans les piscines du bâtiment réacteur. En état D, le maintien d'un niveau d'eau suffisant dans l'IRWST pour le fonctionnement des pompes ISMP est assuré par l'ouverture des lignes de drains de fond de piscines vers l'IRWST, qui permettent l'évacuation d'un débit correspondant à trois pompes ISMP en mode appoint. En conduite normale, à la fin de l'état D, il est à noter qu'un appoint en eau de l'IRWST est réalisé à partir d'une bâche externe (appartenant au système PTR, voir chapitre 7.3 du présent volume) pour assurer un niveau d'eau suffisant dans l'IRWST lorsque les piscines sont pleines.

[2] Le rôle du RIS en conditions de fonctionnement DEC-B se limite à la fourniture d'eau IRWST aux systèmes EVU et RSC.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

#### 3.2.2.2.2.2. Brèche isolable sur le système RIS en mode RA, à l'intérieur ou à l'extérieur de l'enceinte

Type : DBC.

États initiaux de l'installation : C, D, E.

Fonctions de sûreté du système RIS requises et impactées par l'architecture trois trains :

- injecter de l'eau borée dans les branches froides du RCP ;
- évacuer la puissance résiduelle du cœur hors du circuit primaire principal.

Par rapport à l'EPR Flamanville, en état E la prise en compte de la défaillance unique amène à ne considérer plus que deux pompes ISMP disponibles sur les trois pompes existantes.

De plus, la brèche sur un train RIS en mode RA peut mener à la perte du débit d'une pompe ISMP à la brèche, celle-ci injectant via une ligne commune à la ligne d'injection en mode RA ce qui amène à ne considérer plus qu'une pompe ISMP efficace de l'état C à l'état E.

Une brèche sur la tuyauterie du RIS en mode RA est étudiée pour des conditions initiales maximales de pression [ ] et pour des conditions initiales maximales de température [ ]. La taille de la brèche retenue est la plus pénalisante et correspond à une brèche guillotine sur la tuyauterie RIS-RA de plus grand diamètre [ ].

En cas de brèche sur le système RIS en mode RA à l'extérieur de l'enceinte, la brèche est automatiquement isolée sur haut niveau puisard BAS, ou haute pression BAS [ ] afin de limiter les rejets radioactifs hors de l'enceinte. La pompe ISMP efficace en mode appoint reconstitue l'inventaire en eau primaire une fois la brèche isolée.

Les dispositifs de protection contre la pressurisation des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde et les dispositifs de limitation des rejets sont les suivants :

- des exutoires de pression initialement fermés sont présents dans les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde 1 et 2 ;
- l'instrumentation des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde permet d'isoler automatiquement les aspirations en branche chaude des trains RIS en mode RA dans le bâtiment des auxiliaires de sauvegarde affecté ;
- une réinjection des effluents pour limiter les activités rejetées est prévue.

En cas de brèche sur le RIS en mode RA à l'intérieur de l'enceinte, la pompe ISMP efficace en mode appoint peut ne pas être suffisante pour restaurer le niveau boucle. Afin d'isoler la brèche, un test d'intégrité primaire consistant à isoler les trains RIS en mode RA les uns après les autres pour détecter le train affecté est réalisé à plus ou moins long terme, selon la disponibilité des trains RIS en mode RA. En états D et E, une conduite valorisant l'évacuation de puissance par un train ISBP en mode injection pourrait également être mise en place.

#### 3.2.2.2.2.3. APRP Petite Brèche cumulée à une défaillance de cause commune des moyens d'Injection de Sécurité Basse Pression (ISBP)

Type : DEC-A.

États initiaux de l'installation : A.

Fonctions de sûreté du système RIS requises et impactées par l'architecture trois trains :

- injecter de l'eau borée dans les branches froides du RCP ;
- évacuer la puissance résiduelle du cœur relâchée dans l'enceinte.

Par rapport à l'EPR Flamanville, seules trois pompes ISMP sont disponibles. Celles-ci

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

compensent le débit perdu à la brèche.

Concernant l'évacuation de la puissance résiduelle du cœur relâchée dans l'enceinte, les pompes ISBP n'étant pas disponibles, des connexions permettant d'alimenter un ou plusieurs échangeurs RIS soit par les pompes ISMP soit par les pompes EAS sont envisagées.

#### 3.2.2.2.2.2.4. APRP Petite Brèche cumulée à une défaillance de cause commune des moyens d'Injection de Sécurité Moyenne Pression (ISMP)

Type : DEC-A.

États initiaux de l'installation : A.

Fonctions de sûreté du système RIS requises et impactées par l'architecture trois trains :

- injecter de l'eau borée dans les branches froides du RCP ;
- évacuer la puissance résiduelle du cœur hors du circuit primaire principal ;
- évacuer la puissance résiduelle du cœur relâchée dans l'enceinte.

Par rapport à l'EPR Flamanville, seules trois pompes ISBP sont disponibles. Après un refroidissement maximum par le système de décharge à l'atmosphère (VDA), elles permettent, si nécessaire avec le support des quatre accumulateurs RIS, de reconstituer l'inventaire en eau primaire et compensent le débit perdu à la brèche.

Les trois échangeurs RIS, alimentés par les pompes ISBP assurent l'évacuation de la puissance résiduelle du cœur relâchée dans l'enceinte via la petite brèche.

[ ] Un train ISBP est ligné en mode RA et permet d'évacuer la puissance résiduelle du cœur hors du circuit primaire principal.

#### 3.2.2.2.2.2.5. Conditions menant à la perte de deux trains RIS en mode RA

Type : DBC / DEC-A.

États initiaux de l'installation : C, D, E.

Fonction de sûreté du système RIS requise et impactée par l'architecture trois trains :

- évacuer la puissance résiduelle du cœur hors du circuit primaire principal.

La perte de deux trains RIS en mode RA provient de l'une des deux conditions de fonctionnement suivantes :

- perte d'un train RIS en mode RA – Type DBC ;

  Dans ce cas, seul l'un des trois trains RIS en mode RA reste disponible après cumul du Manque de Tension Externe (MDTE) suivi du non-redémarrage d'une pompe ISBP (application de la défaillance unique).

- défaillance de cause commune affectant la chaîne de refroidissement principale RRI/SEC trains 1 et 2 – Type DEC-A.

  Dans ce cas, seul le train 3 RIS en mode RA est disponible.

Le train RIS en mode RA restant évacue la puissance résiduelle du cœur tout en maintenant la température primaire [ ] afin de ne pas bouillir dans le primaire.

En particulier, en état C primaire dépressurisé, la pompe ISBP en mode RA est capable de fonctionner à son débit nominal en aspirant du fluide sature dans les boucles primaires.

#### 3.2.2.2.2.2.6. Perte des trois trains RIS en mode RA

Type : DEC-A.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

États initiaux de l'installation : C, D, E.

Fonction de sûreté du système RIS requise et impactée par l'architecture trois trains :

- évacuer la puissance résiduelle du cœur hors du circuit primaire principal.

La perte des trois trains RIS en mode RA provient d'une défaillance de cause commune des pompes ISBP.

En état C, l'évacuation de la puissance résiduelle du cœur est assurée par l'ASG et le VDA après remontée sur les GV.

En état D ou E, les pompes ISBP étant indisponibles, des connexions permettant d'alimenter un ou plusieurs échangeurs RIS soit par les pompes ISMP soit par les pompes EAS sont envisagées.

#### 3.2.2.2.2.7. Perte totale de l'alimentation normale des GV cumulée à une défaillance de cause commune du système d'alimentation de secours des GV (ASG)

Type : DEC-A.

États initiaux de l'installation : A, B.

Fonctions de sûreté du système RIS requises et impactées par l'architecture trois trains :

- injecter de l'eau borée dans les branches froides du RCP ;
- évacuer la puissance résiduelle du cœur hors du circuit primaire principal.

Par rapport à l'EPR Flamanville, seules trois pompes ISMP et ISBP sont disponibles, au lieu de quatre dans les études DEC-A.

Les trois pompes ISMP et les quatre accumulateurs injectent de l'eau borée en branches froides du RCP suite à l'ouverture des vannes de décharge du pressuriseur (mode « gavé ouvert »), tandis que les trois pompes ISBP évacuent la puissance relâchée dans l'enceinte par recirculation de l'eau de l'IRWST dans l'échangeur RIS via leur ligne à débit minimum.

### 3.2.2.3. Agressions internes et externes

Les fonctions de sûreté du RIS impliquées dans la mitigation d'événement de type DBC éventuellement induits par des agressions internes et externes sont les mêmes que celles listées précédemment.

D'autres fonctions RIS potentielles spécifiques aux études d'agressions pourront être spécifiées en cours de « basic design », notamment vis-à-vis des agressions internes de type inondation ou rupture de tuyauterie haute énergie (RTHE).

## 3.2.3. Réservoir de remplissage des piscines (IRWST)

L'IRWST est un réservoir ouvert situé en fond de bâtiment réacteur. Il est à la pression et à la température de l'enceinte. [ ]

Cette réserve d'eau est maintenue à la concentration en bore requise par le circuit d'appoint en eau et en bore (REA, voir chapitre 8.2 du présent volume) et purifiée par le système de traitement et refroidissement d'eau des piscines (PTR, voir chapitre 7.3 du présent volume). L'homogénéisation et le refroidissement de l'eau de l'IRWST sont assurés par les pompes ISBP du RIS.

Les risques de vortex et de cavitation dans les pompes RIS liés à un manque d'eau dans l'IRWST sont limités sur l'EPR NM en raison d'un appoint en eau à l'IRWST. Cet appoint est réalisé durant l'état D par une bâche externe (PTR, voir chapitre 7.3 du présent volume) afin de garantir un niveau initial d'eau dans l'IRWST suffisant en état E.

En état D, primaire ouvert, couvercle en cours de manutention, tout le combustible est en

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

cuve. Un accident dans cet état est géré par l'inventaire de l'IRWST seul, au moyen d'une recirculation par le fond entre les piscines BR et l'IRWST. L'appoint externe en cours n'est pas crédité dans la démonstration de sûreté nucléaire.

Durant l'état D, l'inventaire de la bâche externe est transféré dans l'IRWST. L'état E n'est déclaré que si l'appoint de la bâche externe est finalisé dans l'IRWST.

En état E, primaire ouvert, un assemblage peut-être en cours de manutention. Un accident dans cet état est géré par l'inventaire de l'IRWST augmenté lors de l'état D par la bâche externe, au moyen d'une recirculation par le haut des piscines bâtiment combustible (tous les tuyaux participants à cette recirculation en état E sont au-dessus du point le plus haut de l'assemblage en cours de manutention). L'inventaire est déjà présent par conception pour ces séquences. La bâche externe et le transfert d'eau ne sont donc pas classés.

Quel que soit l'état de l'installation, l'IRWST contient donc un volume d'eau permettant de garantir une marge à la cavitation (NPSH) suffisante à l'aspiration des pompes RIS, EAS et EVU, en tenant compte de rétentions d'eau dans le bâtiment réacteur.

L'IRWST est également capable de collecter les décharges de certaines soupapes (RIS, système de borication de secours (RBS) et circuit de purges, évents et exhaures nucléaires (RPE)) ainsi que l'eau en recirculation dans l'enceinte lors de certaines séquences accidentelles.

La conception du système de filtration de l'eau aspirée dans l'IRWST par les systèmes RIS, EAS et EVU sera cohérente avec le terme source débris lié à un choix de calorifuge utilisé (voir paragraphe 2.3.9 ci-avant) sur certains équipements dans le bâtiment réacteur. En particulier, les quatre paniers de rétention à maille fine qui étaient positionnés dans les conceptions EPR actuelles sous les ouvertures assurant l'écoulement vers l'IRWST pourraient être supprimés.

L'eau stockée à l'intérieur de l'IRWST étant borée, le réservoir est équipé d'une peau d'étanchéité en acier inoxydable sur la surface interne.

### 3.2.2.4. Systèmes en interface

#### 3.2.2.4.1. Principaux systèmes supportés

Le système RIS est support aux systèmes suivants :

- RCP ;
- EAS : en conditions de fonctionnement DBC et DEC-A, l'IRWST constitue la réserve d'eau borée dans laquelle aspirent les lignes EAS ;
- EVU : en conditions de fonctionnement avec fusion du cœur DEC-B, l'IRWST constitue la réserve d'eau borée dans laquelle aspirent les lignes EVU.

Contrairement à l'EPR Flamanville, le RIS n'est pas support du système RBS car le RBS est directement piqué en branches froides du RCP.

#### 3.2.2.4.2. Systèmes supports

Le système RIS est supporté par les systèmes suivants :

- systèmes électriques : les trois trains RIS sont chacun secourus par un groupe électrogène de secours 1/2/3 pour les conditions de fonctionnement DBC. Les pompes ISMP et ISBP du train 3 sont également secourues par le groupe électrogène de secours diversifié DEC-A en cas de Manque De Tension Généralisé (MDTG).
- systèmes de refroidissement : le refroidissement des moteurs des pompes ISMP

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

et ISBP ainsi que celui de l'échangeur des trains RIS 1/2/3 est assuré respectivement par les trains 1/2/3 du système RRI. Les équipements du train RIS 3 bénéficient d'un refroidissement diversifié de celui des trains 1 et 2: la diversification du refroidissement se fait par une conception diversifiée de la chaîne RRI/SEC3.

- systèmes de ventilation : le besoin de conditionnement des locaux contenant les composants RIS, en particulier les pompes, par le système de ventilation DWL avec des unités de refroidissement dédiées, sera analysé à un stade ultérieur de la conception ;
- systèmes de contrôle-commande : au titre de ses fonctions de catégorie 1, le système RIS est notamment contrôlé par le système de protection (PS).

### 3.2.3. PRISE EN COMPTE DES EXIGENCES DE CONCEPTION DANS L'ARCHITECTURE DU SYSTEME RIS

Ce paragraphe précise les principales exigences de conception applicables à l'architecture du système RIS.

#### 3.2.3.1. Défaillance unique

Le système RIS étant requis pour l'atteinte de l'état contrôlé et l'état sûr en conditions de fonctionnement DBC, le critère de défaillance unique s'applique à sa conception, conformément aux principes décrits dans les chapitres 2.1 et 3.1 du volume 1.

La défaillance unique active est prise en compte :

- pour les fonctions d'injection ou d'évacuation de puissance nécessaires en conditions de fonctionnement DBC par l'existence des trois trains indépendants capables d'assurer la fonction attendue en cas de défaillance unique sur l'un de ses composants ou l'un de ses systèmes support ;
- pour les fonctions d'isolement nécessaires en conditions de fonctionnement DBC par la redondance des organes d'isolement au sein d'un même train.

L'architecture du système RIS ne présentant pas de barillet, les défaillances passives sont couvertes par les défaillances actives.

Comme indiqué dans le chapitre 3.1 du volume 1, la défaillance unique à l'ouverture des clapets situés sur la ligne d'injection des accumulateurs n'est pas considérée. Par ailleurs, l'isolement des accumulateurs assuré pour chacun par la fermeture d'une vanne d'isolement motorisée située sur leur ligne d'injection est une exception à l'application de la défaillance unique qui sera justifiée conformément au chapitre 2.1 du volume 1.

#### 3.2.3.2. Maintenance préventive

La maintenance préventive du système RIS étant réalisée lorsque le système n'est pas requis, c'est-à-dire en état F, réacteur complètement déchargé, sa prise en compte n'impacte pas les configurations du système mises en œuvre lors de la mitigation des conditions de fonctionnement DBC.

#### 3.2.3.3. Cumul MDTE

Les composants RIS nécessaires à la réalisation des fonctions requises en conditions de fonctionnement DBC avec cumul MDTE (pompes ISMP et ISBP) sont secourus par une source interne alternative de puissance DBC (groupe électrogène de secours 1/2/3).

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

### 3.2.3.4. Classement

Le classement de sûreté des principaux composants du système RIS, défini en conformité avec les règles de classement indiquées dans le paragraphe 2.6.4.1 du volume 1, est indiqué dans le Tableau 4 ci-dessous.

Les équipements du système RIS redevables d'un classement Equipement Sous Pression Nucléaire (ESPN) sont classés conformément à la réglementation applicable.

Enfin, le niveau de qualité des composants du système RIS redevables d'une exigence mécanique, y compris les accumulateurs, est Q2 à l'exception des lignes et vannes correspondant au circuit primaire principal.

| **Composants RIS** | **Fonctions de sûreté réalisées par le composant (catégorie enveloppe)** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Stocker de l'eau borée et la fournir aux systèmes RIS, EAS, EVU et RSC **Catégorie 1** | Évacuer la puissance résiduelle du cœur hors du circuit primaire principal **Catégorie 1** | Évacuer la puissance résiduelle du cœur relâchée dans l'enceinte **Catégorie 1** | Injecter de l'eau borée dans les branches froides du RCP **Catégorie 1** | Injecter rapidement de l'eau borée dans les branches froides du RCP **Catégorie 1** | Injecter de l'eau borée dans les branches chaudes du RCP **Catégorie 2** | **Classe de sûreté enveloppe** |
| Pompe ISBP | | X | X | X | | X | 1 |
| Pompe ISMP | | | | X | | | 1 |
| Accumulateur | | | | | X | | 1 |
| Échangeur RIS-RA | | X | X | | | | 1 |
| IRWST | X | | | | | | 1 |

**TABLEAU 4 : CLASSEMENT DE SURETE DES PRINCIPAUX COMPOSANTS DU SYSTEME RIS**

### 3.2.3.5. Diversification et apports des Etudes Probabilistes de Sûreté

Les requis de diversification applicables au système RIS sont définis en lien avec la liste des conditions de fonctionnement DEC-A mentionnées au paragraphe 2.2.2 du volume 1, et seront à confirmer en cours de « basic design » sur la base d'éléments probabilistes :

- les moyens d'injection de sécurité basse pression (ISBP) constituent une diversification des moyens d'injection de sécurité moyenne pression (ISMP) afin d'assurer la mitigation de conditions de fonctionnement DEC-A du type accident de perte de réfrigérant primaire (petite brèche) cumulée à une défaillance de cause commune des moyens d'injection de sécurité moyenne pression (ISMP) ;
- il est envisagé que les moyens d'injection de sécurité moyenne pression (ISMP) ou les pompes du système d'aspersion dans l'enceinte (EAS) constituent une diversification des moyens d'injection de sécurité basse pression (ISBP) afin d'assurer la mitigation de conditions de fonctionnement DEC-A du type accident de perte de réfrigérant primaire (petite brèche) cumulée à une défaillance de cause commune des moyens d'injection de sécurité basse pression (ISBP) ou la perte de trois trains RIS en mode RA par défaillance de cause commune des moyens d'injection de sécurité basse pression (ISBP) ;
- le système RIS assure la diversification fonctionnelle du système ASG en cas de conditions de fonctionnement DEC-A du type perte totale de l'alimentation

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

normale des générateurs de vapeur cumulée à une défaillance de cause commune du système d'alimentation en eau de secours des générateurs de vapeur (ASG).

À ce stade de la conception, les analyses probabilistes n'ont pas identifié de besoin de diversification matérielle intra-système des pompes ISMP. Leur diversification fonctionnelle est assurée par les pompes ISBP et la mise en œuvre d'un refroidissement secondaire manuel.

Les analyses probabilistes n'ont pas identifié de besoin de diversification matérielle intra-système des pompes ISBP.

Les EPS confirmeront l'intérêt des requis de diversification inter-systèmes identifiés dans l'analyse déterministe des conditions de fonctionnement DEC-A :

- des pompes ISMP vis-à-vis des pompes ASG ;
- des pompes ISBP vis-à-vis des pompes EAS ou ISMP.

### 3.2.3.6. Agressions internes et externes

#### 3.2.3.6.1. Agressions internes

Le système RIS doit être protégé contre les agressions internes susceptibles d'induire un événement de type DBC pour lequel le système serait requis. Pour cela, la séparation des trois trains RIS dans trois bâtiments distincts contribue à la protection contre les agressions internes.

Par ailleurs, il convient de noter que :

- en mode RA, certaines tuyauteries du système RIS sont considérées comme haute énergie. La rupture de ces tuyauteries est donc considérée comme initiateur dans les études de rupture de tuyauterie haute énergie (RTHE). En particulier, les effets de fouettement de la tuyauterie sont analysés dans le cadre de ces études.
- le système RIS peut éventuellement être à l'origine d'une inondation interne qui sera prise en compte à la conception ;
- le système RIS est un système constitué de composants (réservoirs, pompes, vannes) haute énergie conformes à un niveau de qualité permettant d'exclure leur rupture et par conséquent aucun missile n'est postulé.

Les risques d'explosion liés à un mélange $H_2/O_2$ lors de la connexion du RIS en mode RA sont diminués sur l'EPR NM du fait d'une phase de désoxygénation de l'inventaire en eau des trains RIS en mode RA préalable à leur connexion au circuit primaire.

#### 3.2.3.6.2. Agressions externes de référence

En tant que système participant à la mitigation de conditions de fonctionnement DBC, le système RIS est dimensionné pour rester opérationnel en cas d'agression externe de référence DBH, un séisme en particulier. Par ailleurs, par convention, le système RIS est également dimensionné pour être opérable sous séisme de référence puisque le cumul de l'accident de perte de réfrigérant primaire et du séisme de référence est pris à la conception (voir chapitre 2.4 du volume 1).

Concernant les autres agressions :

- par sa situation dans les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde, le système RIS est protégé de l'explosion externe, des projectiles associés à la tornade ainsi que de la foudre, de la neige, du vent et d'une inondation externe ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- en cas de températures extérieures de niveau DBH, la température maximale ou minimale admissible dans les locaux contenant des composants du système RIS sera si nécessaire régulée par le système de ventilation support DWL.

#### 3.2.3.6.3. Agressions externes extrêmes naturelles

Conformément au chapitre 2.4 du volume 1, en tant que système requis en cas d'agression externe extrême naturelle pour prévenir la fusion du cœur dans un scénario de manque de tension externe cumulé à la perte totale de la source froide principale de sûreté, le système RIS est conçu en partie pour rester opérationnel en cas d'agression externe extrême naturelle.

C'est le cas du train ISBP 3 secouru électriquement par la source interne alternative de puissance DEC-A et refroidi par la source froide diversifiée.

Par ailleurs, l'IRWST répond aux mêmes exigences, dans la mesure où il contribue à la mitigation des conditions de fonctionnement avec fusion du cœur DEC-B.

### 3.2.3.7. Prévention des risques de bipasse du confinement

Le système RIS participe à l' « élimination pratique » des bipasses de l'enceinte de confinement.

Les dispositions valorisées à ce titre seront réinterrogées par rapport à celle valorisées sur l'EPR Flamanville.

La présence des lignes à débit minimal des pompes RIS dans les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde (dans la continuité des architectures RIS du parc EDF en exploitation) n'apparait pas comme étant de nature à remettre en question le confinement :

- ces lignes retournant à l'IRWST disposent de deux organes d'isolement en série (une vanne motorisée et un clapet), permettant un isolement redondant par rapport à l'IRWST en cas de fuite de l'enceinte vers le bâtiment des auxiliaires de sauvegarde ;
- les tuyauteries et organes d'isolement associés sont dimensionnés aux conditions de pression et température maximales de refoulement des pompes [ ] en amont des vannes d'isolement enceinte relatives aux lignes à débit minimal ;
- [ ]

La jonction ISMP-ISBP dans les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde est dimensionnée aux conditions de pression de l'ISMP et aux conditions de température de l'ISBP en mode RA [ ] . Cet agencement permet le gain d'une traversée enceinte. Les études réalisées au titre de l' « élimination pratique » du risque de bipasse du confinement vérifieront l'absence d'impact de cette architecture sur les risques de bipasse.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# 3.3. CIRCUIT D'ALIMENTATION EN EAU DE SECOURS DES GENERATEURS DE VAPEUR (ASG)

## 3.3.1. ROLE FONCTIONNEL

Le système ASG permet d'évacuer la puissance du circuit primaire dans certaines conditions de fonctionnement normal et conditions de fonctionnement de référence DBC ou en conditions de fonctionnement avec défaillance multiples DEC-A en injectant de l'eau dans les générateurs de vapeur (GV) pour la production de vapeur.

### 3.3.1.1. Fonctions opérationnelles

Bien que conçu principalement pour des missions de sûreté, l'ASG peut également intervenir en fonctionnement normal lors du démarrage et de l'arrêt de l'installation quand le système d'alimentation normale des générateurs de vapeur (ARE) est indisponible pour maintenance. Ainsi, il pourra alimenter en eau les générateurs de vapeur lorsque le réacteur sera en phase de démarrage ou d'arrêt. [ ]

Ainsi lors des phases d'arrêt de l'installation en fonctionnement normal, l'évacuation de la puissance résiduelle puis le refroidissement du circuit primaire peuvent s'effectuer par l'un ou l'autre des systèmes suivants :

- le poste d'eau alimentaire et le contournement turbine (GCT-c). L'alimentation en eau des Générateurs de Vapeur est assurée par le système ARE qui ajuste le débit d'eau venant du système APA (motopompes alimentaire) aspirant dans la bâche ADG (alimentation et dégazage).
- le système ASG et le système de décharge à l'atmosphère (VDA) afin de permettre la réalisation d'opérations de maintenance sur l'îlot conventionnel. Les pompes ASG assurent l'alimentation en eau dégazée des générateurs de vapeur. L'eau alimentaire est fournie par les bâches ASG qui sont réalimentées par le système de distribution d'eau déminéralisée (SER) de façon à garantir un volume d'eau minimal dans les bâches.

De la même manière, l'ASG peut être utilisé pour le remplissage des GV (pour mise en conservation humide ou cyclage) et l'alimentation des GV en fonctionnement normal lors du démarrage de l'installation.

### 3.3.1.2. Fonctions de sûreté

Le système ASG participe directement aux fonctions fondamentales de sûreté suivantes :

- la maîtrise des réactions nucléaires en chaîne ;
- l'évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives et des réactions nucléaires ;
- le confinement des substances radioactives.

Le Tableau 5 ci-après résume les principales fonctions de sûreté du système ASG et indique leur contribution aux trois fonctions fondamentales de sûreté ci-dessus. Le respect de ces fonctions permet d'assurer la protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

| Fonctions ASG | Maîtrise des réactions nucléaires | Évacuation de la puissance | Confinement des substances radioactives |
|---|---|---|---|
| Stocker de l'eau déminéralisée et dégazée | Indirect | X | |
| Injecter de l'eau provenant des bâches ASG dans les GV | Indirect | X | |
| Ajuster le débit d'alimentation vers les GV | Indirect | X | Indirect |
| Isoler les traversées du système | | | X |
| Stopper le débit d'eau vers les GV | X | | X |
| Isoler les GVs | | X | X |
| Fournir des mesures pour surveiller l'inventaire secondaire en eau | X | X | X |

**TABLEAU 5 : PRINCIPALES FONCTIONS DE SURETE DU SYSTEME ASG**

## 3.3.2. DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SYSTEME

### 3.3.2.1. Architecture générale de l'ASG

Un schéma préliminaire du système ASG est présenté en Figure 25.

L'ASG est composé de trois trains alimentés par trois divisions électriques indépendantes.

Le système ASG est composé de 3 trains incluant :

- quatre motopompes classées de sûreté [ ] alimentées par des tableaux électriques secourus par la source interne alternative de puissance principale de la division concernée et refroidies par le fluide véhiculé par la pompe ;
- des lignes d'injection vers le (ou les) GV(s) correspondant(s) ;
- des vannes permettant d'isoler le train [ ] au niveau du barillet à l'aspiration des pompes ou le GV [ ] au niveau du barillet au refoulement des pompes ;
- des vannes permettant de limiter ou de contrôler le niveau du GV [ ] ;
- un barillet au refoulement des pompes [ ] permettant à chaque pompe d'injecter dans n'importe quel GV. En fonctionnement normal comme en situation incidentelle/accidentelle, le barillet est pré-ligné ouvert entre les GV3 et 4, fermé vers les GV1 et 2 : les trains 1 et 2 alimentent respectivement les GV1 et GV2 ; le 3$^{e}$ train assure l'approvisionnement en eau des GV3 et GV4.
- une réserve d'eau répartie sur deux bâches de stockage, appartenant respectivement aux trains 1 et 2 et raccordées à l'aspiration des quatre pompes ASG ;
- un barillet à l'aspiration des pompes (vannes IVTA1 et IVTA2 pour les trains 1 et

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

2, vannes IVBAi/i=1, 2, 3 pour le train 3) permettant aux pompes d'aspirer dans l'une ou l'autre des deux bâches. [ ]

- pour chaque train, une ligne à débit nul vers la bâche du train (ou vers les deux bâches dans le cas du train 3).

Les trains 1, 2, et 3 sont chacun localisés dans un bâtiment des auxiliaires de sauvegarde, séparés géographiquement les uns des autres et reliés par les barillets.

Grâce à la présence de barillets dans le système ASG, chaque train peut alors alimenter tous les GV et chaque pompe peut aspirer de l'eau dans chaque bâche, ce qui est un élément important pour justifier de la robustesse du système.

Les capteurs de niveau GV Gamme Large (GL) sont alloués au système ASG.

L'orientation prise pour l'EPR NM est l'utilisation d'acier au carbone pour le circuit ASG, en cohérence avec l'utilisation d'eau dégazée.

**[ ]**

**FIGURE 25 : SCHEMA DE PRINCIPE DU SYSTEME ASG**

Le dimensionnement des composants du système, en particulier des pompes et des bâches, est fait en cohérence avec l'augmentation de puissance et l'architecture trois trains de l'EPR NM.

### 3.3.2.2. Composants du système ASG

#### 3.3.2.2.1. Pompes

Compte tenu de l'utilisation du système ASG en fonctionnement normal, quatre pompes sont requises au titre de la fiabilité de l'alimentation en eau des GV. Le choix a été fait de classer de sûreté la quatrième pompe au même titre que les trois autres afin de reconduire la technologie et le dimensionnement des pompes EPR de Flamanville pour la démonstration de sûreté nucléaire en conditions de fonctionnement DBC.

De fait, une architecture avec quatre motopompes classées est retenue et les pompes utilisées sont identiques à celles de l'EPR Flamanville. Les moteurs sont refroidis par l'eau pompée.

##### 3.3.2.2.1.1. En fonctionnement normal

En fonctionnement normal en puissance, le système d'alimentation de secours des générateurs de vapeur (ASG) est à l'arrêt et disponible, prêt à démarrer.

L'alimentation en eau des générateurs de vapeur en fonctionnement normal est assurée :

- en fonctionnement en puissance, par le système d'eau alimentaire principal des générateurs de vapeur (ARE et APA) ;
- dans les phases d'arrêt et de démarrage de l'installation durant lesquelles le poste d'eau alimentaire est disponible, par les systèmes ARE et APA avant connexion du système d'injection de sécurité (RIS) en mode RA ;
- dans certaines phases d'arrêt et de démarrage de l'installation dans le cas où le poste d'eau alimentaire n'est pas disponible (arrêt du réacteur ou arrêt de week-end pour maintenance), par le système ASG avec réalimentation en eau des bâches par SER.

Pendant la phase de refroidissement de l'installation, les quatre pompes du système sont utilisées en fonctionnement normal. Pendant la phase de montée en puissance, entre une et quatre pompes peuvent être nécessaires pour un appoint en eau des générateurs de vapeur.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

#### 3.3.2.2.1.2. En fonctionnement incidentel et accidentel

Dans le cadre du fonctionnement incidentel et accidentel, la démonstration de sûreté nucléaire valorise quatre pompes. La pompe du train 1 (respectivement 2) est localisée dans le bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 1 (respectivement 2), les pompes du train 3 dans le bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3.

Ces quatre pompes sont classées du point de vue de la sûreté et sont conçues selon les mêmes critères de dimensionnement : elles sont dimensionnées sur le cas DBC le plus pénalisant qui est l'atteinte de l'état contrôlé avec une seule pompe ASG en situation de Rupture de tuyauterie d'alimentation en eau des GV (RTE).

En cas de MDTE, la pompe ASG3y n'est relestée par la source interne alternative de puissance principale de la division 3 (GES3) que si la pompe ASG3x est indisponible. Le prélignage ouvert du barillet au refoulement des pompes entre les GV3 et 4 assure l'alimentation des deux GV quelle que soit la pompe en opération dans cette situation de MDTE.

Dans les conditions de fonctionnement DEC-A, en cas de Manque De Tension Généralisé (MDTG), seule la pompe ASG3y est relestée sur la source interne alternative de puissance diversifiée (GES DEC-A). Elle fournit le débit requis pour parvenir à l'état d'arrêt sûr DEC-A.

### 3.3.2.2.2. Bâches

Les bâches ASG sont conçues pour assurer l'ensemble des besoins d'alimentation en eau des générateurs de vapeur dans les conditions de fonctionnement de référence DBC.

L'ASG participant au fonctionnement normal et pour tenir compte du retour d'expérience de l'EPR Flamanville, il a été retenu d'utiliser de l'eau dégazée. L'appoint aux bâches durant le fonctionnement normal est réalisé par de l'eau du système SER (distribution d'eau déminéralisée à pH 9) déminéralisée et dégazée.

Le dimensionnement des bâches est réalisé sur le cas DBC le plus pénalisant qui est la RTE, le requis en terme de volume d'eau, étant d'atteindre l'état sûr aux conditions de connexion du RIS en mode RA avant épuisement des bâches ASG.

[ ] Les bâches sont maintenues sous ciel d'azote avec une régulation de la pression. Un système de garde hydraulique maintient aussi les excursions de pression au niveau de la bâche dans la limite acceptable.

La mise en communication des deux bâches peut être effectuée par l'ouverture du barillet à l'aspiration des pompes ASG. Cela permet d'alimenter n'importe quelle pompe par n'importe quelle bâche, d'équilibrer les niveaux en cas de dissymétrie de consommation d'eau dans les bâches. Cela permet également, en cas de RTE, le relignage de la bâche non utilisée du fait de l'indisponibilité des pompes correspondantes vers l'aspiration des pompes en fonctionnement.

Compte-tenu du volume d'eau disponible dans les bâches, et compte-tenu du choix fait de connecter préférentiellement le RIS en mode RA en conditions de fonctionnement DEC-A, la réalimentation des bâches ASG (appoint via le système d'appoint en eau de secours (SEM)) n'est prévue dans l'architecture que pour la gestion de la condition de fonctionnement DEC-A de perte totale des trois trains RIS en mode RA en état C.

Une autonomie de 24 heures sans nécessité de moyen mobile complémentaire interne au site est considérée pour l'alimentation de secours en eau des GV. Le système SEM peut intervenir pour garantir ou prolonger cette autonomie.

### 3.3.2.2.3. Barillets

Le système ASG possède deux barillets : l'un à l'aspiration et l'autre au refoulement des

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

pompes.

La motorisation du barillet au refoulement des pompes ASG est requise au titre de la condition de fonctionnement DBC MDTE < 2 h en état A pour éviter que les niveaux GV ne passent en dessous de leur seuil d'indisponibilité au sens de la conduite APE (approche par état) (c'est-à-dire 14 %) ce qui imposerait un repli en arrêt à froid.

A ce stade de la conception, le besoin de motorisation du barillet à l'aspiration des pompes ASG n'est pas identifié. Les études en cours viendront consolider cette hypothèse.

#### 3.3.2.3. Conditions de fonctionnement du système ASG

Les conditions de fonctionnement du système ASG sont détaillées ci-dessous, pour chaque état de fonctionnement du réacteur.

##### 3.3.2.3.1. Conditions de fonctionnement normal

État A

En situation normale, le système ASG est à l'arrêt et disponible, prêt à démarrer.]]

La disponibilité ainsi que la performance des pompes sont validées par des essais périodiques.

La disponibilité des bâches ASG est assurée par la surveillance de leur niveau, ce qui garantit la suffisance du volume d'eau disponible.

État B

Après l'arrêt du réacteur, le refroidissement de l'installation se fait par l'intermédiaire des GV jusqu'à obtenir les conditions de température et de pression permettant de se connecter au RIS en mode RA.

Tant que le système d'alimentation normale des GV (ARE) est opérationnel et disponible, l'ASG n'est pas utilisé durant cette phase d'arrêt du réacteur. Cependant, le système ASG doit rester disponible pour assurer l'évacuation de puissance par les générateurs de vapeur en cas de perte de l'ARE.

En état B, l'ASG peut également être utilisé pendant les phases de montée en température ou de refroidissement de l'installation pour assurer l'alimentation des GV quand le poste d'eau alimentaire n'est pas disponible.

État C

Dans cet état, le refroidissement est assuré par le RIS en mode RA même si les systèmes ASG et VDA doivent rester disponibles, tant que les GV sont repressurisables, pour assurer éventuellement l'évacuation de la chaleur résiduelle en cas de perte du RIS en mode RA.

En état C primaire repressurisable, l'ASG peut être utilisé pendant les phases de montée en température ou de refroidissement de l'installation pour contribuer au remplissage des GV (pour mise en conservation humide ou cyclage) et à l'alimentation des GV.

États D, E et F

Dans ces états, le circuit primaire est dépressurisé et non pressurisable. Les générateurs de vapeur ne peuvent plus être utilisés pour évacuer la puissance résiduelle : le système ASG n'est pas requis au titre de sa fonction de sûreté dans ces états. En conséquence, des opérations de maintenance sur les différents composants du système peuvent être réalisées dans ces états.

##### 3.3.2.3.2. Conditions de fonctionnement accidentel

Les fonctions de sûreté du système ASG, regroupées dans le Tableau 5, interviennent dans

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

les différentes conditions de fonctionnement accidentel de l'installation listées dans le chapitre 2.2 du volume 1 dont les principales sont décrites ci-après.

La catégorisation des principales fonctions de sûreté du système ASG, selon leur rôle dans la mitigation des conditions de fonctionnement, est déduite ci-après par l'application des règles indiquées dans le paragraphe 2.6.3 du volume 1 :

- stocker de l'eau déminéralisée et dégazée : au titre de l'atteinte de l'état contrôlé en condition de fonctionnement DBC, la fonction est de catégorie 1 ;
- injecter de l'eau provenant des bâches ASG dans les GV : au titre de l'atteinte de l'état contrôlé en condition de fonctionnement DBC, la fonction est de catégorie 1 ;
- ajuster le débit d'alimentation vers les GV : au titre de l'atteinte de l'état contrôlé en condition de fonctionnement DBC, la fonction est de catégorie 1 ;
- fournir des mesures pour surveiller l'inventaire secondaire en eau : au titre de la surveillance des paramètres principaux, la fonction est de catégorie 3.

Cette catégorisation est synthétisée dans le Tableau 6. La catégorisation des fonctions d'isolement sera définie ultérieurement.

#### 3.3.2.3.2.1. Conditions n'étant pas impactées par l'architecture 3 trains du système ASG

Les conditions de fonctionnement accidentel suivantes ne sont pas impactées par l'architecture 3 trains du fait de l'absence de maintenance préventive sur un train ASG de l'état A à l'état C :

- perte de l'alimentation en eau des GV, ARE en fonctionnement (états A et B) (DBC2) ;
- Manque De Tension Externe ≤ 2 h (états A, B) (DBC2) ;
- Manque De Tension Externe ≥ 2 h (états A, B) (DBC3) ;
- rupture de tuyauterie d'alimentation en eau des GV, ARE en fonctionnement (DN>50) (états A, B) (DBC4) ;
- rupture de tuyauterie vapeur à l'extérieur de l'enceinte (DN>50) (états A, B) (DBC4) ;
- rupture de tube de générateur de vapeur (1 ou 2 tubes) (état A) (DBC3/DBC4) ;
- Accident de Perte de Réfrigérant Primaire (états A, B) (DBC3/DBC4).

Nota : La fonction de sûreté « fournir des mesures pour surveiller l'inventaire secondaire en eau » n'est pas directement impliquée dans les transitoires indiqués ci-dessus mais reste nécessaire à assurer dans le cadre de l'utilisation de l'ASG en fonctionnement accidentel.

#### 3.3.2.3.2.2. Conditions étant impactées par l'architecture 3 trains du système ASG

Les conditions de fonctionnement accidentel suivantes sont impactées par l'architecture 3 trains.

Nota : La fonction de sûreté « fournir des mesures pour surveiller l'inventaire secondaire en eau » n'est pas directement impliquée dans les transitoires indiqués ci-dessous mais reste nécessaire à assurer dans le cadre de l'utilisation de l'ASG en fonctionnement accidentel.

##### 3.3.2.3.2.2.1. Manque de Tension Généralisé

Type : DEC-A.

État standard : A.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

Fonctions de sûreté du système ASG impliquées :

- injecter de l'eau provenant des bâches ASG dans les GVs ;
- ajuster le débit d'alimentation vers les GVs ;
- stocker de l'eau déminéralisée et dégazée.

Seule la pompe ASG3y est disponible après démarrage de la source interne alternative de puissance diversifiée (GES DEC-A) de la division 3. Après relestage de la pompe par le GES DEC-A, les GV3 et 4 sont alimentés.

#### 3.3.2.3.2.2.2. Perte de la chaîne de refroidissement principale (trains 1 et 2 RRI/SEC)

Type : DEC-A.

État standard : A.

Fonctions de sûreté du système ASG impliquées :

- injecter de l'eau provenant des bâches ASG dans les GVs ;
- ajuster le débit d'alimentation vers les GVs ;
- stocker de l'eau déminéralisée et dégazée.

Ce transitoire induit entre autre une perte du refroidissement des systèmes de ventilation des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde 1 et 2 et en conséquence une perte de tous les systèmes hébergés dans les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde 1 et 2 à plus ou moins long terme.

Seul le train 3 ASG, diversifié au niveau des systèmes support et situé dans le bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3 est crédité pour rejoindre l'état d'arrêt sûr DEC-A.

#### 3.3.2.3.2.2.3. Accident de Perte de Réfrigérant Primaire, Petite Brèche – cumulée à la Défaillance de Cause Commune (DCC) des moyens d'Injection de Sécurité Moyenne Pression (ISMP)

Type : DEC-A.

État standard : A.

Fonctions de sûreté du système ASG impliquées :

- injecter de l'eau provenant des bâches ASG dans les GVs ;
- ajuster le débit d'alimentation vers les GVs ;
- stocker de l'eau déminéralisée et dégazée.

Dans le cas où les moyens d'Injection de Sécurité Moyenne Pression (ISMP) ne sont pas disponibles pour participer à l'évacuation de la puissance résiduelle du cœur, le refroidissement s'effectue via les trois trains ASG jusqu'à obtenir une dépressurisation suffisante du circuit primaire, permettant l'injection des accumulateurs et des moyens d'Injections de Sécurité Basse Pression (ISBP).

#### 3.3.2.3.2.2.4. Perte totale des trains RIS en mode RA

Type : DEC-A.

État standard : C.

Fonctions de sûreté du système ASG impliquées :

- injecter de l'eau provenant des bâches ASG dans les GVs ;
- ajuster le débit d'alimentation vers les GVs ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- stocker de l'eau déminéralisée et dégazée.

En état C, l'évacuation de puissance est normalement assurée par le RIS en mode RA. En cas de défaillance des trois trains RIS en mode RA, l'évacuation de puissance résiduelle est réalisée par les GV via les trois trains ASG et les VDA.

#### 3.3.2.3.2.3. Nouvelles conditions à considérer induites par l'utilisation de l'ASG en fonctionnement normal

##### 3.3.2.3.2.3.1. Défaillance conduisant à l'augmentation du débit d'eau dans des GV ou au refroidissement de l'eau des GV, ASG en fonctionnement (états A, B)

Type : DBC2.

États standards : A (fonctionnement normal sur ASG), B (fonctionnement normal sur ASG).

Fonctions de sûreté du système ASG impliquées :

- injecter de l'eau provenant des bâches ASG dans les GVs ;
- ajuster le débit d'alimentation vers les GVs ;
- stocker de l'eau déminéralisée et dégazée ;
- stopper le débit d'eau vers les GVs.

En cas de mauvais fonctionnement de l'eau alimentation dans une situation de fonctionnement normal sur ASG, le GV affecté sera isolé et le transitoire sera à gérer avec une alimentation ASG dans trois GVs au lieu de quatre.

##### 3.3.2.3.2.3.2. Perte de l'alimentation en eau des GV, ASG en fonctionnement (états A et B)

Type : DBC.

États standards : A (fonctionnement normal sur ASG), B (fonctionnement normal sur ASG).

Fonctions de sûreté du système ASG impliquées :

- injecter de l'eau provenant des bâches ASG dans les GVs ;
- ajuster le débit d'alimentation vers les GVs ;
- stocker de l'eau déminéralisée et dégazée.

En cas de perte de l'alimentation en eau des GVs dans une situation de fonctionnement normal sur ASG, le transitoire sera à gérer avec le démarrage d'une ou plusieurs pompes en fonctionnement initialement et si besoin un relignage du barillet.

##### 3.3.2.3.2.3.3. Petite brèche sur tuyauterie connectée à l'ASG (DN ≤ 25), ASG en fonctionnement (états A, B)

Type : DBC4.

États standards : A (fonctionnement normal sur ASG), B (fonctionnement normal sur ASG).

Fonctions de sûreté du système ASG impliquées :

- injecter de l'eau provenant des bâches ASG dans les GVs ;
- ajuster le débit d'alimentation vers les GVs ;
- stocker de l'eau déminéralisée et dégazée ;
- stopper le débit d'eau vers les GVs.

Le système ASG étant utilisé en fonctionnement normal, les brèches sur ASG sont considérées comme événement initiateur. Compte tenu de l'architecture ASG [ ] , seule la

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

rupture complète d'une ligne [ ] connectée à la tuyauterie ASG est postulée dans les études de conditions de fonctionnement DBC.

#### 3.3.2.3.3. Agressions internes et externes

Les fonctions de sûreté de l'ASG impliquées dans la mitigation d'événement de type DBC éventuellement induits par des agressions internes et externes sont les mêmes que celles listées précédemment.

D'autres fonctions ASG spécifiques aux études d'agressions pourront être précisées en cours de « basic design », notamment vis-à-vis des agressions internes de type inondation ou rupture de tuyauterie haute énergie (RTHE).

### 3.3.2.4. Systèmes en interface

#### 3.3.2.4.1. Systèmes supportés

Le système ASG est support du système suivant :

- RCP : Circuit primaire via les GV puisque le système participe au remplissage et à l'alimentation des GV dans certaines situations.

#### 3.3.2.4.2. Systèmes supports

Le système ASG est supporté par les systèmes suivants :

- SER : système de distribution d'eau déminéralisée qui alimente les bâches ASG (fonctionnement normal) ;
- SEM : système d'appoint en eau de secours qui alimente les bâches ASG (fonctionnement accidentel) ;
- SGN : système de stockage et de distribution d'azote pour les bâches ASG ;
- systèmes électriques fournissant l'alimentation des pompes et des vannes motorisées : chacune des pompes des trains 1 et 2, ainsi que la pompe ASG3x, est alimentée par un tableau électrique secouru par la source interne alternative de puissance principale de la division concernée. Par ailleurs, la pompe ASG3y du train 3 est également secourue par la source interne alternative de puissance diversifiée.
- systèmes de ventilation : le besoin de conditionnement des locaux abritant les équipements motorisés ASG sera analysé à un stade ultérieur de la conception ;
- systèmes de contrôle-commande : en particulier le système de protection (PS) actionne l'ASG au titre de l'atteinte de l'état contrôlé dans les études DBC.

## 3.3.3. PRISE EN COMPTE DES EXIGENCES DE CONCEPTION DANS L'ARCHITECTURE DU SYSTEME ASG

Ce paragraphe précise les principales exigences de conception applicables à l'architecture du système ASG.

### 3.3.3.1. Défaillance unique

Le système ASG étant requis pour l'atteinte de l'état contrôlé et l'état sûr en condition de fonctionnement DBC, le critère de défaillance unique s'applique à sa conception, conformément aux principes décrits dans les chapitres 2.1 et 3.1 du volume 1.

La défaillance unique active est prise en compte :

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- pour la fonction d'injection nécessaire en conditions de fonctionnement DBC par l'existence des 3 trains de sûreté localisés dans les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde et des barillets d'aspiration et de refoulement permettant aux pompes d'aspirer dans n'importe quelle bâche et d'injecter dans n'importe quel GV ;
- pour les fonctions d'isolement nécessaires en conditions de fonctionnement DBC par la redondance intrinsèque des organes d'isolement au sein d'un même train.

Plus précisément, vis-à-vis de la défaillance unique active appliquée à la fonction d'injection, la condition de fonctionnement dimensionnante est la rupture de tuyauterie d'alimentation en eau des GV en état A (RTE DBC4) :

- sans cumul MDTE, la défaillance unique active est postulée sur une pompe ASG. Il reste alors deux pompes ASG disponibles et deux GVs alimentés au minimum après isolement de la brèche sans nécessité de relignage de la pompe du GV affecté.
- avec cumul MDTE, la défaillance unique active est postulée sur la source alternative de puissance principale de la division 3 (GES3) et induit donc la perte des pompes ASG 3x et 3y. Une pompe ASG reste donc disponible et un GV est alimenté avant relignage du barillet au refoulement. A 30 minutes, la pompe ASG du GV affecté est relignée, ainsi deux GVs sont alimentés par deux pompes ASG pour atteindre l'état sûr.

Vis-à-vis de la défaillance passive, conformément aux règles d'étude du chapitre 3.1 du volume 1, une étude de défaillance unique passive est menée car le système est muni de barillets inter trains susceptibles d'être ouverts et de voir une augmentation rapide de pression en conduite post-accidentelle à court terme.

La condition de fonctionnement dimensionnante vis-à-vis de la défaillance unique passive sur les barillets ASG est la rupture de tuyauterie d'alimentation en eau des GV en état A (RTE DBC4). Les deux barillets ASG sont analysés :

- barillet amont des pompes ASG

  Une fuite [ ] est considérée sur les lignes entre les bâches ASG et les pompes ASG.

  Pour les tuyauteries de petit diamètre [ ], cette fuite n'étant pas détectée par l'opérateur, elle n'est pas isolée, et dégénère en rupture totale. Par conception de l'ASG, seuls des piquages [ ] sont présents sur le barillet amont pompes. La défaillance passive sur ce barillet est donc étudiée avec une hypothèse de fuite équivalente à la rupture totale d'un piquage [ ].

  Dans ce scénario, les deux bâches ASG restent disponibles (une partie de l'eau est perdue à la brèche), et à minima trois pompes ASG alimentent trois GVs (cas dimensionnant RTE sans MDTE). La considération d'une défaillance unique passive sur le barillet amont de l'ASG en condition de fonctionnement DBC ne remet donc pas en cause l'atteinte de l'état sûr.

- barillet aval des pompes ASG

  Des mesures de débits amont/aval barillet sont implémentées au refoulement des pompes ASG permettant une détection de fuite au-delà d'une valeur fixée [ ] (valeur reconduite de l'EPR Flamanville) :

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- si la fuite est détectée [ ], après isolement de la fuite, par isolement du barillet aval des pompes, la pompe ASG attribuée au GV affecté n'est plus disponible. Deux bâches ASG par le barillet amont des pompes et a minima deux pompes ASG restent disponibles pour alimente a minima deux GVs (cas dimensionnant RTE).
- si la fuite n'est pas détectée [ ], donc non isolée, l'analyse prend en considération une fuite [ ] dégénérant en rupture totale [ ] avant l'atteinte des conditions de connexion du RIS en mode RA. Deux bâches ASG et deux pompes ASG restent disponibles pour alimenter deux GVs après relignage (cas dimensionnant RTE sans MDTE).

La considération d'une défaillance unique passive sur les barillets aval de l'ASG avant 24h en cas d'accident DBC, ne remet donc pas en cause l'atteinte de l'état d'arrêt sûr.

#### 3.3.3.2. Maintenance préventive

La maintenance préventive du système ASG pour l'EPR NM peut être réalisée dans les états standards D, E et F lorsque le système n'est pas requis. La prise en compte de cette maintenance dans les études de conditions de fonctionnement DBC n'impacte donc pas l'architecture du système.

#### 3.3.3.3. Cumul MDTE

Les composants ASG des trains 1, 2 et 3 nécessaires aux fonctions requises en conditions de fonctionnement DBC avec cumul MDTE sont secourus par une source interne alternative de puissance DBC.

En particulier chacune des pompes des trains 1, 2 et 3 est alimentée par un tableau électrique secouru par la source alternative de puissance principale de la division concernée (GES1, GES2, GES3). La pompe ASG3y est relestée par le GES3 uniquement si la pompe ASG3x est indisponible.

Par ailleurs, seule la pompe ASG3y du train 3 est relestée sur la source interne alternative de puissance diversifiée (GES DEC-A).

#### 3.3.3.4. Classement

Le classement de sûreté des principaux composants du système ASG est indiqué dans le Tableau 6 ci-dessous, en conformité avec les règles de classement indiquées dans le paragraphe 2.6.4.1 du volume 1.

Les équipements du système ASG redevables d'un classement Equipement Sous Pression Nucléaire (ESPN) sont classés conformément à la réglementation applicable.

| Composants ASG | Fonctions de sûreté réalisées par le composant (catégorie enveloppe) | Classe de sûreté |
|---|---|---|

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

| | Injecter de l'eau provenant des bâches ASG dans les GVs **Catégorie 1** | Ajuster le débit d'alimentation vers les GVs **Catégorie 1** | Stocker de l'eau déminéralisée et dégazée **Catégorie 1** | Fournir des mesures pour surveiller l'inventaire secondaire en eau **Catégorie 3** | **enveloppe** |
|---|---|---|---|---|---|
| Pompes 1, 2, 3x et 3y | x | x | | | 1 |
| Bâches | x | | x | | 1 |
| Tuyauteries/barillets* | x | | | | 1 |
| Capteurs de Niveau GV (GL) | x | x | | x | 1 |

**TABLEAU 6 : CLASSEMENT DE SURETE DES PRINCIPAUX COMPOSANTS DU SYSTEME ASG**

* Les composants ASG se situant en aval des pompes respectent au moins les exigences mécaniques associées à un niveau de qualité Q2. Les autres respectent les exigences mécaniques associées à un niveau de qualité Q3.

### 3.3.3.5. Diversification et apport des Etudes Probabilistes de Sûreté

Les requis de diversification applicables au système ASG sont définis en lien avec la liste des conditions de fonctionnement DEC-A mentionnées au paragraphe 2.2.2 du volume 1, et seront à confirmer en cours de « basic design » sur la base d'éléments probabilistes.

Ainsi, le système ASG assure une diversification fonctionnelle des pompes ISMP dans le cadre de la condition de fonctionnement DEC-A : APRP cumulé à une défaillance de cause commune sur les pompes ISMP.

Par ailleurs, les analyses probabilistes ont confirmé le besoin d'une quatrième pompe ASG pour la fiabilité de l'alimentation en eau des GV et contribueront à déterminer la durée et la fréquence d'utilisation de l'ASG en fonctionnement normal.

La nécessité d'une diversification intra-système ainsi que le besoin de motorisation des barillets à l'aspiration des pompes ASG sont à consolider.

Les EPS confirmeront l'intérêt du requis de diversification inter-systèmes des pompes ISMP vis-à-vis des pompes ASG identifié dans l'analyse déterministe DEC-A.

### 3.3.3.6. Agressions internes et externes

#### 3.3.3.6.1. Agressions internes

Le système ASG doit être protégé contre les agressions internes susceptibles d'induire un événement de type DBC pour lequel le système serait requis.

La séparation géographique permet de garantir que les agressions internes n'impactent pas plusieurs trains redondants du système. Chacun des trois trains est localisé dans un bâtiment des auxiliaires de sauvegarde différent, séparé physiquement des autres trains et relié par les barillets. De ce fait, les cas d'agressions internes sont susceptibles de ne perturber que le fonctionnement d'un train ASG à la fois et de la portion de barillet associée à ce train.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

[ ]

Par ailleurs, des études d'inondation seront menées à la conception, en particulier sur les tuyauteries ASG comprises en amont des pompes ASG (portion moyenne énergie du système ASG).

Enfin, les règles d'installation vis-à-vis des agressions internes (compartimentation, sectorisation incendie, etc.) permettent de garantir le plus possible que l'ASG ne peut être agressé sur ses parties sensibles.

#### 3.3.3.6.2. Agressions externes de référence (DBH)

En tant que système participant à la mitigation de conditions de fonctionnement DBC et DEC, le système ASG est dimensionné pour rester opérationnel en cas d'agression externe de référence DBH :

- le système ASG est dimensionné au séisme de référence ;
- par sa situation dans les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde, le système ASG est protégé de l'explosion externe, des projectiles associés à la tornade ainsi que de la foudre, de la neige, du vent et d'une inondation externe ;
- en cas de températures extérieures de niveau DBH, la température maximale ou minimale admissible dans les locaux contenant des composants du système ASG sera, si nécessaire, régulée par le système de ventilation DVL des locaux électriques (voir chapitre 8.3 du présent volume).

#### 3.3.3.6.3. Agressions externes extrêmes naturelles

Conformément au paragraphe 2.4.2.3 du volume 1, en tant que système requis en cas d'agression externe extrême naturelle pour prévenir la fusion du cœur dans un scénario de manque de tension externe cumulé à la perte totale de la source froide principale de sûreté, le système ASG est conçu en partie pour rester opérationnel en cas d'agression externe extrême naturelle.

C'est le cas en particulier de la pompe ASG3y secourue électriquement par la source interne alternative de puissance diversifiée (GES DEC-A) et refroidie par le fluide véhiculé.

Par ailleurs, les bâches 1 et 2 répondent aux mêmes exigences, dans la mesure où elles contribuent à la mitigation du scénario conventionnel de manque de tension externe cumulé à la perte totale de la source froide principale de sûreté.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# 3.4. SYSTEME DE BORICATION DE SECURITE (RBS)

## 3.4.1. ROLE FONCTIONNEL

Le système RBS permet de réaliser la borication du circuit primaire dans certaines conditions de fonctionnement de référence DBC ou conditions de fonctionnement avec défaillances multiples DEC-A (quelle que soit la pression du circuit primaire dans ces conditions) afin d'assurer la maîtrise des réactions nucléaires en chaîne. L'injection de l'eau borée est effectuée directement dans les branches froides.

Par ailleurs, le système RBS participe à l'épreuve hydraulique du circuit primaire.

### 3.4.1.1. Fonctions opérationnelles

La borication normale du circuit primaire est effectuée par le système de contrôle chimique et volumétrique (RCV). Le RBS est disponible, prêt à démarrer.

Le RBS participe à l'épreuve hydraulique du circuit primaire principal, réalisée en état d'arrêt de la chaudière, cœur déchargé.

### 3.4.1.2. Fonctions de sûreté

En conditions de fonctionnement DBC2-4 et DEC-A, le RBS contribue aux fonctions fondamentales de sûreté tel que développé ci-dessous.

Maîtrise des réactions nucléaires en chaîne

Le RBS assure la borication du circuit primaire. Cette borication permet d'assurer les fonctions suivantes :

- le RBS contribue à maintenir la sous-criticité du cœur jusqu'à l'obtention de l'état d'arrêt sûr, en complément du système d'injection de sécurité (RIS) si celui-ci est sollicité ;
- pour la plupart des conditions de fonctionnement DBC2-4 et DEC-A, le RBS n'est pas nécessaire pour atteindre l'état contrôlé. Cette borication est néanmoins nécessaire pour certains transitoires, en cas de blocage des grappes d'arrêt (ATWS) ou en complément de l'injection de sécurité RIS (cas de la Rupture Tuyauterie Vapeur (RTV) par exemple).

Confinement des substances radioactives

Lors du passage de l'état contrôlé à l'état d'arrêt sûr, le débit injecté par le RBS est tel qu'il ne provoque pas de sollicitation des soupapes du pressuriseur.

Le système RBS étant connecté au circuit primaire, il participe à l'intégrité de la deuxième barrière de confinement en assurant son isolement par deux organes d'isolement en série installés sur chacune des lignes connectées aux boucles primaires.

Le système RBS étant localisé hors de l'enceinte et devant injecter dans le circuit primaire situé dans l'enceinte, il participe à la fonction d'isolement de l'enceinte de confinement au niveau de ses traversées de l'enceinte.

Le système RBS n'est pas requis en cas de conditions de fonctionnement avec fusion du cœur DEC-B à l'exception de sa contribution à la fonction d'isolement enceinte.

Le système RBS ne participe pas à la fonction fondamentale de sûreté qu'est l'évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives et des réactions nucléaires.

Le Tableau 7 ci-après liste les principales fonctions de sûreté du système RBS et indique leur contribution aux fonctions fondamentales de sûreté ci-dessus. Le respect de ces

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

dernières permet d'assurer la quatrième fonction fondamentale de sûreté, c'est à dire la protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants.

| Fonctions RBS | Maîtrise des réactions nucléaires | Confinement des substances radioactives | Évacuation de la puissance |
|---|---|---|---|
| Injecter de l'eau borée dans les branches froides du RCP | X | indirect | |
| Isoler le circuit primaire principal | | X | |
| Isoler l'enceinte de confinement | | X | |

**TABLEAU 7 : PRINCIPALES FONCTIONS DE SURETE DU SYSTEME RBS**

### 3.4.2. DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SYSTEME

#### 3.4.2.1. Architecture générale du RBS

Le RBS est composé de trois trains indépendants (voir Figure 26), constitués chacun des principaux composants suivants :

- une bâche de stockage d'eau borée (l'eau borée est fournie par le système REA) ;
- une pompe, alimentée électriquement par un tableau secouru, pouvant aspirer l'eau borée dans la bâche de stockage et pouvant injecter dans le circuit primaire à haute pression.

Les trains 1 et 2 injectent chacun directement dans une branche froide (BF) par l'intermédiaire d'un piquage dédié. Le train 3 injecte directement dans les deux autres branches froides via un barillet et deux piquages dédiés. Les piquages sont séparés des piquages d'injection RIS. L'injection directe dans les branches froides permet de réduire le temps d'arrivée du bore dans le cœur.

Les bâches de stockage et les pompes sont localisées à l'extérieur de l'enceinte, dans les Bâtiments des Auxiliaires de Sauvegarde (BAS). Chaque train RBS extérieur enceinte est situé dans un bâtiment des auxiliaires de sauvegarde, les trains 1, 2 et 3 se trouvant respectivement dans les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde 1, 2 et 3.

Le système RBS est totalement indépendant des systèmes REA et RCV pour la réalisation de ses fonctions de sûreté. En particulier, l'inventaire en eau borée des bâches suffit pour assurer la fonction d'injection d'eau borée dans les branches froides du RCP, quel que soit le contexte. Le système RCV fournit l'eau déminéralisée à la pompe RBS utilisée lors de l'épreuve hydraulique du circuit primaire principal.

Chaque ligne du RBS qui traverse l'enceinte est munie de deux organes d'isolement.

Chaque ligne du RBS connectée à une branche froide est équipée de deux organes d'isolement.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

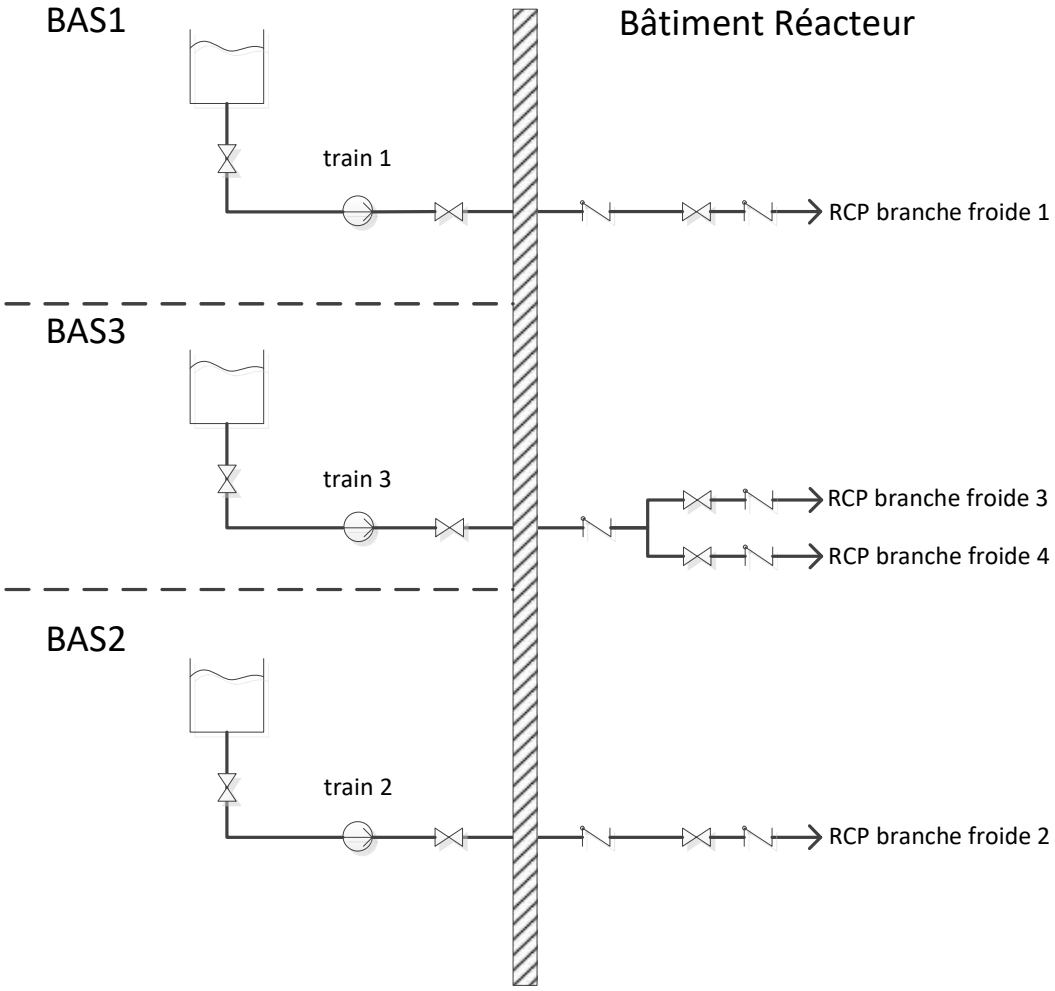



**FIGURE 26 : SCHEMA DE PRINCIPE DU SYSTEME RBS**

### 3.4.2.2. Composants du système RBS

L'architecture et le dimensionnement du système et de ses composants (bâches de stockage et pompes) prennent en compte :

- l'augmentation du volume de bore injecté requis par rapport à l'EPR Flamanville afin d'intégrer l'accroissement de volume du circuit primaire principal dû au niveau de puissance de l'EPR NM et l'évolution des gestions combustibles ;
- l'augmentation du débit total de bore injecté requis par rapport à l'EPR Flamanville afin de garantir une marge vis-à-vis du respect des critères techniques d'acceptation dans les études des conditions de fonctionnement DBC (trois pompes sont installées au lieu de deux sur l'EPR Flamanville).

### 3.4.2.3. Conditions de fonctionnement du système RBS

#### 3.4.2.3.1. Conditions de fonctionnement normal

En fonctionnement normal, le système RBS est à l'arrêt, disponible et prêt à injecter.

La disponibilité des bâches de stockages est validée par la surveillance de leur niveau et de leur teneur en bore.

La disponibilité des pompes est validée par des essais périodiques de mise en service.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

Par ailleurs, le RBS participe à l'épreuve hydraulique du circuit principal, réalisée en état d'arrêt, cœur déchargé.

#### 3.4.2.3.2. Conditions de fonctionnement accidentel

Les fonctions de sûreté du système RBS interviennent dans les différentes conditions de fonctionnement DBC ou DEC-A listées dans le chapitre 2.2 du volume 1, dont certaines sont décrites ci-après. Pour les conditions de fonctionnement DBC ou DEC-A non décrites ci-après, l'impact des modifications apportées au système RBS par rapport au système RBS de l'EPR Flamanville est faible.

La catégorisation des fonctions de sûreté, selon leur rôle dans la mitigation des conditions de fonctionnement est déduite par l'application des règles indiquées dans le paragraphe 2.6.3 du volume 1.

Ainsi, la fonction « Injecter de l'eau borée dans les branches froides du circuit primair principal (RCP) » est de catégorie 1 car elle est requise pour l'atteinte de l'état contrôlé en condition de fonctionnement DBC.

##### 3.4.2.3.2.1. Principales conditions de fonctionnement impactées par les modifications apportées au système RBS

Par rapport à l'EPR Flamanville, les modifications apportées au système RBS sont favorables à la mitigation des accidents nécessitant une injection rapide d'eau borée dans le cœur pour atteindre l'état contrôlé que sont :

- l'éjection de grappe moyen terme (DBC) ;
- la rupture de tuyauterie vapeur (DBC) ;
- l'arrêt automatique du réacteur sans chute de barres (ATWS – DEC-A).

En effet, l'ajout d'une troisième pompe et l'injection directe dans les branches froides (au lieu de l'injection via les tuyauteries RIS comme sur l'EPR Flamanville) permettent l'injection plus rapide d'une plus grande quantité de bore dans le cœur du réacteur.

##### 3.4.2.3.2.2. Principales conditions de fonctionnement non impactées par les modifications apportées au système RBS

Pour les conditions de fonctionnement accidentel nécessitant une borication par RBS pour l'atteinte de l'état sûr, la maitrise du débit injecté permettant d'éviter la sollicitation des soupapes du pressuriseur est assurée par la mise en service d'une ou deux pompes RBS sur les trois, en cohérence avec le gradient de refroidissement du circuit primaire. L'augmentation du débit injecté obtenue par l'ajout d'une troisième pompe est donc sans impact sur cette phase des accidents.

Par ailleurs, dans un scénario de rupture d'un ou de plusieurs tubes dans un générateur de vapeur (RTGV), en cas de démarrage automatique des trois pompes RBS, un débit RBS injecté plus important que le débit injecté sur l'EPR Flamanville est susceptible de conduire à un débit de fuite vers le générateur de vapeur affecté légèrement plus important pouvant conduire à terme à un risque de débordement du générateur de vapeur et de rejets liquides à l'atmosphère. Néanmoins, comme sur l'EPR Flamanville, une protection spécifique basée sur la mesure du niveau d'eau dans le générateur de vapeur permet l'arrêt des pompes RBS. Un débit de bore plus important injecté au primaire conduit ainsi à avancer l'atteinte de ce seuil dans le transitoire. Mais l'impact sur le niveau d'eau du générateur de vapeur affecté est nul.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

#### 3.4.2.3.3. Agressions internes et externes

Les fonctions de sûreté du RBS impliquées dans la mitigation d'événements de type DBC éventuellement induits par des agressions internes et externes sont les mêmes que celles listées précédemment.

### 3.4.2.4. Systèmes en interface

#### 3.4.2.4.1. Principaux systèmes supportés

Le seul système supporté par RBS est le RCP.

#### 3.4.2.4.2. Systèmes supports

Le système RBS est supporté par les systèmes suivants :

- systèmes électriques : les 3 trains RBS sont chacun secourus par une des sources internes alternatives de puissance principales (groupes électrogènes de secours 1/2/3) pour les conditions de fonctionnement DBC. Le train 3 est également secouru par la source interne alternative de puissance diversifiée (groupe électrogène de secours DEC-A).
- systèmes de ventilation : le besoin en conditionnement des locaux contenant les composants RBS par le système de ventilation de la zone contrôlée (DWL) sera analysé à un stade ultérieur de la conception [ ] ;
- systèmes de contrôle-commande : au titre de ses fonctions catégorie 1, le système RBS est notamment contrôlé par le système de protection (PS).

Comme sur l'EPR Flamanville, les pompes RBS et les moteurs associés ne requièrent pas de refroidissement par le système RRI (Réfrigération intermédiaire).

Contrairement à l'EPR Flamanville, le RIS n'est pas support du système RBS car le RBS est directement connecté aux branches froides du RCP par des piquages dédiés.

## 3.4.3. PRISE EN COMPTE DES EXIGENCES DE CONCEPTION DANS L'ARCHITECTURE DU SYSTEME RBS

Ce paragraphe précise les principales exigences de conception applicables à l'architecture du système RBS.

### 3.4.3.1. Défaillance unique

La défaillance unique active et la défaillance unique passive, telles que définies dans les chapitres 2.1 et 3.1 du volume 1, sont prises en compte :

- pour la fonction d'injection d'eau borée nécessaire en conditions de fonctionnement DBC, par l'existence des 3 trains indépendants capables d'assurer les performances requises ;
- pour les fonctions d'isolement nécessaires en conditions de fonctionnement DBC, par la redondance des organes d'isolement au sein d'un même train.

En particulier, vis-à-vis de la fonction d'injection d'eau borée, aucune défaillance supplémentaire n'est prise en compte dans les études de conditions de fonctionnement DBC lorsque la défaillance unique la plus pénalisante est portée par une grappe supposée bloquée hors du cœur.

### 3.4.3.2. Maintenance préventive

La maintenance préventive du système RBS n'est réalisée que lorsque le système n'est pas

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

requis et n'impacte donc pas son architecture.

### 3.4.3.3. Cumul MDTE

Les composants RBS nécessaires à la réalisation des fonctions requises en DBC avec cumul MDTE (pompes et vannes motorisées) sont secourus par une source interne alternative de puissance DBC.

Par ailleurs, le système RBS est requis en cas de manque de tension généralisé pour assurer la borication du circuit primaire et atteindre la concentration en bore nécessaire à la mise en service du système RIS en mode RA. Le train 3 est donc secouru électriquement par la source interne alternative de puissance diversifiée DEC-A.

### 3.4.3.4. Classement

Le classement de sûreté des principaux composants du système RBS, défini en conformité avec les règles de classement indiquées dans le paragraphe 2.6.4.1 du volume 1 et la catégorisation des fonctions de sûreté dans lesquelles ils sont impliqués, est indiqué dans le Tableau 8 ci-dessous.

Les composants du système RBS en aval des pompes, redevables d'une exigence mécanique, sont d'un niveau de qualité Q2 à l'exception des lignes et composants correspondant au circuit primaire principal.

Les équipements du système RBS redevables d'un classement Equipement Sous Pression Nucléaire (ESPN) sont classés conformément à la réglementation applicable.

| **Composants RBS** | **Fonctions de sûreté réalisées par le composant (catégorie enveloppe)** | **Classe de sûreté enveloppe** |
|---|---|---|
| | Injecter de l'eau borée dans les branches froides du RCP<br>**Catégorie 1** | |
| Bâche de stockage | X | 1 |
| Pompe | X | 1 |

**TABLEAU 8 : CLASSEMENT DE SURETE DES PRINCIPAUX COMPOSANTS DU SYSTEME RBS**

### 3.4.3.5. Diversification et apports des Etudes Probabilistes de Sûreté

Les requis de diversification applicables au système RBS sont définis en lien avec la liste des conditions de fonctionnement DEC-A mentionnées au paragraphe 2.2.2 du volume 1, et seront à confirmer en cours de « basic design » sur la base d'éléments probabilistes.

Il n'y a pas de diversification, telle que définie dans le paragraphe 2.1.4 du volume 1, requise au sein du système RBS.

Par ailleurs, en conditions de fonctionnement DEC-A, le système RBS intervient en tant que diversification du système de contrôle mécanique des grappes d'arrêt pour le contrôle de la réactivité. Ces deux systèmes sont indépendants et assurent ainsi une diversification fonctionnelle vis-à-vis de la maitrise des réactions nucléaires en chaîne.

A ce stade de la conception, les analyses probabilistes n'ont pas mis en évidence de point d'attention particulier de la conception du RBS. A noter que l'ajout de la troisième pompe RBS pourrait avoir un impact favorable sur la fiabilité de la fonction de sûreté « maîtrise des réactions nucléaires en chaîne ».

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

### 3.4.3.6. Agressions internes et externes

#### 3.4.3.6.1. Agressions internes

Contrairement à l'EPR Flamanville, chaque train RBS extérieur enceinte est situé dans un bâtiment différent (les trains 1, 2 et 3 se trouvant respectivement dans les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde 1, 2 et 3). Cette disposition contribue à la protection contre les agressions internes.

Par ailleurs, il convient de noter que :

- le système RBS est un système constitué de composants (pompes, vannes) conformes à des niveaux de qualité tels que leurs ruptures sont exclues et par conséquent aucun missile n'est postulé ;
- certaines tuyauteries du système RBS d'un diamètre inférieur ou égal à DN 50 sont considérées comme haute énergie lors de la réalisation des essais périodiques de ce système ou lors du brassage des bâches avant leur échantillonnage en fonctionnement normal. La rupture de ces tuyauteries est donc considérée comme initiateur dans les études de rupture de tuyauterie haute énergie (RTHE). En cas de ruptures de tuyauteries, l'émission de missiles n'est pas considérée du fait du type de matériaux employés et compte tenu de l'expérience, mais les effets de fouettement des tuyauteries et les défaillances potentielles engendrées sur les équipements électriques et de contrôle-commande sont analysés.
- le système RBS peut éventuellement être à l'origine d'une inondation interne qui sera prise en compte à la conception.

#### 3.4.3.6.2. Agressions externes de référence

En tant que système participant à la mitigation de conditions de fonctionnement DBC, le système RBS est dimensionné pour rester opérationnel en cas d'agression externe de référence DBH. Le système RBS est en particulier dimensionné pour être opérable sous séisme de référence.

Concernant les autres agressions :

- par sa situation dans les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde, le système RBS est protégé de l'explosion externe, des effets de la neige, de la foudre et du vent, ainsi que des projectiles associés à la tornade et d'une inondation externe ;
- en cas de température extérieure de niveau DBH, la température maximale ou minimale admissible dans les locaux contenant des composants du système RBS sera, si besoin, assurée par le système de ventilation support DWL.

#### 3.4.3.6.3. Agressions externes extrêmes naturelles

Le système RBS est requis en cas de manque de tension externe cumulé à la perte totale de la source froide principale de sûreté pour assurer la fonction fondamentale de sûreté « maîtrise des réactions nucléaires en chaîne ». Il permet de boriquer le circuit primaire afin d'atteindre la concentration en bore nécessaire à la mise en service du système RIS en mode RA.

Le train 3, implanté dans le bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3 et secouru électriquement par la source interne alternative de puissance diversifiée DEC-A, suffit à assurer la fonction. Il est donc en partie conçu pour rester opérationnel en cas d'agression externe extrême naturelle.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

### 3.4.3.7. Prévention des risques de bipasse du confinement

La protection vis-à-vis du risque de bipasse du confinement pour le système RBS est assurée par :

- l'existence d'une vanne dimensionnée aux conditions primaires entre les deux clapets sur la ligne d'injection RBS. Cette vanne est en position fermée quand le système RBS est en attente, et permet d'isoler une ligne d'injection RBS en cas de boucle inactive ;
- le choix d'une pompe RBS volumétrique à pistons (de technologie équivalente à celle de l'EPR Flamanville) disposant de clapets anti-retour (de par la technologie de la pompe).

Compte tenu de l'architecture présentée, le projet EPR NM considère que le nombre d'organes d'isolement et leurs dimensionnement n'augmente pas le risque de bipasse du confinement.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## 3.5. CIRCUIT DE DECHARGE A L'ATMOSPHERE (VDA)

### 3.5.1. ROLE FONCTIONNEL

Le système VDA permet d'évacuer la puissance du circuit primaire dans certaines conditions de fonctionnement de référence DBC ou en conditions de fonctionnement avec défaillances multiples DEC-A en déchargeant à l'atmosphère la vapeur produite dans les générateurs de vapeur.

#### 3.5.1.1. Fonctions opérationnelles

En fonctionnement normal, le VDA remplit principalement les fonctions suivantes :

- évacuer la puissance des Générateurs de Vapeur (GV). En particulier, il existe une exigence spécifique sur EPR NM : afin de découpler l'îlot conventionnel de l'îlot nucléaire lors des phases de démarrage ou d'arrêt de la chaudière, le système VDA est maintenant sollicité pour contrôler la pression GV en évacuant un débit de vapeur contrôlé à l'atmosphère lorsque les vannes d'isolement vapeur principales sont fermées. Cette nouvelle exigence a conduit à l'ajout d'une seconde ligne de décharge à l'atmosphère vis-à-vis de la protection contre les surpressions. Cette exigence spécifique EPR NM conduit également à une utilisation particulière de l'ASG en fonctionnement normal.
- assurer l'éventage des générateurs de vapeur pour réaliser des opérations de remplissage, cyclage et vidange des GV ainsi que la chasse des incondensables.

#### 3.5.1.2. Fonctions de sûreté

Le système VDA participe aux trois fonctions fondamentales de sûreté suivantes :

- la maîtrise des réactions nucléaires en chaîne ;
- l'évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives et des réactions nucléaires ;
- le confinement des substances radioactives.

Le Tableau 9 ci-après liste les principales fonctions de sûreté du système VDA et indique leur contribution aux trois fonctions fondamentales de sûreté listées ci-dessus. Le respect de ces dernières permet d'assurer la quatrième fonction fondamentale de sûreté qu'est la protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

| Fonctions de sûreté du VDA | Maîtrise des réactions nucléaires | Évacuation de la puissance | Confinement des substances radioactives |
|---|---|---|---|
| Transporter et contrôler le débit vapeur depuis les lignes vapeur jusqu'à l'atmosphère. | Indirect | X | |
| Isoler les lignes vapeur de l'atmosphère. | Indirect | | X |
| Protéger les générateurs de vapeur et les lignes vapeur principales contre les surpressions. | | Indirect | X |

**TABLEAU 9 : PRINCIPALES FONCTIONS DE SURETE DU SYSTEME VDA**

## 3.5.2. DESCRIPTION GENERALE DU SYSTEME

### 3.5.2.1. Architecture générale du VDA

Le système VDA est composé de quatre trains identiques, un par ligne vapeur principale.

Chaque train est constitué de deux lignes de décharge à l'atmosphère, connectées au circuit vapeur principal (VVP). Ces deux lignes de décharge sont situées dans la casemate de la ligne vapeur principale à laquelle elles sont rattachées.

Un schéma mécanique préliminaire d'un train VDA est présenté en Figure 27.

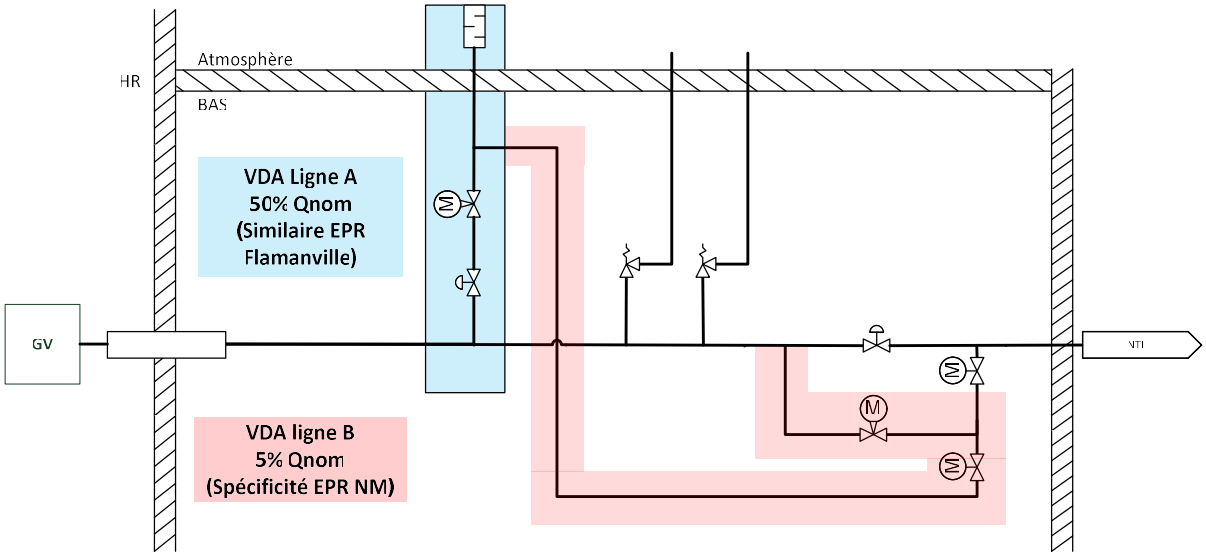



**FIGURE 27 : SCHEMA DE PRINCIPE D'UN TRAIN DU SYSTEME VDA**

Le système est composé comme suit :

- ligne A

La ligne est dotée dans l'ordre d'une vanne d'isolement, d'une vanne de contrôle et d'un silencieux.

[ ]

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

Son seuil d'ouverture est le seuil de protection contre les surpressions dans les états A et B.

- ligne B

La ligne est dotée dans l'ordre d'une vanne de contrôle, d'une vanne d'isolement et d'un silencieux. Ce dernier est mutualisé avec celui de la ligne A. Ici, la vanne de contrôle précède la vanne d'isolement et est utilisée également pour réaliser le conditionnement thermique de la turbine, la vanne d'isolement étant fermée. Il s'agit donc d'un choix pour optimiser le nombre d'équipements et l'encombrement dans les locaux des bâtiments.

[ ]

Son seuil d'ouverture est le seuil de protection contre les surpressions dans les états A et B.

Cette seconde ligne est allouée préliminairement au système VDA plutôt qu'au système VVP. Cette allocation est susceptible d'être modifiée en phase de « basic design ».

### 3.5.2.2. Composants du système VDA

Pour chaque train VDA, les deux lignes de décharge à l'atmosphère (A et B) sont chacune composées :

- d'une vanne d'isolement ;
- d'une vanne de contrôle.

Afin de respecter les exigences concernant les nuisances sonores en bordure de site, un silencieux est présent à l'exutoire mutualisé des lignes A et B.

La ligne A dispose des mêmes types de composants que le VDA de l'EPR Flamanville.

### 3.5.2.3. Conditions de fonctionnement du système VDA

#### 3.5.2.3.1. Conditions de fonctionnement normal

En fonctionnement normal, le système VDA remplit les fonctions suivantes :

- lorsque l'îlot nucléaire est découplé de l'îlot conventionnel en fonctionnement normal (exigence de l'exploitant sur l'EPR NM) : les Vannes d'Isolement Vapeur (VIV) sont fermées et le système VDA assure le contrôle de la pression GV en déchargeant de la vapeur à l'atmosphère (lors des phases d'arrêt et démarrage), tandis que le système d'alimentation en eau de secours des GV (ASG) alimente en eau les GV. En fonction du débit vapeur, la ligne A ou la ligne B est utilisée :

  - la ligne A est requise pour les phases de refroidissement ;
  - la ligne B est suffisante pour évacuer la puissance en régime stabilisé ;

  La nouvelle ligne B de décharge à l'atmosphère a été ajoutée pour protéger le GV et la ligne vapeur principale contre les surpressions en cas de défaillance affectant la ligne A, lorsque celle-ci est utilisée en fonctionnement normal. De la même façon, la ligne A assure la protection contre les surpressions en cas de défaillance affectant la ligne B, lorsque celle-ci est utilisée en fonctionnement normal.

  L'ajout de la seconde ligne permet donc de respecter la réglementation vis-à-vis de la protection contre les surpressions dans tous les cas d'utilisation du VDA en fonctionnement normal.

- lors des phases de remplissage, cyclage ou de vidange des GV, le système VDA assure la fonction d'éventage permettant l'évacuation de gaz autres que de la vapeur ou bien laissant l'air entrer dans les GV en phase de vidange.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

Lorsque le système VDA n'est pas utilisé dans les conditions de fonctionnement décrites ci-dessus, il isole les lignes vapeur principales de l'atmosphère.

Il est à noter que la vanne de contrôle de la ligne B du VDA est mutualisée avec la ligne de conditionnement de la vanne VIV. Le fonctionnement de ces deux lignes est cependant exclusif :

- le mode de réalisation du conditionnement thermique reste à définir dans le détail dans le cadre du « basic design ». La vanne de contrôle sera utilisée soit pour contrôler la pression secondaire soit pour contrôler le débit vapeur afin de garantir un gradient de chauffe pour le conditionnement thermique des lignes VPU.
- lors du conditionnement thermique :
  - en cas d'augmentation de la pression secondaire, la ligne A du VDA sera disponible pour limiter le pic de pression.
  - en cas de chute de pression, la vanne de contrôle de la ligne B basculera en contrôle de pression. En effet, la priorité sera donnée au contrôle de la pression secondaire par rapport au contrôle du débit vapeur.
- dans toutes les autres situations, la ligne de contournement VIV est fermée et il est possible de contrôler la pression secondaire avec la vanne de contrôle de la ligne B (ou de la ligne A si le débit vapeur à décharger à l'atmosphère est supérieur à la capacité de la ligne B).

#### 3.5.2.3.2. Conditions de fonctionnement accidentel

Les fonctions de sûreté du système VDA interviennent dans différentes conditions de fonctionnement accidentel de l'installation listées dans le chapitre 2.2 du volume 1 dont les principales sont décrites ci-après. Leur catégorisation de sûreté est déduite de l'application des règles indiquées dans le paragraphe 2.6.3 du volume 1.

<u>Transporter et contrôler le débit vapeur depuis les lignes vapeur jusqu'à l'atmosphère</u>

Le passage d'une architecture à une ligne VDA vers une architecture à deux lignes n'a pas d'incidence sur la gestion des conditions de fonctionnement DBC et DEC-A, à l'exception de la gestion d'une Rupture de Tubes GV (RTGV) avec défaillance unique prise en compte sur l'ouverture de la ligne A du système VDA du générateur de vapeur affecté. En effet, dans cette situation, la ligne B du système VDA peut être utilisée pour dépressuriser le GV affecté sans recourir au train VDA d'un autre GV via les lignes de bipasses des VIV et le barillet vapeur [ ].

La fonction « transporter et contrôler le débit vapeur » participe directement à l'évacuation de la puissance résiduelle du circuit primaire dans la plupart des conditions de fonctionnement DBC et DEC-A initiées réacteur en puissance : le système VDA permet en effet de refroidir le primaire et d'atteindre les conditions de connexion du RIS en mode RA. Les seuils d'ouverture des lignes A et B seront étagés de façon à assurer cette fonction en conditions de fonctionnement DBC et DEC-A préférentiellement par la ligne A.

Par ailleurs, dans les conditions de perte d'inventaire primaire (RTGV, Accident de Perte de Réfrigérant Primaire (APRP)) requérant un refroidissement partiel, le système VDA permet de dépressuriser le circuit primaire à une pression compatible avec l'ISMP (Injection de Sécurité Moyenne Pression).

Dans la condition de fonctionnement DEC-A d'APRP cumulée à une défaillance de cause commune des moyens ISMP, le système VDA permet de dépressuriser le circuit primaire (refroidissement maximum) à une pression compatible avec l'ISBP (Injection de Sécurité Basse Pression.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

Cette fonction participe également au contrôle de la réactivité de façon indirecte en limitant les risques de retour en criticité dans le cœur en conditions de fonctionnement DBC (grâce au contrôle du débit de décharge).

Cette fonction est donc de catégorie 1 dans la mesure où elle est requise pour l'atteinte de l'état contrôlé pour un certain nombre de conditions de fonctionnement DBC.

Isoler les lignes vapeur de l'atmosphère

La fonction d'isolement de la décharge à l'atmosphère participe au contrôle de la réactivité en cas de baisse excessive de pression du GV associé (conditions de fonctionnement DBC telles que l'augmentation excessive du débit vapeur ou l'ouverture intempestive d'une vanne de décharge à l'atmosphère ou d'une soupape GV) : l'isolement du VDA permet alors de limiter le refroidissement et la dépressurisation du circuit primaire et ainsi limiter les risques de retour en criticité.

Par ailleurs, la fonction d'isolement de la décharge à l'atmosphère participe à la fonction de confinement des substances radioactives dans certaines conditions de fonctionnement telles que les RTGV.

La fonction d'isolement de la décharge à l'atmosphère permet également de protéger les générateurs de vapeur des chocs thermiques en cas de sur refroidissement et ainsi d'éviter une rupture brutale (protection de la seconde barrière).

Cette fonction est donc de catégorie 1 dans la mesure où elle est requise pour l'atteinte de l'état contrôlé des conditions de fonctionnement DBC.

Protéger les générateurs de vapeur et les lignes vapeur principales contre les surpressions

La fonction de protection contre les surpressions participe à la fonction de confinement des substances radioactives dans les transitoires de protection contre les surpressions catégorie 2 (situations normales/perturbées), 3 (situations exceptionnelles) et 4 (situations hautement improbables) générant des surpressions dans les lignes vapeur : par exemple Manque de Tension Externe (MDTE), Fermeture intempestive de toutes les VIV ou encore ATWS (arrêt automatique du réacteur sans chute de barres). Cette fonction du système VDA permet d'écrêter la pression secondaire.

Cette fonction participe aussi indirectement à l'évacuation de la puissance car la mitigation des surpressions du générateur de vapeur et de la ligne vapeur principale implique de décharger de la vapeur à l'atmosphère.

La ligne VDA A est utilisée pour la mitigation de transitoires de protection contre les surpressions catégorie 2/3/4, alors que la ligne VDA B est utilisée uniquement pour la mitigation de transitoires de protection contre les surpressions catégorie 2.

Au titre de la réalisation de cette fonction de protection contre les surpressions, le VDA respectera les exigences indiquées dans le paragraphe 3.9.2 du volume 1.

#### 3.5.2.3.3. Agressions internes et externes

Les fonctions de sûreté du VDA impliquées dans la mitigation d'événement de type DBC éventuellement induits par des agressions internes et externes sont les mêmes que celles listées précédemment.

### 3.5.2.4. Systèmes en interface

#### 3.5.2.4.1. Principaux systèmes supportés

Le système VDA est support des systèmes suivants :

- VVP : le système VDA est raccordé au système VVP ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- RCP : le système VDA assure la protection des GV (RCP) contre les surpressions. Il permet également d'évacuer la puissance résiduelle du RCP.

#### 3.5.2.4.2. Systèmes supports

Le système VDA est supporté par les systèmes suivants :

- alimentation électrique :
  - sur la ligne A, l'actionneur de la vanne d'isolement VDA est composé de deux lignes de commandes. Chaque ligne est composée de 2 pilotes en série pour éviter une ouverture intempestive de la vanne :
    - le premier pilote de chaque ligne est alimenté par le même train électrique que la vanne de contrôle VDA. Ainsi un même train électrique alimente bien deux pilotes.
    - le second pilote est alimenté, sur la première ligne de commande, par un second train électrique et sur la seconde ligne de commande, par le 3e train électrique restant ;

    La vanne de contrôle est motorisée. Elle est alimentée par une seule division électrique. Sur la ligne A, en cas de perte électrique alimentant la vanne de contrôle, celle-ci reste en position mais la vanne d'isolement prend une position sûre fermée.
  - sur la ligne B, les 2 vannes (contrôle et isolement) sont motorisées et alimentées par deux divisions électriques différentes qui sont elles-mêmes différentes de l'alimentation électrique de la vanne de contrôle de la ligne A. Ainsi les lignes A et B sont indépendantes. Le travail d'architecture sur le système VDA au cours du « basic design » permettra de confirmer ces éléments de conception.
- systèmes de ventilation : le besoin de conditionnement des casemates VVP sera à analyser à un stade ultérieur de la conception ;
- systèmes de contrôle-commande : pour la réalisation des fonctions de catégorie 1, le système VDA est notamment contrôlé par le Système de Protection (PS).

### 3.5.3. PRISE EN COMPTE DES EXIGENCES DE CONCEPTION DANS L'ARCHITECTURE DU SYSTEME VDA

Ce paragraphe précise les principales exigences de conception applicables à l'architecture du système VDA.

#### 3.5.3.1. Défaillance unique

Le système VDA étant requis pour l'atteinte de l'état contrôlé et de l'état sûr en condition de fonctionnement DBC, le critère de défaillance unique s'applique à sa conception, conformément aux principes décrits dans les chapitres 2.1 et 3.1 du volume 1.

La défaillance unique active est prise en compte :

- pour la fonction transporter et contrôler le débit vapeur depuis les lignes vapeur jusqu'à l'atmosphère : en cas de défaillance unique sur une ligne A d'un train et en postulant la perte d'un autre train du fait de l'événement initiateur, les deux autres trains ont la capacité suffisante pour assurer l'évacuation de puissance ;
- pour la fonction d'isolement (lignes A et B) : en cas de défaillance unique sur la vanne d'isolement, la vanne de contrôle assure la fonction d'isolement de la

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

décharge à l'atmosphère.

Nota : la défaillance unique ne s'applique pas à la fonction de protection surpression.

La prise en compte de la défaillance unique passive n'impacte pas l'architecture du système VDA.

#### 3.5.3.2. Maintenance préventive

Il n'y a pas de maintenance préventive prévue dans les états où le système doit assurer ses fonctions.

La maintenance du système VDA est réalisée lorsque le système n'est pas requis. La maintenance sera autorisée, au plus tard, une fois que le circuit primaire n'est plus repressurisable.

#### 3.5.3.3. Cumul MDTE

Les composants du système VDA nécessaires à la réalisation des fonctions requises en conditions de fonctionnement DBC avec cumul MDTE (vannes réglantes) sont secourus par une source interne alternative de puissance DBC.

#### 3.5.3.4. Classement

Le classement de sûreté des principaux composants du système VDA, défini en conformité avec les règles de classement indiquées dans le paragraphe 2.6.4.1 du volume 1, est indiqué dans le Tableau 10 ci-dessous.

| **Composants VDA** | **Fonctions de sûreté réalisées par le composant (catégorie enveloppe)** | | **Classe de sûreté enveloppe** |
|---|---|---|---|
| | Transporter et contrôler le débit vapeur depuis les lignes vapeur jusqu'à l'atmosphère **Catégorie 1** | Isoler les lignes vapeur de l'atmosphère **Catégorie 1** | |
| Vanne Isolement ligne A | X | X | 1 |
| Vanne Réglante ligne A | X | X | 1 |
| Vanne Isolement ligne B | X(1) | X | 1 |
| Vanne Réglante ligne B | X(1) | X | 1 |
| Silencieux | X | | 1 |

**TABLEAU 10 : CLASSEMENT DE SURETE DES PRINCIPAUX COMPOSANTS DU SYSTEME VDA**

(1)La ligne VDA B est utilisée uniquement pour transporter et contrôler le débit vapeur depuis les lignes vapeur jusqu'à l'atmosphère pour atteindre l'état sûr en conditions de fonctionnement DBC, ce qui requiert uniquement une exigence de catégorie 2 sur la fonction (et classe 2 pour les équipements).

Les composants du système faisant partie du Circuit Secondaire Principal (CSP) ont un niveau de qualité Q1 depuis la sortie des GV jusqu'au deuxième organe d'isolement (vanne de contrôle VDA). Les autres composants (aval de la vanne de contrôle) ont un niveau de qualité Q3.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

### 3.5.3.5. Diversification et apports des Etudes Probabilistes de Sûreté

Le système VDA ne fait pas l'objet d'une exigence de diversification.

A ce stade de la conception, les analyses probabilistes n'ont pas mis en évidence de point d'attention particulier de la conception du VDA et du VVP. A noter que le doublement des VDA pourrait avoir un impact favorable sur la fiabilité de la fonction de sûreté « évacuation de la puissance ».

### 3.5.3.6. Agressions internes et externes

#### 3.5.3.6.1. Agressions internes

Le système VDA doit être protégé contre les agressions internes susceptibles d'induire un événement de type DBC pour lequel le système serait requis. A l'intérieur de chaque bâtiment des auxiliaires de sauvegarde (BAS 1 et 2), on retrouve deux trains VDA. A l'intérieur d'un bâtiment des auxiliaires de sauvegarde, chaque train est dans une casemate spécifique. Cela contribue à la protection contre les agressions internes.

Par ailleurs, il convient de noter que :

- la tuyauterie principale du système VVP est considérée comme haute énergie, toutefois le concept d'exclusion de rupture s'applique ici. La rupture de la tuyauterie principale du système VVP n'est donc pas à considérer comme agresseur du système VDA. En revanche, la rupture des autres tuyauteries considérées comme haute énergie dans la casemate est à postuler (cas de la ligne de contournement VIV). L'analyse complète sera réalisée lors des études RTHE.
- le système VDA est un système constitué :
  - de composants de qualité Q1 ou Q3: par conséquent aucun missile n'est postulé ;
  - de composants à haute énergie (tuyauteries) : les conséquences de leur rupture seront analysées dans le cadre des études de Rupture Tuyauterie Haute Energie (RTHE).

#### 3.5.3.6.2. Agressions externes de référence

En tant que système participant à la mitigation de conditions de fonctionnement DBC, le système VDA est dimensionné pour rester opérationnel en cas d'agression externe de référence DBH. Par ailleurs, par convention, le système VDA est également dimensionné pour être opérable pendant et après le séisme de référence (voir chapitre 2.4 du volume 1).

Concernant les autres agressions :

- par sa situation dans les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde, le système VDA est protégé de l'explosion externe, des effets de la neige et du vent, des projectiles associés à la tornade ainsi que de la foudre. Les tuyauteries de décharge à l'atmosphère du système (hors du bâtiment) sont protégées par des protections adaptées pour assurer la fonction de décharge (casemate du silencieux).
- en cas de températures extérieures de niveau DBH, les vannes du système VDA doivent être opérables. Le requis de conditionnement des casemates en cas de température DBH sera analysé à un stade ultérieur de la conception
- [ ] .

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

### 3.5.3.6.3. Agressions externes extrêmes naturelles

Conformément au paragraphe 2.4.2.3 du volume 1, en tant que système requis en cas d'agression externe extrême pour prévenir la fusion du cœur dans un scénario de MDTE cumulé à la perte totale de la source froide principale de sûreté, le système VDA est en partie conçu pour rester opérationnel en cas d'agression externe extrême naturelle.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## 3.6. SYSTEME D'APPOINT EN EAU DE SECOURS (SEM)

### 3.6.1. ROLE FONCTIONNEL

Le système SEM répond au besoin de disposer d'un système d'alimentation en eau de secours pour l'îlot nucléaire dans un certain nombre de conditions de fonctionnement long terme [ ] et notamment celles dues aux agressions externes extrêmes naturelles (voir chapitre 2.10 du volume 1 sur les leçons tirées de l'accident de Fukushima Dai-ichi).

Le système SEM permet ainsi d'assurer les besoins d'alimentation en eau du système de traitement et refroidissement d'eau des piscines (PTR), du système d'alimentation en eau de secours des générateurs de vapeur (ASG) ou du système de production et distribution incendie ilot nucléaire (JPI) dans un certain nombre de conditions de fonctionnement long terme.

#### 3.6.1.1. Fonctions opérationnelles

Le système SEM n'est pas utilisé en fonctionnement normal.

#### 3.6.1.2. Fonctions de sûreté

Le système SEM participe directement à la fonction fondamentale de sûreté suivante :

- l'évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives et des réactions nucléaires.

Le respect de cette fonction permet d'assurer la quatrième fonction fondamentale de sûreté qu'est la protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants.

Le Tableau 11 ci-après liste les principales fonctions de sûreté du système SEM et indique leur contribution aux fonctions fondamentales de sûreté.

| Fonctions du SEM | Maîtrise des réactions nucléaires | Évacuation de la puissance | Confinement des substances radioactives |
|---|---|---|---|
| Fournir un appoint à la piscine de stockage du combustible usé | | X | |
| Fournir un appoint aux bâches ASG | | X | |

**TABLEAU 11 : PRINCIPALES FONCTIONS DE SURETE DU SYSTEME SEM**

Par ailleurs, au titre de la robustesse, le système SEM a une fonction de réalimentation du système JPI.

### 3.6.2. DESCRIPTION GENERALE DU SYSTEME

#### 3.6.2.1. Architecture générale du SEM

Le système SEM est composé des matériels suivants :

- deux pompes ;
- une réserve d'eau partagée entre système d'eau brute secourue 3 (SEC3), système de réfrigération ultime (SRU) et SEM ;
- des lignes d'injection vers la piscine de stockage du combustible usé PTR, les bâches ASG et le système JPI.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

[ ]

Un schéma préliminaire du système SEM est présenté en Figure 28.

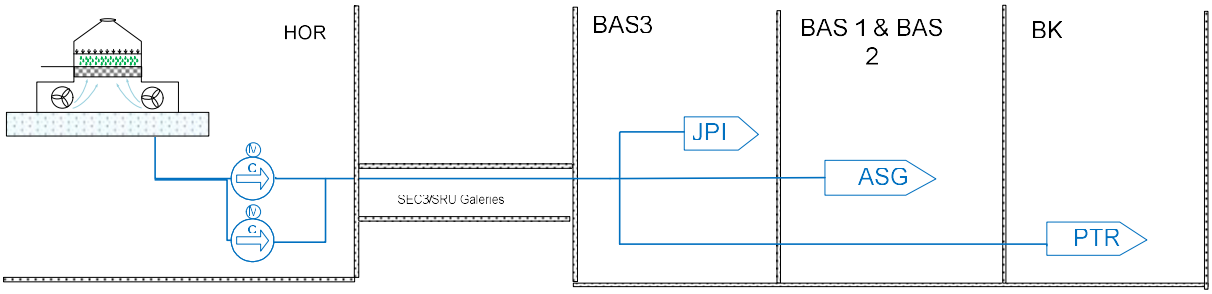



**FIGURE 28 : SCHEMA DE PRINCIPE DU SYSTEME SEM**

### 3.6.2.2. Composants du système SEM

Ce sous-chapitre décrit les composants principaux du système SEM.

#### 3.6.2.2.1. Pompes

Les pompes SEM doivent réaliser les fonctions suivantes :

- alimenter la piscine de stockage du combustible usé PTR (compensation de l'ébullition et remontée du niveau d'eau) ;
- alimenter les bâches ASG ;
- alimenter le système JPI.

Le dimensionnement des pompes est réalisé à partir du mode de fonctionnement le plus pénalisant.

#### 3.6.2.2.2. Réserve d'eau

La réserve d'eau SEC3 située dans le bâtiment de l'aéroréfrigérant est partagée entre les systèmes SEC3, SRU et SEM. Vis-à-vis du système SEM en particulier, cette réserve est prévue pour assurer les besoins d'alimentation en eau du PTR, de l'ASG ou du JPI dans les situations pour lesquelles le SEM est requis.

Le dimensionnement de cette réserve est réalisé avec le cas le plus pénalisant.

[ ]

### 3.6.2.3. Conditions de fonctionnement du système SEM

#### 3.6.2.3.1. Conditions de fonctionnement normal

Le système SEM n'est pas requis durant les conditions de fonctionnement normal.

#### 3.6.2.3.2. Conditions de fonctionnement accidentel

Les fonctions de sûreté du système SEM interviennent dans différentes conditions de fonctionnement de l'installation de la manière décrite ci-après. Leur catégorisation de sûreté est déduite par l'application des règles indiquées dans le paragraphe 2.6.3 du volume 1 :

- fournir un appoint à la piscine de stockage du combustible usé :

  Le système SEM intervient comme disposition d' « élimination pratique » de la fusion du combustible de la piscine de stockage du combustible usé. Le SEM est donc requis pour alimenter la piscine combustible afin de compenser les pertes d'inventaire en eau dues à l'ébullition et remonter le niveau d'eau.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

Le scénario associé est la perte de tous les trains PTR, quelle qu'en soit la cause (défaillance mécanique intrinsèque du PTR, défaillance des chaînes de refroidissement RRI/SEC, défaillance des alimentations électriques, etc.). Dans les cas où les 3 trains du système de refroidissement sont indisponibles pour refroidir la piscine combustible, le système SEM fournit l'appoint à la piscine combustible en cas d'ébullition prolongée (la vapeur étant évacuée par un exutoire vapeur dédié vers la cheminée de rejet). Cet exutoire s'ouvre en cas de surpression dans le hall de la piscine de stockage du combustible usé.

Cette fonction est de catégorie 3 dans la mesure où elle est nécessaire à la prévention de situations « pratiquement éliminées ».

- fournir un appoint aux bâches ASG :

Le système SEM intervient comme moyen d'appoint d'eau aux bâches ASG pour prolonger l'autonomie du système ASG, dans la mitigation de la condition de fonctionnement avec défaillances multiples DEC-A de perte totale des trains du système d'injection de sécurité (RIS) en mode RA en état C.

Cette fonction est de catégorie 3 dans la mesure où elle requise pour limiter les conséquences d'une condition de fonctionnement avec défaillances multiples DEC-A.

#### 3.6.2.3.3. Agressions internes et externes

Le système SEM intervient au titre de la robustesse pour réalimenter le JPI qui contribue à la mitigation d'un incendie indépendant suite à séisme.

La fonction SEM d'alimentation du système JPI est de catégorie non classée (NC) dans la mesure où elle n'est valorisée qu'au titre de la robustesse.

La fonction SEM d'appoint aux bâches ASG est nécessaire en cas d'agression externe extrême naturelle pour prévenir la fusion du cœur dans un scénario de manque de tension externe cumulé à la perte totale de la source froide principale de sûreté, dans le cas où l'état d'arrêt sûr est réalisé avec évacuation de la puissance par les GV.

### 3.6.2.4. Systèmes en interface

#### 3.6.2.4.1. Systèmes supportés

Le système SEM est support des systèmes suivants :

- ASG : alimentation de Secours des Générateurs de vapeur ;
- PTR : traitement et refroidissement d'eau des piscines ;
- JPI : production et distribution incendie ilot nucléaire.

#### 3.6.2.4.2. Systèmes supports

Le système SEM est supporté par les systèmes suivants :

- système SEC3 hébergeant la réserve d'eau partagée entre SEC3, SRU et SEM ;
- systèmes électriques fournissant l'alimentation des pompes :

Les pompes SEM sont alimentées par un tableau électrique secouru par les sources internes alternatives de puissance GES DEC-A et DEC-B.

- système de ventilation des locaux abritant les équipements SEM :

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

Le besoin de conditionnement des locaux du bâtiment de l'aéroréfrigérant hébergeant les équipements SEM vis-à-vis de la démonstration de sûreté nucléaire sera analysé à un stade ultérieur de la conception, notamment vis-à-vis de la protection contre les températures chaudes ou froides.

- systèmes de contrôle-commande :

La gestion des ordres de contrôle-commande du SEM sera définie ultérieurement au cours du « basic design ».

### 3.6.3. PRISE EN COMPTE DES EXIGENCES DE CONCEPTION DANS L'ARCHITECTURE DU SYSTEME SEM

Ce chapitre précise les principales exigences de conception applicables à l'architecture du système SEM.

#### 3.6.3.1. Défaillance unique

Le SEM n'étant pas requis en conditions de fonctionnement de référence DBC, le critère de défaillance unique n'est pas considéré pour l'architecture du système SEM.

#### 3.6.3.2. Maintenance préventive

Le SEM n'étant pas requis en conditions de fonctionnement de référence DBC, la prise en compte de la maintenance préventive n'impacte pas l'architecture du système SEM.

#### 3.6.3.3. Cumul MDTE

Le SEM n'étant pas requis en conditions de fonctionnement de référence DBC, le cumul MDTE n'est pas considéré pour les équipements SEM.

Au titre de la réalisation des fonctions de sûreté et en particulier de la fonction d'appoint à la piscine de stockage du combustible usé, les pompes SEM doivent être secourues électriquement par deux sources internes alternatives de puissance indépendantes, l'une étant le GES diversifié DEC-A. Par choix de conception, le GES DEC-B constitue la deuxième source indépendante. Le SEM reste donc disponible en cas de MDTE.

#### 3.6.3.4. Classement

Le classement de sûreté des principaux composants du système SEM est indiqué dans le Tableau 12 ci-dessous, en conformité avec les règles de classement indiquées dans le paragraphe 2.6.4.1 du volume 1.

Les équipements du système SEM ne sont pas classés Equipement Sous Pression Nucléaire (ESPN) conformément à la réglementation applicable.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

| Composants SEM | Fonctions de sûreté réalisées par le composant (catégorie enveloppe) | | Classe de sûreté enveloppe |
|---|---|---|---|
| | Fournir un appoint aux bâches ASG **Catégorie 3** | Fournir un appoint à la piscine de stockage du combustible usé **Catégorie 3** | |
| Pompe | x | x | 3 |
| Tuyauteries/barillets | x | x | 3 |

**TABLEAU 12 : CLASSEMENT DE SURETE DES PRINCIPAUX COMPOSANTS DU SYSTEME SEM**

Le classement de sûreté de la réserve d'eau partagée entre SEC3, SRU et SEM est indiqué au chapitre 8.1 du présent volume.

Les composants SEM réalisent également la fonction d'alimentation du système JPI, fonction de catégorie NC.

### 3.6.3.5. Diversification et apport des Etudes Probabilistes de Sûreté

La pompe SEM constitue une diversification fonctionnelle des pompes PTR dans le cadre de la mitigation des scénarios de perte totale du refroidissement de la piscine de stockage du combustible usé (au titre de l' « élimination pratique » de la fusion du combustible en piscine de stockage du combustible usé).

Les analyses probabilistes confirment le besoin d'un système d'appoint à la piscine combustible BK (bâtiment combustible) afin d' « éliminer pratiquement » le risque de fusion dans le bâtiment combustible, et requièrent à cette fin l'ajout d'une deuxième pompe SEM. Cette redondance fiabilise le système SEM, et permet ainsi de démontrer que le risque de rejets importants est extrêmement improbable avec un haut degré de confiance dans de telles situations.

Les analyses probabilistes ont identifié que les systèmes SEM et PTR (notamment le train 3) ne devraient pas partager de fonctions support communes, en particulier pour les moyens actifs participant à ces fonctions.

Les analyses probabilistes ont également confirmé l'intérêt de pouvoir redémarrer les pompes PTR en situation de vidange sans mise en service d'un appoint SEM, ainsi que l'intérêt de l'utilisation du SEM pour la réalimentation de la bâche ASG.

### 3.6.3.6. Agressions internes et externes

#### 3.6.3.6.1. Agressions internes

Le système SEM doit être protégé contre les agressions internes susceptibles d'induire un événement pour lequel le système serait requis. Pour cela, le système SEM est localisé dans un bâtiment différent de ceux hébergeant les systèmes dont il pallie la défaillance, en particulier le PTR. De ce fait, les cas d'agressions internes sur un de ces systèmes ne sont pas susceptibles de perturber le fonctionnement du système SEM.

Le système SEM n'étant pas constitué de composants "haute énergie", le risque missile n'est pas considéré en raison de la faible énergie mobilisable.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

Le SEM peut éventuellement être à l'origine d'une inondation interne qui sera prise en compte à la conception.

Enfin, les règles d'installation vis-à-vis des agressions internes (compartimentation, bouclier anti-missile, sectorisation incendie, etc.) permettent de garantir le plus possible que le SEM ne peut être agressé.

#### 3.6.3.6.2. Agressions externes de référence

En tant que système participant à la mitigation de conditions de fonctionnement DEC-A et requis au titre de l' « élimination pratique », et conformément au chapitre 2.4 du volume 1, le système SEM est dimensionné pour rester opérationnel en cas d'agression externe de référence DBH :

- le système SEM est dimensionné au séisme de référence ;
- par sa situation dans les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde, le système SEM est protégé de l'explosion externe, des projectiles associés à la tornade ainsi que de la foudre, de la neige, du vent et d'une inondation externe ;
- en cas de températures extérieures de niveau DBH, le besoin de réguler la température maximale ou minimale admissible dans les locaux contenant des composants du système SEM par le système de ventilation du bâtiment sera investigué ultérieurement.

#### 3.6.3.6.3. Agressions externes extrêmes naturelles

Conformément au chapitre 2.4 du volume 1, en tant que composants requis pour prévenir la fusion du cœur dans un scénario de manque de tension externe cumulé à la perte totale de la source froide principale de sûreté (cas de la conduite avec évacuation de puissance par les GV pour l'atteinte de l'état sûr), les composants du système SEM participant à la fonction d'appoint aux bâches ASG sont conçus pour rester opérationnels en cas d'agression externe extrême naturelle.

Au titre de la robustesse, les composants du système SEM qui participent à la fonction d'appoint à la piscine de stockage du combustible usé sont conçus pour rester opérationnels en cas d'agression externe extrême naturelle.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## 3.7. SYSTEME D'ASPERSION ENCEINTE (EAS)

### 3.7.1. ROLE FONCTIONNEL

Le système d'aspersion d'eau dans l'enceinte (EAS) permet de limiter et de réduire la pression et la température à l'intérieur de l'enceinte de confinement à des valeurs acceptables, pour rester dans les conditions de conception de l'enceinte et également en-deçà des profils de qualification des matériels classés de sûreté présents dans le Bâtiment Réacteur (BR), lors de conditions de fonctionnement de référence DBC induisant une dégradation des conditions à l'intérieur de l'enceinte.

Par la réduction de la différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur de l'enceinte, le système d'aspersion de l'enceinte participe à la limitation des conséquences radiologiques dans ces conditions de fonctionnement.

De plus, le système EAS contribue à solubiliser certains produits de fissions volatils, notamment en favorisant la rétention dans l'eau des iodes radioactifs dégagés en phase gazeuse dans l'atmosphère de l'enceinte.

Enfin, le système EAS est envisagé pour assurer le secours des moyens d'injection de sécurité basse pression (ISBP) en conditions de fonctionnement avec défaillances multiples DEC-A.

#### 3.7.1.1. Fonctions opérationnelles

En fonctionnement normal de l'installation, le système EAS n'assure aucune fonction.

#### 3.7.1.2. Fonctions de sûreté

Le système EAS participe directement aux fonctions fondamentales de sûreté suivantes :

- l'évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives et des réactions nucléaires ;
- le confinement des substances radioactives.

Le respect de ces fonctions permet d'assurer la quatrième fonction fondamentale de sûreté qu'est la protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants.

Le Tableau 13 ci-après liste les principales fonctions de sûreté du système EAS et indique leur contribution aux fonctions fondamentales de sûreté listées ci-dessus.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

| Fonctions du système EAS | Maîtrise des réactions nucléaires | Evacuation de la puissance thermique | Confinement des substances radioactives |
|---|---|---|---|
| Asperger de l'eau alcaline à l'intérieur de l'enceinte de confinement | | X | X |
| Isoler les traversées enceinte du système | | | X |
| *Extraire la puissance du primaire (Option)* | | *X* | |
| *Extraire la puissance de l'enceinte (Option)* | | *X* | |

**TABLEAU 13 : PRINCIPALES FONCTIONS DE SURETE DU SYSTEME EAS**

## 3.7.2. DESCRIPTION DU SYSTEME EAS

### 3.7.2.1. Architecture générale du système EAS

Le système EAS est constitué de deux trains, localisés dans le bâtiment réacteur et dans les deux Bâtiments des Auxiliaires de Sauvegarde (BAS) 1 et 2, qui comportent chacun :

- une ligne d'aspiration dans l'IRWST, à travers un filtre dédié pour l'EAS ;
- une pompe de circulation ;
- un système d'aspersion composé d'une rampe munie de buses d'aspersion ;
- des moyens de stockage et d'injection de la solution basique pour permettre une aspersion d'eau avec un pH basique.

Il est à noter que :

- le système EAS ne possède pas d'échangeur, la fonction d'évacuation de la puissance résiduelle étant assurée par le système d'injection de sécurité (RIS) ;
- les rampes d'aspersion sont partiellement mutualisées avec celles du système d'évacuation ultime de la chaleur du bâtiment réacteur (EVU) (voir description de ce système au chapitre 4.3 du présent volume) à ce stade du « basic design ».

La Figure 29 ci-après présente l'architecture préliminaire du système EAS. A noter que plusieurs programmes d'optimisation sont actuellement en cours sur cette architecture.

**[ ]**

**FIGURE 29 : SCHEMA DE PRINCIPE DU SYSTEME EAS**

### 3.7.2.2. Composants du système EAS

Chaque train EAS dispose :

- d'une pompe de circulation :

  Chaque train EAS possède une pompe devant assurer le débit d'aspersion requis [ ] pour ramener et maintenir la pression et la température à l'intérieur de l'enceinte de confinement à un niveau de valeur acceptable pour assurer le respect des profils de

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

qualification des matériels classés de sûreté dans l'enceinte de confinement tout en maintenant l'intégrité de celle-ci.

Le refroidissement de la pompe est assuré par l'eau du circuit de réfrigération intermédiaire (RRI).

- de rampes d'aspersion :

Les quatre rampes d'aspersion, partiellement mutualisées avec celles du système EVU à ce stade du « basic design » (2 rampes mutualisées et 2 rampes indépendantes), sont munies de buses disposées de manière à couvrir une surface maximale du bâtiment réacteur au-dessus du plancher de service.

- d'une bâche de stockage de la soude et d'un éjecteur :

L'éjecteur est conçu pour injecter de la soude concentrée à l'aspiration de la pompe EAS à partir de sa bâche de stockage, afin d'alcaliniser l'eau aspergée à un pH cible garantissant la non dégradation des matériels classés de sûreté situés à l'intérieur de l'enceinte de confinement.

- de vannes d'isolement :

Le confinement de l'enceinte, lors des situations nécessitant un isolement de l'enceinte sans intervention du système EAS, est assuré par un double isolement, excepté pour la ligne d'aspiration dans l'IRWST dont l'isolement est assuré par une vanne. La partie non isolable de la ligne d'aspiration sur l'IRWST est conçue avec une double enveloppe.

D'autres vannes, disposées dans les Bâtiments des Auxiliaires de Sauvegarde (BAS), permettent d'isoler des parties du système pour faciliter les opérations de maintenance.

### 3.7.2.3. Conditions de fonctionnement du système EAS

#### 3.7.2.3.1. Conditions de fonctionnement normal

Le système EAS est disponible et à l'arrêt en fonctionnement normal :

- états A à C : le système EAS est à l'arrêt et requis disponible pour la fonction aspersion ;
- état F : le système EAS n'est pas requis.

Nota : pour les états D et E, le système EAS est à l'arrêt et non requis pour la fonction « aspersion ». La disponibilité à minima des pompes serait requise pour le secours envisagé des moyens d'injection de sécurité basse pression (ISBP).

#### 3.7.2.3.2. Conditions de fonctionnement accidentel

Les fonctions de sûreté du système EAS interviennent dans les différentes conditions de fonctionnement de l'installation de la manière décrite ci-après. Leur catégorie de sûreté est déduite par l'application des règles indiquées dans le paragraphe 2.6.3 du volume 1.

<u>Asperger de l'eau alcaline à l'intérieur de l'enceinte de confinement</u>

Cette fonction fait appel à la pompe de circulation, à la rampe d'aspersion, et à l'éjecteur de soude. L'aspersion est requise pour refroidir l'atmosphère et abaisser la pression de l'enceinte de confinement, garantir le maintien de son intégrité ainsi que le respect des profils de qualification des matériels dans le bâtiment réacteur.

En réduisant la différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur de l'enceinte, le système EAS participe à la limitation des conséquences radiologiques.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

L'injection de soude dans l'eau d'aspersion garantit une aspersion non acide des équipements dans l'enceinte et limite la production et les relâchements d'iode volatile depuis la phase aqueuse vers l'atmosphère de l'enceinte, et ainsi limite le terme source radiologique dans l'enceinte.

Enfin, le système EAS participe au confinement des substances radiologiques. Dans ce mode de fonctionnement, du fluide contaminé circule dans les trains du système EAS à l'extérieur de l'enceinte. Le système EAS assure alors le rôle d'extension de la troisième barrière de confinement.

Cette fonction est requise pour la mitigation des conditions de fonctionnement DBC induisant une dégradation de l'ambiance dans l'enceinte de confinement, en particulier les accidents suivants :

- Accident de Perte de Réfrigérant Primaire (APRP) ;
- Rupture de Tuyauterie d'Eau Alimentaire (RTE).

Cette fonction n'est pas requise pour les conditions DEC-B (fonction alors assurée par le système EVU).

Par découplage à ce stade de la conception, cette fonction est considérée de catégorie 1.

Nota : les fonctions de filtration et de refroidissement de l'eau de l'IRWST sont assurées par le système RIS.

Isoler les traversées enceinte du système

Cette fonction correspond aux rôles des vannes d'isolement de l'enceinte pour les conditions accidentelles nécessitant l'isolement de l'enceinte.

Enfin, les fonctions suivantes sont également envisagées pour le système EAS afin d'assurer le secours des moyens d'injection de sécurité basse pression (ISBP).

Extraire la puissance du primaire (option)

Cette fonction est envisagée pour assurer la mitigation de conditions de fonctionnement DEC-A du type défaillance de cause commune des trois trains RIS en mode RA dans les états D/E.

Cette fonction est de catégorie 3 dans la mesure où elle est requise pour limiter les conséquences d'une condition de fonctionnement avec défaillances multiples DEC-A.

Extraire la puissance de l'enceinte (option)

Cette fonction est envisagée pour assurer la mitigation de conditions de fonctionnement DEC-A du type Accident de Perte de Réfrigérant Primaire (petite brèche) cumulée à une défaillance de cause commune des moyens d'injection de sécurité basse pression (ISBP).

Cette fonction est de catégorie 3 dans la mesure où elle est requise pour limiter les conséquences d'une condition de fonctionnement avec défaillances multiples DEC-A.

#### 3.7.2.3.3. Agressions internes et externes

A ce stade du « basic design », il n'a pas été identifié de fonction supplémentaire du système EAS pour la prévention et la mitigation des agressions.

### 3.7.2.4. Systèmes en interface

#### 3.7.2.4.1. Systèmes supportés

Le système EAS n'est support d'aucun système.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

#### 3.7.2.4.2. Systèmes supports

Le système EAS est supporté par les systèmes suivants :

- système RIS : en conditions de fonctionnement DBC et DEC-A, le système EAS aspire l'eau borée dans les puisards de l'IRWST après filtration ;
- système RRI : le système RRI assure le refroidissement des pompes EAS ;
- système EVU : l'EAS utilise une partie du système EVU par la mutualisation de ses rampes d'aspersion ;
- systèmes électriques : les équipements des deux trains EAS sont alimentés électriquement par les Groupes Electrogènes de Secours (GES) des divisions 1 et 2 ;
- systèmes de ventilation de la zone contrôlée (DWL) : l'implantation d'une unité de refroidissement locale pour les locaux hébergeant les équipements EAS sera analysée à un stade ultérieur de la conception ;
- systèmes de contrôle-commande : le système EAS est commandé par les systèmes de contrôle-commande, notamment par le système de Protection (PS) au titre de sa fonction de catégorie 1.

### 3.7.3. PRISE EN COMPTE DES EXIGENCES DE CONCEPTION DANS L'ARCHITECTURE DU SYSTEME EAS

Ce chapitre précise les principales exigences de conception applicables à l'architecture du système EAS.

#### 3.7.3.1. Défaillance unique

Le système EAS étant requis en conditions de fonctionnement DBC, le critère de défaillance unique s'applique à sa conception, conformément aux principes décrits dans les chapitres 2.1 et 3.1 du volume 1.

La défaillance unique active est prise en compte :

- pour la fonction d'aspersion enceinte, par l'existence des deux trains indépendants capables d'assurer la fonction attendue, en cas de défaillance unique sur l'un des composants actifs d'un des deux trains ;
- pour la fonction d'isolement enceinte, le système EAS dispose d'une redondance intrinsèque de ses organes d'isolement au sein d'un même train.

La défaillance passive est prise en compte dans l'architecture EAS telle que présentée car elle est couverte par la prise en compte de la défaillance unique active (existence de deux trains EAS indépendants y compris les rampes, sans barillets).

#### 3.7.3.2. Maintenance préventive

La maintenance préventive du système EAS étant réalisée en dehors des états A à E, lorsque le système n'est pas requis, la prise en compte de la maintenance préventive n'impacte pas l'architecture du système.

#### 3.7.3.3. Cumul MDTE

Les composants EAS nécessaires à la réalisation des fonctions requises en conditions de fonctionnement DBC avec cumul MDTE sont secourus par un Groupe Electrogène de Secours (GES).

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

### 3.7.3.4. Classement

Le classement de sûreté des principaux composants du système EAS est indiqué dans le Tableau 14 ci-après, en conformité avec les règles de classement indiquées dans le paragraphe 2.6.4.1 du volume 1.

Les équipements du système EAS redevables d'un classement Equipement Sous Pression Nucléaire (ESPN) sont classés conformément à la réglementation applicable.

Enfin, une majeure partie des composants du système EAS sont redevables d'un niveau de qualité Q2 en conformité avec les règles de classement indiquées dans le paragraphe 2.6.4 du volume 1.

| **Composants EAS** | **Fonctions de sûreté réalisées par le composant (catégorie enveloppe)** | | | **Classe de sûreté enveloppe** |
|---|---|---|---|---|
| | Asperger de l'eau alcaline à l'intérieur de l'enceinte de confinement<br><br>**Catégorie 1** | Extraire la puissance du primaire (option)<br><br>**Catégorie 3** | Extraire la puissance de l'enceinte (option)<br><br>**Catégorie 3** | |
| Pompe de circulation | X | X | X | 1 |
| Ejecteur de soude | X | | | A confirmer ultérieurement |

**TABLEAU 14 : CLASSEMENT DE SURETE DES PRINCIPAUX COMPOSANTS DU SYSTEME EAS**

### 3.7.3.5. Diversification et apport des Etudes Probabilistes de Sûreté

Les requis de diversification applicables au système EAS sont définis en lien avec la liste des conditions de fonctionnement DEC-A mentionnées au paragraphe 2.2.2 du volume 1, et seront à confirmer en cours de « basic design » sur la base d'éléments probabilistes.

Ainsi, il est envisagé que le système EAS constitue une diversification des moyens d'injection de sécurité basse pression (ISBP) afin d'assurer la mitigation de conditions de fonctionnement DEC-A.

Les EPS confirmeront l'intérêt du requis de diversification inter-systèmes des pompes EAS par rapport aux pompes ISBP identifié dans l'analyse déterministe des conditions de fonctionnement DEC-A. Une analyse complémentaire est à mener pour consolider la fiabilité des missions que l'EAS doit assurer.

### 3.7.3.6. Agressions internes et externes

#### 3.7.3.6.1. Agressions internes

Le système EAS doit être protégé contre les agressions internes susceptibles d'induire une défaillance du système dans les conditions pour lesquelles le système est requis. Les composants principaux (pompes et vannes d'isolement) des deux trains du système EAS sont placés dans des locaux séparés. Cette disposition vise à limiter les conséquences liées aux agressions internes telles qu'un incendie.

Par ailleurs, les règles d'installation garantissent la protection des équipements EAS situés à l'intérieur de l'enceinte de confinement vis-à-vis des effets de la brèche ou la rupture d'une tuyauterie à haute énergie initiant une condition accidentelle pour laquelle le système est

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

requis.

#### 3.7.3.6.2. Agressions externes de référence

En tant que système participant à la mitigation de conditions de fonctionnement DBC, le système EAS est dimensionné pour rester opérationnel en cas d'agression externe de référence DBH :

- le système EAS est dimensionné au séisme de référence ;
- par sa situation dans les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde, le système EAS est protégé de l'explosion externe, des projectiles associés à la tornade ainsi que de la foudre, de la neige, du vent et d'une inondation externe.

#### 3.7.3.6.3. Agressions externes extrêmes naturelles

Il n'y a aucun requis sur le système EAS en cas d'agression externe extrême naturelle.

### 3.7.3.7. Prévention des risques de bipasses du confinement

Les risques de bipasse du confinement dû à la mutualisation des rampes d'aspersion entre les systèmes EVU et EAS sont pris en compte par les dispositions suivantes :

- chacun des systèmes EAS et EVU (voir description de ce système au chapitre 4.3 du présent volume) possède ses propres traversées enceinte pour relier le refoulement des pompes aux rampes d'aspersion, via les tuyauteries dédiées pour monter jusqu'aux rampes. Ces traversées sont équipées de vannes d'isolement enceinte qui sont manœuvrées avec la logique suivante :
  - lorsque le système EAS est en service, les traversées enceinte de l'EVU sont isolées ;
  - à l'entrée en accident avec fusion du cœur, le système EAS est isolé de l'enceinte au titre des actions immédiates de la conduite, avant le démarrage de l'EVU et l'ouverture de ses traversées ;

  Les systèmes EAS et EVU ne sont par conséquent jamais lignés en même temps sur l'enceinte de confinement.
- les tuyauteries montant jusqu'au rampes d'aspersion sont équipées de clapets anti-retour empêchant l'eau injectée vers les buses d'emprunter le chemin inverse. Ainsi, aucune communication de fluide entre les systèmes n'est possible.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## 4. SYSTEMES DE MITIGATION DES ACCIDENTS AVEC FUSION DU CŒUR

La stratégie générale de prise en compte des accidents avec fusion du cœur sur l'EPR NM, s'inscrivant dans la continuité de l'EPR Flamanville, est la suivante :

- « élimination pratique » des séquences avec fusion du cœur susceptibles de conduire à des rejets importants et précoces (voir chapitre 2.5 du volume 1) ;
- gestion des conditions DEC-B avec fusion du cœur à sec avec récupérateur de corium. Les dispositions correspondantes sont décrites aux chapitres 4.2 et 4.3 du présent volume ;
- utilisation de systèmes actifs de façon à privilégier le recours à des technologies éprouvées.

Quelques évolutions notables sont cependant à noter :

- le system « convect » mis en place sur l'EPR Flamanville a été supprimé, voir chapitre 4.1 du présent volume ;
- le récupérateur de corium est optimisé, cet aspect est développé dans le chapitre 4.2 du présent volume ;
- le système EVU est dédié aux situations d'accidents avec fusion du cœur, cet aspect est développé dans le chapitre 4.3 du présent volume.

### 4.1. SUPPRESSION DU SYSTEME « CONVECT »

En situation d'accident avec fusion du cœur entraînant une génération de gaz combustibles (notamment hydrogène), il est nécessaire d'assurer :

- l'homogénéisation de l'hydrogène dans l'enceinte pour éviter des concentrations locales importantes. Ceci est obtenu grâce aux ouvertures des différents compartiments de l'enceinte les uns sur les autres, de façon à assurer une circulation naturelle efficace dans l'enceinte.
- la réduction de la quantité d'hydrogène dans l'enceinte de confinement, obtenue grâce à des recombineurs auto-catalytiques passifs (RAP) dont le fonctionnement est d'autant meilleur que la circulation naturelle dans l'enceinte est efficace.

Sur l'EPR NM, le concept dit « two rooms » n'est pas retenu. Par conséquent, le système CONVECT de l'EPR Flamanville permettant de mettre en communication les différents compartiments est supprimé. L'espace de service et le compartiment des équipements sont connectés par des connections et pénétrations toujours ouvertes et de surface suffisamment importante pour permettre une circulation naturelle efficace des gaz de l'enceinte et homogénéiser ainsi la concentration d'hydrogène en tous points.

Il est à noter que ces évolutions ne changent pas le principe de convection naturelle dans l'enceinte appliqué pour le contrôle des gaz combustibles en situation d'accident avec fusion de cœur (dispositif ETY).

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## 4.2. SYSTEME DE RECUPERATION ET DE STABILISATION DU CORIUM (RSC)

### 4.2.1. INTRODUCTION

En situation d'accident avec fusion du cœur conduisant à une rupture de la cuve, le corium est récupéré, refroidi et stabilisé par un système de récupération et de stabilisation, composé d'une trappe fusible au fond du puits de cuve et d'un récupérateur de corium, aussi nommé chambre d'étalement, ainsi que d'un canal de transfert assurant la connexion entre le puits de cuve et la chambre d'étalement située dans un compartiment dédié en périphérie du puits de cuve.

La trappe fusible située en fond de puits de cuve et fermée en fonctionnement normal s'ouvre sous l'action du corium uniquement en cas d'accident avec fusion du cœur, et permet ainsi à celui-ci de se déverser en une coulée unique dans le canal de transfert.

### 4.2.2. RÔLE FONCTIONNEL

#### 4.2.2.1. Fonctions opérationnelles

Le système de récupération et de stabilisation du corium n'a pas de fonction dédiée au fonctionnement normal.

#### 4.2.2.2. Fonctions de sûreté

Maîtrise des réactions nucléaires en chaîne

Le système de récupération et de stabilisation du corium n'a pas de rôle vis-à-vis de la maîtrise des réactions nucléaires en chaîne.

Evacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives et des réactions nucléaires

Le système contribue à l'évacuation de la puissance en participant au refroidissement passif du corium.

Dans le récupérateur, le corium étalé est stabilisé sous l'effet d'un refroidissement passif. La structure du récupérateur de corium intègre un circuit de refroidissement activé à l'arrivée du corium dans la chambre d'étalement et alimenté de façon gravitaire par l'eau de l'IRWST.

Confinement des substances radioactives

Le système de récupération et de stabilisation du corium participe à la fonction de sûreté confinement en contribuant à la protection du radier.

Les moyens assurant la protection du radier sont conçus de manière à :

- garantir un puits de cuve sec et une zone d'étalement sèche à l'arrivée du corium pour éviter les interactions corium-eau et garantir la collecte de l'ensemble du corium dans le puits de cuve et son étalement dans la chambre ad hoc ;
- collecter, canaliser et étaler le corium de manière à ce que ses caractéristiques soient le plus uniformes possible, et permettre sa stabilisation ;
- assurer le refroidissement passif du corium après étalement ;
- limiter le relâchement prolongé de gaz incondensables résultant de l'interaction entre le corium et le béton de manière à garantir l'intégrité de l'enceinte de confinement.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

#### 4.2.2.3. Agressions externes

Le système de récupération et de stabilisation du corium est conçu pour rester fonctionnel en cas d'agression externe de référence (DBH). De plus, selon les principes énoncés au chapitre 2.4 du volume 1, les équipements du système de récupération et de stabilisation du corium nécessaires pour démontrer l'absence de rejets importants ou précoces sont conçus pour rester opérationnels en cas d'agression externe extrême naturelle.

### 4.2.3. DESCRIPTION GENERALE DU SYSTÈME

Sur la base du retour d'expérience des projets EPR en cours, la conception du système de récupération et de stabilisation du corium est optimisée pour le projet EPR NM. L'objectif est de permettre une fabrication et une installation plus simples, tout en préservant le même niveau de sûreté. Le principe global de sûreté du système de récupération et de stabilisation du corium n'est pas modifié.

En fonction de cet objectif, les points suivants ont évolué :

- la dimension et la forme du récupérateur du corium ;
- la fixation des éléments de la structure de refroidissement au génie civil ;
- le conduit central d'alimentation en eau ;
- l'interface entre le récupérateur et le canal de transfert du corium ;
- la trappe fusible et le canal de transfert.

Les sections suivantes présentent une synthèse des principales modifications.

#### 4.2.3.1. Dimensions et forme du récupérateur de corium

[ ]

Du fait d'une surface d'étalement plus réduite que sur l'EPR Flamanville, l'épaisseur de corium sera plus importante, ce qui conduit à augmenter le délai nécessaire pour solidifier l'intégralité du corium. Dans la mesure où tout au long de ce processus de solidification, le corium est maintenu en permanence entre des croûtes épaisses et stables, la fonction de stabilisation du corium n'est pas impactée par l'augmentation du délai de solidification.

Par ailleurs, le niveau libre du corium dans le récupérateur doit demeurer inférieur au bas du canal de transfert afin de garantir la sortie du corium et un étalement homogène. Ainsi, la différence de niveau entre la sortie du canal de transfert et le fond du récupérateur doit être augmentée [ ] pour la nouvelle surface d'étalement [ ]. Par conséquent, la réduction de taille du récupérateur exige :

- soit d'abaisser le fond du récupérateur par rapport au niveau du canal de transfert ;
- soit de surélever la sortie du canal de transfert par rapport au fond du récupérateur ;
- ou une combinaison des deux.

La solution finale sera choisie pendant le « basic design ».

#### 4.2.3.2. Fixation des éléments de la structure de refroidissement au génie civil

La forme symétrique du fond du récupérateur de l'EPR NM permet de simplifier la fixation des éléments de la structure de refroidissement au génie civil, facilitant ainsi la construction de l'ensemble.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

La fixation d'un élément est réalisée par (i) une vis centrale et (ii) une tige filetée (voir Figure 32). La structure de refroidissement peut être facilement adaptée à la dimension réelle du compartiment et à la position des éléments latéraux (qui sont montés en premier) en adaptant la distance entre les tiges sur la base des mesures effectives dans le compartiment.

#### 4.2.3.3. Conduit central d'alimentation en eau

Le conduit central d'alimentation en eau, présent dans la conception de l'EPR de Flamanville, est supprimé.

L'eau arrive depuis les compartiments des vannes à l'extérieur du récupérateur via des ouvertures spécifiques dans les parois. De là, les canaux de refroidissement et l'espace libre derrière les éléments verticaux de refroidissement garantissent une distribution uniforme de l'eau (voir Figure 33).

La séquence de remplissage de la structure de refroidissement reste inchangée : d'abord toute la partie inférieure est noyée et ensuite la partie supérieure. L'eau déborde et se déverse enfin sur le corium étalé et remplit l'intérieur du récupérateur, puis le canal de transfert du corium et le reste de la chambre d'étalement. La durée du processus n'est pas modifiée car le volume à remplir par l'eau reste le même. La seule différence est le sens de remplissage de la partie inférieure de la structure de refroidissement lors du noyage initial. Elle est remplie de haut en bas tandis qu'elle l'est de bas en haut dans la conception de l'EPR Flamanville.

#### 4.2.3.4. Trappe fusible et canal de transfert du corium

Sur l'EPR NM la dimension de la trappe fusible est réduite par rapport à l'EPR Flamanville []. Cette section permet d'assurer un débit suffisant de corium vers la chambre d'étalement après érosion de la trappe, et pour réaliser l'inspection du puits de cuve. Il est à noter qu'une taille réduite de la trappe fusible laisse la possibilité d'installer des plots de béton plus petits et plus proches du centre du puits de cuve. En effet, avec une distance réduite entre les plots de béton, le risque d'impact du fond de cuve décalotté sur la trappe fusible diminue proportionnellement.

Avec une trappe fusible plus petite, la taille (largeur) du canal de transfert peut aussi être réduite. Cela simplifie la conception et permet d'appliquer une épaisseur uniforme d'acier sur toute la surface supérieure.

La trappe fusible étant plus petite, il est également possible de la déplacer sur un côté du puits de cuve en lieu et place de la position centrale occupée sur l'EPR Flamanville (voir Figure 34). Cela présente les avantages suivants :

- un transport plus facile de la trappe sans dispositif de levage ;
- un canal de transfert plus court ;
- un temps d'installation réduit.

La position latérale de la trappe fusible n'a pas de conséquences vis-à-vis de l'étalement du corium étant donné que :

- la distance moyenne totale que le corium doit parcourir du puits de cuve jusqu'au récupérateur ne change pas ;
- le débit de corium dans le canal de transfert est déterminé par la pression hydrostatique au fond du puits de cuve, qui est la même à toutes les positions situées à la même élévation. Cela reste vrai durant toute la durée de la décharge du corium.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- ce n'est qu'après que la hauteur de corium dans le puits de cuve soit devenue résiduelle que le débit dans le canal de transfert est déterminé par des gradients hydrauliques locaux. Compte tenu des températures élevées et de l'absence de dissipateurs de chaleur importants, la masse fondue continuera à s'écouler vers la trappe. La quantité mineure de corium qui peut être conservée dans le puits de cuve ne nuit pas au processus global de stabilisation du corium car ces portions mineures de corium résiduel seront stabilisées par un refroidissement par convection ou par rayonnement thermique.

**[ ]**

**FIGURE 30 : RECUPERATEUR DE CORIUM RECTANGULAIRE**

**[ ]**

**FIGURE 31 : SURFACE D'ETALEMENT (ZONE INDIQUEE EN TRAIT PLEIN)**

**[ ]**

**FIGURE 32 : NOUVELLE CONCEPTION DE L'ANCRAGE CENTRAL DES ELEMENTS DU RECUPERATEUR**

**[ ]**

**FIGURE 33 : ALIMENTATION EN EAU DU RECUPERATEUR DE CORIUM**

**[ ]**

**FIGURE 34 : POSITIONNEMENT DE LA TRAPPE FUSIBLE SUR LE COTE DU PUITS DE CUVE**

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

## 4.3. SYSTEME D'EVACUATION ULTIME DE CHALEUR (EVU)

### 4.3.1. RÔLE FONCTIONNEL

Le système EVU protège l'enceinte de confinement et le radier en cas d'accident avec fusion du cœur en assurant le transfert de la chaleur de l'atmosphère de l'enceinte vers l'IRWST puis vers la source froide diversifiée (via la chaîne de refroidissement EVUi-SRU, voir chapitre 8.1 du présent volume), afin de maintenir la pression et la température de l'enceinte à des valeurs compatibles avec le maintien de son étanchéité et les profils de qualification des matériels dans le bâtiment réacteur.

Le système EVU n'assure pas les fonctions de récupération, de refroidissement et de stabilisation du corium. Ces fonctions et les matériels nécessaires pour les assurer (récupérateur de corium, lignes de noyage passif) appartiennent au système RSC (système de récupération et de stabilisation du corium).

#### 4.3.1.1. Fonctions opérationnelles

Le système EVU n'a pas de fonction dédiée au fonctionnement normal.

#### 4.3.1.2. Fonctions de sûreté

Le système EVU participe directement aux fonctions fondamentales de sûreté suivantes :

- l'évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives et des réactions nucléaires ;
- le confinement des substances radioactives.

Le respect de ces fonctions permet d'assurer la quatrième fonction fondamentale de sûreté qu'est la protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants.

Le Tableau 15 ci-après liste les principales fonctions de sûreté du système EVU et indique leur contribution aux deux fonctions fondamentales de sûreté listées ci-dessus.

| Fonctions de l'EVU | Maîtrise des réactions nucléaires | Evacuation de la puissance thermique | Confinement des substances radioactives |
|---|---|---|---|
| Asperger de l'eau froide à l'intérieur de l'enceinte de confinement | | X | X |
| Alcaliniser l'eau de l'IRWST | | | X |
| Isoler les traversées enceinte du système | | | X |

**TABLEAU 15 : PRINCIPALES FONCTIONS DE SURETE DU SYSTEME EVU**

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## 4.3.2. DESCRIPTION GENERALE DU SYSTEME

### 4.3.2.1. Architecture générale de l'EVU

Un schéma préliminaire du système est présenté en Figure 35 ci-dessous.

L'EVU est constitué de deux files, localisées dans le bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3 et le bâtiment réacteur, qui comportent chacune :

- une ligne d'aspiration (appartenant au système d'injection de sécurité (RIS)) dans l'IRWST à travers un filtre dédié pour l'EVU ;
- une pompe et un échangeur de chaleur pour chaque file, situés dans un local dédié du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3. L'échangeur de chaleur, utilisé pour évacuer la puissance résiduelle en dehors de l'enceinte, est alimenté par une chaîne de refroidissement intermédiaire (EVUi, voir chapitre 8.1 du présent volume).
- un système d'aspersion composé d'un anneau muni de buses d'aspersion pour réduire la pression et la température dans l'enceinte ;
- une bâche à soude commune aux deux files pour l'alcalinisation de l'IRWST, avec un moyen d'injection de soude dédié.

En tant que système de mitigation des accidents avec fusion du cœur, le système EVU fait partie du quatrième niveau de défense en profondeur. Afin d'assurer la séparation des niveaux de défense, son utilisation est limitée aux accidents avec fusion du cœur.

**[ ]**

**FIGURE 35 : SCHEMA DE PRINCIPE DU SYSTEME EVU**

### 4.3.2.2. Composants du système EVU

Chaque file EVU dispose :

- d'une pompe de circulation :

  La pompe est conçue pour assurer un débit adapté à la puissance à évacuer par l'échangeur de chaleur. De plus, la pompe est équipée d'une double garniture avec une étanchéité assurée par l'injection d'eau SED (système d'eau déminéralisée) au joint de la pompe pour parer les éventuelles fuites.

  Le refroidissement du moteur et du palier de la pompe est assuré par l'eau de la chaîne intermédiaire.

- d'un échangeur de chaleur EVU/EVUi :

  L'échangeur de chaleur, de type à tubes et avec une calandre unique, est conçu pour évacuer la puissance résiduelle contenue dans l'enceinte de confinement, dans les conditions les plus pénalisantes envisagées. L'échangeur de chacune des deux files est requis pour assurer le respect du profil de qualification des équipements.

  [ ]

- d'une rampe d'aspersion :

  La rampe d'aspersion est munie de buses disposées à intervalles réguliers et de manière à couvrir une surface maximale du bâtiment réacteur au-dessus du plancher de service.

- d'une bâche de stockage de soude et d'une pompe volumétrique d'injection de

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

soude :

La pompe est conçue pour injecter de la soude concentrée dans l'IRWST à partir de sa bâche de stockage.

- de vannes d'isolement :

  Le confinement de l'enceinte, lors des situations nécessitant un isolement de l'enceinte sans intervention du système EVU, est assuré par un double isolement, excepté pour la ligne d'aspiration dans l'IRWST dont l'isolement est assuré par une vanne. La partie non isolable de la ligne d'aspiration sur l'IRWST est conçue avec une double enveloppe.

  D'autres vannes, disposées du côté du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3, permettent d'isoler des parties du système pour faciliter les opérations de maintenance.

#### 4.3.2.3. Dispositions de conception pour minimiser l'occurrence d'une fuite sur EVU

Au cours d'un accident avec fusion du cœur, du fluide contaminé circule dans les files de l'EVU.

Afin de limiter l'occurrence d'une fuite sur EVU, et par conséquent garantir son fonctionnement sur le long terme et limiter les conséquences radiologiques, les précautions suivantes sont prises :

- les composants des files EVU situés en dehors de l'enceinte sont classés conformément au paragraphe 4.3.3.4 ci-après ;
- les matériels des files EVU situés en dehors de l'enceinte sont étanches :
  - les vannes sont :
    - soit de technologie à soufflets plus presse-garnitures, avec un nombre de manœuvres réduit après l'entrée en accident avec fusion du cœur excluant tout risque de fuite à court terme ;
    - soit de technologie à double garniture étanche et équipées d'un système de collecte vers le système de purges, évents et exhaures nucléaires (RPE) en cas de fuite ;
  - les échangeurs de chaleur sont :
    - de type « tubulaires », les tubes formant une barrière physique entre le fluide contaminé et le fluide propre. Le fluide contaminé circule dans les tubes ; le fluide de réfrigération, circulant à l'extérieur des tubes, est maintenu à une pression supérieure à celle du fluide contaminé de sorte que si une fuite survenait, malgré la qualité de réalisation de l'échangeur, celle-ci n'occasionnerait pas de fuite de fluide contaminé.
    - équipés de connexions soudées ;
  - les pompes sont :
    - équipées d'une double garniture mécanique, refroidie par un fluide de barrage SED pressurisé pour en assurer l'étanchéité par rapport au fluide contaminé ;
    - raccordées au circuit par des brides à emboîtement avec un contact métal/métal.

Ces dispositions de conception garantissent l'étanchéité du circuit. Cependant, par découplage, un débit de fuite [ ] est considéré.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

En outre, bien que les fuites sur le système EVU en accident avec fusion du cœur soient très limitées, il est prévu au titre de la robustesse une pompe de réinjection des fuites vers l'IRWST.

#### 4.3.2.4. Conditions de fonctionnement du système EVU

##### 4.3.2.4.1. Conditions de fonctionnement normal

Lors du fonctionnement normal de l'installation de l'état standard A à l'état standard E, le système EVU est disponible et à l'arrêt.

##### 4.3.2.4.2. Conditions de fonctionnement accidentel

Les fonctions de sûreté du système EVU interviennent en cas d'accident avec fusion du cœur de la manière décrite ci-après. Leur catégorisation de sûreté est déduite par l'application des règles indiquées dans le paragraphe 2.6.3 du volume 1.

Asperger de l'eau froide à l'intérieur de l'enceinte de confinement

Cette fonction fait appel à la pompe de circulation, à l'échangeur de chaleur, à la rampe d'aspersion et au filtre. L'aspersion est requise lors des conditions de fonctionnement avec fusion du cœur pour refroidir l'atmosphère et abaisser la pression de l'enceinte de confinement et garantir le maintien de son intégrité ainsi que le respect des profils de qualification des matériels dans le bâtiment réacteur pour les accidents avec fusion du cœur (voir chapitre 2.7 du volume 1).

Dans ce mode de fonctionnement, du fluide contaminé circule dans les files du système EVU à l'extérieur de l'enceinte. Le système EVU assure alors le rôle d'extension de la troisième barrière de confinement.

Cette fonction est de catégorie 3 puisque requise pour limiter les conséquences d'un accident avec fusion du cœur.

Alcaliniser l'eau de l'IRWST

Cette fonction correspond au rôle des pompes d'injection de soude et des bâches de stockage associées. L'injection de soude dans l'IRWST contribue, lors des conditions de fonctionnement avec fusion du cœur, à limiter la production et les relâchements d'iode volatile depuis la phase aqueuse vers l'atmosphère de l'enceinte, et ainsi limiter le terme source radiologique dans l'enceinte et par conséquent les conséquences radiologiques d'un accident avec fusion du cœur.

Cette fonction est donc de catégorie 3 car elle participe à la limitation des conséquences d'un accident avec fusion du cœur.

Isoler les traversées enceinte du système

Cette fonction correspond aux rôles des vannes d'isolement de l'enceinte pour les conditions accidentelles nécessitant l'isolement de l'enceinte.

##### 4.3.2.4.3. Agressions internes et externes

Le système EVU n'a pas de fonction supplémentaire pour la prévention et la mitigation des agressions.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

#### 4.3.2.5. Systèmes en interface

##### 4.3.2.5.1. Systèmes supportés

Le système EVU est support du système d'aspersion de l'enceinte (EAS) par la mutualisation de ses rampes d'aspersion.

##### 4.3.2.5.2. Systèmes supports

Le système EVU est supporté par les systèmes suivants :

- EVUi : la chaîne intermédiaire du système EVU refroidit les moteurs des pompes EVU et les échangeurs EVU ;
- RIS : lors des accidents avec fusion du cœur, l'eau alimentant le système EVU est puisée de l'IRWST ;
- SED : le système SED assure l'appoint en eau au réservoir assurant l'injection d'eau aux garnitures mécaniques des pompes EVU. Il ne sert que sur le long terme pour rétablir le niveau de ce réservoir.
- système de ventilation de la zone contrôlée (DWL) : le refroidissement des locaux des pompes est assuré par des unités locales dédiées appartenant au système DWL, refroidies par la source froide diversifiée de sûreté. L'implantation d'une unité de refroidissement locale sera consolidée en « basic design » en fonction des résultats des premières études thermiques. A ce stade, le choix d'en identifier est une reconduction de la pratique de l'EPR Flamanville.
- systèmes électriques : le système EVU est secouru par toute source électrique disponible sur la division 3 et en particulier par la source interne alternative de puissance dédiée DEC-B (GES DEC-B) ;
- système de contrôle-commande : les ordres de contrôle-commande sont gérés via un automate dédié aux conditions accidents avec fusion du cœur, l'automate SA (Severe Accident, voir chapitre 0 du présent volume).

### 4.3.3. PRISE EN COMPTE DES EXIGENCES DE CONCEPTION DANS L'ARCHITECTURE DU SYSTEME EVU

Ce chapitre précise les principales exigences de conception applicables à l'architecture du système EVU.

[ ]

#### 4.3.3.1. Défaillance unique

L'utilisation du système EVU est réduite aux cas d'accident avec fusion du cœur.

L'application du critère de défaillance unique n'est pas requise pour les systèmes assurant leurs fonctions lors des accidents avec fusion du cœur.

#### 4.3.3.2. Maintenance préventive

La maintenance préventive du système EVU est réalisée en état standard F, réacteur complètement déchargé, lorsque le système n'est pas requis.

Pour permettre la maintenance à long terme sur les fonctions principales, l'architecture propose deux files EVU distinctes et identiques.

#### 4.3.3.3. Cumul MDTE

L'EVU étant secouru électriquement, en particulier par la source interne alternative de

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

puissance dédiée DEC-B (GES DEC-B), il peut assurer ses fonctions lors de conditions de fonctionnement accidentel avec cumul MDTE.

#### 4.3.3.4. Classement

Le classement de sûreté des principaux composants du système EVU est indiqué dans le Tableau 16 ci-dessous, en conformité avec les règles de classement indiquées dans le paragraphe 2.6.4.1 du volume 1.

| Composants EVU | Fonctions de sûreté réalisées par le composant (catégorie enveloppe) | | Classe de sûreté enveloppe |
|---|---|---|---|
| | Asperger de l'eau froide à l'intérieur de l'enceinte de confinement **Catégorie 3** | Alcaliniser l'eau de l'IRWST **Catégorie 3** | |
| Pompe de circulation | X | | 3 |
| Echangeur EVU/EVUi | X | | 3 |
| Pompe d'injection de soude | | X | 3 |

**TABLEAU 16 : CLASSEMENT DE SURETE DES PRINCIPAUX COMPOSANTS DU SYSTEME EVU**

Les équipements principaux de l'EVU appartiennent à la classe de sûreté 3.

Les équipements du système redevables d'un classement Equipement Sous Pression Nucléaire (ESPN) sont classés conformément à la réglementation applicable.

#### 4.3.3.5. Diversification et apports des Etudes Probabilistes de Sûreté

Il n'y a pas de requis de diversification sur EVU.

La seconde pompe EVU requise au titre des risques d'incendie long terme et des indisponibilités pour maintenance sera favorable aux EPS.

#### 4.3.3.6. Agressions internes et externes

##### 4.3.3.6.1. Agressions internes

Le système EVU doit être protégé contre les agressions internes susceptibles d'induire une défaillance du système dans les conditions pour lesquelles le système est requis. Les composants principaux (pompes, échangeurs et vannes d'isolement) des deux files EVU sont placés dans des locaux séparés. Cette disposition vise en particulier à limiter les conséquences liées à un éventuel incendie survenant à long terme sur l'une des files EVU.

Le système EVU est constitué de composants « haute énergie » mais ceux-ci ne sont exploités que dans le cas d'une situation accidentelle avec fusion du cœur ou lors des essais périodiques. À ce titre, il n'est pas considéré comme un circuit soumis à des ruptures de tuyauterie haute énergie.

##### 4.3.3.6.2. Agressions externes de référence

En tant que système participant à la mitigation des accidents avec fusion du cœur, et conformément au paragraphe 2.4 du volume 1, le système EVU est dimensionné pour rester

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

opérationnel en cas d'agression externe de référence DBH :

- le système EVU est dimensionné au séisme de référence ;
- par sa situation dans le bâtiment réacteur et le bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3, le système EVU est protégé de l'explosion externe, des effets de la neige et du vent, et également des projectiles associés à la tornade et de la foudre. Le système EVU est également protégé de l'inondation externe par les bâtiments et les dispositions de protection volumétrique.
- en cas de températures extérieures de niveau DBH, la température maximale ou minimale admissible dans les locaux contenant des composants du système EVU est régulée par le système de ventilation des locaux électriques (DVL) lorsque le système n'est pas en fonctionnement, et par une unité de climatisation locale DWL lorsqu'il est en fonctionnement (si la conception confirme la nécessité de disposer de telles unités).

#### 4.3.3.6.3. Agressions externes extrêmes naturelles

Conformément au chapitre 2.4 du volume 1, en tant que système requis pour permettre la mitigation des accidents avec fusion du cœur, le système EVU est en partie conçu pour rester opérationnel en cas d'agression externe extrême naturelle.

### 4.3.3.7. Prévention des risques de bipasses du confinement

Les risques de bipasse du confinement dus à la mutualisation des rampes d'aspersion entre les systèmes EVU et EAS sont pris en compte par les dispositions présentées au chapitre 3.7 du présent volume.

Par ailleurs, l'EVU participe à l'élimination du risque de bipasse de confinement en cas de fuite ou rupture affectant ce circuit, en évitant la vidange de l'IRWST en dehors de l'enceinte par isolement de la ligne d'aspiration dans l'IRWST.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## ANNEXE 4.3 – 1 : LIEN ENTRE LE DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME EVU ET LE PROFIL DE QUALIFICATION

[ ]

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## 5. ARCHITECTURE GENERALE DU CONTROLE-COMMANDE

Ce chapitre présente les principes de conception du contrôle-commande EPR NM, son architecture générale et les systèmes de contrôle-commande. Ces principes prennent en compte le retour d'expérience des projets EPR en cours de réalisation.

### 5.1. ROLE FONCTIONNEL

Le contrôle-commande de l'EPR NM réalise les fonctions d'acquisition des informations et des mesures du procédé, leur traitement, et l'envoi des ordres, automatiquement ou bien manuellement au travers d'Interfaces Hommes-Machines (IHM), dans le but d'assurer la sûreté de l'installation en toutes situations et de procéder à son exploitation.

Les fonctions de contrôle-commande contribuent aux fonctions de sûreté et d'exploitation de l'installation.

#### 5.1.1. FONCTIONS OPÉRATIONNELLES

Une liste préliminaire des types de fonctions de contrôle-commande opérationnelles est indiquée ci-après :

Niveau de défense en profondeur 1 :

- fonctions de régulation des paramètres principaux de l'installation liés au cœur – catégorie Non Classée (NC) ;
- fonctions de régulation des paramètres principaux de l'installation non liés au cœur – catégorie NC ;
- d'autres fonctions d'exploitation et de surveillance de catégorie 3 ou NC :
  - protection des matériels ;
  - surveillance de la disponibilité des fonctions de catégorie 1 ou 2 ;
  - fonctions de surveillance des principaux paramètres pris en compte comme conditions initiales des études des conditions de fonctionnement (LCO) ;
  - fonctions nécessaires pendant le fonctionnement normal pour surveiller l'état des barrières lorsque cette surveillance n'est pas assurée par des essais périodiques.

#### 5.1.2. FONCTIONS DE SÛRETÉ

Les fonctions de contrôle-commande participent aux trois fonctions fondamentales de sûreté suivantes :

- la maîtrise des réactions nucléaires en chaîne ;
- l'évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives et des réactions nucléaires ;
- le confinement des substances radioactives.

Le respect de ces fonctions permet d'assurer la protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants.

Les fonctions de contrôle-commande participant à ces fonctions fondamentales de sûreté sont structurées par type selon leur appartenance aux niveaux de défense en profondeur (paragraphe 1.3.2 du volume 1) et aux catégories de sûreté (paragraphe 2.6.3.2 du volume 1) afin de respecter les exigences de séparation et d'indépendance.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

[ ]

## 5.2. ARCHITECTURE DU CONTROLE-COMMANDE

### 5.2.1. BASES DE CONCEPTION

#### 5.2.1.1. Eléments structurant la conception de l'architecture de contrôle-commande

L'approche pour la conception de l'architecture de contrôle-commande EPR NM est fondée sur :

- la structuration de l'architecture de contrôle-commande en niveaux ;
- la catégorisation des fonctions de contrôle-commande de sûreté et opérationnelles ;
- le concept de défense en profondeur appliqué à l'architecture du contrôle-commande ;
- la prise en compte des exigences associées au classement de sûreté des systèmes de contrôle-commande, comprenant en particulier :
  - l'application du critère de défaillance unique aux systèmes de contrôle-commande ;
  - les principes de secours des alimentations électriques ;
  - les requis de tenue au séisme ;
- la prise en compte des exigences de diversification et de traitement des risques de défaillances de cause commune ;
- la maintenance et les règles de cumul ;
- la prise en compte des agressions internes/externes ;
- la gestion de la priorité entre les fonctions de contrôle-commande ;
- la non perturbation entre systèmes et sous-systèmes classés de sûreté ;
- la prise en compte des exigences vis-à-vis de l'Interface Homme Machine (IHM) ;
- la sécurité informatique.

#### 5.2.1.2. Méthode

La méthode mise en œuvre pour la conception de l'architecture du contrôle-commande EPR NM est la suivante :

- établissement de la liste des types de fonctions de contrôle-commande :
  - un type de fonctions de contrôle-commande est un groupe de fonctions partageant les mêmes attributs : rôle fonctionnel, ligne de défense, catégorie de sûreté, résistance aux agressions externes, requis d'alimentation électrique ;
- conception de l'architecture du contrôle-commande :
  - représentation de l'architecture fonctionnelle : regroupement des fonctions de contrôle-commande sur la base des attributs associés dans des entités fonctionnelles d'automatisme et des entités fonctionnelles d'IHM ;
  - définition des communications possibles entre entités fonctionnelles (prise en

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

compte des exigences d'indépendance) ;

- définition de l'architecture physique des automates et des technologies : regroupement des entités fonctionnelles d'automatisme et entités fonctionnelles d'IHM dans des systèmes ;

- conception des interfaces avec le procédé :
  - pour les capteurs : prise en compte des besoins de partage des informations entre systèmes de classement différent : duplications, découplages ;
  - pour les actionneurs : gestion de la priorité des ordres émanant d'automates de classement différent ;
- conception de l'architecture géographique résultante intégrée dans son environnement (bâtiments) :
  - prise en compte de la conception de l'îlot nucléaire EPR NM avec 3 bâtiments d'auxiliaires de sauvegarde ;
  - séparations géographiques au sein du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde de la division 3.

### 5.2.2. SYSTEMES DE CONTRÔLE-COMMANDE

Le contrôle-commande est composé :

- des systèmes en interface avec le procédé – niveau 0 ;
- des systèmes d'automatisme – niveau 1 ;
- des systèmes d'interface opérateur – niveau 2 ;
- des applications hors temps réel – niveau 3 (non décrit par la suite).

#### 5.2.2.1. Systèmes en interface avec le procédé – niveau 0

L'interface avec le procédé est constituée des capteurs et des cellules électriques permettant d'agir sur les actionneurs y compris le mécanisme de mouvements des grappes et les dispositifs d'arrêt automatique.

Les capteurs reçoivent le classement de sûreté de la fonction la plus haute à laquelle ils participent. Les informations acquises peuvent être partagées par plusieurs systèmes de contrôle-commande et dans ce cas l'acquisition se fait avec un système respectant le classement le plus élevé et une séparation électrique est assurée pour la distribution vers les autres systèmes.

Les cellules électriques reçoivent de même le classement de sûreté de la fonction la plus haute qu'ils assurent.

Les systèmes de contrôle-commande assurant ces interfaces sont :

- le système de gestion des priorités (PMS) ;
- le système de découplage d'acquisition (PIPS).

##### 5.2.2.1.1. Le système de gestion des priorités (PMS)

La priorité entre deux fonctions de catégories différentes est traitée dans un système de classement correspondant à la catégorie la plus élevée des deux fonctions.

Le système de gestion des priorités est réalisé de deux façons :

- pour les actionneurs assurant des fonctions de catégories 1 et 2, il s'agit d'un

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

module non-programmé de classe 1 : le PMS ;

- pour les actionneurs assurant des fonctions de catégories 2, 3 et non classées, la priorité peut être faite dans les systèmes d'automatisme avec la classe de sûreté correspondante ou bien dans le module PMS.

#### 5.2.2.1.2. Le système de découplage d'acquisition (PIPS)

Le système de découplage d'acquisition (PIPS) permet l'acquisition d'informations et la distribution vers d'autres systèmes utilisateurs. Il s'agit d'un module de classe 1 à base majoritairement d'éléments électroniques et d'éléments numériques.

### 5.2.2.2. Les systèmes d'automatisme – niveau 1

Les systèmes d'automatisme, comprenant l'acquisition de données, les traitements d'automatismes, la surveillance et la commande sont les suivants :

- le système d'automatisme de tranche (PAS) ;
- le système de limitation, de surveillance et de contrôle du réacteur (RCSL) ;
- le système de protection du réacteur (PS) ;
- le système d'automatisme de sûreté (SAS) ;
- le système de contrôle-commande diversifié (DAS) ;
- le système de gestion de situation d'accident grave (SA).

#### 5.2.2.2.1. Le système d'automatisme de tranche (PAS)

Le système d'automatisme de tranche (PAS) assure les fonctions de catégorie 3 et non-classées pour la conduite normale de l'installation. C'est un automate numérique de classe 3.

Il est connecté par réseau au moyen de conduite informatique principal (PICS) et ses sorties sont câblées vers les cellules électriques des actionneurs associés. Il commande des actionneurs des 3 trains.

#### 5.2.2.2.2. Le système de limitation, de surveillance et de contrôle du réacteur (RCSL)

Le système de limitation, de surveillance et de contrôle du réacteur (RCSL) permet la commande du mécanisme de mouvement des grappes. C'est un automate numérique de classe 3 qui reçoit les commandes opérateurs provenant du PICS. Il commande le mécanisme de mouvement des grappes.

#### 5.2.2.2.3. Le système de protection du réacteur (PS)

Le système de protection du réacteur (PS) assure les fonctions de catégorie 1 : fonctions permettant d'atteindre l'état contrôlé en cas de conditions de fonctionnement de référence DBC. C'est un automate numérique de classe 1.

Il est connecté au moyen informatique de conduite PICS par réseau comprenant un dispositif garantissant la non pollution du PS par le PICS. Ses sorties sont câblées soit directement vers les cellules électriques des actionneurs associés soit vers le PMS qui assure la gestion de priorité ainsi que vers les dispositifs d'arrêt automatique. Il commande des actionneurs des 3 trains.

Le PS est aussi connecté au moyen conventionnel de conduite (SICS).

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

#### 5.2.2.2.4. Le système d'automatisme de sûreté (SAS)

Le système d'automatisme de sûreté (SAS) assure les fonctions de catégorie 2 : fonctions permettant de passer de l'état contrôlé à l'état d'arrêt sûr en cas de conditions de fonctionnement DBC. C'est un automate numérique de classe 2.

Il est connecté par réseau au moyen informatique de conduite (PICS) et ses sorties sont câblées soit directement vers les cellules électriques des actionneurs associés soit vers le PMS qui assure la gestion de priorité avec le PS. Il commande des actionneurs des 3 trains.

Le SAS est aussi connecté au moyen conventionnel de conduite (SICS).

#### 5.2.2.2.5. Le système de contrôle-commande diversifié (DAS)

Les fonctions DEC-A pour atteindre l'état contrôlé en cas de perte des fonctions de contrôle-commande réalisées dans le PS sont de catégorie 3. Elles sont implémentées dans le système DAS dont l'automate en technologie numérique est diversifié (matériel et logiciel) par rapport à l'automate du PS. Il est connecté par réseau au moyen informatique de conduite (PICS).

Les fonctions DEC-A concernant des défaillances mécaniques peuvent être implantées dans le PS ou le SAS en optimisant les informations et commandes existant déjà dans ces systèmes.

Ces moyens sont câblés au moyen conventionnel de conduite (SICS) et au PMS qui assure la gestion de priorité. Ces moyens commandent des actionneurs des 3 trains.

#### 5.2.2.2.6. Le système de gestion de situation d'accident grave (SA)

Le système de contrôle-commande accident grave (SA) assure les fonctions nécessaires à la gestion des conditions de fonctionnement avec fusion du cœur DEC-B : fonctions DEC-B. C'est un automate numérique de classe 3 réalisé avec la même plate-forme que celle du PS.

Il est connecté au pupitre accident grave (PAG) qui lui sert d'interface homme-machine et ses sorties sont câblées soit directement vers les cellules électriques des actionneurs associés soit vers le PMS. Il commande principalement des actionneurs dédiés aux conditions de fonctionnement avec fusion du cœur DEC-B mais peut aussi commander d'autres actionneurs.

Il est séparé physiquement des autres systèmes de contrôle-commande : il est installé dans un local dédié du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3 et séparé vis-à-vis de l'incendie.

Il est séparé électriquement des autres systèmes de contrôle-commande : il est alimenté par des armoires électriques dédiées, elles-mêmes alimentées par un tableau électrique dédié, secouru par une source interne alternative de puissance dédiée DEC-B et par des batteries.

### 5.2.2.3. Les systèmes d'interface opérateur – niveau 2

Les systèmes de conduite sont les suivants :

- le moyen informatique de conduite (PICS) ;
- le moyen conventionnel de conduite (SICS) ;
- le pupitre accident grave (PAG) ;
- le pupitre inter postes opérateurs (ECP) ;
- le panneau de signalisation inter synoptiques (ISIP).

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

#### 5.2.2.3.1. Le moyen informatique de conduite (PICS)

Le moyen informatique de conduite (PICS) permet la conduite de l'installation en toutes situations normale, incidentelle et accidentelle. C'est un système informatique de classe 3 relié au PAS, au SAS, au RCSL et au PS. Un mécanisme de signe de vie généré et contrôlé par le SAS permet de surveiller le fonctionnement du PICS.

En cas de défaillance du PICS, l'équipe de conduite passe au SICS.

#### 5.2.2.3.2. Le moyen conventionnel de conduite (SICS)

Le moyen conventionnel de conduite (SICS) permet d'amener et maintenir l'installation à l'état d'arrêt sûr en cas de perte du PICS. Le SICS est de technologie conventionnelle de classe 2 et peut contenir certains équipements numériques d'affichage ou d'enregistrement. Le SICS est connecté au PS, au RCSL, au SAS et au DAS. Si nécessaire le SICS peut être connecté au PAS.

Avant de devoir atteindre l'état d'arrêt sûr, l'équipe de conduite dispose de délai lui permettant de garder l'installation en fonctionnement normal depuis le SICS en attendant de remettre en service le PICS.

#### 5.2.2.3.3. Le pupitre accident grave (PAG)

Le moyen de conduite dédié accident grave (PAG) est un moyen conventionnel de classe 3 directement câblé sur le système de gestion de situation d'accident grave (SA).

#### 5.2.2.3.4. Le pupitre inter postes opérateurs (ECP) et le panneau de signalisation inter synoptique (ISIP)

Le pupitre inter postes opérateurs (ECP) est un moyen conventionnel de classe 1 [ ] conçu pour envoyer quelques commandes manuelles, directes, robustes et rapides vers le procédé telles que le déclenchement du réacteur, le déclenchement de la turbine ou l'isolement de l'enceinte.

[ ] Il contient des signalisations et indicateurs relatif au pannes partielles ou totales de systèmes de contrôle-commande.

### 5.2.3. ARCHITECTURE FONCTIONNELLE

Le Tableau 17 dresse la liste des types de fonctions tels qu'introduits au chapitre 5.1 et leur allocation privilégiée dans les différents systèmes de contrôle-commande.

Cette allocation n'empêche pas, après analyse, d'allouer certaines fonctions dans d'autres systèmes afin de limiter la complexité de l'architecture.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

[ ]

## TABLEAU 17 : TYPES DE FONCTIONS DE CONTROLE-COMMANDE

### 5.2.4. ARCHITECTURE PHYSIQUE

L'architecture physique du contrôle-commande issue de la méthodologie et des exigences structurantes présentées précédemment est présentée sur la Figure 36 suivante :

**[ ]**

**FIGURE 36 : ARCHITECTURE PHYSIQUE DE CONTROLE-COMMANDE D'EPR NM**

[ ]

### 5.2.5. ARCHITECTURE GEOGRAPHIQUE

L'îlot nucléaire EPR NM est composé du bâtiment réacteur, entouré par 3 divisions de bâtiments d'auxiliaires de sauvegardes et du bâtiment combustible.

La conception de l'architecture géographique du contrôle-commande EPR NM prend en compte les conditions environnementales (en accord avec la conception des fonctions support d'alimentation électrique, de ventilation, de protection incendie, etc.) pour l'allocation des armoires d'automate et d'IHM dans les bâtiments.

#### 5.2.5.1. Choix de conception

De manière à optimiser l'architecture géographique du contrôle-commande, tout en tenant compte des exigences de sûreté, certains choix de conception sont effectués.

Nombre de divisions de contrôle-commande

Les systèmes frontaux de sûreté sont alloués aux 3 divisions électriques de l'EPR NM. Les systèmes de contrôle-commande actionnant ces trains de sûreté (PS et SAS) suivent la même structure et sont donc alloués sur 3 divisions.

Cependant, le système de protection du réacteur est organisé en :

- 4 voies/unités d'acquisition ;
- 3 unités de vote (avec une logique de vote en 2 sur 4, pouvant être dégradée) et de commande.

L'organisation (nombre d'unités d'acquisition et de vote) des autres systèmes de contrôle-commande est encore en cours d'analyse à ce stade de la conception.

Indépendance des équipements utilisés en situation d'accident avec fusion du cœur

Les équipements (acquisition, traitement) utilisés en condition de fonctionnement avec fusion du cœur DEC-B sont localisés dans une zone de la division 3 séparée géographiquement et électriquement des autres équipements ce qui participe à l'indépendance du niveau 4 de défense en profondeur.

Salle de commande principale et station de repli

Les équipements associés à la salle de commande principale et à la station de repli sont alloués dans des zones séparées du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3 assurant l'absence d'agression simultanée des deux zones.

#### 5.2.5.2. Implantation géographique

[ ]

**FIGURE 37 : ARCHITECTURE GEOGRAPHIQUE DU CONTROLE-COMMANDE**

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## 5.2.6. CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT DU CONTROLE-COMMANDE

### 5.2.6.1. Conditions de fonctionnement normal

Les systèmes de contrôle-commande participant à la surveillance et au contrôle de l'installation en exploitation normale sont recensés ci-après :

- le PAS et le RCSL exécutent l'ensemble des fonctions d'automatisme en exploitation normale. Les commandes d'actionneurs partent directement du PAS vers les cellules électriques et du RCSL vers les mécanismes de contrôle des grappes.
- le PICS avec ses équipements d'IHM en salle de commande principale permet aux opérateurs de surveiller et de contrôler l'état de l'installation et les fonctions de contrôle-commande nécessaires à l'exploitation normale de celle-ci.

Pour la surveillance de l'état de l'installation en exploitation normale, le PICS reçoit des informations des systèmes PS, SAS, PAS, et RCSL à travers les réseaux.

### 5.2.6.2. Conditions de fonctionnement accidentel

#### 5.2.6.2.1. Conditions de fonctionnement DBC

Les conditions de fonctionnement DBC2-4 sont détectées par le PS. Les fonctions de contrôle-commande de protection nécessaires avant toute action manuelle sont initiées automatiquement et mises en œuvre par le PS.

Si des actions manuelles sont nécessaires pour atteindre l'état contrôlé ou l'état d'arrêt sûr, les opérateurs sont alertés par les alarmes générées par le PS ou le SAS et affichées au PICS.

Pour la gestion des situations post-accidentelles, les fonctions de contrôle-commande sont surveillées et contrôlées sur les écrans du PICS avec l'aide de procédures de conduite et d'images de conduite animées par les informations fournies par les systèmes de niveau 1.

#### 5.2.6.2.2. Conditions de fonctionnement DEC-A

L'allocation, dans les différents automates, des fonctions de contrôle-commande associées aux dispositions DEC-A mécaniques est réalisée sur la base d'une analyse d'exigences fonctionnelles qui précise les requis d'indépendance ou de diversification éventuels par rapport aux séquences DEC-A étudiées.

Les fonctions de contrôle-commande, nécessaires à la gestion des conditions de fonctionnement DEC-A de perte totale du système de protection du réacteur sont implémentées dans le DAS.

Les fonctions de contrôle-commande DEC-A manuelles sont commandées depuis le PICS et le SICS et exécutées par les systèmes de contrôle-commande de niveau 1. Les fonctions de contrôle-commande manuelles nécessaires à la gestion des conditions de fonctionnement DEC-A de perte totale du système de protection du réacteur ne sont disponibles qu'au PICS.

#### 5.2.6.2.3. Conditions de fonctionnement DEC-B

En cas d'accident avec fusion du cœur, les systèmes de contrôle-commande valorisés sont :

- les armoires d'automatismes SA dédiés, installées dans le bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3 dans la zone géographique séparée DEC-B ;
- l'instrumentation nécessaire découplée des autres systèmes de contrôle-commande ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- les moyens de commande et d'information nécessaires installés au PAG.

Ces équipements sont alimentés par une source électrique dédiée secourue par batterie.

#### 5.2.6.3. Rôle des systèmes de contrôle-commande en cas d'agression

Les fonctions de contrôle-commande de contrôle des agressions internes ou externes sont implémentées dans le PAS, le SAS, le DAS (agression externe extrême naturelle) ou encore dans des systèmes de contrôle-commande dédiés.

Ces fonctions peuvent être automatiques ou manuelles et fournissent des informations à l'équipe de conduite.

### 5.2.7. SYSTÈMES EN INTERFACE

#### 5.2.7.1. Systèmes supportés

Le contrôle-commande supporte l'ensemble des systèmes de l'installation pour l'exécution des fonctions actives de sûreté ou d'exploitation.

#### 5.2.7.2. Systèmes supports

Les systèmes de contrôle-commande sont supportés par les systèmes suivants :

- systèmes électriques : les systèmes de contrôle-commande sont alimentés électriquement par des systèmes ayant des exigences associées à leur fonction : alimentations ininterruptibles, batteries, diesels ;
- systèmes de ventilation : les systèmes de ventilation assurent les conditions d'ambiance compatibles avec le fonctionnement des systèmes de contrôle-commande quelles que soient les conditions considérées (systèmes type DVL, DCL).

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## 5.3. PRISE EN COMPTE DES EXIGENCES DE CONCEPTION DANS L'ARCHITECTURE DU CONTROLE-COMMANDE

Les principes de conception structurants pour le contrôle-commande sont :

- la défense en profondeur et l'indépendance ;
- le critère de défaillance unique et la prise en compte des intempestifs ;
- la maintenance préventive ;
- le cumul MDTE ;
- le classement de sûreté ;
- la diversification et les apports des études probabilistes de sûreté ;
- la prise en compte des agressions internes et externes ;
- la gestion des priorités.

### 5.3.1. DEFENSE EN PROFONDEUR ET INDEPENDANCE

Les systèmes de contrôle-commande sont définis en fonction des niveaux de défense et des contraintes associées. Ces niveaux de défense sont ceux définis aux chapitres 1.3 et 2.1 du volume 1. L'objectif de conception est d'assurer l'indépendance suffisante entre ces niveaux pour garantir que la défaillance d'un niveau n'impacte pas la défense en profondeur assurée par les niveaux suivants.

Ainsi les niveaux 3a/3b (DBC et DEC-A) sont autant que possible indépendants des niveaux 1/2 précédents. Cette indépendance doit cependant prendre en compte l'utilisation d'une interface homme-machine centralisée qui regroupe les commandes et informations associées à des niveaux différents.

Pour l'architecture du contrôle-commande, une attention particulière est portée sur l'indépendance des automates et des moyens de conduite du niveau 4 de la défense en profondeur (accident avec fusion du cœur) qui s'appuient sur un système de contrôle-commande spécifique et dédié.

L'indépendance des systèmes de contrôle-commande peut être assurée de façon :

- physique ;
- électrique ;
- fonctionnelle.

L'indépendance physique protège contre les modes communs initiés par une agression, et consiste à séparer les équipements dans des bâtiments ou dans des zones qui ne peuvent être touchés par une même agression (feu, inondation, rupture de tuyauterie haute énergie, etc.).

L'indépendance électrique vise à protéger contre la propagation d'une perturbation électrique, et consiste à éliminer tout échange électrique direct entre les équipements. Il s'agit d'alimenter les équipements par des sources différentes et d'utiliser des modules de découplage lorsque des signaux doivent être échangés.

L'indépendance fonctionnelle protège contre la propagation d'une erreur fonctionnelle sur une autre fonction. Cette indépendance peut être assurée au minimum dans la logique de traitement des fonctions.

L'indépendance d'un système par rapport à un autre s'apprécie par le fait que sa capacité à accomplir ses fonctions n'est altérée, ni par le fonctionnement ou la défaillance d'un autre

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

système, ni par les effets résultant de l'événement initiateur pour lequel il est requis. Un même système peut donc être alloué aux niveaux de défense 3a et 3b dès lors que cette démonstration est assurée.

L'interface homme-machine informatisée centralisée est utilisée pour les commandes manuelles utilisées dans les niveaux de défense 1, 2 et 3. Cependant en cas de défaillance de cette interface informatisée, des moyens conventionnels ou diversifiés de conduite sont utilisés et assurent une indépendance suffisante entre ces niveaux.

### 5.3.2. DÉFAILLANCES PLAUSIBLES

Les défaillances plausibles du contrôle-commande sont prises en compte, et sont de deux types :

- absence de commande suite à une défaillance unique dans un système de contrôle-commande. Ce type de défaillance est pris en compte à la conception par l'application du critère de défaillance unique pour les automates de classes 1 et 2.
- commande intempestive au niveau d'une carte de sortie automate impactant un ou plusieurs actionneurs dans une division ou au niveau d'une fonction dans un automate de classe 1 et 2 dans une division. Les conséquences de ce type de défaillance font l'objet d'une analyse fonctionnelle (voir ci-après).

#### 5.3.2.1. Critère de défaillance unique

Les systèmes PS et SAS du contrôle-commande étant requis pour l'atteinte de l'état contrôlé et l'état sûr en condition de fonctionnement de référence DBC, le critère de défaillance unique s'applique à leur conception, conformément aux principes décrits dans le chapitre 3.1 du volume 1.

La défaillance unique du contrôle-commande se traduit par la non réponse à la sollicitation.

L'application aux systèmes de contrôle-commande du critère de défaillance unique se traduit par une structure intégrant un degré de redondance suffisant, et des dispositions adéquates telles que la séparation physique et électrique.

Le critère de défaillance unique est pris en compte au niveau de la conception du système (c'est-à-dire redondance matérielle systématique) pour le système PS, alors qu'il est pris en compte au niveau fonctionnel pour le système SAS (pas de redondance matérielle systématique).

#### 5.3.2.2. Intempestifs

La démarche de conception vis-à-vis des intempestifs de contrôle-commande pour les systèmes de classe 1 et 2 s'appuie sur les principes suivants :

- une défaillance intempestive n'est pas cumulée de façon indépendante avec une condition de fonctionnement de référence DBC ;
- une défaillance intempestive du contrôle-commande est considérée comme simple et non multiple. Les conséquences d'une telle défaillance peuvent être l'activation :
  - d'un seul actionneur ;
  - de tous les actionneurs d'une carte de sortie d'un automate ;
  - d'une fonction commandant plusieurs actionneurs ;
- une défaillance intempestive de contrôle-commande :

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- est analysée comme un initiateur potentiel ;
- ne doit pas mener à un événement unique dont les conséquences dépasseraient celles d'une condition de fonctionnement DBC2.

La conception des systèmes de classes 1 et 2 doit permettre de respecter ces principes.

### 5.3.3. MAINTENANCE PREVENTIVE

Les systèmes de contrôle-commande étant requis dans tous les états standards, leur maintenance préventive est réalisée réacteur en puissance avec des dispositions visant à ne pas générer d'indisponibilités des systèmes de sûreté.

### 5.3.4. CUMUL MDTE

Les systèmes de contrôle-commande nécessaires aux fonctions requises en conditions de fonctionnement DBC avec cumul MDTE (PS, SAS) sont secourus par les sources internes alternatives de puissance des 3 divisions. Certains systèmes nécessaires en phase court terme (PS, SAS) sont également secourus par des systèmes d'alimentation sans coupure (batteries).

### 5.3.5. CLASSEMENT DE SURETE

Les fonctions de contrôle-commande sont réalisées dans les systèmes de contrôle-commande en fonction de leur classement de sûreté et des contraintes associées. Par ailleurs, il est possible de réaliser dans un système de contrôle-commande assurant des fonctions d'une certaine catégorie, des fonctions de catégorie inférieure à celle-ci. Les catégories et les classes font référence au chapitre 2.6 du volume 1.

Des exceptions sont possibles lorsque la défaillance n'entraîne pas immédiatement la perte de la fonction supportée : c'est le cas du contrôle-commande des systèmes de ventilation, pour lequel on valorise une période de grâce (durée de fonctionnement sans ventilation).

De façon synthétique le classement suivant est retenu pour les différents systèmes :

- PS : classe 1 ;
- SAS : classe 2 ;
- DAS : classe 3 ;
- PAS : classe 3 ;
- RCSL : classe 3 ;
- SA : classe 3 ;
- SICS : classe 2 ;
- PICS : classe 3 ;
- ECP : classe 1 ;
- ISIP : classe 2.

Le développement et la qualification des systèmes de contrôle-commande sont conformes aux exigences du chapitre 2.12 du volume 1.

### 5.3.6. DIVERSIFICATION ET APPORT DES ETUDES PROBABILISTES DE SURETE

Les requis de diversification applicables au contrôle-commande sont définis en lien avec la liste des conditions de fonctionnement avec défaillances multiples DEC-A mentionnées au

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

paragraphe 2.2.2 du volume 1, et seront à confirmer en cours de « basic design » sur la base d'éléments probabilistes.

La diversification la plus appropriée doit être appliquée suivant le niveau de protection visé et l'efficacité des dispositions mises en place. Il faut noter que vis-à-vis de l'objectif global de fiabilité de la conduite du réacteur, une complexification importante des systèmes d'interface opérateur nuit à la fiabilité globale de l'interface homme-machine. Le meilleur compromis global entre diversification des systèmes et efficacité de l'interface homme-machine sera recherché.

Pour pallier la perte par mode commun du contrôle-commande des fonctions nécessaires à l'atteinte de l'état contrôlé des conditions de fonctionnement de référence DBC (PS), et pour assurer l'indépendance entre les niveaux 3a et 3b de défense en profondeur, un système diversifié (DAS) s'appuyant sur la technologie numérique est utilisé.

A ce stade de la conception, les analyses probabilistes n'ont pas mis en évidence de point d'attention particulier de la conception du contrôle commande.

### 5.3.7. AGRESSIONS INTERNES ET EXTERNES

Les exigences de protection contre les agressions internes, définies au chapitre 2.3 du volume 1, et contre les agressions externes, définies au chapitre 2.4 du volume 1, s'appliquent aux systèmes de contrôle-commande.

En particulier, les systèmes de contrôle-commande qui assurent des fonctions requises en conditions de fonctionnement DBC ou DEC doivent être dimensionnés au séisme de référence DBH.

#### 5.3.7.1. Protection des systèmes de contrôle-commande

Les systèmes de contrôle-commande sont protégés contre les agressions internes ou externes.

Indisponibilité de la salle de commande principale

En cas d'incendie rendant la présence de l'opérateur impossible, la décision d'évacuer la salle de commande principale est prise par l'équipe de conduite.

Un basculement de la conduite vers la station de repli est alors nécessaire afin d'amener l'installation à l'état de repli.

La station de repli assure les moyens de conduite pour gérer les situations jusqu'à DBC1, ainsi que pour l'incident DBC2 « manque de tension externe » (situation MDTE) qui est à prendre en compte en cumul de la conduite depuis la station de repli.

Agressions internes des systèmes de contrôle-commande de conduite niveau 2

Les agressions internes sont prises en compte comme suit dans la conception et/ou l'installation des systèmes de contrôle-commande de niveau 2 :

- agressions à l'extérieur de la salle de commande principale :
  - inondation interne : le cheminement de l'eau en cas d'inondation interne dans le bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3 épargne la salle de commande principale ;
  - rupture tuyauterie haute énergie et missile : les locaux adjacents à la salle de commande principale ne contiennent pas de tuyauteries « haute énergie » ;
  - explosions : les locaux adjacents à la salle de commande principale n'abritent pas d'équipements susceptibles de provoquer un dégagement de gaz

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

inflammable ou explosif. Ils ne sont pas situés à proximité de zones en ATmosphères EXplosives (ATEX) ;

- chutes de charge : la salle de commande principale n'est pas située sous la trajectoire d'un moyen de manutention ;

- agressions à l'intérieur de la salle de commande principale :

  - les locaux contrôle-commande de conduite (salle de commande principale, station de repli) abritent des matériels électriques susceptibles d'être à l'origine d'un incendie. Néanmoins, des exigences de conception de la salle de commande principale garantissent son habitabilité : moyens de prévention, détection (personne présente en permanence), gestion des incendies. L'indisponibilité éventuelle de la salle de commande principale se traduit par le passage en station de repli.

Agressions internes des systèmes de contrôle-commande de niveau 1 et de niveau 0 (interface avec le procédé)

Les agressions internes sont prises en compte comme suit dans la conception et/ou l'installation des systèmes de contrôle-commande de niveau 1 :

- inondation interne : les règles de séparation entre les 3 divisions garantissent qu'une seule division au plus est atteinte en cas d'inondation interne ;
- risque tuyauterie haute énergie et missile : les locaux contrôle-commande des divisions 1 à 3 des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde ne contiennent pas de tuyauteries « haute énergie », de pompes ou de vannes ;
- explosions : des dispositions spécifiques (ventilations, alarmes) permettent de prévenir le risque d'explosion interne lié aux batteries ;
- chutes de charge : les locaux contrôle-commande des divisions 1 à 3 des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde n'abritent pas de moyens de manutention (ponts, etc.) dont la défaillance provoquerait une chute de charge ;
- incendie : les règles de séparation et d'isolement électrique entre divisions, garantissent qu'au plus une seule division de contrôle-commande est perdue.

Agressions externes de référence

Les agressions externes sont prises en compte comme suit dans la conception et/ou l'installation des systèmes de contrôle-commande de niveau 0, niveau 1 et de niveau 2 :

- séisme : Les systèmes de contrôle commande abritant des fonctions nécessaires en conditions de fonctionnement DBC/DEC sont dimensionnés au séisme de référence ;
- explosion externe : Les 3 divisions de contrôle-commande des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde sont situées dans des bâtiments protégés contre le risque d'explosion externe ;
- inondation externe : Les locaux qui abritent les systèmes de contrôle-commande classés : contrôle-commande niveau 1 (bâtiments des auxiliaires de sauvegarde 1 à 3), contrôle-commande niveau 2, sont non susceptibles d'être affectés par une inondation externe (situation dans les niveaux hauts des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde) ;
- foudre et interférence électro-magnétique (IEM) : cette agression est prise en compte à la conception et vérifiée lors des essais de qualification CEM des systèmes contrôle-commande classés de sûreté ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- neige/vent : le contrôle-commande n'est pas impacté par ces agressions compte tenu de la protection par les bâtiments ;
- tornade et projectiles associés : le contrôle-commande n'est pas impacté par cette agression compte tenu de la protection par les bâtiments.

En ce qui concerne les conditions de température, celles-ci sont prises en compte à la conception des systèmes de ventilation des locaux qui abritent les systèmes de contrôle-commande de l'îlot nucléaire.

#### 5.3.7.2. Agressions externes extrêmes naturelles

Conformément au chapitre 2.4 du volume 1, en tant que système requis pour prévenir la fusion du cœur dans un scénario de manque de tension externe cumulé à la perte totale de la source froide principale de sûreté - respectivement pour permettre la mitigation des accidents avec fusion du cœur - le système de contrôle-commande DAS - respectivement SA – est conçu pour rester opérationnel en cas d'agression externe extrême naturelle.

### 5.3.8. GESTION DES PRIORITES

La gestion de priorité de commande d'un même actionneur par plusieurs fonctions (éventuellement assignées à des systèmes de contrôle-commande différents) est assurée selon les règles suivantes :

- une fonction de catégorie la plus élevée a la priorité sur les fonctions de catégorie inférieure ;
- dans le cas de fonctions de catégorie identique, la priorité est la suivante :
  - protection du composant ou du système ;
  - commande automatique ;
  - commande manuelle.
- après une action automatique, l'opérateur peut toujours agir contre une fonction automatique. Les étapes qu'il devra franchir pour y parvenir seront proportionnées à la catégorie de la fonction automatique qu'il souhaite contrer.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## 6. ALIMENTATION ÉLECTRIQUE

### 6.1. RÔLE FONCTIONNEL

L'alimentation électrique a trois missions principales :

- assurer l'Evacuation de l'Energie (EE) électrique produite ;
- assurer la gestion de l'Interface Centrale Réseau (ICR), pour garantir les engagements producteur/transporteur au point de raccordement ;
- assurer, via la Distribution éLectrique (DL), l'alimentation des auxiliaires de production, permanent et de sauvegarde, nécessaires au bon fonctionnement de l'installation en situation normale, incidentelle ou accidentelle.

Matériellement, l'alimentation électrique couvre les systèmes et composants électriques internes à une unité de production et entrant dans les fonctions EE, ICR et DL.

Le Système Electrique couvre lui un périmètre plus large, puisqu'il inclut, au-delà de alimentation électrique, les actionneurs électriques de puissance appairés au procédé (exemple : les moteurs électriques d'entrainement des pompes).

Le présent paragraphe traite de l'alimentation électrique. Le système LTR (réseaux de terre et de masse) de la centrale est également évoqué dans le cadre du traitement des agressions.

L'alimentation électrique, par sa mission d'alimentation des auxiliaires de sauvegarde, est un système support qui endosse les requis des systèmes alimentés.

#### 6.1.1. FONCTIONS OPÉRATIONNELLES

Comme indiqué précédemment, l'alimentation électrique a trois missions principales :

- l'évacuation de l'énergie électrique produite ;
- la gestion de l'interface centrale réseau ;
- la distribution électrique pour l'alimentation des auxiliaires de production, permanents et de sauvegarde.

Au regard de la sûreté, l'alimentation électrique a pour principale fonction d'assurer l'alimentation des auxiliaires permanents et de sauvegarde, fonction portée par la mission « distribution électrique ».

#### 6.1.2. FONCTIONS DE SÛRETÉ

L'alimentation électrique, en tant que système support, ne participe pas directement aux quatre fonctions fondamentales de sûreté que sont :

- la maîtrise des réactions nucléaires en chaîne ;
- l'évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives et des réactions nucléaires ;
- le confinement des substances radioactives ;
- la protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants.

Remarque : le respect des trois premières fonctions fondamentales de sûreté permet d'assurer la quatrième fonction, c'est-à-dire la protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

## 6.2. DESCRIPTION DE L'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE

### 6.2.1. ARCHITECTURE GÉNÉRALE

Un schéma unifilaire de l'alimentation électrique de l'EPR NM est disponible en Figure 38.

L'alimentation électrique est reliée au réseau extérieur par l'intermédiaire d'une liaison principale et d'une liaison auxiliaire.

L'alimentation de la distribution électrique par la liaison principale est assurée par deux transformateurs de soutirage :

- l'ANT1 pour l'alimentation de l'îlot conventionnel ;
- l'ANT2 pour l'alimentation de l'îlot nucléaire.

Le transformateur de soutirage dédié à l'îlot nucléaire alimente les auxiliaires de sauvegarde des trois trains de sûreté de l'îlot nucléaire ainsi que les auxiliaires de sauvegarde de l'îlot conventionnel (station de pompage notamment).

L'alimentation de la distribution électrique par la liaison auxiliaire est assurée par le transformateur AST.

La distribution électrique de l'îlot conventionnel, dispose de ses propres réseaux de moyenne tension, basse tension et sources de contrôle.

Les auxiliaires de l'îlot conventionnel non-nécessaires à la sûreté mais nécessitant d'être secourus pour améliorer la performance de l'installation, le seront, préférentiellement, par une source dédiée (Groupe Electrogène de Secours (GES) N).

Plusieurs programmes d'optimisation sont encore en cours sur ce choix.

La distribution électrique de l'îlot nucléaire est composée :

- de trois trains de sûreté DBC redondants ;
- sur le train 3, d'un réseau dit « DEC-A » destiné notamment à faire face aux risques de Défaillance de Cause Commune (DCC) sur les trains redondants DBC ;
- sur le train 3, d'un réseau dit « DEC-B » destiné notamment à mitiger les situations avec fusion du cœur.

Les réseaux DEC-A et DEC-B peuvent être, en respectant les exigences d'indépendance, alimentés en cascade par rapport au troisième train de sûreté DBC.

Chaque train de sûreté de l'îlot nucléaire, dispose de ses propres réseaux de moyenne tension, basse tension et sources de contrôle.

### 6.2.2. COMPOSANTS DE L'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE

Ce paragraphe a pour objectif de présenter les composants constituant la distribution électrique d'un train de sûreté DBC, le réseau DEC-A et le réseau DEC-B.

#### 6.2.2.1. Constitution d'un train de sûreté DBC

La distribution électrique d'un train de sûreté est composée :

- d'un réseau HTA non secouru ;
- d'un réseau HTA secouru ;
- d'un réseau BT non-secouru ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- d'un réseau BT secouru ;
- d'un réseau de contrôle sans interruption.

Le réseau HTA non-secouru est constitué de tableaux et câbles électriques alimentés directement par le transformateur ANT2.

Le réseau BT non-secouru est constitué de tableaux et câbles électriques alimentés via des transformateurs HTA/BT par le réseau HTA non-secouru.

Le réseau HTA secouru est constitué de tableaux et câbles électriques alimentés par :

- le transformateur ANT2 (via le réseau HTA non-secouru) ;
- ou directement par le transformateur AST ;
- ou directement par une source interne alternative de puissance principale (GES).

Le réseau BT secouru est constitué de tableaux et câbles électriques alimentés via des transformateurs HTA/BT par le réseau HTA secouru.

Chaque train de sûreté dispose de sa propre source interne alternative de puissance principale (GES) et source de contrôle sans interruption.

Les GES démarrent lorsqu'il y a une absence de tension des tableaux LHA, LHB et LHC respectivement pour GES1, 2 et 3.

A ce stade de la conception, l'architecture de référence est celle présentée en Figure 38 avec des GES principaux de type diesel mono-groupe. Néanmoins, plusieurs programmes d'optimisation sur l'évaluation du remplacement des sources mono-groupes par des sources de type multi-groupes sont encore en cours.

Le transformateur de soutirage ANT2 est constitué de 3 secondaires.

Le transformateur auxiliaire AST est constitué de 3 secondaires.

#### 6.2.2.2. Constitution du réseau DEC-A

La distribution électrique du réseau DEC-A est composée :

- d'un réseau HTA secouru ;
- d'un réseau BT secouru ;
- d'un réseau de contrôle sans interruption.

Le réseau HTA secouru DEC-A est constitué de tableaux et câbles électriques alimentés par :

- le transformateur ANT2 (via le troisième train de sûreté) ;
- ou par le transformateur AST (via le réseau HTA secouru du troisième train de sûreté) ;
- ou par la source interne alternative de puissance principale du troisième train de sûreté (GES 3) ;
- ou directement par la source interne alternative de puissance diversifiée (GES diversifié DEC-A).

Le réseau BT secouru DEC-A est constitué de tableaux et câbles électriques alimentés via des transformateurs HTA/BT par le réseau HTA secouru DEC-A.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

A ce stade du projet, la source interne alternative de puissance diversifiée (GES diversifié DEC-A) est une source de secours de type diesel multi-groupes (voir annexe 6.2 - 1 ci-après).

Cette source est composée :

- de plusieurs groupes d'environ 1,5 MWe pour assurer la puissance requise ;
- d'un 1er groupe supplémentaire, pour accroitre la fiabilité de l'ensemble ;
- d'un 2e groupe supplémentaire pour assurer la maintenance tournante. Hors période de maintenance, ce groupe supplémentaire, permet également d'accroître la fiabilité de l'ensemble.

Concernant la source de type diesel multi-groupes, des informations complémentaires sont disponibles dans l'annexe 6.2 - 1 ci-après.

Cette source est automatiquement démarrée sur la perte de la tension sur le tableau LHD, lequel est alimenté par le tableau LHC du train 3. Son dimensionnement est tel qu'il permet notamment de secourir simultanément le train RIS3, la chaîne de refroidissement RRI/SEC3 et le train PTR3 (système de traitement et refroidissement d'eau des piscines) (ainsi que leurs systèmes supports) en cas de Manque De Tension Généralisé (MDTG) (voir chapitre 2.2 du volume 1).

Un nombre limité de groupes du GES diversifié DEC-A est en mesure d'assurer l'alimentation des moyens DEC-B.

### 6.2.2.3. Constitution du réseau DEC-B

La distribution électrique du réseau DEC-B est composée :

- d'un réseau BT secouru ;
- d'un réseau de contrôle sans interruption.

Le réseau BT secouru DEC-B est constitué de tableaux et câbles électriques alimentés via des transformateurs HTA/BT par :

- le transformateur ANT2 (via le troisième train de sûreté et le réseau HTA secouru DEC-A) ;
- ou par le transformateur AST (via le réseau HTA secouru du troisième train de sûreté et le réseau HTA secouru DEC-A) ;
- ou par la source interne alternative de puissance principale du troisième train de sûreté (GES 3), (via le réseau HTA secouru du troisième train de sûreté et le réseau HTA secouru DEC-A) ;
- ou par la source interne alternative diversifiée de puissance principale du troisième train de sûreté (GES DEC-A), (via le réseau HTA secouru DEC-A) ;
- ou directement par la source interne alternative de puissance dédiée (GES DEC-B).

Le réseau DEC-B dispose de sa propre source de contrôle sans interruption.

A ce stade du projet, le GES DEC-B est constitué d'un groupe électrogène de secours de type diesel mono-groupe.

### 6.2.2.4. Constitution des sources de contrôle

La conception des sources de contrôle sera basée sur une architecture dite « centralisée » :

- une batterie par division ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- création des autres niveaux de tension par l'usage de convertisseur.

Les autres niveaux de tension seront fournis par la distribution électrique et non créés au niveau des équipements utilisateurs.

Cette architecture permet de garantir l'optimum technico-économique en :

- rationalisant le nombre de batteries et de chargeurs utilisés (limitation du nombre total de composants pour une même fonction) ;
- rationalisant les niveaux de tension utilisés sur l'installation (meilleure coordination entre les différents contrats) ;
- garantissant, au niveau de la distribution, la fiabilité des sources de contrôle (absence de convertisseurs additionnels dans les équipements utilisateurs).

#### 6.2.2.5. Constitution de l'alimentation mutualisable

Une source interne de maintenance mutualisable (LHM) est valorisée lors de la maintenance d'un GES principal ou en cas d'indisponibilité d'un GES principal (hors maintenance), par ordre de priorité suivant, en remplacement du GES 3, GES 1 et GES 2. Elle permet, via un tableau d'aiguillage LHT, de réalimenter un train de sûreté DBC ou, via le troisième train de sûreté, le réseau DEC-A ou DEC-B.

La conception de la source électrique interne LHM est de type mono-groupe, identique aux GES principaux.

La puissance de la source interne LHM est au moins équivalente à la puissance d'une source interne alternative de puissance principale (DBC). L'autonomie de la source LHM est identique à celle des GES principaux (GES 1 à 3).

La maintenance sur la source interne LHM et le tableau LHT sera réalisée en état A.

A ce stade de la conception, il n'est pas prévu de source mutualisée entre les deux unités de production. La conception de l'alimentation électrique permet une indépendance des installations pour leurs différents états de fonctionnement. Cependant, de par sa conception, l'alimentation électrique d'une installation offrirait la possibilité, le cas échéant, de reprendre avec des moyens de l'installation voisine tout ou partie d'un train de sûreté DBC ou d'un réseau DEC par l'intermédiaire, notamment, du tableau d'aiguillage LHT.

### 6.2.3. CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT DE L'ALIMENTATION ELECTRIQUE

L'objectif de ce paragraphe est de présenter les différentes configurations de fonctionnement de l'alimentation électrique, dans sa mission de distribution électrique, suivant une approche défense en profondeur selon la codification exprimée au paragraphe 1.3.2 du volume 1.

Un schéma de principe présentant les niveaux de défense en profondeur est disponible en Figure 39.

#### 6.2.3.1. Conditions de fonctionnement normal et incidentel

##### 6.2.3.1.1. Niveau 1 de défense en profondeur

En fonctionnement normal, l'installation est couplée au réseau externe principal afin d'évacuer l'énergie produite par le Groupe Turbo Alternateur (GTA) à travers le Transformateur Principal (TP), le disjoncteur de couplage et le disjoncteur de ligne.

L'alimentation de la distribution électrique est alors assurée, via les transformateurs de soutirage ANT1 et ANT2 :

- soit par le réseau externe principal seul, pour les phases de démarrage et d'arrêt ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- soit par le GTA et le réseau externe principal lorsque le GTA est couplé au réseau, cas du fonctionnement normal (exploitation) ;
- soit par le GTA lorsqu'il est découplé du réseau externe principal, cas de fonctionnement en îlotage.

La source électrique externe principale et le GTA alimentent :

- les tableaux du réseau de « production », alimentant les auxiliaires de production (utilisés en exploitation normale) ;
- les tableaux du réseau « permanent », alimentant les auxiliaires permanents (utilisés pour assurer l'arrêt de l'installation et son maintien dans un état d'arrêt sûr) ;
- les tableaux des réseaux « secourus », alimentant les auxiliaires de sauvegarde DBC, DEC-A et DEC-B.

#### 6.2.3.1.2. Niveau 2 de défense en profondeur

Ce niveau correspond à l'alimentation des Structures, Systèmes et Composants (SSCs) devant être robustes à la perte de la source externe principale cumulée à un échec (réacteur initialement en puissance) ou à une indisponibilité (autres états de fonctionnement) de l'îlotage.

L'alimentation de la distribution électrique est alors assurée par la source électrique externe auxiliaire, via le transformateur auxiliaire AST.

La source externe auxiliaire alimente :

- les tableaux du réseau « permanent », alimentant les auxiliaires permanents ;
- les tableaux des réseaux « secourus », alimentant les auxiliaires de sauvegarde DBC, DEC-A et DEC-B.

### 6.2.3.2. Conditions de fonctionnement accidentel

#### 6.2.3.2.1. Niveau 3a de défense en profondeur

Ce niveau correspond à l'alimentation des SSCs devant être :

- robustes au Manque De Tension Généralisé (MDTE) (perte des sources externes principale et auxiliaire cumulée à un échec ou une indisponibilité de l'ilotage) ;
- disponibles lors des conditions de fonctionnement DBC2-4.

L'alimentation de la distribution électrique est alors assurée par les sources internes alternatives de puissance principales et les sources internes continues de contrôle. La source interne alternative de puissance principale (GES 1, GES 2 et GES 3) d'un train de sûreté, alimente les tableaux du réseau « secouru » dédiés à ce train.

La source interne alternative de puissance principale GES 3 permet également d'alimenter les tableaux des réseaux « secourus », alimentant les auxiliaires de sauvegarde DEC-A et DEC-B.

#### 6.2.3.2.2. Niveau 3b de défense en profondeur

Ce niveau correspond à l'alimentation des SSCs devant être robustes au MDTG.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

L'alimentation de la distribution électrique est alors assurée par une source interne alternative de puissance diversifiée (GES diversifié DEC-A) et une source interne continue de contrôle.

La source interne alternative de puissance diversifiée alimente les tableaux des réseaux « secourus », alimentant les auxiliaires de sauvegarde DEC-A et DEC-B.

#### 6.2.3.2.3. Niveau 4 de défense en profondeur

Ce niveau correspond à l'alimentation des SSCs devant être disponibles lors des conditions de fonctionnement avec fusion du cœur DEC-B.

L'alimentation de la distribution électrique est alors assurée par une source interne alternative de puissance (GES DEC-B) et une source interne continue de contrôle, dédiées.

La source interne alternative de puissance alimente les tableaux du réseau « secouru », alimentant les auxiliaires de sauvegarde DEC-B.

#### 6.2.3.2.4. Niveau 5 de défense en profondeur

Ce niveau correspond à l'alimentation de la distribution électrique par des sources mobiles externes (FARN).

Les sources mobiles de puissance pourront être raccordées au niveau de chacune des sources internes alternatives de puissance de l'alimentation électrique.

De plus, via LHT chaque réseau dispose d'un second point de connexion vers les sources mobiles externes.

Le réseau d'alimentation des auxiliaires de sauvegarde DEC-B, de par ses spécificités de conception pour garantir son indépendance, dispose, via le tableau LJL, d'un second point de connexion vers les sources mobiles de puissance.

Les sources mobiles de contrôle pourront être raccordées au niveau de chacun des tableaux de contrôle.

### 6.2.3.3. Agressions internes et externes

L'alimentation électrique de par sa nature et sa mission de système support va contribuer à la protection de l'installation vis-à-vis de certaines agressions externes et internes.

#### 6.2.3.3.1. Agressions internes

L'alimentation électrique contribue à la protection de l'installation vis-à-vis : des IEM (Interférences ElectroMagnétiques), de l'incendie, de l'explosion et de l'inondation.

Concernant l'incendie, l'explosion et l'inondation, l'alimentation électrique est un système support respectivement pour les dispositifs actifs de protection contre l'incendie, les dispositifs de détection et de ventilation destinés à éviter une situation d'ATmosphère EXplosive (ATEX) et les dispositifs de protection contre l'inondation (exemple : vannes).

Par ailleurs, l'alimentation électrique, ne doit pas être agresseur. Pour cela elle doit de par sa conception éviter ou limiter, les sources d'IEM ou suite à un défaut électrique sur l'installation, le risque d'incendie ou d'explosion.

Cela se traduit pour l'incendie par la mise en place d'un plan de protection destiné à éliminer au plus tôt et de manière sélective le défaut électrique.

Concernant l'explosion, cela se traduit notamment :

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- au niveau des tableaux moyenne tension, par la mise en place de dispositifs dédiés destinés, en cas d'arc interne, à contenir les conséquences de la montée en pression, au sein du tableau ;
- au niveau des sources de contrôle, par une procédure, le cas échéant, de déclenchement des chargeurs de batteries pour éviter une situation ATEX.

Concernant les IEM, cela se traduit notamment par :

- des requis de limitation des émissions des équipements perturbateurs ;
- des règles de séparation des équipements :
  - séparation géographique des équipements perturbateurs, des équipements sensibles d'une même voie de sûreté et entre des voies de sûreté différentes ;
  - le cas échéant, séparation physique (exemple : capotage des chemins de câbles) ;
- l'équipotentialité de l'installation (maillage du réseau de masse) ;
- la mise en place des dispositifs d'isolement notamment entre les équipements appartenant à des voies de sûreté différentes ou entre des équipements de classes de sûreté différentes.

#### 6.2.3.3.2. Agressions externes

L'alimentation électrique contribue à la protection de l'installation vis-à-vis : de la foudre, des Interférences ElectroMagnétiques (IEM), de l'inondation, des conditions météorologiques telles que les températures élevées ou basses.

Concernant par exemple l'inondation ou les conditions météorologiques, l'alimentation électrique est un système support respectivement pour les dispositifs tels que les pompes de relevage, les dispositifs de ventilation et de conditionnement.

Concernant la foudre, elle participe :

- dans le cadre de l'association du système LTR à l'alimentation électrique :
  - à l'évacuation, à la terre, du courant de foudre capté par les dispositifs naturels de capture, assurés par les structures des bâtiments, ou le cas échéant par des dispositifs complémentaires dédiés ;
  - à la limitation des surtensions conduites, par la mise en place le cas échéant de parafoudres ;
  - à la limitation des surtensions induites par la réduction des boucles de masse et l'équipotentialisation de l'installation via le réseau de masse ;
- à la limitation des surtensions conduites par le réseau externe d'alimentation et la distribution électrique via l'amortissement des ondes de choc assuré par la mise en place de parafoudre et la présence des transformateurs de puissance et des câbles de l'installation.

Les dispositifs de l'alimentation électrique ou du LTR contribuant à la protection contre la foudre sont de type passif.

Concernant les IEM, l'alimentation électrique participe, dans le cadre de son association au système LTR :

- à l'évacuation, à la terre, du courant induit dans les structures des bâtiments (cage de Faraday) ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- à la limitation des surtensions conduites, par la mise en place le cas échéant de parafoudres ;
- à la limitation des surtensions induites par la réduction des boucles de masse et l'équipotentialisation de l'installation via le réseau de masse.

### 6.2.4. SYSTÈMES EN INTERFACE

De par sa fonction de distribution électrique, l'alimentation électrique est d'une part une fonction support pour tous les systèmes nécessitant de l'énergie électrique pour fonctionner et d'autre part une fonction supportée par d'autres systèmes pour garantir ses performances.

#### 6.2.4.1. Systèmes supportés

La Figure 38 présente les systèmes supportés par l'alimentation électrique.

#### 6.2.4.2. Systèmes supports

L'alimentation électrique est supportée par les systèmes suivants :

- les systèmes de conditionnement et de ventilation des locaux électriques ;
- les systèmes d'éclairage des locaux électriques ;
- les systèmes de contrôle-commande des matériels électriques.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## ANNEXE 6.2 – 1 : ARCHITECTURE MULTI-GROUPES

L'architecture multi-groupes proposée sur l'EPR NM repose sur les principes déclinés ci-après. [ ]

### 1. Groupes électrogènes éligibles

Les groupes électrogènes susceptibles d'être intégrés en configuration « multi-groupes » présentent les caractéristiques suivantes :

- groupes électrogènes rapides [ ], fabriqués en grande série et largement diffusés ;
- chaque groupe est de type « full skid », c'est-à-dire que le groupe électrogène sur « skid » constitue un ensemble totalement autonome et prêt à fonctionner. Le système de refroidissement est notamment intégré au « skid ».

Dans un premier temps, les systèmes électroniques numériques ne sont pas envisagés en raison des contraintes et incertitudes liées à leur qualifiabilité. La puissance unitaire des groupes électrogènes ainsi éligibles dans cette première version de l'architecture multi-groupes est par conséquent limitée à environ 1,5 MWe sur la base d'un régime de puissance COP (Continuous Operating Power - puissance en fonctionnement continu) (selon la norme ISO 8523-1).

### 2. Principe fonctionnel de la source de puissance

Chaque groupe est interchangeable au sein de l'architecture et n'a donc aucun rôle spécifique par rapport aux autres groupes. L'équilibrage des groupes entre eux se fait par le biais d'un statisme en vitesse et en tension.

Les groupes d'une même fonction électrique sont obligatoirement identiques afin de faciliter l'équilibrage des groupes en eux.

Afin de pouvoir respecter des délais de démarrage courts [ ], les groupes sont électriquement couplés à l'arrêt.

Un groupe à l'arrêt peut être démarré et synchronisé avec les autres groupes lorsque la source est en marche.

### 3. Principe d'installation

La logique de fonctionnement dite « marche ou crève » impose de prendre en compte des défaillances graves. La fiabilité de la source multi-groupes reposant en partie sur les groupes constituant la réserve tournante, il est donc nécessaire que chaque groupe soit physiquement séparé et protégé des autres pour éviter des défaillances en cascade. Chaque groupe est donc installé dans une cellule qui lui est propre (y compris pour la ventilation de refroidissement). Chaque cellule comprend notamment :

- une entrée d'air dotée des dispositifs de filtration/protection nécessaires ;
- un dispositif de recyclage de l'air chaud en sortie de radiateur du groupe, ou tout autre dispositif permettant de maintenir des températures acceptables dans la cellule par temps froid ;
- un plénum d'évacuation de l'air chaud issu du refroidissement du groupe et dans lequel transitera notamment la ligne d'échappement.

Les groupes sont réalimentés en carburant et en huile (si nécessaire) via une installation commune implantée au niveau immédiatement inférieur à celui des groupes.

Les locaux électriques sont implantés au niveau immédiatement supérieur à celui des groupes.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

[ ]

## 4. Architecture électrique associée

Les essais à pleine puissance de l'installation et/ou d'un groupe unitaire se font en évacuant l'énergie sur un banc de charge.

L'architecture électrique de la source « multi-groupes » est telle :

- qu'un groupe peut débiter seul sur le banc de charge sans rendre la source interne indisponible ;
- qu'un fonctionnement sur banc de charge de la source ne la rend pas indisponible ;
- qu'une connexion permet de raccorder une source mobile en cas d'indisponibilité des groupes afin de pouvoir utiliser la distribution électrique de la source (puissance et contrôle commande) vers les installations réalimentées ;
- que la défaillance d'un groupe (ou de sa liaison électrique vers le tableau de couplage) ne remet pas en cause l'opérabilité de la source ; les protections électriques sont notamment conçues en conséquence.

L'architecture multi-groupes repose sur le principe de N + 2 groupes électrogènes strictement identiques, interchangeables et indépendants les uns des autres au sein d'une même source où :

- N est le nombre de groupes électrogènes requis pour fournir la puissance spécifiée ;
- un 1$^{er}$ groupe supplémentaire est ajouté pour accroitre la fiabilité de l'ensemble ;
- un 2$^{e}$ groupe supplémentaire est ajouté pour assurer la maintenance tournante. Hors période de maintenance, ce groupe supplémentaire, permet également d'accroitre la fiabilité de l'ensemble.

Les interfaces avec les installations réalimentées sont identiques à celles normalement mises en œuvre avec une source de type « mono-groupe ».

## 5. Maintenance des groupes électrogènes

Seules des activités de maintenance courantes sont réalisées sur site. Les activités de maintenance intrusives sont réalisées en usine par échange standard du groupe complet. L'installation et le bâtiment sont conçus en conséquence.

La présence d'un groupe supplémentaire pour la maintenance, permet de ne pas remettre en cause la disponibilité de la source interne alternative de puissance lors de la maintenance d'un groupe. La séparation physique des différents groupes électrogènes entre eux permet à l'intervenant de réaliser les gestes de maintenance en toute sécurité, y compris lorsque la source est en fonctionnement.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

## 6.3. PRISE EN COMPTE DES EXIGENCES DE CONCEPTION DANS L'ARCHITECTURE DE L'ALIMENTATION ELECTRIQUE

Pour assurer sa mission vis-à-vis de la sûreté, l'alimentation électrique doit garantir deux grands objectifs :

- un objectif de performance ;
- un objectif de robustesse.

Pour atteindre ces objectifs, la conception de l'alimentation électrique doit prendre en compte un ensemble d'exigences issues :

- des requis de défense en profondeur et d'indépendance ;
- de l'application du critère de défaillance unique ;
- des besoins de maintenance ;
- du classement de sûreté ;
- des requis de diversification et de fiabilité ;
- de la protection contre les agressions externes et internes ;
- des requis de qualification ;
- des besoins fonctionnels des réseaux électriques externe et interne.

### 6.3.1. DEFENSE EN PROFONDEUR ET INDEPENDANCE

Les principes de défense en profondeur définis au chapitre 1.3 et 2.1 du volume 1 s'appliquent à l'alimentation électrique.

Concernant l'alimentation électrique, qui est un système support vis-à-vis de la sûreté, la notion de défense en profondeur est considérée à deux niveaux :

- la défense en profondeur vis-à-vis des sources d'alimentation ;
- la défense en profondeur au sein des différents réseaux d'alimentation.

Concernant les sources d'alimentation, l'application de la défense en profondeur est présentée au travers du paragraphe 6.2.3 ci-avant. Une condition de fonctionnement DBC ou DEC non initiée par l'alimentation électrique sera gérée du point de vue système support « électricité » par le niveau de défense en profondeur le moins élevé disponible. A titre d'exemple, une condition de fonctionnement avec défaillances multiples DEC-A non initiée par un défaut sur l'alimentation électrique sera gérée préférentiellement par l'alimentation principale assurée via l'ANT2.

Concernant les différents réseaux constituant l'alimentation électrique, leur conception intègre également une démarche de défense en profondeur reposant sur plusieurs niveaux :

- un premier niveau : destiné à prévenir les incidents, en s'appuyant sur la qualité de conception des équipements, la maintenance, la prise en compte du retour d'expérience, etc. ;
- un deuxième niveau : destiné à déceler et corriger les écarts pour éviter qu'ils ne dégénèrent, en s'appuyant notamment sur la mise en place de monitoring et dispositifs de protection ;
- un troisième niveau : destiné à renforcer soit la prévention soit la mitigation, en s'appuyant sur des exigences spécifiques de redondance, de diversification, de marge, etc.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

Cette notion de défense en profondeur au niveau des différents réseaux constituant l'alimentation électrique est notamment évoquée au travers de la gestion des perturbations électriques (voir paragraphe 6.4.3 ci-après).

Par ailleurs, une attention particulière est accordée à l'indépendance suffisante du niveau 4 de défense en profondeur (DEC-B) par rapport aux autres niveaux (chapitre 1.3 du volume 1) notamment vis-à-vis de la protection contre les agressions, la protection contre les perturbations électriques et la protection contre les défaillances matérielles de cause commune (voir paragraphes ci-après).

### 6.3.2. DÉFAILLANCE UNIQUE

Le critère de défaillance unique s'applique, conformément aux principes décrits dans les chapitres 2.1 et 3.1 du volume 1, à l'alimentation électrique support au SSCs nécessaires à l'atteinte de l'état contrôlé et l'état sûr en condition de fonctionnement de référence DBC.

L'alimentation électrique étant un système support, le respect du critère de défaillance unique est porté par le SSC alimenté.

### 6.3.3. MAINTENANCE PREVENTIVE

La maintenance des sources internes alternatives de puissance principales (GES 1 à 3) devant pouvoir se faire réacteur en fonctionnement, l'alimentation électrique dispose d'une source interne mutualisable permettant, via un tableau d'aiguillage LHT, de réalimenter un tableau secouru DBC.

Plusieurs programmes d'optimisation sont encore en cours sur ce choix.

Hors période de maintenance, cette source alternative de puissance peut être valorisée pour réalimenter un train électrique de sauvegarde.

De par sa conception, basée sur une architecture multi-groupes incluant un groupe destiné à la maintenance, la maintenance d'un des groupes de la source interne DEC-A (GES DEC-A) peut être faite réacteur en fonctionnement sans impact sur la sûreté.

Il n'est pas requis pour la source interne DEC-B (GES DEC-B) de maintenance réacteur en fonctionnement. En cas d'indisponibilité pour maintenance du GES DEC-B (réacteur à l'arrêt), le tableau LJK peut être réalimenté, via le troisième train de sûreté, par la source interne mutualisable.

Par ailleurs, la maintenance des tableaux LHA et LHB ne devant pas entraîner la perte de la fonction PTR et ses systèmes supports en état F, les tableaux LHE et LHF ont été créés pour permettre, via LHT, l'alimentation notamment du système PTR, d'eau brute secourue (SEC) et de réfrigération intermédiaire (RRI).

### 6.3.4. CUMUL MDTE

Les systèmes requis en conditions de fonctionnement de référence DBC avec cumul MDTE sont secourus par une source interne alternative de puissance principale (GES). Les principaux systèmes secourus par les GES 1 à 3 sont identifiés sur la Figure 38.

### 6.3.5. CLASSEMENT

Les catégories et les classes de sûreté, définies au chapitre 2.6 du volume 1, s'appliquent à l'alimentation électrique en tant que système support des fonctions de sûreté.

Le classement de sûreté des composants de l'alimentation électrique est conforme à celui des fonctions supportées. A ce titre, en tant que systèmes supports de composants requis pour l'atteinte de l'état contrôlé en conditions de fonctionnement de référence DBC, les

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

sources internes de puissance principale, la source interne mutualisable et les tableaux associés (LHA/LHB/LHC/LHT/LHD) sont classés de sûreté 1.

En tant que système support de composants requis pour limiter les conséquences d'une condition de fonctionnement avec défaillances multiples DEC-A, la source interne de puissance diversifiée est classée de sûreté 3.

En tant que système support de composants requis pour limiter les conséquences d'une condition de fonctionnement avec fusion du cœur DEC-B, la source interne de puissance DEC-B et son tableau associé (LJK) sont classés de sûreté 3.

### 6.3.6. DIVERSIFICATION ET APPORTS DES ETUDES PROBABILISTES DE SURETE

#### 6.3.6.1. Diversification

Afin de limiter les risques de défaillance de cause commune, les principes de diversification des équipements sont exposés au chapitre 2.1 du volume 1.

Les requis de diversification applicables à l'alimentation électrique sont définis en lien avec la liste des conditions de fonctionnement avec défaillances multiples DEC-A mentionnées au paragraphe 2.2.2 du volume 1, et seront à confirmer en cours de « basic design » sur la base d'éléments probabilistes.

Concernant l'alimentation électrique, une source interne alternative de puissance diversifiée doit être prévue pour gérer (conformément au chapitre 2.2 du volume 1) la condition de fonctionnement avec défaillances multiples DEC-A de MDTG.

Le GES DEC-A est diversifié autant que nécessaire par rapport aux sources internes alternatives de puissance principales, afin qu'il puisse être valorisé dans un tel scenario et sa fiabilité est renforcée grâce à l'utilisation d'une architecture multi-groupes (groupes diesels de faible puissance, connectés en parallèle).

Les moyens mis en œuvre pour éviter les défaillances de cause commune sur les batteries porteront principalement sur la diversification par l'âge (vieillissement) et par la fourniture (constructeur).

Par ailleurs, de par ses caractéristiques (réseau basse tension, batterie diversifiée si besoin et GES DEC-B de fourniture différente de celle des GES principaux et du DEC-A), le réseau DEC-B est considéré robuste aux risques de défaillance de cause commune pouvant affecter les autres réseaux.

Par ailleurs, concernant les tableaux LH une diversification autant que nécessaire sera assurée entre les tableaux LHA-B-C et le tableau LHD. Cette diversification permet notamment de prendre en compte le risque de défaillance de cause commune fonctionnelle des tableaux LH, au travers d'une diversification adaptée de l'appareillage de coupure.

#### 6.3.6.2. EPS à la conception

Les analyses probabilistes ont été utilisées à la fois en appui lors des phases préliminaires d'élaboration du schéma unifilaire (SLD) via l'étude de différentes configurations, et au travers des enseignements issus des différents modèles d'Etudes Probabilistes de Sûreté (EPS) de REP en exploitation (Evénements Internes ou Agressions), afin de renforcer un caractère plus « équilibré » de la conception vis-à-vis des risques électriques.

Ces analyses ont conduit pour le SLD de l'EPR NM à privilégier :

- un renforcement de l'indépendance de la distribution non classée vis-à-vis de la distribution classée ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- l'ajout d'organes de coupure en aval ou en amont des transformateurs de soutirage et auxiliaire pour limiter l'impact de certaines agressions internes ;
- la présence d'un tableau d'interconnexion (LHT) pour la distribution HT, qui pourrait être valorisé au-delà de la simple réalimentation d'un train de sauvegarde par la source interne alternative de puissance « mutualisée » ;
- l'utilisation d'une source de type multi-groupes comme source interne de puissance diversifiée, dont la probabilité de défaillance est réduite d'un facteur au moins 4 par rapport à un mono groupe ;
- la prise en compte de certaines configurations de maintenance préventive d'équipements électriques.

### 6.3.7. AGRESSIONS INTERNES ET EXTERNES

Les exigences de protection contre les agressions internes, définies au chapitre 2.3 du volume 1, et contre les agressions externes, définies au chapitre 2.4 du volume 1, s'appliquent à l'alimentation électrique.

#### 6.3.7.1. Agressions internes

L'alimentation électrique doit être protégée contre les agressions internes.

L'approche de conception mise en œuvre pour la protection des SSCs contre les effets d'une agression interne, en particulier pour les SSCs nécessaires à la gestion des conditions de fonctionnement de référence DBC, consiste notamment à limiter les effets de l'agression sur ces systèmes soit :

- par la séparation physique avec des barrières situées entre la source de l'agression et le SSC susceptible d'être affecté ;
- par la séparation géographique (distance, orientation, localisation), avec par exemple une distance suffisante entre les équipements ;
- par une isolation électrique avec mise en place par exemple d'organes de coupure, pour limiter les conséquences d'une perturbation électrique initiée par l'agression.

Cette approche garantit (hors cas particulier des zones de convergence incontournables) qu'une agression interne ne peut affecter simultanément plusieurs trains électriques DBC, DEC-A ou DEC-B (sources et distribution) et ne peut donc affecter plusieurs trains redondants de systèmes nécessaires pour la mitigation de ces évènements.

Pour les zones de convergence, une analyse spécifique sera menée pour justifier de leur acceptabilité.

Pour atteindre ces exigences, les principes de protection par agression sont les suivants :

Par rapport à l'agression IEM, les SSCs électriques sont protégés :

- vis-à-vis des perturbations rayonnées par :
  - la séparation géographique des équipements perturbateurs, des équipements sensibles d'une même voie de sûreté et entre des voies de sûreté différentes ;
  - le cas échéant, la mise en œuvre d'une séparation physique ;
- vis-à-vis des perturbations conduites par :
  - l'équipotentialité de l'installation (maillage du réseau de masse) ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- la mise en place des dispositifs d'isolement notamment entre les équipements appartenant à des voies de sûreté différentes ou entre des équipements de classes de sûreté différentes.

Par rapport à l'agression incendie les SSCs électriques sont protégés par :

- une séparation physique assurée par la sectorisation incendie ;
- et/ou une isolation électrique via la mise en place d'un plan de protection destiné à éliminer au plus tôt et de manière sélective un défaut électrique induit par l'incendie.

A titre d'exemple, des organes de coupures ont été ajoutés en amont et en aval des ANT pour limiter l'impact sur l'îlot nucléaire d'événements se produisant sur l'îlot conventionnel et éviter les situations de MDTE > 2 h.

Par rapport aux agressions explosion, émission de projectiles, défaillance d'équipements sous pression, inondation et collision et chute de charge, les SSCs électriques sont protégés par :

- des règles d'installation destinées à éviter les zones à risque ;
- la protection des zones sans risque ou à risque limité vis-à-vis des zones à risques par une utilisation adéquate, voire combinée de séparations géographique et physique.

Par ailleurs, les redondances au sein d'un même système sont également séparées et les SSCs nécessaires en cas de conditions de fonctionnement avec fusion du cœur DEC-B sont séparés des SSCs requis pour la prévention de la fusion.

#### 6.3.7.2. Agressions externes de référence

En tant que système support participant à la mitigation de conditions de fonctionnement DBC et DEC, certaines parties de l'alimentation électrique doivent être dimensionnées pour rester opérationnelles en cas d'agression externe de référence DBH.

Par conséquent, les sources internes alternatives de puissance (GES principaux 1 à 3, source interne de maintenance, GES diversifié DEC-A et GES DEC-B) ainsi que les distributions électriques associées doivent être conçues pour rester opérationnelles.

Ainsi, même en cas de MDTE éventuellement induit par une agression externe de référence, l'alimentation électrique des SSCs requis pour la gestion de ses conséquences reste opérationnelle.

Pour atteindre ces exigences, les principes de protection par agression sont les suivants :

Par rapport à l'agression foudre, les SSCs électriques sont protégés :

- des effets directs par les bâtiments dans lesquels ils sont installés ;
- des effets indirects par :
  - les dispositifs de protection issus de l'alimentation électrique ;
  - la tenue intrinsèque des équipements à l'onde de choc et au champ rayonné résiduels.

Par rapport à l'agression IEM, les SSCs électriques sont protégés :

- par les bâtiments dans lesquels ils sont installés ;
- par les dispositifs de protection IEM issus de l'alimentation électrique ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- la tenue intrinsèque des équipements aux surtensions conduites et au champ rayonné résiduels.

Par rapport à l'agression séisme les SSCs électriques sont protégés par leur tenue intrinsèque au spectre de séisme requis.

Par rapport à l'agression conditions météorologiques, les SSCs électriques sont protégés par les structures des bâtiments dans lesquels ils sont installés et les dispositifs de conditionnement.

Par rapport à l'agression inondation, les SSCs électriques sont protégés par les bâtiments (niveau d'installation) dans lesquels ils sont installés. [ ]

Par rapport à l'agression explosion, les SSCs électriques sont protégés par les bâtiments dans lesquels ils sont installés.

#### 6.3.7.3. Agressions externes extrêmes naturelles

Conformément au chapitre 2.4 du volume 1, en tant que système requis pour prévenir la fusion du cœur dans un scénario de manque de tension externe cumulé à la perte totale de la source froide principale de sûreté (respectivement pour permettre la mitigation des accidents avec fusion du cœur), le GES diversifié DEC-A (respectivement le GES DEC-B) est conçu pour rester opérationnel en cas d'agression externe extrême naturelle.

### 6.3.8. QUALIFICATION

Les matériels classés de sûreté de l'alimentation électrique doivent être qualifiés aux conditions d'ambiance générées par les événements pour lesquels ils doivent supporter les fonctions principales de sûreté. Les conditions d'ambiance de qualification sont définies conformément au chapitre 2.7 du volume 1.

### 6.3.9. EXIGENCES FONCTIONNELLES DES RESEAUX ELECTRIQUES EXTERNE ET INTERNE

L'alimentation électrique doit satisfaire aux exigences électriques suivantes.

#### 6.3.9.1. Exigences au niveau du réseau externe

Ce paragraphe spécifie les besoins en amont de l'alimentation électrique soit au point de raccordement « alimentation électrique/réseau externe ».

Les sources électriques externes doivent garantir au point de raccordement :

- une Puissance de Court-Circuit minimale ($Pcc_{min}$) et une tension minimale ($U_{min}$) suffisantes pour permettre le démarrage des moteurs en un temps minimal $t_{min}$ ;
- une Puissance de Court-Circuit maximale ($Pcc_{max}$) et une tension maximale ($U_{max}$) pour permettre la maîtrise des contraintes imposées par les courants de courts-circuits sur l'alimentation électrique (exemple : pouvoir de coupure de l'appareillage).

#### 6.3.9.2. Exigences fonctionnelles du réseau interne

Ce paragraphe spécifie les besoins en aval de l'alimentation électrique soit au point de raccordement « alimentation électrique/charges ».

L'alimentation électrique doit garantir au point de raccordement :

- une Puissance de Court-Circuit minimale ($Pcc_{min}$) et une tension minimale pour permettre le démarrage des moteurs en un temps minimal $t_{min}$ ;
- une plage de tension $U_{min} < U < U_{max}$ pour permettre le bon fonctionnement des

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

charges alimentées ;

- une plage de fréquence $f_{min} < f < f_{max}$ pour permettre le bon fonctionnement des charges alimentées.

Chaque niveau de défense en profondeur doit disposer d'au moins deux types de réseaux électriques :

- un réseau interruptible, pour les charges acceptant une coupure électrique brève ;
- un réseau sans coupure pour les charges n'acceptant pas de coupure électrique.

Conformément aux exigences du chapitre 2.1 du volume 1, l'autonomie des sources d'alimentation des réseaux interruptibles doit être cohérente avec l'objectif de conception [ ]. Chaque source intégrera donc les réserves nécessaires et suffisantes pour couvrir cette autonomie.

L'autonomie des sources d'alimentation des réseaux sans coupure doit être cohérente, à minima, avec le temps nécessaire pour la mise en service d'une source d'alimentation de puissance interruptible.

Les perturbations électriques (hors phénomènes issus des agressions IEM et foudre, car traités au travers des agressions) doivent être identifiées.

La conception de l'alimentation électrique doit garantir à minima, vis-à-vis des perturbations électriques, l'intégrité des composants de cette dernière et des charges alimentées.

La sélectivité et la coordination des dispositifs de protection doivent être assurées.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

## 6.4. PRISE EN COMPTE DES PERTES ELECTRIQUES A LA CONCEPTION

Le présent paragraphe décrit la façon dont la conception de l'EPR NM prend en compte les pertes d'alimentation électrique. Pour chaque grand type d'initiateur susceptible d'entraîner des pertes électriques, les choix de conception réalisés sur EPR NM afin d'en limiter les conséquences ou d'être en mesure de les écarter des conditions de fonctionnement DBC ou DEC sont décrits ou rappelés.

### 6.4.1. AGRESSIONS

#### 6.4.1.1. Agressions internes

L'approche de conception mise en œuvre pour la protection de l'alimentation électrique contre les effets d'une agression interne est présentée au paragraphe 6.3.7.1 ci-avant. Conformément aux dispositions prises, la perte totale des alimentations électriques n'est donc pas une conséquence plausible d'une agression interne.

#### 6.4.1.2. Agressions externes de références

L'approche de conception mise en œuvre pour la protection de l'alimentation électrique contre les effets d'une agression externe de référence est présentée paragraphe 6.3.7.2 ci-avant. Conformément aux dispositions prises, la perte totale des alimentations électriques n'est donc pas une conséquence plausible d'une agression externe de référence.

#### 6.4.1.3. Agressions externes extrêmes naturelles

Comme mentionné au paragraphe 6.3.7.3 ci-avant, le GES diversifié DEC-A, le GES DEC-B ainsi que les distributions électriques associées sont conçus pour rester opérationnels en cas d'agressions externes extrêmes naturelles.

La perte totale des alimentations électriques n'est donc pas une conséquence plausible d'une agression externe extrême naturelle.

### 6.4.2. DÉFAILLANCE INTRINSÈQUE DES MATÉRIELS ÉLECTRIQUES

#### 6.4.2.1. Défaillance intrinsèque des sources électriques

Le MDTE cumulé à une défaillance par cause commune des sources internes alternatives de puissance principales et à la défaillance de la source interne de maintenance mutualisable (MDTG) est étudié au titre des conditions de fonctionnement DEC-A. Pour un tel scénario, l'alimentation de la distribution électrique des auxiliaires de sauvegarde est alors assurée par le GES diversifié DEC-A.

De plus, l'attention particulière accordée à l'indépendance du niveau 4 de défense en profondeur par rapport aux autres niveaux a conduit à définir une sous-distribution électrique dédiée à la mitigation des accidents avec fusion du cœur, alimentant les auxiliaires de sauvegarde requis dans ce cas (en particulier évacuation ultime de chaleur du bâtiment réacteur / réfrigération ultime (EVU/SRU)), possédant sa propre source interne de puissance DEC-B et isolée en fonctionnement normal.

La fiabilité améliorée du GES DEC-A permet de ne pas devoir recourir au GES DEC-B dans les études probabilistes de sûreté pour réduire le risque de fusion du cœur. Le GES DEC-B n'est crédité que pour réduire le risque de rejets importants ou précoces.

La situation de perte totale de sources (perte des sources externes et de toutes les sources internes alternative de puissance : sources internes principales (GES1 à 3), source mutualisée, GES diversifié DEC-A et GES DEC-B) est par conséquent rendue extrêmement improbable avec un haut degré de confiance.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

### 6.4.2.2. Défaillance intrinsèque des tableaux électriques

Les défaillances des tableaux électriques peuvent être de deux types :

- des défaillances intrinsèques des parties fixes (jeu de barres, protections, relayage basse tension, etc.) des tableaux électriques ;
- des défaillances intrinsèques sur les parties mobiles (disjoncteurs, contacteurs, etc.) associées aux tableaux.

L'approche retenue est une diversification des tableaux autant que nécessaire (voir paragraphe 6.3.6.1 ci-avant), afin de rendre la perte totale des alimentations électriques par défaillances intrinsèques des tableaux électriques extrêmement improbable avec un haut degré de confiance.

## 6.4.3. PERTURBATIONS ÉLECTRIQUES

Différents évènements ayant eu lieu notamment sur des réacteurs en exploitation ont mis en lumière la possibilité que des perturbations électriques sur le réseau externe puissent se propager sur le réseau de distribution interne.

Ces perturbations peuvent être notamment :

- des surtensions issues du réseau externe ;
- des déséquilibres de tension dues à la perte non détectée d'une ou de deux phases.

Ces évènements spécifiques, susceptibles de perturber le bon fonctionnement de l'alimentation électrique ou des équipements alimentés sont pris en compte dans la conception notamment via la mise en place de dispositifs de protection destinés :

- à limiter la surtension à une valeur résiduelle compatible avec la tenue des équipements ;
- à détecter via une mesure de déséquilibre une ouverture de phase et le cas échéant, en fonction du niveau de déséquilibre, à déclencher la ou les charges alimentées.

Cependant, au-delà de la prise en compte d'évènements particuliers issus du retour d'expérience des réacteurs en exploitation, la conception repose sur une démarche spécifique de prise en compte des perturbations électriques à la conception. Cette démarche consiste à identifier :

- les initiateurs avérés ou redoutés de perturbations électriques ;
- les parades préventives ;
- les phénomènes engendrés ;
- les parades correctives.

Cette démarche de conception a pour objectif de garantir, en tout point du réseau interne, un domaine identifié et borné des grandeurs électriques tension, intensité et fréquence, assurant le bon fonctionnement de l'alimentation électrique et des équipements alimentés.

Le réseau interne de distribution électrique étant ainsi rendu robuste aux perturbations électriques, la perte totale des sources en courant alternatif et/ou de leur distribution associée n'est donc pas une conséquence plausible d'un scénario de perturbations électriques.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## 6.4.4. CONCLUSION CONCERNANT LES PERTES ELECTRIQUES

Compte-tenu d'une conception essentiellement basée sur des moyens actifs (donc nécessitant notamment une alimentation électrique), un objectif important pour l'EPR NM est la robustesse des systèmes électriques.

Les dispositions prises au niveau de la protection contre les agressions internes et externes de référence permettent d'exclure de la démonstration déterministe le risque de perte totale des alimentations électriques en cas d'agression.

Par ailleurs, à titre d'hypothèses de découplage, les dispositions prises pour la protection contre les agressions externes extrêmes naturelles permettent également d'exclure dans ces situations une perte totale des alimentations électriques, ce qui permet de garantir le respect, in fine, des objectifs de sûreté probabilistes (risque de fusion du cœur, toutes agressions confondues, inférieur à $1x10^{-5}$ par réacteur et par an et rejets importants ou précoces rendus extrêmement improbables avec un haut degré de confiance).

Les dispositions retenues pour la conception des systèmes électriques permettent également de rendre extrêmement improbables avec un haut degré de confiance les rejets résultant de situations de perte totale des alimentations électriques par défaillances intrinsèques. Ces dispositions se traduisent notamment par :

- une diversification suffisante des tableaux électriques de même tension permettant d'exclure les défaillances de cause commune sur ces tableaux ;
- la diversification autant que nécessaire du GES diversifié DEC-A par rapport aux sources internes alternatives de puissance principales ;
- l'augmentation du niveau de fiabilité du GES DEC-A grâce à l'utilisation d'une architecture multi-groupes ;
- l'indépendance du GES DEC-B et de sa distribution électrique.

De plus, des dispositions de conception permettent de rendre le réseau interne de distribution de courant alternatif ainsi que les sources alternatives de puissance robustes aux perturbations électriques, et ainsi non plausible la perte totale des alimentations électriques comme conséquence d'un scénario de perturbations électriques.

Les résultats préliminaires des analyses probabilistes support à la conception montrent que l'architecture de l'unifilaire est conçue pour être robuste aux risques électriques, et que les efforts de conception réalisés permettent de réduire significativement le poids des scénarios électriques vis-à-vis des risques de fusion du combustible ou de rejets importants. Ainsi la fréquence préliminaire de manque de tension sur les tableaux LH et LJ (DEC-B) obtenue pour l'ensemble des causes modélisée (défaillances externes ou internes au SLD) devrait être inférieure à $1x10^{-8}$ par réacteur et par an.

La vérification de l'efficacité des dispositions mises en œuvre sera apportée in fine par les études d'agression, les analyses de conformité des systèmes électriques aux exigences de sûreté ainsi que par les études probabilistes de sûreté dont les résultats seront présentés dans le rapport préliminaire de sûreté support à la demande d'autorisation de création.

Il convient enfin de rappeler que, en plus de toutes ces dispositions de conception, il sera vérifié que l'efficacité du confinement reste assurée pendant au moins 24 heures en cas d'accident de fusion du cœur avec perte totale des alimentations électriques (voir chapitre 2.5 du volume 1).

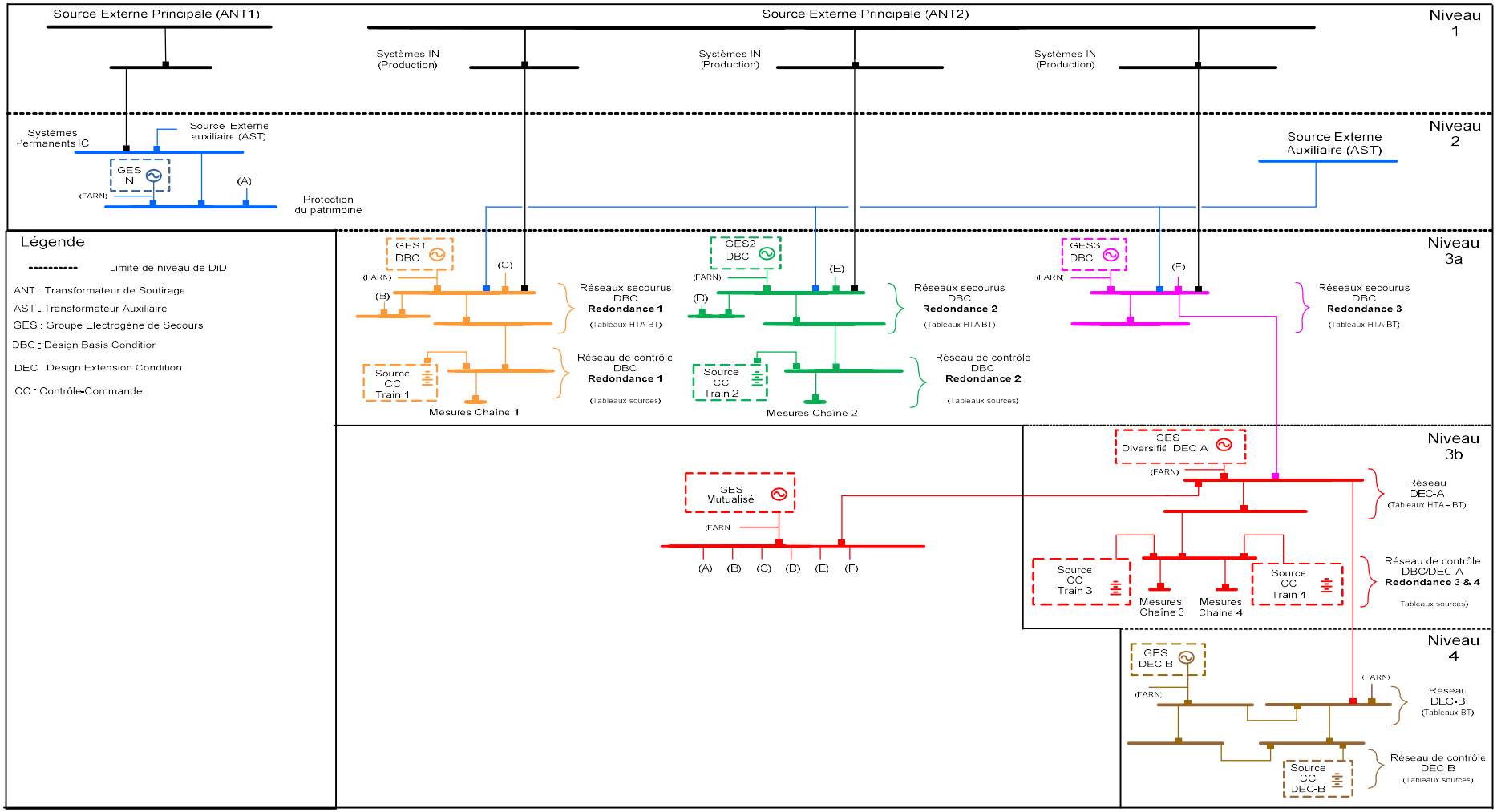
This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

## FIGURE 38 : SCHEMA UNIFILAIRE DE L'ALIMENTATION ELECTRIQUE

[ ]

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

## FIGURE 39 : DEFENSE EN PROFONDEUR DES SOURCES D'ALIMENTATION




This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## 7. PISCINES COMBUSTIBLE ET SYSTEMES ASSOCIES

Les piscines combustible des bâtiments réacteur (BR) et combustible (BK) sont présentées sur la Figure 40 ci-après :

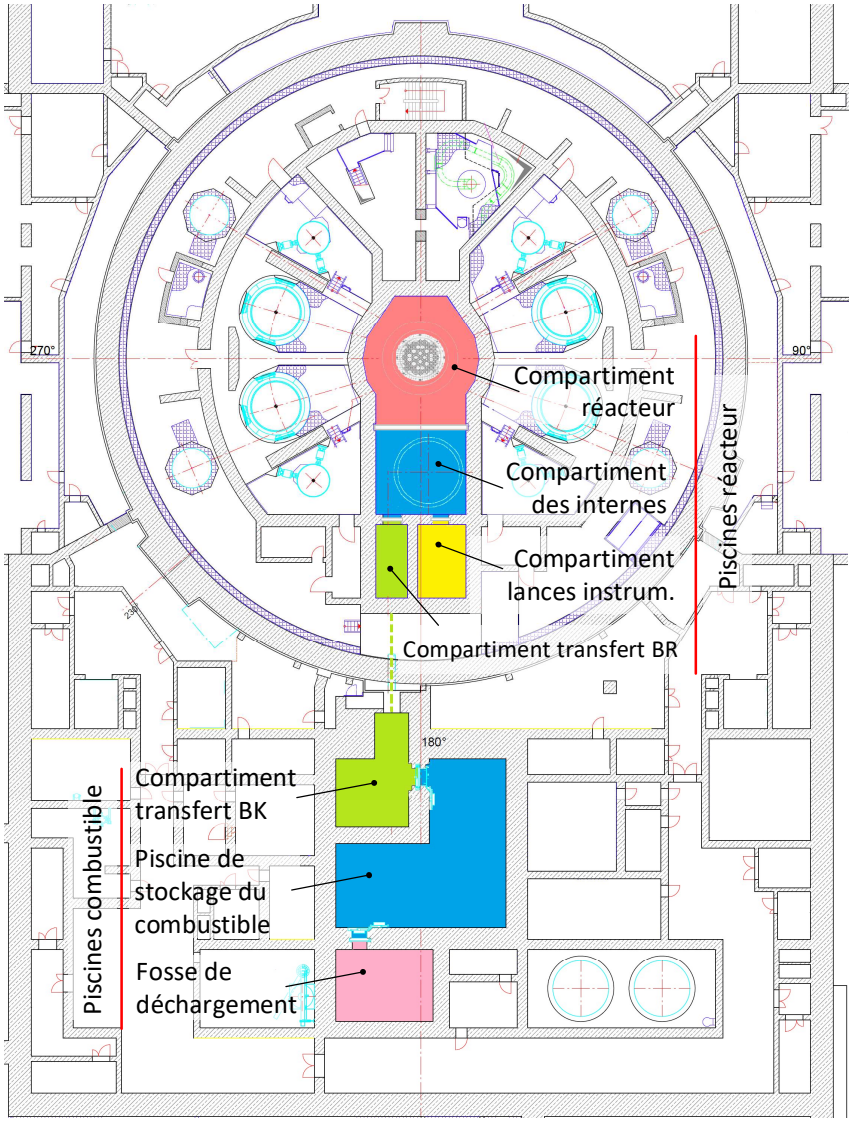



**FIGURE 40 : SCHEMA DES PISCINES BR ET BK**

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

## 7.1. DESCRIPTION GLOBALE DES PISCINES REACTEUR

Selon la Figure 40, les piscines du bâtiment réacteur sont composées :

- d'un compartiment réacteur situé au-dessus de la cuve et rempli en eau en cas d'arrêt réacteur pour le changement du combustible ;
- d'un compartiment des internes rempli en eau en cas d'arrêt réacteur et permettant le stockage des internes supérieurs ou de l'ensemble [internes supérieurs + internes inférieurs] lorsqu'ils sont extraits de la cuve. Le compartiment est connecté au compartiment réacteur, au compartiment des lances d'instrumentation et au compartiment de transfert du bâtiment réacteur par des liaisons isolables.
- d'un compartiment de stockage sous eau des lances d'instrumentation ou des tiges de commande de grappes lorsqu'elles sont extraites du cœur ou lorsqu'elles sont usagées. Le compartiment est connecté au compartiment des internes par une liaison isolable.
- d'un compartiment de transfert connecté au compartiment de transfert du bâtiment combustible par le tube transfert et qui permet de transférer les assemblages combustible entre les deux bâtiments. Le compartiment est connecté au compartiment des internes par une liaison isolable.

## 7.2. DESCRIPTION GLOBALE DES PISCINES COMBUSTIBLE

Selon la Figure 40, les piscines du bâtiment combustible sont composées :

- d'une piscine de stockage du combustible usé dont le détail est présenté en Figure 41. [ ] Nota : ces valeurs numériques sont préliminaires et sont susceptibles d'évoluer durant le « basic design ».
- d'une fosse de déchargement sous laquelle vient s'accoster le chariot de déchargement sous fosse pour l'évacuation du combustible usé sous eau et l'introduction du MOX (Mélange d'OXyde de plutonium et d'OXyde d'uranium) neuf en air (voir chapitre 7.5 du présent volume). La fosse est connectée à la piscine combustible par une liaison isolable.
- d'un compartiment de transfert connecté au compartiment de transfert du bâtiment réacteur par le tube transfert et qui permet de transférer les assemblages combustible entre les deux bâtiments. Le compartiment est connecté à la piscine combustible par une liaison isolable.

**[ ]**

**FIGURE 41 : SCHEMA DE LA PISCINE DE STOCKAGE DU COMBUSTIBLE USE**

[ ]

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# 7.3. TRAITEMENT ET REFROIDISSEMENT DE L'EAU DES PISCINES (PTR)

## 7.3.1. ROLE FONCTIONNEL

### 7.3.1.1. Fonctions opérationnelles

En fonctionnement normal, le système PTR (système de traitement et refroidissement d'eau des piscines) assure les fonctions définies ci-dessous :

- maintenir la température de la piscine de stockage du combustible usé inférieure au seuil défini en fonctionnement normal ;
- maintenir un niveau d'eau au-dessus des assemblages combustibles permettant l'accès au plancher piscine ;
- garantir une visibilité dans les piscines BR et BK compatible avec les activités de manutention de combustible ;
- assurer la purification de l'eau des piscines BK et BR et de l'IRWST ;
- assurer l'isolement de la traversée enceinte du tube de transfert ;
- assurer les transferts d'eau borée entre les compartiments des piscines BR et BK, l'IRWST et la bâche externe ;
- assurer le remplissage du château de plomb pour l'évacuation de combustible ;
- amener de l'eau à l'IRWST depuis la bâche externe en état d'arrêt.

### 7.3.1.2. Fonctions de sûreté

En conditions de fonctionnement de référence DBC2-4 et en conditions de fonctionnement avec défaillances multiples DEC-A, le système PTR contribue à la réalisation des fonctions fondamentales de sûreté suivantes :

Evacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives et des réactions nucléaires :

- maintenir la température de la piscine de stockage du combustible usé inférieure aux critères définis pour les différentes conditions de fonctionnement (voir chapitres 3.1 et 3.2 du volume 1) ;
- assurer le non découvrement des assemblages combustibles stockés ou en cours de manutention ;
- assurer les transferts d'eau borée entre les compartiments de la piscine BR et l'IRWST.

Confinement des substances radioactives :

- le système PTR étant installé hors de l'enceinte de confinement et comportant des connexions avec les piscines BR et l'IRWST situées à l'intérieur de l'enceinte, il participe à la fonction confinement par l'isolement de l'enceinte de confinement au niveau de ses traversées de l'enceinte.

La Tableau 18 ci-après liste les principales fonctions de sûreté du système PTR et indique leur contribution aux fonctions fondamentales de sûreté listées ci-dessus. Le respect de ces dernières permet d'assurer la quatrième fonction fondamentale de sûreté qu'est la protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

| Fonctions de sûreté du PTR | Évacuation de la puissance | Confinement des substances radioactives | Maîtrise des réactions nucléaires |
|---|---|---|---|
| Contrôler la température de la piscine de stockage du combustible usé. | X | | |
| Assurer le non découvrement des assemblages combustibles stockés ou en cours de manutention. | X | | |
| Assurer les transferts d'eau borée entre les compartiments de la piscine BR et l'IRWST. | X | | |
| Isoler les traversées de l'enceinte. | | X | |

**TABLEAU 18 : PRINCIPALES FONCTIONS DE SURETE DU SYSTEME PTR**

### 7.3.2. DESCRIPTION GENERALE DU SYSTEME

#### 7.3.2.1. Circuit de refroidissement

Afin de maintenir la température de la piscine de stockage du combustible usé inférieure aux critères, les conditions de fonctionnement sont gérées par :

- deux trains PTR principaux ; en fonctionnement normal, un train PTR est en service dans les états A à D et deux trains sont en service dans les états E et F ;
- un 3e train PTR en cas de perte des deux trains principaux (par exemple en cas de perte de la source froide principale de sûreté ou de Manque De Tension Généralisé (MDTG)). Il est de plus mis en service de manière préventive lors des opérations de maintenance sur un train principal.

Les deux trains principaux sont composés chacun de :

- une tuyauterie d'aspiration connectée à la piscine de stockage du combustible usé ;
- deux pompes redondantes en parallèle [ ] ;
- un échangeur refroidi par la chaîne de refroidissement principale (système de réfrigération intermédiaire, voir chapitre 8.1 du présent volume) ;
- une tuyauterie de refoulement connectée à la piscine de stockage du combustible usé.

Les trains principaux de refroidissement PTR sont situés dans le bâtiment combustible.

Le 3e train est composé de :

- une tuyauterie d'aspiration connectée à la piscine de stockage du combustible usé ;
- une pompe [ ] ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- un échangeur refroidi par une chaîne de refroidissement diversifiée (voir chapitre 8.1 du présent volume) ;
- une tuyauterie de refoulement connectée à la piscine de stockage du combustible usé.

Les équipements principaux du 3e train PTR sont situés dans le bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3, les tuyauteries d'aspiration et de refoulement cheminent dans le bâtiment combustible et les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde 2 et 3.

Chaque train aspire sur une face différente de la piscine combustible. L'aspiration et le refoulement d'un même train PTR se font sur la même face.

Les appoints en eau déminéralisée pour compenser l'évaporation sont réalisés par le système d'eau déminéralisée (SED) en fonctionnement normal.

Aucun système d'appoint n'est nécessaire pour la gestion des conditions de fonctionnement de référence de référence DBC dans le bâtiment combustible. Les trains de refroidissement PTR peuvent être redémarrés en présence d'une bulle d'air dans la crosse d'aspiration et les casse-siphons des trains de refroidissement sont équipés de vannes. Les altimétries des trois trains (crosse d'aspiration) sont alignées. En cas de rupture sur l'un des trains, la vidange est arrêtée par le casse-siphon à l'altimétrie des crosses d'aspiration ; un train non rupté peut-être redémarré suite à la fermeture d'une vanne équipant son casse-siphon et l'aspiration de la bulle d'air lors du redémarrage de la pompe.

Au titre de l' « élimination pratique » de la fusion du combustible dans la piscine de stockage du combustible usé suite à son découvrement, dans le cas où les trois trains PTR sont indisponibles pour refroidir la piscine de stockage du combustible usé, le système d'appoint en eau de secours (SEM) (voir chapitre 3.6 du présent volume) fournit l'appoint à la piscine combustible en cas d'ébullition prolongée.

**[ ]**

**FIGURE 42 : SCHEMA DE PRINCIPE DES CIRCUITS DE REFROIDISSEMENT PTR**

### 7.3.2.2. Circuit de purification et transfert

Le circuit de purification et transfert du système PTR est indépendant du circuit de refroidissement de la piscine de stockage du combustible usé. Ce circuit permet de purifier et d'assurer les transferts d'eau entre les différents compartiments des piscines BR et BK, l'IRWST et la bâche externe. Il assure en conditions de fonctionnement DBC2-4 et DEC-A les fonctions de sûreté « isolement de l'enceinte de confinement au niveau de ses traversées de l'enceinte » et « recirculation de l'eau des piscines BR vers l'IRWST ».

A ce stade de la conception, ce circuit est similaire à l'EPR Flamanville, hormis pour les tuyauteries fond de piscine, pour lesquelles des parades spécifiques de mitigation et de prévention seront mises en œuvre pour l'EPR NM vis-à-vis du risque de découvrement du combustible par vidange rapide (voir chapitre 7.4 du présent volume).

Les composants des trains principaux de ce circuit sont situés dans le bâtiment combustible. Les lignes PTR qui traversent l'enceinte sont munies de deux organes d'isolement en série.

### 7.3.2.3. Autres circuits

Le système PTR comporte également les circuits et équipements suivants :

- circuit d'écrémage de la piscine de stockage du combustible usé et de la piscine BR ;
- bâche externe de stockage, permettant de réaliser un appoint à l'IRWST suite au remplissage des piscines BR et de stocker de l'eau pour la réalisation

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

d'opération de maintenance en arrêt du réacteur.

#### 7.3.2.4. Conditions de fonctionnement du système PTR

Les fonctions de sûreté définies au paragraphe 7.3.1.2 interviennent dans les conditions de fonctionnement suivantes :

- perte d'un train de refroidissement PTR (DBC2 – états A à D) ;
- Manque De Tension Externe (MDTE) ≤ 2h, aspects BR et BK (DBC2 – états A et B) ;
- MDTE ≤ 2h, aspects BR et BK (DBC3 – états C, D et E) ;
- MDTE > 2h, aspects BR et BK (DBC3 – états A et B) ;
- perte d'un train de refroidissement PTR ou d'un système support du PTR (DBC3 – états E et F) ;
- rupture de tuyauterie isolable sur un circuit connecté à la piscine de stockage du combustible usé (DBC3 – états A à F) ;
- APRP petite brèche, aspects BR et BK (DBC4 – états C, D et E) ;
- brèche isolable sur le système d'injection de sécurité (RIS) en mode RA à l'extérieur de l'enceinte aspects BR et BK (DBC4 – états C, D et E) ;
- brèche isolable sur le système RIS en mode RA à l'intérieur de l'enceinte, aspects BR et BK (DBC4 – états C, D et E) ;
- MDTE > 2h, aspects BR et BK (DBC4 – états C à F) ;
- défaillance de cause commune affectant les trains principaux du système de réfrigération intermédiaire (RRI) (DEC-A – états A à F) ;
- défaillance de cause commune affectant les trains principaux d'eau brute secourue (SEC) (DEC-A – états A à F) ;
- défaillance de cause commune affectant les trains principaux PTR (DEC-A – états A à F).

#### 7.3.2.5. Agression internes et externes

Les fonctions de sûreté du PTR impliquées dans la mitigation d'événement de type DBC éventuellement induits par des agressions internes et externes sont les mêmes que celles listées précédemment.

D'autres fonctions PTR spécifiques aux études d'agressions pourraient être précisées en cours de « basic design ».

#### 7.3.2.6. Systèmes en interface

##### 7.3.2.6.1. Systèmes supportés

Le système PTR supporte le système RIS (appoint en eau IRWST par la bâche externe).

##### 7.3.2.6.2. Systèmes supports

Le système PTR est supporté par les systèmes suivants :

- les systèmes de conditionnement et de ventilation du bâtiment combustible et de la zone contrôlée (DWK et DWL3) ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- les systèmes électriques (Groupe Electrogène de Secours (GES) 1, 2 et 3 et GES DEC-A) ;
- les systèmes de refroidissement (RRI/SEC 1-2 et RRI/SEC3) ;
- les systèmes de contrôle-commande.

Les systèmes supports du système PTR (chaîne de refroidissement et alimentations électriques) sont dimensionnés pour gérer les conditions de fonctionnement DBC et DEC-A affectant simultanément le bâtiment réacteur et le bâtiment combustible, sans générer de situation d'ébullition dans la piscine de stockage du combustible usé en BK.

### 7.3.3. PRISE EN COMPTE DES EXIGENCES DE CONCEPTION DANS L'ARCHITECTURE DU SYSTEME PTR

Ce paragraphe précise les principales exigences de conception applicables à l'architecture du système PTR.

#### 7.3.3.1. Défaillance unique

La défaillance unique active, telle que définie par les chapitres 2.1 et 3.1 du volume 1, est prise en compte pour la fonction d'évacuation de la puissance résiduelle nécessaire en conditions de fonctionnement DBC par l'existence de deux trains principaux indépendants capables d'assurer les performances requises, et d'un 3e train en cas de maintenance préventive d'un train principal.

La défaillance unique active est également prise en compte :

- pour la fonction d'isolement nécessaire en condition de fonctionnement DBC par la redondance des organes d'isolement au sein d'un même train ;
- pour la fonction de recirculation d'eau borée entre la piscine BR et l'IRWST nécessaire en condition de fonctionnement de référence DBC par la redondance des organes de transfert au sein d'un même train.

La défaillance unique passive ne s'applique pas au système PTR, comme décrit dans le chapitre 3.1 du volume 1.

#### 7.3.3.2. Maintenance préventive

Les règles concernant l'application de la maintenance préventive sont reconduites de l'EPR Flamanville.

La maintenance préventive des trains principaux du PTR est prévue en état A. Associée à cette maintenance, le train PTR3 et ses systèmes supports sont démarrés préventivement.

La maintenance de la chaîne de refroidissement diversifiée en support au 3e train du PTR est prévue en état F. La maintenance du train PTR3 est ainsi réalisée en état F en raison de son indisponibilité.

#### 7.3.3.3. Cumul MDTE

Les trains PTR principaux sont alimentés par des divisions électriques différentes, et secourus par la source interne alternative de puissance principale DBC de leur division respective pour prendre en compte le MDTE en tant qu'initiateur.

Par ailleurs, le train 3 est secouru par la 3e source interne alternative de puissance DBC (GES3) et par la source interne alternative de puissance diversifiée (GES DEC-A).

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

### 7.3.3.4. Classement

Le classement de sûreté des principaux composants du système PTR, défini en conformité avec les règles de classement indiquées dans le chapitre 2.6 du volume 1, est indiqué dans le Tableau 19 ci-dessous.

| Composant PTR | Fonctions de sûreté réalisées par le composant (catégorie enveloppe) | | | Classe de sûreté enveloppe |
|---|---|---|---|---|
| | Contrôler la température de la piscine de stockage du combustible usé **Catégorie 2** | Assurer le non découvrement des assemblages combustibles stockés ou en cours de manutention **Catégorie 1** | Assurer les transferts d'eau borée entre les compartiments de la piscine BR et l'IRWST **Catégorie 1** | |
| Trains de refroidissement principaux (1&2) | X | ** | | 2 |
| 3e train de refroidissement (PTR3) | X* | ** | | 3 |
| Lignes de recirculation entre piscine BR et IRWST | | ** | X | 1 |

**TABLEAU 19 : CLASSEMENT DE SURETE DES PRINCIPAUX COMPOSANTS DU SYSTEME PTR**

* Dans un contexte de conditions de fonctionnement DEC-A, le PTR3 est catégorie 3. Quand le PTR3 est valorisé en conditions de fonctionnement DBC, il l'est au titre de la continuité de fonctionnement et cela n'induit pas de classement.

** Les dispositions répondant à cette fonction restent à définir, certains exemples d'options possibles étant donnés au paragraphe 7.4.2 ci-après.

Le niveau de qualité des composants du système PTR appartenant aux trains de refroidissement et redevables d'une exigence mécanique est Q2. Le niveau de qualité des composants du système PTR appartenant au circuit de purification connecté au compartiment d'entreposage du combustible et redevables d'une exigence mécanique est Q3.

### 7.3.3.5. Diversification et apports des Etudes Probabilistes de Sûreté

Les requis de diversification applicables au système PTR sont définis en lien avec la liste des conditions de fonctionnement DEC-A mentionnées au paragraphe 7.3.2.4 ci-avant, et seront à confirmer en cours du « basic design » sur la base d'éléments probabilistes : le train PTR3 constitue une diversification des trains principaux PTR1-2 afin d'assurer la mitigation de la condition de fonctionnement DEC-A de perte des trains principaux PTR par mode commun.

Les analyses probabilistes confirment le besoin d'un système d'appoint à la piscine BK en cas de perte de refroidissement afin de rendre extrêmement improbable avec un haut degré de confiance le risque de fusion des assemblages dans le bâtiment combustible.

Les analyses probabilistes ont identifié que les systèmes SEM et PTR (notamment le train 3) ne devraient pas partager de fonctions supports communes.

Les analyses probabilistes couvriront une partie des scénarios de vidange en phase de « basic design ». Elles ont confirmé l'intérêt de redémarrer sans besoin d'appoint les pompes

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

en situation de vidange.

### 7.3.3.6. Agressions internes et externes

#### 7.3.3.6.1. Agressions internes

Le système PTR doit être protégé contre les agressions internes susceptibles d'induire un événement de type DBC pour lequel le système serait requis.

La séparation géographique des trains PTR dans différentes divisions permet de garantir que les agressions internes (incendie et inondation en particulier) n'impactent pas plusieurs trains redondants du système.

En particulier concernant l'inondation interne [ ] une porte étanche [ ] permet de séparer les deux divisions. [ ] une compartimentalisation autour des tuyauteries d'aspiration et de refoulement des trois trains PTR est prévue.

#### 7.3.3.6.2. Agressions externes de référence

En tant que système participant à la mitigation de conditions de fonctionnement DBC et DEC-A, le système PTR est conçu pour rester opérationnel en cas d'agression externe de référence (DBH).

Par sa situation dans le bâtiment combustible, le système PTR est protégé de l'explosion externe, des effets de la neige, de la foudre et du vent, ainsi que des projectiles associés à la tornade et d'une inondation externe.

En cas de température extérieure de niveau DBH, la température maximale ou minimale admissible dans les locaux contenant des composants du système PTR sera, si besoin, assurée par le système de ventilation support DWK.

#### 7.3.3.6.3. Agressions externes extrêmes naturelles

Selon les principes énoncés au chapitre 2.4 du volume 1, les équipements du système PTR nécessaires pour démontrer l'absence de rejets importants ou précoces sont conçus pour rester opérationnels en cas d'agression externe extrême naturelle. Cela concerne en particulier le train PTR3 qui est conçu pour rester opérationnel en cas d'agressions externes extrêmes naturelles, notamment en cas de séisme extrême.

### 7.3.3.7. Prévention des risques de bipasse du confinement

La bâche externe (PTR) est connectée au système de transfert d'eau des piscines BR et BK, et n'engendre pas l'ajout de pénétration enceinte supplémentaire. Il n'y a donc pas de risque supplémentaire de bipasse du confinement dû à la présence de cet appoint.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

## 7.4. DISPOSITIONS D' « ÉLIMINATION PRATIQUE »

L'objectif du projet EPR NM est de trouver des parades (prévention ou mitigation) autres que la valorisation de portions de tuyauteries simple enveloppe en exclusion de fuite pour démontrer l' « élimination pratique » du risque de fusion du combustible suite à une vidange rapide.

Différentes solutions sont à l'étude.

### 7.4.1. TUBE DE TRANSFERT

Plusieurs options sont actuellement à l'étude vis-à-vis de la conception du tube de transfert (comme par exemple un tube à double enveloppe ou la rétention du génie civil dans les locaux autour du tube de transfert).

### 7.4.2. TUYAUTERIE D'ASPIRATION PTR EN FOND DE PISCINE

Trois options sont à l'étude actuellement.

La première option consiste en l'ajout de couvercles sur les aspirations et en l'ajout de rehausses de tuyauterie.

L'ajout de couvercles sur les aspirations est envisagé dans les compartiments suivants (voir Figure 43) :

- compartiment de transfert du bâtiment combustible ;
- compartiment de transfert du bâtiment réacteur ;
- fosse de déchargement.

L'ajout de rehausses de tuyauterie est envisagé (voir Figure 43) dans le compartiment réacteur et dans le compartiment des internes (si des tuyauteries de fond de piscine sont présentes dans ce compartiment).

En cas de fuite, le niveau se stabiliserait à l'altimétrie de la rehausse.

La mise en place de ces équipements serait réalisée sous eau ou avant les transferts d'eau au cas par cas.

La deuxième option envisagée est l'ajout de limiteurs de débit au niveau des filtres en pied de compartiments (voir Figure 44).

En cas de fuite, le débit serait compensable par recirculation via les pompes RIS. Les limiteurs de débit seraient intégrés au dispositif de filtration à petites mailles et mis en place en fin d'état D.

La troisième option à l'étude est le rapprochement de la vanne d'isolement au plus près de la traversée double enveloppe (voir Figure 45), du même type que celui mis en œuvre sur l'EPR Hinkley Point.

La vanne serait double enveloppe d'un côté et simple de l'autre et son isolement sur signal de bas niveau serait automatique.

Ainsi, la longueur de tuyauterie entre le premier et le second organe d'isolement serait réduite.

L'objectif de cette option est de diminuer la fréquence d'occurrence d'une brèche en amont du second organe d'isolement afin de ne pas avoir à considérer l'initiateur.

[ ]

**FIGURE 43 : OPTION COUVERCLES ET REHAUSSES**

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

[ ]

**FIGURE 44 : OPTION LIMITEUR DE DEBIT**

[ ]

**FIGURE 45 : OPTION RAPPROCHEMENT VANNE D'ISOLEMENT**

## 7.4.3. TUYAUTERIE D'ASPIRATION ET DE REFOULEMENT DES TRAINS DE REFROIDISSEMENT

Le schéma de principe de l'aspiration et du refoulement des trains de refroidissement est présenté en Figure 46.

[ ]

En cas de brèche sur un train de refroidissement PTR, la vidange est arrêtée par les casse-siphons.

La fermeture du casse-siphon sur le train de refroidissement PTR intègre permet de le redémarrer, sans nécessité d'appoint (aspiration de la bulle d'air d'un volume limité présente dans la crosse d'aspiration).

Des essais réalisés sur l'EPR Olkiluoto ont validé la possibilité de redémarrer un train PTR avec une bulle d'air dans la crosse d'aspiration, après isolement de son casse-siphon.

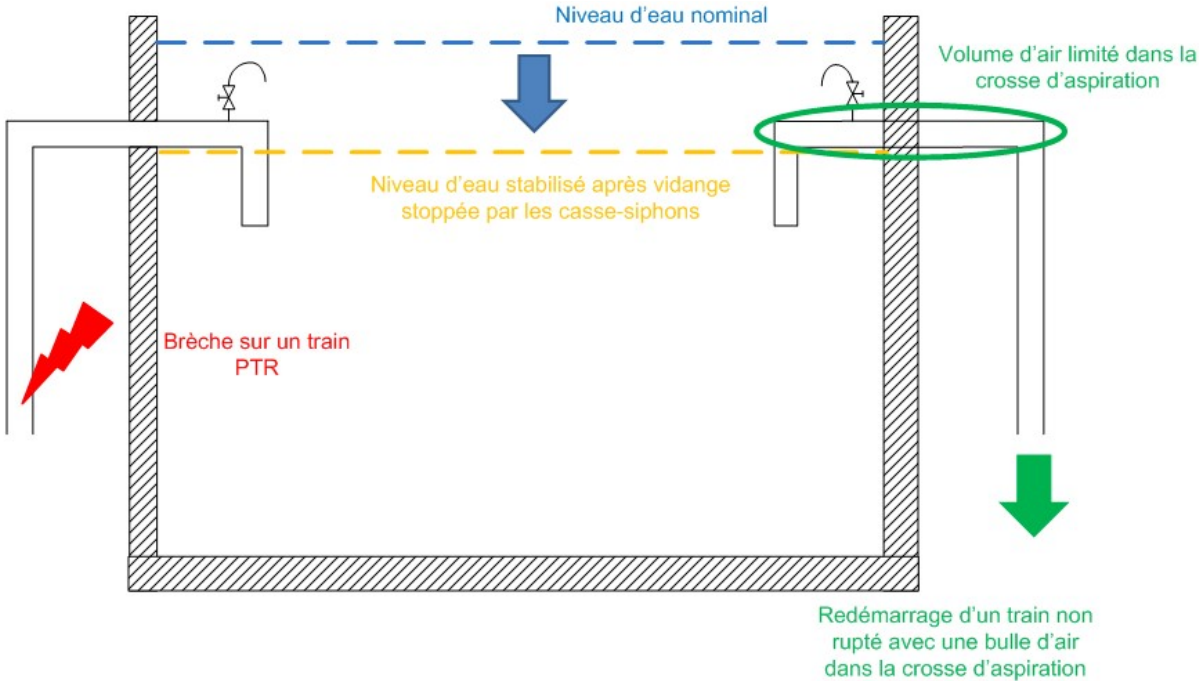



**FIGURE 46 : SCHEMA DE PRINCIPE DE L'ASPIRATION ET DU REFOULEMENT DES TRAINS DE REFROIDISSEMENT PTR**

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

## 7.5. SYSTÈMES DE MANUTENTION

Les principes de manutention au sein du bâtiment combustible sont présentés en Figure 47. Trois ponts principaux sont utilisés :

- un pont lourd situé au niveau de la set-down area de la tour de manutention ;
- un pont auxiliaire situé dans le hall piscine ;
- un pont perche situé au-dessus de la piscine de stockage du combustible usé.

### 7.5.1. INTRODUCTION D'$UO_2$ NEUF

Les dispositions de conception mises en place afin de prévenir le risque de chute d'un emballage $UO_2$ neuf sont les suivantes :

- utilisation de ponts classés de sûreté S3 avec un niveau d'exigence haute sécurité (pont lourd et pont auxiliaire) ;
- manutention dans une zone avec un nombre limité d'équipements potentiellement impactés par une chute ;
- étape de levage [ ] effectuée via une trémie large limitant le risque de collision ;
- ouverture des emballages au sud de la fosse de déchargement, zone éloignée de la piscine.

L'absence d'eau dans la zone de manutention permet de prévenir le risque d'accident de criticité lié à la chute éventuelle d'un emballage d'$UO_2$ neuf.

Les opérations de manutention étant effectuées dans le bâtiment combustible, des rejets radiologiques faibles sont attendus en cas de chute éventuelle d'un emballage $UO_2$ neuf en raison de la nature du combustible manutentionné dans ce cas, ainsi que du confinement statique de la tour de manutention.

### 7.5.2. INTRODUCTION DE COMBUSTIBLE MOX

Le fait d'introduire l'emballage MOX (Mélange d'OXyde de plutonium et d'OXyde d'uranium) directement par le hall DMK permet de limiter le risque d'agression d'équipements classés de sûreté.

Par ailleurs, la hauteur de chute des emballages MOX est limitée à la hauteur du portique de site. La hauteur de levage du portique de site est limitée physiquement pour l'opération de transfert de l'emballage entre la remorque et le chariot DMK. L'intégrité mécanique et l'étanchéité des emballages sont démontrées en cas de chute depuis cette hauteur, ce qui permet de maitriser le risque d'accident de criticité.

### 7.5.3. ÉVACUATION DU COMBUSTIBLE

Le fait d'évacuer l'emballage de combustible usé directement par le hall DMK permet de limiter le risque d'agression d'équipements classés de sûreté.

Par ailleurs, la hauteur de chute des emballages de combustible usé est limitée à la hauteur du portique de site. La hauteur de levage du portique de site est limitée physiquement pour l'opération de transfert de l'emballage entre la remorque et le chariot DMK. L'intégrité mécanique et l'étanchéité des emballages sont démontrées en cas de chute depuis cette hauteur, ce qui permet de maitriser le risque d'accident de criticité.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## 7.5.4. MANUTENTION DE CHARGES LOURDES EN BK

### 7.5.4.1. Zone « set down area »

Les équipements manutentionnés dans la « set down area » (voir Figure 47) sont les suivants :

- moteurs de pompes primaires [ ] ;
- machine de serrage desserrage des goujons sans goujon [ ] ;
- containers divers pour maintenance et arrêt du réacteur [ ].

Le levage, de 0 m à 19,95 m, est effectué par le pont lourd dans une trémie de manutention.

Le dépôt s'effectue sur le lorry ou sur le plancher du « set down area » avec une hauteur maximale de levage par rapport au plancher [ ].

### 7.5.4.2. Zone « hall piscine »

Les équipements manutentionnés dans le hall piscine sont les suivants :

- batardeau et portes piscine [ ] : la circulation s'effectue à quelques dizaines de centimètres au-dessus du plancher de service ;
- emballages $UO_2$ neuf [ ], dans la zone sud du hall piscine éloignée de la piscine de stockage ;
- maintenance par la machine de chargement des outillages combustible et matériels en zone piscine (quelques tonnes).

### 7.5.4.3. Dispositions vis-à-vis des risques de chute de charge

Les dispositions mises en place afin de prévenir le risque de chute de charge sont les suivantes :

- utilisation de ponts classés de sûreté S3 avec un niveau d'exigence haute sécurité (pont lourd et pont auxiliaire) ;
- limitation des charges lourdes manutentionnées (emballages combustibles usés et MOX levés hors bâtiment combustible) ;
- levages de grande hauteur effectués dans la tour de manutention du bâtiment combustible.

**[ ]**

**FIGURE 47 : SCHEMA DE PRINCIPE DE MANUTENTION AU SEIN DU BATIMENT COMBUSTIBLE**

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

# 8. AUTRES SYSTEMES FLUIDES

## 8.1. CHAINES DE REFROIDISSEMENT

La terminologie « chaîne de refroidissement » est utilisée pour désigner un groupe de systèmes élémentaires permettant l'évacuation de la puissance vers l'environnement, et sera appliquée dans ce paragraphe pour les regroupements RRI/SEC (réfrigération intermédiaire / eau brute secourue) et EVUi/SRU (réfrigération intermédiaire du système EVU / eau brute ultime).

### 8.1.1. RÔLE FONCTIONNEL

Les chaînes de refroidissement RRI/SEC et EVUi/SRU permettent l'évacuation de la puissance thermique des consommateurs de l'îlot nucléaire. Elles jouent le rôle de barrière entre l'environnement et les consommateurs potentiellement radioactifs, dans les conditions de fonctionnement normal et accidentel.

#### 8.1.1.1. Fonctions opérationnelles

En fonctionnement normal de l'installation, la chaîne de refroidissement RRI/SEC remplit les fonctions suivantes :

- l'évacuation de la puissance résiduelle du combustible présent en piscine de stockage du combustible usé du bâtiment combustible ;
- le refroidissement des consommateurs de l'îlot nucléaire ;
- lors des phases d'arrêt et de démarrage de l'installation, l'évacuation de la puissance résiduelle du cœur et le refroidissement du système RIS en mode RA.

La chaîne de refroidissement EVUi/SRU n'a aucun rôle en exploitation normale de l'installation.

#### 8.1.1.2. Fonctions de sûreté

Les chaînes de refroidissement participent aux fonctions fondamentales de sûreté suivantes :

- l'évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives et des réactions nucléaires ;
- le confinement des substances radioactives (de par la présence des chaînes intermédiaires RRI et EVUi).

Les chaînes de refroidissement ne participent pas directement à la première fonction de sûreté qui est la maîtrise des réactions nucléaires en chaîne.

Le Tableau 20 ci-après liste les principales fonctions de sûreté remplies par les chaînes de refroidissement et indique leur contributions aux deux fonctions fondamentales de sûreté listées ci-dessus. Le respect de celles-ci permet d'assurer la dernière fonction fondamentale de sûreté qu'est la protection des personnes contre les rayonnements ionisant, le concept de chaînes intermédiaires permettant d'isoler les personnes et l'environnement en cas de fuites de fluides contaminés sur certains circuits devant être refroidis.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

| Fonctions des systèmes élémentaires des chaînes de refroidissement | Maîtrise des réactions nucléaires | Évacuation de la puissance thermique | Confinement des substances radioactives |
|---|---|---|---|
| **Système de réfrigération intermédiaire RRI** | | | |
| Assurer l'évacuation de la puissance issue du système d'injection de sécurité (RIS) | | X | |
| Assurer l'évacuation de la puissance issue du système de traitement et refroidissement d'eau des piscines (PTR) | | X | |
| Isoler les traversées enceinte du système | | | X |
| Refroidir les barrières thermiques des groupes motopompes primaires | | Indirectement | Indirectement |
| Refroidir les groupes froids DEL | | Indirectement | Indirectement |
| **Système d'eau brute secourue SEC** | | | |
| Evacuer la puissance issue du système RRI vers l'environnement | | X | Indirectement |
| **Chaîne intermédiaire du système d'évacuation ultime EVUi** | | | |
| Assurer l'évacuation de la puissance provenant du bâtiment réacteur issue du système EVU (chaîne principale) | | X | |
| Refroidir le groupe froid DEL4 | | Indirectement | Indirectement |
| **Système de réfrigération ultime SRU** | | | |
| Evacuer la puissance issue du système EVUi vers l'environnement | | X | Indirectement |

**TABLEAU 20 : PRINCIPALES FONCTIONS DE SURETE DES SYSTEMES RRI, SEC, EVUI ET SRU**

## 8.1.2. DESCRIPTION GENERALE DES CHAINES DE REFROIDISSEMENT

### 8.1.2.1. Architecture générale

Les chaînes de refroidissement sont regroupées en trois ensembles (voir Figure 48) :

- une chaîne de refroidissement principale, constituée des trains RRI/SEC 1-2. En plus de leurs utilisateurs dédiés (RIS, PTR, DEL), la chaîne principale RRI/SEC 1-2 peut alimenter indifféremment des groupes d'utilisateurs dit « communs » (comme par exemple les pompes primaires ou le système de contrôle chimique et volumétrique (RCV)). La chaîne de refroidissement principale est connectée à la source froide principale de sûreté de l'installation.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- une chaîne de refroidissement diversifiée, constituée du train RRI/SEC3 qui refroidit des utilisateurs dédiés (RIS3, PTR3, DEL3), ce qui permet de la valoriser dans les conditions de fonctionnement DEC-A dues à la défaillance de cause commune des trains RRI/SEC 1-2. La chaîne de refroidissement diversifiée est connectée à la source froide diversifiée de l'installation.
- une chaîne de refroidissement ultime, constituée des systèmes EVUi et SRU, dédiée aux conditions de fonctionnement avec fusion du cœur DEC-B. Les systèmes EVUi et SRU appartiennent donc seulement au niveau 4 de la défense en profondeur. La chaîne de refroidissement ultime est connectée à la source froide diversifiée de l'installation.

Les deux sources froides de sûreté de l'installation sont distinctes et complètement indépendantes :

- la source froide principale de sûreté, refroidie par la mer ou la rivière en fonction du site, refroidit la chaîne principale RRI/SEC 1-2 par une prise directe sur l'environnement ;
- la source froide diversifiée est refroidie par air, et alimente en circuit fermé les chaînes diversifiée RRI/SEC3 et ultime EVUi/SRU.

Seules les structures passives (béton, réserve d'eau, galerie) de la source froide diversifiée sont partagées pour le fonctionnement du SEC3, du SEM et du SRU. Les moyens actifs nécessaires au bon fonctionnement de la source froide diversifiée sont dédiés exclusivement au SEC3 ou au SRU.

Cette conception à deux sources froides distinctes et séparées sur le plan masse permet de renforcer la robustesse de l'installation aux agressions externes.

En puissance, seule la chaîne de refroidissement principale est en fonctionnement. Les chaînes diversifiée et ultime, sont disponibles à l'arrêt prêtes à démarrer. La chaîne diversifiée est utilisée pour les démarrages et arrêts de l'installation, en complément de la chaîne principale.

**[ ]**

**FIGURE 48 : SCHEMA DE PRINCIPE DES CHAINES DE REFROIDISSEMENT (RRI/SEC ET EVUI/SRU)**

### 8.1.2.2. Chaîne de refroidissement principale

La chaîne de refroidissement principale est composée des trains RRI/SEC 1-2 ainsi que de la prise d'eau de la source froide principale de sûreté de l'installation.

#### 8.1.2.2.1. Architecture des trains RRI 1-2

Chaque train RRI (localisé dans un Bâtiment Auxiliaire de Sauvegarde dédié – BAS 1 et 2) est constitué des principaux composants suivants :

- deux motopompes alimentées par des tableaux électriques d'une même division, secourus par les Groupes Electrogènes de Secours (GES) des divisions concernées (1 et 2). Chaque pompe permet d'assurer le débit requis pour une file RRI, l'autre étant en normal/secours de la pompe en fonctionnement. Le doublement des pompes permet également leur maintenance en puissance.
- deux échangeurs de chaleur RRI/SEC. Chaque échangeur permet seul l'évacuation de la puissance résiduelle en conduite incidentelle/accidentelle. Le doublement des échangeurs permet leur maintenance en puissance. Les deux

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

échangeurs de chaque file sont utilisés pour le refroidissement normal de l'installation dans les phases d'arrêt et de démarrage.

- d'une bâche d'expansion raccordée à l'aspiration des deux pompes RRI et située au-dessus de l'utilisateur RRI le plus élevé.

Les trains RRI 1-2 disposent également de la tuyauterie et robinetterie permettant le refroidissement des différents utilisateurs de l'îlot nucléaire, l'isolement sur commande de certains tronçons ; et la maintenance du système et des systèmes refroidis.

Les utilisateurs des trains RRI 1-2 sont regroupés comme suit :

- les utilisateurs dédiés à chaque train RRI comme les différents trains des systèmes RIS, DEL ou PTR, dont le refroidissement est assuré en fonctionnement normal et accidentel uniquement par l'un des trains RRI ;
- les utilisateurs communs localisés dans le bâtiment combustible, dont le refroidissement est assuré en fonctionnement normal par l'un ou l'autre des trains RRI, et dont le refroidissement peut être interrompu lors de la conduite accidentelle afin de privilégier les utilisateurs de sauvegarde ;
- les utilisateurs communs localisés dans le bâtiment réacteur, dont le refroidissement fonctionne de manière similaire à celui des communs BK (bâtiment combustible).

Les utilisateurs communs sont alimentés par des barillets dont l'organisation répond aux contraintes de sûreté et d'installation générale, et sont munis des organes d'isolement rapide et/ou des organes d'isolement autour des pénétrations enceinte permettant de les isoler sur commande :

- les barrières thermiques des Groupes MotoPompes Primaire (GMPP) disposent de leur propre barillet indépendant ;
- les groupes d'eau glacée opérationnelle DER, situés à l'extérieur du bâtiment combustible, disposent également de leur propre barillet indépendant ;
- les GMPP et les systèmes APG (circuit de purge des générateurs de vapeur) et RCV sont sur des barillets différents afin de limiter la tuyauterie dans le bâtiment réacteur dans une logique de regroupement spatial des utilisateurs.

#### 8.1.2.2.2. Source froide principale de sûreté

Les trains SEC 1-2 sont alimentés en boucle ouverte par la source froide principale de sûreté. Cette source froide est fonction du site – la mer ou une rivière. Pour un site « bord de mer », la source froide principale de sûreté est une station de pompage classée dédiée aux circuits SEC 1-2, et non combinée avec la station de pompage alimentant le circuit d'eau de circulation (CRF), non classé.

**[ ]**

**FIGURE 49 : SCHEMA DE PRINCIPE DE LA SOURCE FROIDE PRINCIPALE DE SURETE POUR UN SITE BORD DE MER**

Chaque train SEC est constitué des principaux composants suivants :

- deux motopompes alimentées par des tableaux électriques d'une même division, secourus par les Groupes Electrogènes de Secours (GES) des divisions concernées (1 et 2). Chaque pompe permet d'assurer le débit requis pour une file SEC, l'autre étant en normal/secours de la pompe en fonctionnement. Le doublement des pompes permet également leur maintenance en puissance.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- une ligne d'aspiration en station de pompage classée dédiée à chaque train SEC lui permettant d'être alimenté via des équipements de filtration dédiés. La maintenance de ces équipements se fait par une banalisation entre unités de production.
- une tuyauterie enterrée entre la station de pompage dédiée et les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde 1 et 2, réalisée en Polyéthylène Haute Densité (PEHD). Le choix d'une tuyauterie en PEHD est motivé par les raisons suivantes :
  - matériau insensible à la corrosion [ ] avec retour d'expérience positif de tenue au séisme (grande flexibilité) ;
  - mise en œuvre facilitée (tuyauterie enterrées) à coûts et délais d'intervention réduits par rapport aux solutions galeries ou caniveaux ;
  - matériaux largement utilisé par les industriels (réseaux eau, gaz), y compris dans le domaine nucléaire à l'international (Grande-Bretagne, Etats-Unis) ;
- un déversoir déporté situé au plus près des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde 1 et 2 (afin de limiter le nombre de structures et équipements requis pour la disponibilité du SEC), permettant d'assurer le maintien en eau des échangeurs RRI/SEC lorsque le système SEC est à l'arrêt ;
- une tuyauterie enterrée entre le déversoir et l'ouvrage de rejet.

#### 8.1.2.3. Chaîne de refroidissement diversifiée et chaîne de refroidissement ultime

La chaîne de refroidissement diversifiée est composée des trains RRI/SEC3 ainsi que de la source froide diversifiée, un aéroréfrigérant distinct de la source froide principale de sûreté. Elle permet l'évacuation de la puissance de l'îlot nucléaire en cas de perte de la source froide principale de sûreté. La chaîne de refroidissement ultime est composée des systèmes EVUi et SRU, ainsi que de la source froide diversifiée. Des cellules spécifiques dans l'aéroréfrigérant sont dédiées au fonctionnement du SRU, afin de séparer le niveau 4 de la défense en profondeur des autres niveaux.

##### 8.1.2.3.1. Architecture RRI et SEC3

Le train RRI 3, localisé dans le bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3, est constitué des principaux composants suivants :

- deux motopompes alimentées par des tableaux électriques secourus par les Groupes Electrogènes de Secours (GES) de la division 3 et par le GES diversifié DEC-A. Chaque pompe permet d'assurer le débit requis pour une file RRI, l'autre étant en normal/secours de la pompe en fonctionnement. Le doublement des pompes permet également leur maintenance en puissance.
- un échangeur de chaleur RRI/SEC permettant l'évacuation de la puissance résiduelle de l'enceinte et du bâtiment combustible. Cet échangeur est unique, les phénomènes d'encrassement étant différents de la source froide principale de sûreté, et le système étant à l'arrêt la majorité du temps.
- une bâche d'expansion raccordée à l'aspiration des deux pompes RRI et située au-dessus de l'utilisateur RRI le plus élevé.

A la différence des trains principaux, le train RRI3 ne refroidit que les utilisateurs dédiés du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3 : systèmes RIS et PTR train 3, groupes d'eau glacée DEL3 du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3.

Le train RRI3 est refroidi par le train SEC3 constitué des principaux composants suivants :

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- deux motopompes alimentées par des tableaux électriques secourus par les Groupes Electrogènes de Secours (GES) de la division 3 et par le GES diversifié DEC-A. Chaque pompe permet d'assurer le débit requis pour une file SEC, l'autre étant en normal/secours de la pompe en fonctionnement. Le doublement des pompes permet également leur maintenance en puissance.
- une réserve d'eau [ ] ;
- une tuyauterie – aller et retour [ ].

#### 8.1.2.3.2. Architecture EVUi et SRU

Le système EVUi, localisé dans le bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3, est constitué des principaux composants suivants :

- une motopompe alimentée par un tableau secouru par le GES DEC-B ;
- un échangeur de chaleur EVUi/SRU permettant l'évacuation de la puissance de l'enceinte par le système EVU ;
- un réseau de tuyauteries alimentant les deux échangeurs EVU, ainsi que l'échangeur du système de production d'eau glacée DEL4 dédié aux conditions de fonctionnement avec fusion du cœur ;
- une bâche d'expansion sous pression raccordée à l'aspiration de la pompe EVUi.

Le système EVUi est refroidi par le système SRU, constitué des principaux composants suivants :

- une motopompe alimentée par un tableau dédié aux matériels DEC-B et secouru par le GES DEC-B ;
- une aspiration dans la réserve d'eau de l'aéroréfrigérant [ ], située dans le bâtiment de l'aéroréfrigérant, et des cellules dédiées (ventilateurs, systèmes d'injection, corps d'échange) ;
- une tuyauterie – aller et retour – en galerie entre l'aéroréfrigérant et le bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3.

La réserve d'eau partagée permet une autonomie de l'aéroréfrigérant [ ] sur les réserves propres du bassin pour les conditions de fonctionnement avec fusion du cœur DEC-B. Une réalimentation à long terme, fonction des sources d'eau du site, permet de prolonger l'autonomie [ ].

#### 8.1.2.3.3. Source froide diversifiée

La source froide diversifiée de l'installation envisagée est un aéroréfrigérant de sûreté de type humide à tirage mécanique forcé. La source froide diversifiée est utilisée par les systèmes SEC3, SRU et SEM (système d'appoint en eau de secours). Seules les structures passives de l'aéroréfrigérant (béton, réserve d'eau) et la galerie de connexion avec le bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3 sont partagées.

**[ ]**

**FIGURE 50 : SCHEMA DE PRINCIPE D'UN AEROREFRIGERANT HUMIDE A TIRAGE MECANIQUE FORCE**

Les pompes SEC3 et SRU sont implantées dans des locaux dédiés séparés, à l'intérieur du bâtiment de l'aéroréfrigérant. Le positionnement des pompes SEM est encore à l'étude.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

L'aéroréfrigérant [ ] est composé de cellules SEC ou SRU (dédiées à leur chaîne de refroidissement respective) qui comprennent un ventilateur à vitesse fixe, un système d'injection d'eau du circuit SEC ou SRU, et un corps d'échange. L'échange entre l'eau du circuit SEC ou SRU et l'air extérieur se fait à contre-courant.

La conception préliminaire de la source froide diversifiée conduit à six cellules pour le train SEC3 et quatre cellules pour le système SRU. Pour le système SEC3, cinq cellules [] sont requises [ ]. Une cellule supplémentaire est prévue, qui sert en cas de maintenance ou en cas de défaillance d'une cellule. [ ] Ces chiffres pourront être revus en cours de « basic design ».

Les cellules SEC3 et SRU sont indépendantes, alimentées par un système d'arrosage distinct. Le « système d'injection d'eau » est le système d'arrosage du packing de chaque cellule. Il comprend :

- des tuyauteries de distribution d'eau ;
- des vannes d'isolement ;
- des buses d'aspersion.

Les systèmes d'injection SEC3 et SRU, qui arrosent respectivement les cellules SEC3 et SRU, sont indépendants.

La réserve d'eau partagée entre SEC, SEM et SRU de chaque installation permet une autonomie de l'aéroréfrigérant [ ] pour toutes les conditions de fonctionnement de référence DBC et conditions de fonctionnement avec défaillances multiples DEC-A. Une réalimentation à long terme, fonction des sources d'eau du site, permet de prolonger l'autonomie [ ].

La réserve de l'aéroréfrigérant étant constituée d'eau déminéralisée, la conception préliminaire ne prévoit pas de filtration sur le SEC3 et le système SRU. Le retour d'expérience des aéroréfrigérants SEC de Civaux montre que la filtration n'est pas nécessaire.

Un appoint non-classé par SED (eau déminéralisée) permet le maintien de l'inventaire en eau nécessaire aux fonctions de sauvegarde lorsque la chaîne de refroidissement diversifiée est utilisée en complément de la chaîne principale pour la mise à l'arrêt de l'installation. [ ]

La réserve d'eau est dimensionnée en analysant les conditions de fonctionnement où des systèmes peuvent être amenés à extraire de la puissance de l'îlot nucléaire, comme décrit dans le Tableau 21 ci-après.

| Système | Conditions DBC1 | Conditions DBC 2 à 4 | Conditions DEC-A | Conditions DEC-B |
|---|---|---|---|---|
| **SEC3** | Appoint continu non classé. Pas de consommation de l'eau de la réserve | Consommation de l'eau de la réserve [ ] | Consommation de l'eau de la réserve [ ] * | Non-utilisé en conditions DEC-B |
| **SRU** | Non utilisé en conditions DBC1 | Non utilisé en conditions DBC2-4 | Non utilisé en conditions DEC-A | Consommation de l'eau de la réserve [ ] . |
| **SEM** | Non utilisé en conditions DBC1 | Non utilisé en conditions DBC2-4 | Consommation de l'eau de la réserve [] ** | Non utilisé en conditions DEC-B*** |

**TABLEAU 21 : CONSOMMATION DE L'INVENTAIRE EN EAU DE SURETE AU REGARD DES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT ENTRE LES SYSTEMES SEC3, SRU ET SEM**

*Les cas dimensionnants sont indiqués par un surlignage des cellules du tableau.*

** : fonctionnement dans des séquences de type perte de chaîne de refroidissement principale ou*

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

*manque de tension généralisé avec fonctionnement sur GES diversifié DEC-A.*
*** : fonctionnement dans des séquences de pertes des trois trains RIS en mode RA en état C pour réalimenter les bâches ASG.*
**** : Possibilité d'un fonctionnement en appoint/ébullition au PTR dans le cadre de la démonstration d' « élimination pratique » de la fusion de combustible en piscine BK.*

La réserve d'eau de sûreté HOR est dimensionnée par un bilan d'énergie sur l'îlot nucléaire :

- en fonction de scénarios retenus comme enveloppes ;
- en fonction des consommateurs en service dont la puissance pourrait être évacuée par l'aéroréfrigérant ;
- pour une autonomie propre sans appoint [ ].

Le bilan d'énergie se fait en considérant les états initiaux et finaux de l'îlot nucléaire :

- l'énergie à extraire de l'enceinte est celle du primaire (eau et masse métallique) additionnée à la puissance résiduelle (et à l'énergie extraite du pressuriseur et des GMPP selon les séquences) ;
- l'énergie à extraire du bâtiment combustible correspond à la puissance résiduelle contenue dans les piscines additionnée à la puissance des pompes PTR ;
- l'énergie à extraire de l'îlot nucléaire est la somme des deux énergies précédentes, complémentée de :
  - l'énergie extraite des groupes froids en fonctionnement ;
  - l'énergie injectée par les pompes en fonctionnement dans les fluides.

Le bilan n'inclut pas les déperditions thermiques de l'enceinte, ni les capacités thermiques dans l'enceinte (structures, inventaire IRWST, etc.).

Le bilan s'effectue entre un point initial (état d'arrêt à chaud ou état d'arrêt avec RIS en mode RA) et un état final [ ] :

- le choix de la température finale du circuit primaire a très peu d'influence sur le bilan global ;
- le bilan est indépendant de la dynamique du transitoire (l'énergie évacuée ne peut pas être supérieure à l'énergie produite).

[ ]

Le fonctionnement de l'aéroréfrigérant lors des phases d'arrêt de l'installation correspond à une réserve d'eau supplémentaire couplée à un appoint non classé : la réserve de sûreté n'est pas entamée lors de l'arrêt de l'installation.

Le réservoir disposera donc de plusieurs appoints distincts :

- un appoint non classé pour le fonctionnement normal (refroidissement / évaporation) depuis une source d'eau non classée déminéralisée (SED) ;
- un appoint pouvant être mis en service par les moyens externes [ ].

[ ]

### 8.1.2.4. Conditions de fonctionnement

#### 8.1.2.4.1. Conditions de fonctionnement normal

Ce paragraphe décrit les conditions de fonctionnement des chaînes de refroidissement

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

principale et diversifiée. La chaîne de refroidissement ultime n'est pas en service lors du fonctionnement normal de l'installation.

#### 8.1.2.4.1.1. Etats A et B

Lorsque l'installation est en puissance, l'un des deux trains RRI/SEC de la chaîne de refroidissement principale est en service. Ce train refroidit alors une file PTR et les utilisateurs communs du bâtiment réacteur et du bâtiment combustible. Les deux échangeurs RRI/SEC sont en service sur ce train. Une pompe RRI et une pompe SEC sont en service.

En puissance, des basculements réguliers peuvent être effectués entre les deux trains de la chaîne de refroidissement principale (démarrage du train RRI/SEC en attente, basculement des communs RRI, arrêt du train RRI/SEC initialement en fonctionnement).

Lors du début de la mise à l'arrêt de l'installation (arrêt normal sur générateur de vapeur), la configuration de la chaîne de refroidissement principale ne change pas.

La chaîne de refroidissement diversifiée est à l'arrêt, disponible.

#### 8.1.2.4.1.2. Etats C, D et E

Lorsque l'installation passe en arrêt normal (RIS en mode RA), les deux trains RRI/SEC de la chaîne de refroidissement principale sont en service. Ils refroidissent les échangeurs RIS en mode RA, une file PTR, et les utilisateurs communs du bâtiment réacteur et du bâtiment combustible. Tous les échangeurs RRI/SEC sont en service. Une pompe RRI et une pompe SEC par train sont en service.

[ ] la chaîne de refroidissement diversifiée est mise en service pour refroidir le train RIS 3 en mode RA et faciliter le refroidissement de l'installation. La chaîne de refroidissement principale ne change pas de configuration.

En prévision de la manutention du combustible, la deuxième file PTR est mise en service pour garantir un refroidissement suffisant de la piscine combustible lors de l'entreposage du cœur dans le bâtiment combustible.

En fonction des conditions extérieures et de la puissance résiduelle, la chaîne de refroidissement diversifiée peut être mise à l'arrêt afin de préserver les équipements de l'aéroréfrigérant (en particulier contre le gel), mais reste disponible.

#### 8.1.2.4.1.3. Etat F

Une fois le combustible intégralement en piscine BK, la chaîne de refroidissement principale continue de refroidir les deux files PTR. Les échangeurs RIS en mode RA sont arrêtés et ne sont plus requis. La chaîne continue également de refroidir les utilisateurs communs au cas par cas. Tous les échangeurs RRI/SEC sont en service. Une pompe RRI et une pompe SEC par train sont en service.

La chaîne de refroidissement diversifiée est à l'arrêt.

### 8.1.2.4.2. Conditions de fonctionnement accidentel

Les fonctions de sûreté des systèmes RRI, SEC, EVUi et SRU interviennent dans différentes conditions de fonctionnement accidentel de l'installation listées dans le chapitre 2.2 du volume 1, dont les principales pour les chaînes de refroidissement sont décrites ci-après.

Leur catégorisation de sûreté, déduite par l'application des règles indiquées dans le chapitre 2.6.3 du volume 1, est synthétisée dans les Tableau 22 et Tableau 23.

#### 8.1.2.4.2.1. Conditions de fonctionnement DBC2-4

Les chaînes de refroidissement principales et diversifiées sont sollicitées dans les conditions de fonctionnement DBC2-4 en tant que système support des systèmes de sauvegarde.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

Les fonctions de sûreté des systèmes RRI et SEC mises en œuvre sont :

- RRI – Assurer l'évacuation de la puissance issue du système RIS. Cette fonction est requise en support aux trois trains du système RIS lorsque ces derniers sont en fonctionnement : elle correspond au refroidissement des pompes RIS et des échangeurs RIS/RA. Au titre de l'atteinte de l'état contrôlé en conditions de fonctionnement DBC et en cohérence avec la catégorie des fonctions RIS supportées, cette fonction RRI est catégorie 1.
- RRI – Assurer l'évacuation de la puissance issue du système PTR. Cette fonction est requise en support aux trois trains du système PTR lorsque ces derniers sont en fonctionnement : elle correspond au refroidissement des pompes PTR et de l'échangeur PTR. Au titre de l'atteinte de l'état sûr en conditions de fonctionnement DBC et en cohérence avec la catégorie des fonctions PTR supportées, cette fonction RRI est catégorie 2.
- RRI – Refroidir les groupes froids DEL. Cette fonction est requise en support aux trains 1-2-3 du système DEL lorsque ces derniers sont en fonctionnement. Au titre de l'atteinte de l'état contrôlé en conditions de fonctionnement DBC, et en cohérence avec la catégorie des fonctions DEL supportées, cette fonction RRI est catégorie 1 ;
- RRI – Refroidir les barrières thermiques des GMPP. Cette fonction assure le refroidissement du fluide primaire pouvant remonter le long de l'arbre de la pompe primaire. La catégorisation de cette fonction sera définie à un stade ultérieur de la conception.
- RRI – Isoler les traversées enceinte du système. Cette fonction contribue à assurer l'intégrité de la 3$^{e}$ barrière de confinement, par isolement des pénétrations enceinte du RRI sur demande. La catégorisation de cette fonction sera définie à un stade ultérieur de la conception.
- SEC - Evacuer la puissance vers l'environnement. Cette fonction est requise en support aux trois trains du système RRI lorsque ces derniers sont en fonctionnement : elle correspond au refroidissement des pompes RRI et des échangeurs RRI/SEC. Au titre de l'atteinte de l'état contrôlé en conditions de fonctionnement DBC et en cohérence avec la catégorie des fonctions RRI supportées, cette fonction est catégorie 1.

Les chaînes de refroidissement principale et diversifiée démarrent automatiquement en support du système RIS pour chacune de ses sollicitations, et sont dimensionnées pour permettre une évacuation de la puissance permettant l'atteinte de l'état sûr de l'installation, incluant si les conditions primaires le permettent le repli sur RIS en mode RA.

La chaîne de refroidissement ultime n'est pas sollicitée dans les conditions de fonctionnement DBC.

#### 8.1.2.4.2.2. Conditions de fonctionnement DEC-A

Les chaînes de refroidissement principale et diversifiée sont sollicitées dans les conditions de fonctionnement DEC-A en tant que système support des systèmes de sauvegarde tant que leur fonctionnement n'est pas perturbé par l'initiateur DEC-A.

Les fonctions de sûreté des systèmes RRI et SEC mises en œuvre pour atteindre l'état d'arrêt sûr DEC-A sont les mêmes que pour les conditions de fonctionnement DBC. Leur catégorie à ce titre est donc enveloppée par celle liée aux conditions de fonctionnement DBC (catégorie 1 ou 2 selon les cas).

En particulier, la chaîne de refroidissement diversifiée RRI/SEC3 est spécifiquement

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

sollicitée pour certaines conditions de fonctionnement DEC-A :

- le manque de tension généralisé. La chaîne de refroidissement diversifiée est secourue électriquement non seulement par le GES de la division 3 mais également par le GES diversifié DEC-A. La chaîne diversifiée permet l'évacuation concomitante de la puissance des systèmes RIS train 3 et PTR train 3 et le maintien en service des groupes froids DEL3.
- la perte des deux trains PTR principaux. La chaîne de refroidissement diversifiée permet d'assurer l'évacuation de la puissance du bâtiment combustible en refroidissant le train 3 du système PTR ;
- la défaillance de cause commune affectant les matériels de la chaîne de refroidissement principale. La chaîne de refroidissement diversifiée permet le repli de l'installation et l'évacuation de la puissance du réacteur et de la piscine de façon concomitante quel que soit l'état de l'installation.

D'une façon générale, la chaîne de refroidissement diversifiée permet, dans les conditions de fonctionnement DEC-A où l'inventaire primaire est assuré, d'envisager un état d'arrêt sûr sur RIS train 3 en mode RA tout en maintenant le refroidissement de la piscine combustible via le PTR train 3.

La chaîne de refroidissement ultime n'est pas sollicitée dans les conditions de fonctionnement DEC-A.

#### 8.1.2.4.2.3. Conditions de fonctionnement DEC-B

La chaîne de refroidissement ultime EVUi/SRU est sollicitée pour les conditions de fonctionnement avec fusion du cœur en tant que système support du système de mitigation EVU.

Les fonctions de sûreté des systèmes EVUi et SRU mises en œuvre sont :

- EVUi - Assurer l'évacuation de la puissance provenant du bâtiment réacteur issue du système EVU. Cette fonction est requise en support aux deux trains du système EVU lorsque ces derniers sont en fonctionnement : elle correspond au refroidissement des pompes EVU et des échangeurs EVU/EVUi. Au titre de la mitigation des conséquences des conditions de fonctionnement avec fusion du cœur et en cohérence avec la catégorie des fonctions EVU supportées, cette fonction EVUi est de catégorie 3.
- EVUi - Refroidir le groupe froid DEL4 appartenant au niveau 4 de la défense en profondeur. Cette fonction est requise en support au DEL4 lorsque ce dernier est en fonctionnement. Au titre de la mitigation des conséquences des conditions de fonctionnement avec fusion du cœur et en cohérence avec la catégorie des fonctions DEL4 supportées, cette fonction EVUi est de catégorie 3.
- SRU - Evacuer la puissance vers l'environnement. Cette fonction est requise en support au système EVUi lorsque ce dernier est en fonctionnement : elle correspond au refroidissement de la pompe EVUi et de l'échangeur EVUi/SRU. Au titre de la mitigation des conséquences des conditions de fonctionnement avec fusion du cœur et en cohérence avec la catégorie des fonctions EVUi supportées, cette fonction SRU est de catégorie 3.

La chaîne de refroidissement ultime permet seule l'évacuation de la puissance de l'enceinte dans le cas d'une séquence accidentelle avec fusion du cœur. Les chaînes principale et diversifiée ne sont pas valorisées.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

#### 8.1.2.4.3. Agressions internes et externes

Les fonctions de sûreté impliquées dans la mitigation d'événement de type DBC éventuellement induits par des agressions internes et externes sont les mêmes que celles listées précédemment.

D'autres fonctions des systèmes RRI, SEC, EVUi et SRU spécifiques aux études d'agressions pourront être précisées en cours de « basic design », notamment vis-à-vis des agressions internes de type inondation.

### 8.1.2.5. Systèmes en interface

#### 8.1.2.5.1. Systèmes supportés

Les systèmes supportés par les chaînes de refroidissement sont rappelés ci-dessous :

- chaîne de refroidissement principale : RIS (1-2), EAS (1-2), PTR (1-2), DEL (1-2), DER, circuit primaire principal (RCP) (GMPP et barrière thermique), RCV, système de ventilation continue du bâtiment réacteur (EVR), circuit de purge des générateurs de vapeur (APG), système d'appoint en eau borée ou déminéralisée (REA), système de traitement des effluents liquides primaires (TEP), système d'échantillonnage nucléaire (REN), RES. Pour certains locaux, le RRI refroidit directement les flux d'air des ventilations. Le système SEC (1-2) a comme unique système supporté le système RRI (1-2).
- chaîne de refroidissement diversifiée : RIS 3, PTR 3, DEL 3. Le système SEC3 a comme unique système supporté le système RRI 3 ;
- chaîne de refroidissement ultime : EVU 1-2, DEL 4. Le système SRU a comme unique système supporté le système EVUi.

#### 8.1.2.5.2. Systèmes supports

Les chaînes de refroidissement sont supportées par les systèmes suivants :

- systèmes électriques : les trois trains RRI/SEC sont chacun secourus par un GES 1/2/3 pour les conditions de fonctionnement DBC. La chaîne diversifiée RRI/SEC3 est également secourue par le GES diversifié DEC-A. La chaîne ultime est secourue par le GES DEC-B.
- systèmes de refroidissement : les systèmes de préfiltration et filtration de l'eau brute sur la chaîne de refroidissement principale. Les systèmes d'appoint à la réserve de l'aéroréfrigérant pour les chaînes diversifiée et ultime.
- le besoin de conditionnement des locaux dans l'îlot nucléaire hébergeant les équipements RRI et EVUi vis-à-vis de la démonstration de sûreté nucléaire sera analysé à un stade ultérieur de la conception ;
- le besoin de conditionnement des locaux de la station de pompage hébergeant les équipements SEC 1-2 vis-à-vis de la démonstration de sûreté nucléaire sera analysé à un stade ultérieur de la conception ;
- le besoin de conditionnement des locaux de l'aéroréfrigérant hébergeant les équipements SEC3 et SRU vis-à-vis de la démonstration de sûreté nucléaire sera analysé à un stade ultérieur de la conception ;
- systèmes de contrôle-commande, en particulier :
  - au titre des fonctions de catégorie 1, les chaînes de refroidissement principale et diversifiée sont contrôlées par le PS (système de protection) ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- au titre de ses fonctions en conditions de fonctionnement avec fusion du cœur, la chaîne de refroidissement ultime est contrôlée par le système SA (système d'accident grave).

### 8.1.3. PRISE EN COMPTE DES EXIGENCES DE CONCEPTION DANS L'ARCHITECTURE DES CHAINES DE REFROIDISSEMENT

Ce paragraphe précise les principales exigences de conception applicables à l'architecture des chaînes de refroidissement de l'installation.

#### 8.1.3.1. Défaillance unique

Les systèmes RRI et SEC étant requis comme système support pour l'atteinte de l'état contrôlé et de l'état sûr en conditions de fonctionnement DBC, le critère de défaillance unique s'applique à leur conception, conformément aux principes décrits dans les chapitres 2.1 et 3.1 du volume 1.

La défaillance unique active est prise en compte :

- pour les fonctions de refroidissement nécessaires en conditions de fonctionnement DBC par l'existence des trois trains RRI et SEC indépendants capables d'assurer les fonctions décrites au paragraphe 8.1.1.2 ci-avant et attendues en cas de défaillance unique sur l'un de leurs composants ;
- pour les fonctions d'isolement nécessaires en conditions de fonctionnement DBC par la redondance des organes d'isolement au sein d'un même train.

La défaillance unique passive est prise en compte et n'impacte pas l'architecture du RRI/SEC telle que présentée pour différentes raisons :

- soit parce que la défaillance passive, lorsque considérée, n'affecte qu'un seul train RRI/SEC, et est donc couverte par la prise en compte de la défaillance unique active sur ces systèmes ;
- soit parce que certaines parties du système RRI/SEC (barillets entre autre) sont en fonctionnement avant l'initiateur de la condition de fonctionnement DBC et la défaillance passive n'a donc pas à être envisagée.

Les systèmes EVUi et SRU sont requis dans les conditions de fonctionnement avec fusion du cœur DEC-B, à ce titre le critère de défaillance unique n'est pas pris en compte à la conception.

#### 8.1.3.2. Maintenance préventive

##### 8.1.3.2.1. Chaîne de refroidissement principale

La chaîne de refroidissement principale est requise de l'état A à l'état F inclus. Des dispositions spécifiques sont prises afin de permettre la maintenance des matériels.

Les matériels en fonctionnement permanent tels que les pompes RRI ou SEC demandent un entretien périodique. Les trains RRI et SEC 1-2 comportent chacun deux pompes redondantes. Cela permet la maintenance lors de l'état A. Le doublement des pompes permet également la mise en place d'un fonctionnement normal/secours au sein d'un même train, ce qui contribue à fiabiliser la fonction.

Les échangeurs de chaleur RRI/SEC des trains 1 et 2 bénéficient d'un suivi de leur encrassement. La technologie retenue à ce stade de la conception pour ces échangeurs est de type contre-courant à plaque. Chaque train RRI/SEC 1-2 comporte deux échangeurs de chaleurs en parallèle. Un échangeur seul permet l'évacuation des chargements thermiques correspondant aux conditions de fonctionnement DBC 2 à 4. La maintenance préventive de

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

ces équipements est donc réalisée en état A.

La maintenance préventive des équipements de filtration des trains SEC1 et 2 est réalisée grâce à l'utilisation d'une banalisation [ ] entre les stations de pompage de sûreté des deux installations. Cette mutualisation permet au train SEC du filtre en maintenance d'aspirer sur l'équipement de filtration du train correspondant de l'autre installation. La maintenance est donc réalisée en état A également.

Les opérations de maintenance prévues en état A se font toujours sur la chaîne de refroidissement principale à l'arrêt, prête à démarrer.

Les opérations de maintenance sur les autres matériels de la chaîne de refroidissement principale, incluant les coupures de train pour les systèmes RRI ou SEC, sont réalisées dans les phases d'arrêt de l'installation, cœur complètement déchargé dans la piscine de stockage du combustible usé – état F. Afin de maintenir le refroidissement des deux trains PTR 1 et 2, un lignage spécifique est mis en place pour permettre à un seul train RRI/SEC de refroidir les deux trains PTR. Cette opération interdit la maintenance concomitante de la chaîne de refroidissement diversifiée.

#### 8.1.3.2.2. Chaîne de refroidissement diversifiée

La maintenance préventive est réalisée en état F, réacteur complètement déchargé. Sa prise en compte n'impacte pas les configurations du système mises en œuvre lors de la mitigation des conditions de fonctionnement DBC.

La maintenance en état F n'est autorisée que si la chaîne principale est totalement disponible (sans coupures).

L'indisponibilité pour maintenance de tout ou partie de la réserve d'eau est prise en compte dans la conception afin de garantir la disponibilité de la fonction de refroidissement même en période de maintenance, conformément aux règles d'études.

#### 8.1.3.2.3. Chaîne de refroidissement ultime

La maintenance préventive est réalisée lors des états d'arrêt, cœur complètement déchargé.

Sur le long terme d'un accident avec fusion du cœur, la réparation ou la maintenance de la chaîne de refroidissement ultime (ou de ses systèmes supports) peut être réalisée dans des conditions radiologiques proches de la normale pour les travailleurs. Par ailleurs :

- si le délai de réparation est suffisamment faible (de l'ordre de la journée), le fonctionnement de l'EVU peut être interrompu sans conséquence ;
- si le délai de réparation est plus important (ou en cas de cumul indépendant avec un incendie à long terme) une liaison avec le train 3 de RRI est à l'étude. La disponibilité de RRI3 est assurée compte tenu du délai depuis le début de l'accident (restauration possible si besoin). Cette liaison permettrait également la réparation des systèmes supports, notamment électriques.

Ainsi, il n'est pas envisagé de redondance de la file EVUi/SRU vis-à-vis de besoins de maintenance.

### 8.1.3.3. Cumul MDTE

Les chaînes de refroidissement (RRI/SEC et système de filtration associé) nécessaires aux fonctions requises en conditions de fonctionnement DBC avec cumul MDTE sont secourues par les GES de chaque division.

Les matériels actifs de la chaîne de refroidissement diversifiée peuvent être également alimentés par le GES diversifié DEC-A.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

Les matériels actifs de la chaîne de refroidissement ultime peuvent être alimentés par le GES DEC-B.

### 8.1.3.4. Classement

Le classement de sûreté des principaux composants des systèmes RRI, SEC, EVUi et SRU, défini en conformité avec les règles de classement indiquées dans le paragraphe 2.6.4.1 du volume 1, est indiqué dans les tableaux ci-dessous. Il dépend de la catégorisation de sûreté des fonctions remplies par l'équipement.

Les systèmes RRI, SEC, EVUi et SRU ne sont pas concernés par le classement Equipement Sous Pression Nucléaire (ESPN) car leur défaillance n'entraîne pas de rejet d'activité.

| **Composants RRI/SEC** | **Fonctions de sûreté principales réalisées par le composant (catégorie enveloppe)** | | | | | **Classe de sûreté enveloppe** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **RRI** Assurer l'évacuation de la puissance issue du système RIS **Catégorie 1** | **RRI** Assurer l'évacuation de la puissance résiduelle issue du système PTR **Catégorie 2** | **RRI** Refroidir les barrières thermiques des groupes motopompes primaires **Catégorie à définir** | **RRI** Refroidir les groupes froids DEL **Catégorie 1** | **SEC** Assurer l'évacuation de la puissance issue du système RRI **Catégorie 1** | |
| Pompes RRI 1-2 | **X** | **X** | **X** | **X** | | **1** |
| Pompes RRI 3 | **X** | **X(*)** | | **X** | | **1** |
| Bâches RRI | **X** | **X** | **X** | **X** | | **1** |
| Échangeurs RRI/SEC | **X** | **X** | **X** | **X** | **X** | **1** |
| Pompes SEC 1-2 | | | | | **X** | **1** |
| Pompes SEC3 | | | | | **X** | **1** |
| Cellules et aéroréfrigérant SEC3 | | | | | **X** | **1** |
| Filtration dédiée SEC 1-2 | | | | | **X** | **1** |

(*) Train RRI 3 utilisé en conditions de fonctionnement DBC (cas particulier de maintenance sur PTR1-2) et en conditions de fonctionnement DEC-A.

**TABLEAU 22 : CLASSEMENT DE SURETE DES PRINCIPAUX COMPOSANTS DES SYSTEMES RRI ET SEC**

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

| Composants EVUi/SRU | Fonctions de sûreté principales réalisées par le composant (catégorie enveloppe) | | | Classe de sûreté enveloppe |
|---|---|---|---|---|
| | **EVUi** Assurer l'évacuation de la puissance provenant du BR dans des conditions DEC-B **Catégorie 3** | **EVUi** Refroidir le groupe froid DEL4 **Catégorie 3** | **SRU** Assurer l'évacuation de la puissance issue du système EVUi **Catégorie 3** | |
| Pompe EVUi | **X** | **X** | | **3** |
| Bâche EVUi | **X** | **X** | | **3** |
| Échangeur EVUi/SRU | **X** | **X** | **X** | **3** |
| Pompe SRU | | | **X** | **3** |
| Cellules et aéroréfrigérant SRU | | | **X** | **3** |

**TABLEAU 23 : CLASSEMENT DE SURETE DES PRINCIPAUX COMPOSANTS DES SYSTEMES EVUI ET SRU**

### 8.1.3.5. Diversification et apport des Etudes Probabilistes de Sûreté

Les requis de diversification applicables aux chaînes de refroidissement sont définis en lien avec la liste des conditions de fonctionnement DEC-A mentionnées au paragraphe 2.2.2 du volume 1, et seront à confirmer en cours de « basic design » sur la base d'éléments probabilistes. Ainsi les pompes RRI/SEC3 constituent une diversification des pompes RRI/SEC des trains 1 et 2 afin d'assurer la mitigation des conditions de fonctionnement DEC-A du type défaillance de cause commune affectant la chaîne de refroidissement principale RRI/SEC 1-2.

Par ailleurs, les analyses probabilistes ont été utilisées pour optimiser la conception de la chaîne de refroidissement, notamment vis-à-vis des indisponibilités pour maintenance. Elles ont contribué au choix du doublement des pompes RRI/SEC par train.

Les analyses probabilistes ont démontré le besoin d'une diversification au sein de la chaîne de refroidissement afin de réduire la fréquence de perte totale de ces systèmes. Cette diversification est portée par la chaîne RRI/SEC3 refroidie par la source froide diversifiée.

La chaîne de refroidissement ultime n'étant pas sollicitée pour des conditions de fonctionnement DBC ou DEC-A, et étant indépendante des systèmes supports des autres chaînes de refroidissement, il n'est pas identifié au stade du « basic design » de requis de diversification par rapport aux chaînes de refroidissement principale ou diversifiée.

Par ailleurs, les efforts de conception réalisés sur EPR NM pour prévenir la fusion du cœur (démarche DEC-A) devraient se traduire par une fréquence d'occurrence de fusion cœur suffisamment faible pour que l'objectif probabiliste sur les rejets importants à long terme puisse être atteint avec une seule file EVU disponible. Ainsi, il n'est pas envisagé de redondance de la file EVUi/SRU vis-à-vis de besoins probabilistes.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## 8.1.3.6. Agressions internes et externes

### 8.1.3.6.1. Agressions internes

Les chaînes de refroidissement principale et diversifiée doivent être protégées contre les agressions internes susceptibles d'induire un événement de type DBC pour lequel elles seraient requises.

La séparation physique ou géographique permet de garantir que les agressions internes n'impactent pas plusieurs trains redondants d'un système. Cette séparation est réalisée de la façon suivante :

- chaque train du système RRI est localisé dans un bâtiment des auxiliaires de sauvegarde et séparé physiquement des autres trains. De ce fait, les agressions internes ne sont susceptibles de perturber que le fonctionnement d'un train RRI à la fois et les fonctions de sûreté seront alors assurées par les autres trains disponibles.
- les deux trains principaux du système SEC sont indépendants et localisés dans la station de pompage, séparés physiquement l'un de l'autre par une séparation interne au bâtiment. De ce fait, les agressions internes ne sont susceptibles de perturber que le fonctionnement d'un train SEC à la fois et les fonctions de sûreté seront alors assurées par les autres trains disponibles.
- le train 3 du RRI est localisé dans le bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3 et n'est pas connecté aux trains principaux ;
- le train 3 du SEC est totalement indépendant des 2 trains principaux, connecté à la source froide diversifiée séparée de la source froide principale de sûreté ;
- le train du système EVUi n'est pas connecté au RRI en fonctionnement normal de l'installation. Il est localisé dans le bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3, séparé géographiquement du RRI3 par une séparation interne au bâtiment entre la zone des matériels DEC-B et les autres matériels.
- le SRU est également sur la source froide diversifiée, séparé géographiquement du SEC3 par une séparation interne au bâtiment de l'aéroréfrigérant :
  - les cellules SEC3 et SRU sont séparées par des voiles ;
  - les pompes SEC3 et SRU sont implantées dans des locaux dédiés séparés, à l'intérieur du bâtiment de l'aéroréfrigérant. Les locaux électrique des équipements SEC3 sont également distincts des locaux électriques des équipements SRU. Le positionnement des pompes SEM est encore à l'étude.
  - les cheminements des câbles SEC3 et SRU sont indépendants à l'intérieur des galeries ;
  - les équipements SEC3 et SRU sont séparés à l'intérieur du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3.

Les trains principaux du RRI sont connectés entre eux par les utilisateurs communs. Différentes protections permettent d'éviter la perte simultanée des deux trains suite à une agression interne :

- les zones de convergence sont protégées des agressions par des dispositions d'installation ;
- certains utilisateurs communs sont isolés automatiquement sur l'atteinte de signaux de protection interne au système RRI ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- le basculement des utilisateurs communs d'un train principal RRI à l'autre n'est possible que si le niveau dans la bâche est suffisant.

Les chaînes de refroidissement n'étant pas constituées de composant haute énergie, elles ne sont pas initiateurs d'une agression de type Rupture Tuyauterie Haute Energie (RTHE) ou missiles.

Elles peuvent éventuellement être à l'origine d'une inondation interne qui est prise en compte à la conception.

Dans le cas d'une maintenance préventive d'un équipement de filtration (train SEC1 ou 2 d'une unité de production), le train SEC concerné est mis en communication avec le train SEC appairé de l'unité de production voisine par une banalisation. Une agression interne sur cette banalisation peut donc induire la perte de ces deux trains. Cela entraine le basculement du refroidissement RRI/SEC sur les autres trains disponibles.

#### 8.1.3.6.2. Agressions externes de référence

En tant que systèmes participant à la mitigation de conditions de fonctionnement DBC et DEC, les chaînes de refroidissement sont dimensionnées pour rester opérationnelles en cas d'agression externe de référence DBH :

- les composants des chaînes de refroidissement sont dimensionnés au séisme de référence ;
- par leur situation dans les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde, les systèmes RRI et EVUi sont protégés de l'explosion externe et de l'inondation externe. Les systèmes RRI et EVUi sont également protégés des projectiles associés à la tornade ainsi que des effets de la foudre, de l'explosion, de la neige et du vent. De même, par leur situation dans la station de pompage et l'aéroréfrigérant, les systèmes SEC et SRU sont protégés de l'explosion externe, de l'inondation externe, des projectiles associés à la tornade ainsi que des effets de la foudre, de la neige et du vent.
- en cas de températures extérieures de niveau DBH, la température maximale ou minimale admissible dans les locaux contenant des composants des systèmes RRI et EVUi est régulée par le système de ventilation des locaux électriques (DVL). De même, la température maximale ou minimale admissible dans les locaux contenant des composants des systèmes SEC et SRU est régulée par un système de ventilation support.
- la station de pompage principale est dimensionnée pour rester opérationnelle en cas d'agression spécifique de la source froide DBH (frasil, prise en glace, arrivée massive de colmatants, niveau bas de la source froide, envasement/ensablement, hydrocarbures) ;
- la source froide diversifiée, refroidie par air, n'est par nature pas sensible aux agressions de la source froide ;
- la séparation géographique des deux sources froides permet de se prémunir contre leur perte simultanée en cas de chute d'avion ;
- la banalisation entre les deux stations est dimensionnée aux agressions externes de référence.

#### 8.1.3.6.3. Agressions externes extrêmes naturelles

Selon les principes énoncés au chapitre 2.4 du volume 1, les équipements des chaînes de refroidissement nécessaires pour démontrer l'absence de rejets importants ou précoces sont

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

conçus pour rester opérationnels en cas d'agression externe extrême naturelle.

C'est le cas des composants des chaînes de refroidissement diversifiée et ultime, secourus électriquement respectivement par le GES diversifié DEC-A et par le GES DEC-B.

Par ailleurs, l'aéroréfrigérant SEC3/SRU est conçu pour rester opérationnel en cas d'agression externe extrême naturelle qui pourrait entrainer la perte de la source froide principale de sûreté. La source froide diversifiée reste donc opérationnelle en cas d'agressions externes extrêmes naturelles.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

## 8.2. AUXILIAIRES DU CIRCUIT PRIMAIRE

Le présent chapitre traite des systèmes RCV (contrôle chimique et volumétrique), REA (système d'appoint en eau borée ou déminéralisée), TEP (traitement des effluents liquides primaires), REN/RES (système d'échantillonnage primaire) et RPE (purges, évents et exhaures).

Le principe de suppression du Bâtiment des Auxiliaires Nucléaires (BAN) et les relocalisations induites dans le bâtiment combustible et le bâtiment de traitement des effluents (BTE), entre autres pour les systèmes RCV, REA et TEP, sont explicités au chapitre 10.3 du présent volume.

### 8.2.1. SYSTEME DE CONTROLE VOLUMETRIQUE ET CHIMIQUE (RCV)

#### 8.2.1.1. Rôle fonctionnel

##### 8.2.1.1.1. Fonctions opérationnelles

Le système RCV assure les fonctions suivantes lors du fonctionnement normal :

- ajuster l'inventaire en eau borée du fluide primaire en puissance et à l'arrêt (avec le support des systèmes REA et TEP) ;
- ajuster la concentration en bore du circuit primaire (avec le support du système REA) ;
- contrôler la pression du circuit primaire dans les états monophasiques ;
- limiter les risques de surpression en état diphasique ;
- injecter en amont des joints des pompes primaires ;
- collecter la fuite des joints des pompes primaires ;
- assurer le conditionnement chimique du fluide primaire lors du fonctionnement normal de la chaudière ;
- purifier le fluide primaire en fonction de l'état de la chaudière ;
- permettre le remplissage du circuit primaire dans les états d'arrêt en combinaison avec le système REA ;
- permettre la vidange du circuit primaire dans les états d'arrêt en combinaison avec le système TEP.

##### 8.2.1.1.2. Fonctions de sûreté

Dans les conditions de fonctionnement de référence DBC2-4, comme sur l'EPR Flamanville, le système RCV assure les fonctions fondamentales de sûreté identifiées ci-dessous.

Il peut par ailleurs être crédité dans certaines conditions de fonctionnement DEC-A, si disponible.

<u>Maîtrise des réactions nucléaires en chaîne</u>

Le RCV participe à la protection du cœur contre les dilutions homogènes et hétérogènes. Pour ce faire, le RCV dispose de moyens de mesure permettant de détecter les risques de dilution et de moyens d'isolement automatique.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

Confinement des substances radioactives

Le système RCV, étant connecté au circuit primaire, participe à l'intégrité de la deuxième barrière de confinement dans toutes les conditions de fonctionnement de référence DBC2-4 et conditions de fonctionnement avec défaillances multiples DEC-A. L'isolement vis-à-vis du circuit primaire principal est assuré par deux organes d'isolement en série installés sur chacune des lignes connectées aux boucles primaires.

Le système RCV étant localisé en partie hors de l'enceinte et devant injecter dans le circuit primaire situé dans l'enceinte, il participe à la fonction d'isolement de l'enceinte de confinement au niveau de ses traversées de l'enceinte dans toutes les conditions de fonctionnement DBC2-4 et DEC-A. Chaque ligne du RCV qui traverse l'enceinte est munie de deux organes d'isolement.

En cas d'accident avec fusion du cœur, le RCV participe à la fonction isolement enceinte.

### 8.2.1.2. Description générale du système

Le RCV est constitué :

- d'un piquage sur une branche en U du circuit primaire et ses organes d'isolement ;
- d'un échangeur régénérateur permettant de réchauffer la charge tout en refroidissant la décharge afin d'améliorer le bilan thermique de la chaudière ;
- d'un poste de refroidissement non régénérateur refroidi par le système de réfrigération intermédiaire RRI ;
- d'un poste de détente du fluide prélevé dans le circuit primaire ;
- d'une connexion avec le système d'injection de sécurité (RIS), utilisée lorsque ce dernier est en mode RA, pour continuer à purifier le fluide primaire dans les états primaire dépressurisé ;
- d'équipements de purification du fluide primaire ;
- d'un réservoir de contrôle volumétrique, sous azote, et d'une station d'hydrogénation ;
- de connexions vers le système de stockage et traitement des effluents primaires (TEP) ;
- de connexions avec le système d'appoint en eau borée ou déminéralisée (REA) ;
- des moyens de préparation et d'injection d'espèces chimiques requises pour le contrôle de la chimie du primaire ;
- de deux pompes de charges, installées en parallèle, permettant l'injection du fluide purifié dans une branche froide et les joints des pompes primaires, et leurs organes d'isolement ;
- des connexions requises pour l'injection en amont des joints des pompes primaires et la récupération des fuites de joint ;
- d'une aspersion auxiliaire dans le pressuriseur ;
- d'une connexion de l'aspiration des pompes RCV avec l'IRWST ;
- de traversées enceinte et de leurs organes d'isolement.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

Le système RCV est installé dans l'enceinte pour ses parties charge et décharge primaire, injection aux joints des pompes primaires et aspersion auxiliaires. L'ensemble de ses autres équipements tels que pompes, réservoir, connexions aux systèmes supports, incluant déminéraliseurs et filtres, sont installés dans le bâtiment combustible du fait de la suppression du Bâtiment des Auxiliaires Nucléaires (BAN).

Le système RCV est alimenté électriquement par des tableaux secourus :

- pour ses fonctions d'isolement primaire et isolement enceinte ;
- pour certains équipements au titre de la disponibilité ou de la protection de l'investissement.

## 8.2.2. SYSTEME D'APPOINT EN EAU ET EN BORE (REA)

### 8.2.2.1. Rôle fonctionnel

#### 8.2.2.1.1. Fonctions opérationnelles

Le système REA assure les fonctions suivantes :

- stocker et transférer de l'eau déminéralisée et dégazée ;
- stocker et transférer de l'acide borique.

L'ajustement de l'inventaire en eau du circuit primaire et de sa concentration en bore en fonctionnement normal est assuré par le système RCV.

#### 8.2.2.1.2. Fonctions de sûreté

Mise à part la fonction de sûreté d'isolement de l'alimentation en eau vers le RCV en cas de risques de dilution du circuit primaire, le système REA n'est pas requis en cas de fonctionnement incidentel ou accidentel de la chaudière.

Le contrôle de la concentration en bore du circuit primaire dans ces cas de fonctionnement est réalisé par le système de borication de sécurité (RBS) et/ou le système RIS pour certains transitoires (voir chapitres 3.2 et 3.4 du présent volume).

### 8.2.2.2. Description générale du système

Le système REA contribue à l'inventaire en eau du circuit primaire et à l'ajustement de la concentration en bore du circuit primaire par l'injection d'eau et de bore réalisée via le système RCV.

Le système REA est aussi utilisé pour remplir et faire l'appoint des réserves d'acide borique, à savoir les réservoirs RBS, la piscine de stockage du combustible usé (PTR), l'IRWST (via le système de traitement et refroidissement d'eau des piscines (PTR)) et les accumulateurs RIS (via l'IRWST). Le remplissage des réservoirs RBS et de la piscine de stockage du combustible usé est réalisé au premier démarrage de l'installation ou suite aux opérations de maintenance nécessitant leur vidange.

Le système REA est réparti entre les bâtiments BK (bâtiment combustible) et BTE. Les équipements qui échangent fréquemment ou en permanence des fluides avec les systèmes auxiliaires au circuit primaire sont localisés dans le bâtiment combustible, à savoir le stockage et l'appoint au circuit primaire en eau et en acide borique, pour transfert vers le système RCV.

Sont ainsi localisés dans le bâtiment combustible les matériels suivants :

- un réservoir d'eau déminéralisée et dégazée (REA eau), avec son groupe de pompage associé (deux pompes), voir Figure 51 ci-après ; son volume permet

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

de garantir à tout moment le passage en arrêt à froid, le passage en arrêt pour rechargement et permet d'assurer le suivi de charge et les besoins journaliers. Sa maintenance est réalisable réacteur à l'arrêt.

- un réservoir d'acide borique disponible pour injecter dans le RCV (REA bore) et un réservoir d'acide borique en attente ou en remplissage depuis le BTE (REA bore) avec deux pompes dont l'aspiration est banalisée vis-à-vis des bâches (voir Figure 52 ci-après) ; un volume minimum est disponible à tout moment dans un des réservoirs pour garantir le passage en arrêt à froid. La somme des volumes des deux réservoirs permet le passage en arrêt à froid pour rechargement sans appoint du BTE. Leur maintenance est réalisable réacteur en fonctionnement.
- les tuyauteries d'alimentation de ces réservoirs, en provenance du BTE ;
- les tuyauteries et vannes réglantes permettant le transfert des deux fluides vers les systèmes servis (RCV, PTR, RBS).

**[ ]**

**FIGURE 51 : SCHEMA DE PRINCIPE DU SYSTEME REA BORE DANS LE BATIMENT COMBUSTIBLE**

**[ ]**

**FIGURE 52 : SCHEMA DE PRINCIPE DU SYSTEME REA EAU DANS LE BATIMENT COMBUSTIBLE**

Se trouve dans le BTE la partie du système REA relative à la production, au stockage et au transfert vers le bâtiment combustible d'eau dégazée et d'acide borique pour les besoins d'une paire d'unités de production :

- REA bore (voir Figure 53 ci-après) composé de :
  - une bâche tampon REA bore pour éviter d'arrêter l'évaporateur TEP remplie principalement à partir de l'évaporateur TEP et exceptionnellement par du bore « frais ». Sa maintenance sera planifiée réacteur en fonctionnement.
  - une bâche de préparation de bore « frais » (remplissage lors du premier démarrage, compensation de la déplétion du bore 10 et appoint au RBS) ;
  - deux pompes permettant le transfert vers le bâtiment combustible (REA, PTR), le bâtiment des auxiliaires de sauvegarde (RBS) et la bâche externe PTR de chaque unité de production.
- REA eau (voir Figure 54 ci-après) composé de :
  - deux bâches REA eau remplies très majoritairement avec de l'eau fraîche dégazée et exceptionnellement avec les distillats TEP (gestion du tritium) et directement disponibles pour transfert vers le RCV via le bâtiment combustible. Les transitoires nécessitant d'importants volumes d'eau sont anticipés (bâches remplies, dégazeur disponible).
  - deux pompes partagées pouvant aspirer indifféremment dans chacune des bâches assurant le transfert vers le bâtiment combustible ;
  - un dégazeur à technologie membranaire pour de l'eau déminéralisée fournie par le système d'eau déminéralisée (SED).

Un appoint aux réservoirs REA eau du BK de l'une ou l'autre des unités de production, par le REA eau du BTE, est possible à tout moment pour les cas de fonctionnement nécessitant de

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

grands mouvements de fluide vers le circuit primaire. Les caractéristiques chimiques de l'eau envoyée vers le BK sont contrôlées afin de vérifier son adéquation avec son transfert dans le circuit primaire.

[ ] Le contrôle de la concentration en bore se fait après remplissage et brassage du réservoir d'acide borique.

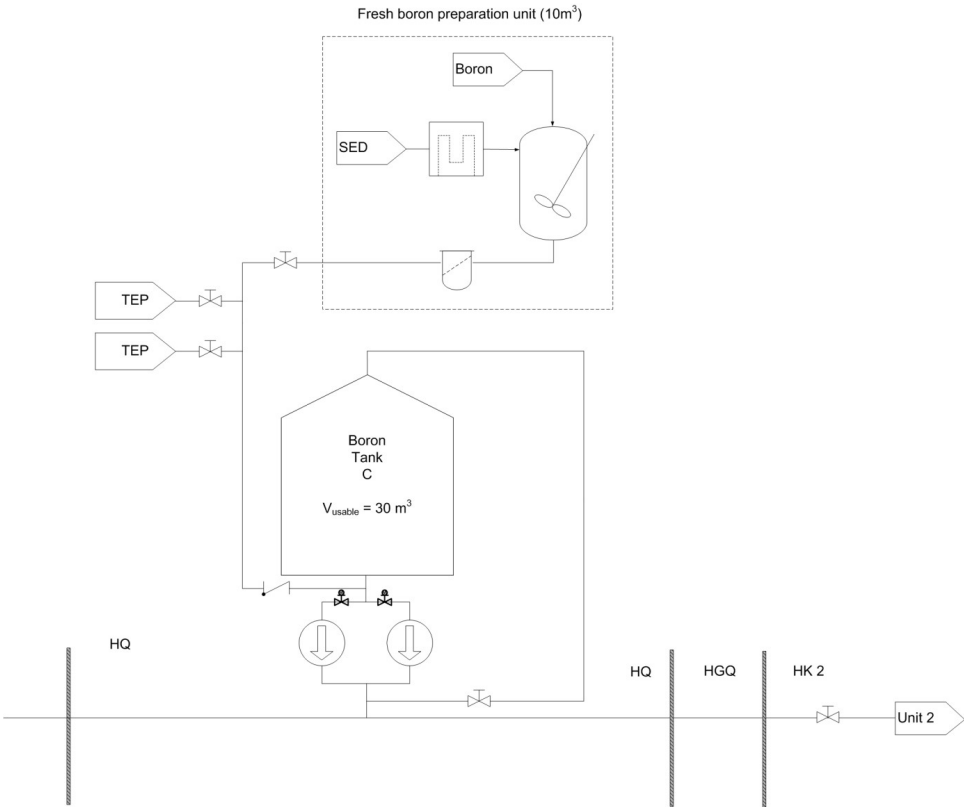



**FIGURE 53 : SCHEMA DE PRINCIPE DU SYSTEME REA BORE DANS LE BTE**

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

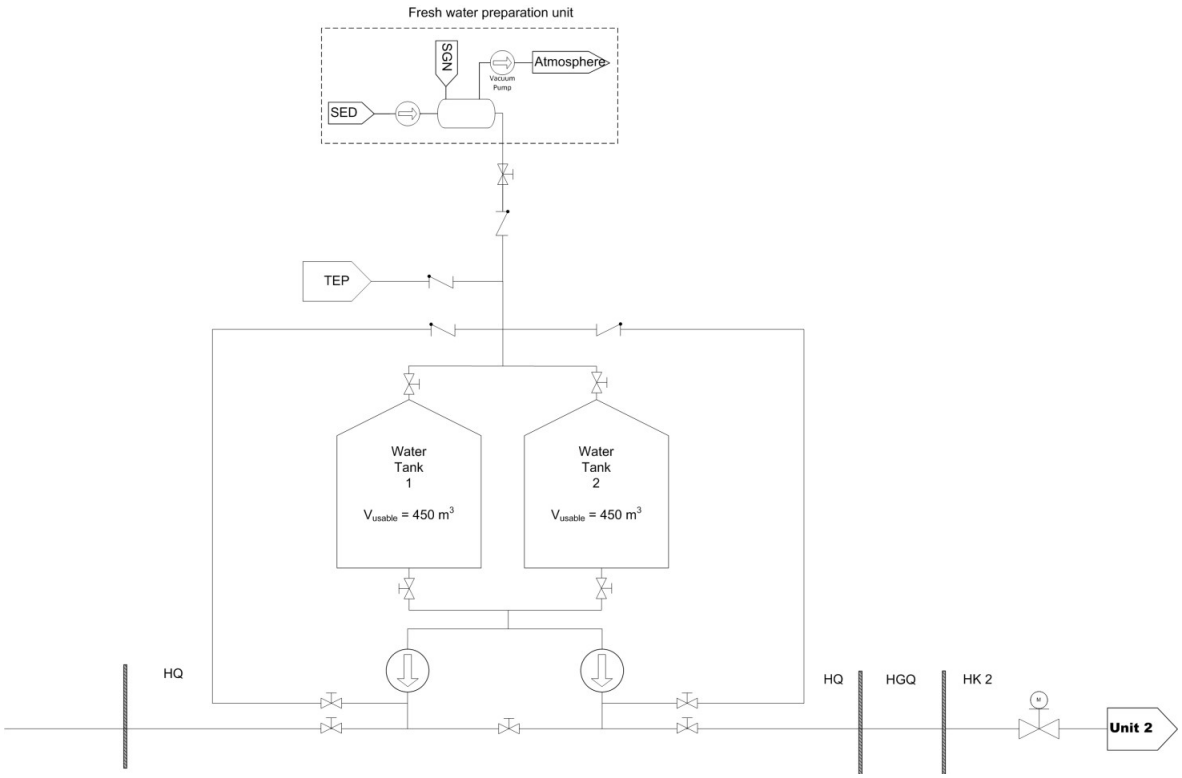



**FIGURE 54 : SCHEMA DE PRINCIPE DU SYSTEME REA EAU DANS LE BTE**

## 8.2.3. SYSTEME DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS LIQUIDES PRIMAIRES (TEP)

### 8.2.3.1. Rôle fonctionnel

#### 8.2.3.1.1. Fonctions opérationnelles

Le système TEP assure les fonctions suivantes :

- stocker les effluents primaires (stockage de tête) ;
- purifier les effluents primaires ;
- dégazer les effluents primaires issus du stockage de tête ;
- dégazer le fluide primaire issu de la purification RCV ;
- stocker les effluents purifiés et dégazés (stockage intermédiaire) ;
- séparer l'eau et le bore afin de recycler le bore.

#### 8.2.3.1.2. Fonctions de sûreté

Le système TEP n'est pas requis en cas de fonctionnement incidentel ou accidentel de la chaudière.

### 8.2.3.2. Description générale du système

Le système TEP est conçu selon le même principe que le parc EDF en exploitation. Le système TEP est réparti entre le bâtiment combustible et le BTE. Les équipements qui échangent fréquemment ou en permanence des fluides avec les systèmes auxiliaires au circuit primaire, y compris ceux permettant le repli en état d'arrêt à froid, sont localisés dans le bâtiment combustible, à savoir principalement le stockage de tête des effluents primaires. Toutefois, dans le but de confiner dans le bâtiment combustible la majeure partie de la

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

radioactivité contenue dans les effluents primaires et donc de limiter la contamination des effluents transférés vers le BTE, les étapes de purification et de dégazage sont aussi situées dans le bâtiment combustible. Sont ainsi localisés dans ce bâtiment les matériels suivants (voir Figure 55 ci-après) :

- un réservoir de tête qui reçoit et stocke les effluents primaires provenant des systèmes RCV (fluide primaire de décharge non renvoyé dans le circuit primaire) et RPE (effluents liquides recyclables). Ce réservoir de tête est balayé par un inertage azote assuré par le système de traitement des effluents gazeux (TEG) afin de prévenir le risque d'explosion hydrogène (voir chapitre 10.5 du présent volume).
- une chaîne de filtration et de déminéralisation permettant de purifier les effluents primaires en sortie du réservoir de tête par extraction des impuretés et des produits de fission et d'activation ;
- un dégazeur permettant le dégazage en continu du fluide primaire ou des effluents primaires ;
- associés au dégazeur, un condenseur des gaz produits, puis un échangeur refroidissant les incondensables, qui sont ensuite évacués vers TEG ;
- les tuyauteries, pompes et vannes nécessaires au bon fonctionnement de cet ensemble.

Le volume du réservoir de tête permet de recevoir les effluents produits en fonctionnement normal, y compris lors d'un repli en état d'arrêt à froid ou suite au redémarrage après rechargement. Ce volume est dimensionné pour prendre en compte une indisponibilité du dégazeur plus un volume tampon pour les transitoires. Un volume minimum est disponible à tout moment pour garantir le passage en arrêt à froid. Ce réservoir de tête est aussi alimenté par l'ensemble des effluents liquides recyclables issus de RPE. Les pertes de bore étant minimisées en amont grâce à une collecte optimisée via RPE, le recyclage du bore est ainsi maximisé en aval.

L'inspection Equipement Sous Pression Nucléaire (ESPN) et la maintenance de ce réservoir sont réalisables en arrêt.

Le dégazeur permet, selon les besoins de l'exploitation :

- soit de dégazer les effluents primaires à l'issue de leur étape de purification TEP ;
- soit de dégazer le fluide primaire dans certains modes de fonctionnement normal (début ou fin d'arrêt, situations où le niveau d'activité du fluide primaire est proche de sa limite, avant l'ouverture du RCP…). Pour ces situations, une vanne 3 voies dirige le fluide primaire issu de la purification RCV vers le dégazeur TEP et une autre vanne en sortie réinjecte le fluide dégazé vers le RCV.

Le transfert vers le BTE s'effectue après passage sur déminéraliseurs, filtres et station de dégazage.

La purification et le dégazage TEP, avant transfert vers le stockage intermédiaire localisé dans le BTE, sont régulés sur niveau du réservoir de tête. Ils sont arrêtés en cas d'atteinte du niveau haut des réservoirs de stockage intermédiaire.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

## DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

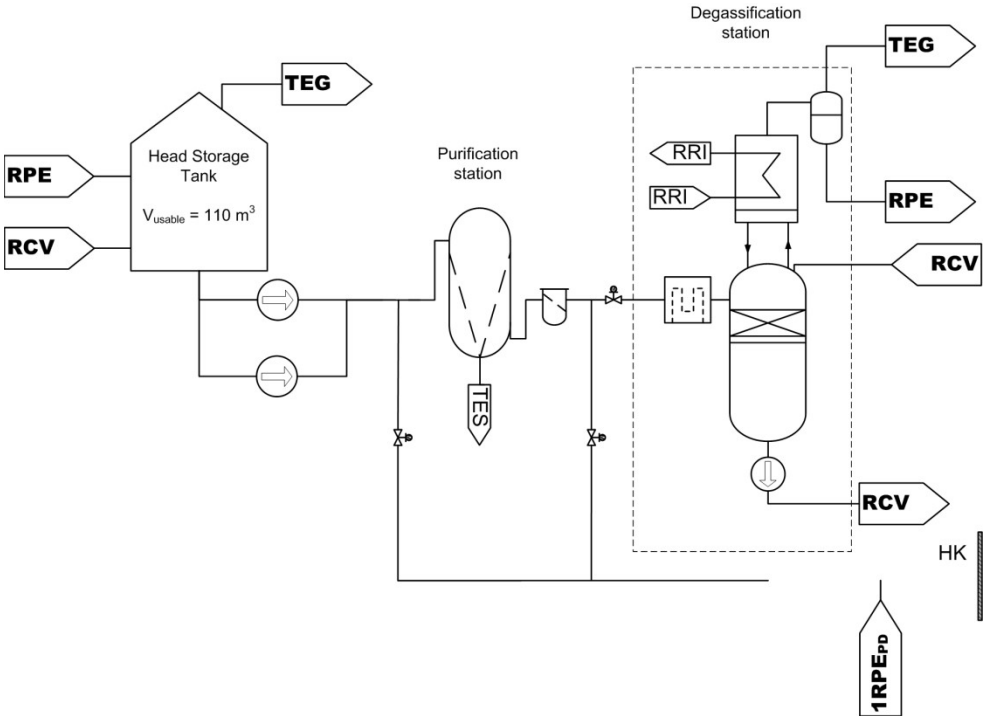



**FIGURE 55 : SCHEMA DE PRINCIPE DU SYSTEME TEP DANS LE BATIMENT COMBUSTIBLE**

Les effluents purifiés et dégazés sont ensuite transférés dans le BTE où sont localisés, en zone contrôlée (voir Figure 56) :

- trois réservoirs de stockage intermédiaire (TEP) munis de pompes permettant un brassage et un transfert vers l'unité de séparation, sous ciel d'air et ventilés par la ventilation du BTE ; il est possible de condamner un réservoir pour la maintenance en fonctionnement ;
- une unité de séparation des effluents en deux phases liquides, de l'eau déminéralisée et dégazée d'une part, et de l'acide borique [ ] d'autre part. Ces deux produits sont stockés dans le BTE.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

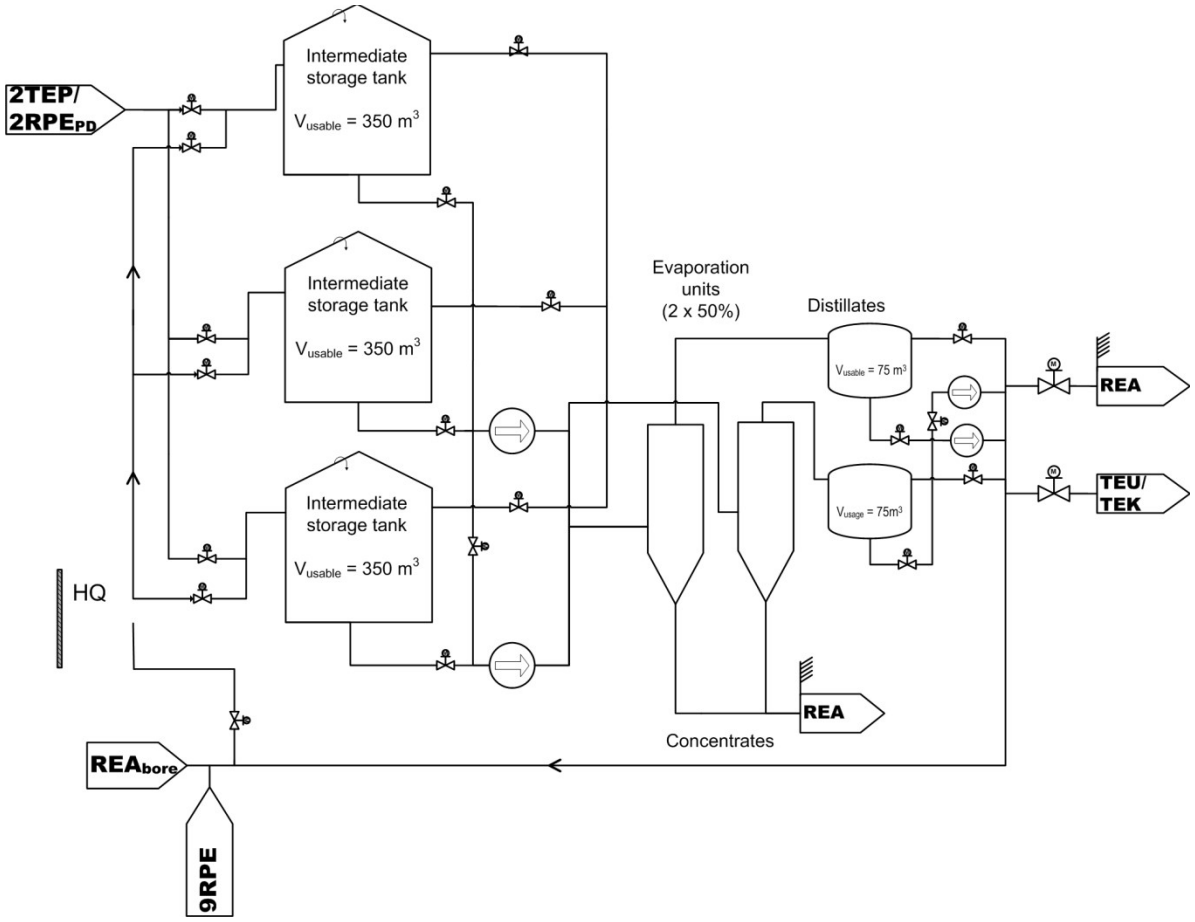



**FIGURE 56 : SCHEMA DE PRINCIPE DU SYSTEME TEP DANS LE BTE**

### 8.2.4. SYSTEME D'ECHANTILLONAGE PRIMAIRE ET SECONDAIRE (REN/RES)

Aucune modification notable de ces systèmes n'est prévue à ce jour comparé à la conception de l'EPR Flamanville.

### 8.2.5. SYSTEME DE PURGES, EVENTS ET EXHAURES NUCLEAIRES (RPE)

#### 8.2.5.1. Rôle fonctionnel

##### 8.2.5.1.1. Fonctions opérationnelles

Le système RPE assure les fonctions suivantes :

- collecter et stocker temporairement l'ensemble des vidanges, purges, évents et fuites des circuits situés dans les bâtiments bâtiment réacteur, bâtiment des auxiliaires de sauvegarde, bâtiment combustible et BTE. Ces effluents peuvent se trouver sous forme liquide ou gazeuse, être contaminés ou non, pollués chimiquement ou non.
- transférer ces effluents vers le système de recyclage ou de traitement approprié, en fonction de leur origine et de leurs caractéristiques radio-chimiques ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- balayer le circuit primaire avant l'ouverture de la cuve pour déchargement et le mettre sous vide avant et pendant son remplissage après fermeture du couvercle de cuve.

#### 8.2.5.1.2. Fonctions de sûreté

Le système RPE étant connecté à des systèmes localisés à l'intérieur de l'enceinte et devant transférer les effluents collectés hors de l'enceinte pour traitement, il participe à la fonction d'isolement de l'enceinte de confinement au niveau de ses traversées de l'enceinte. Chaque ligne RPE qui traverse l'enceinte est munie de deux organes d'isolement.

Le système RPE assure également la réinjection des fuites RIS et EAS dans le bâtiment réacteur au titre du confinement en cas de fuites du RIS dans un bâtiment des auxiliaires de sauvegarde.

### 8.2.5.2. Description générale du système

Il pourrait être envisagé quelques évolutions mineures du système RPE par rapport à celui de l'EPR Flamanville, qui a lui-même vu des améliorations de conception par rapport au parc EDF en exploitation afin de maximiser le recyclage du bore. Ces évolutions ne sont pas de nature à modifier les fonctions principales du système RPE.

Les effluents sont collectés en fonction de leur nature (liquide ou gazeuse) et de leur origine (effluents primaires, drains résiduaires, drains chimiques, drains de planchers). Cette collecte est réalisée dans des puisards et des réservoirs situés en général aux points bas des différents bâtiments, et qui contiennent des pompes de relevage pour transférer les effluents vers le système de traitement approprié.

Les effluents sont ainsi classés en différentes catégories :

- les effluents liquides recyclables : il s'agit des effluents liquides primaires (aérés ou hydrogénés) dont les caractéristiques sont compatibles avec le recyclage vers le primaire et pour lesquels le recyclage du bore est possible. Après collecte et refroidissement si nécessaire, ils sont transférés vers le système TEP pour recyclage du bore.
- les effluents liquides non recyclables : il s'agit de l'ensemble des drains (résiduaires, chimiques ou de planchers) dont les caractéristiques ne sont pas compatibles avec le recyclage vers le primaire. Après collecte, ils sont transférés vers le système de traitement des effluents usés (TEU) (voir chapitre 10 du présent volume) pour traitement en fonction de leur contamination et de leur pollution chimique.
- les effluents gazeux : il s'agit des effluents gazeux (aérés ou hydrogénés) provenant de l'éventage des circuits ou du dégazage de fluides. Après collecte, ils sont transférés soit vers le système TEG (voir chapitre 10 du présent volume), soit vers un système de ventilation (EBA, DWx, voir chapitre 8.3 du présent volume).

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

## 8.3. SYSTEMES DE CLIMATISATION, CHAUFFAGE ET VENTILATION

Ce chapitre est relatif aux systèmes de climatisation, de chauffage et de ventilation (HVAC) des bâtiments de l'îlot nucléaire.

### 8.3.1. RÔLE FONCTIONNEL

Les principales fonctions assurées par les systèmes HVAC sont les suivantes :

- maintien des conditions ambiantes dans les limites acceptables pour les équipements, en assurant :
  - le contrôle de la température de l'air ambiant des locaux (notamment afin d'assurer le fonctionnement des systèmes classés de sûreté) ;
  - le renouvellement et la filtration de l'air dans les locaux pour protéger les équipements de risques spécifiques (par exemple accumulation d'hydrogène) ;
- maintien des conditions ambiantes dans les limites acceptables pour le personnel, en assurant :
  - le contrôle de la température et de l'humidité de l'air ambiant des locaux ;
  - le renouvellement et la filtration de l'air dans les locaux accessibles pour protéger le personnel de risques spécifiques (anoxie, substances dangereuses pour la santé telles que fluide frigorigène, vapeurs, aérosols, etc.) ;
- limiter les rejets de l'air des zones contrôlées vers l'atmosphère en conditions de fonctionnement normal ou accidentel, en assurant :
  - un confinement dynamique :
    - par maintien en dépression des locaux de la zone contrôlée par rapport à l'extérieur afin d'éviter la dispersion de substances radioactives dans l'atmosphère ;
    - par maintien d'un flux d'air depuis les zones les moins contaminables vers les zones les plus contaminables (seulement en conditions de fonctionnement normal). De plus, les zones comportant des risques de contamination par iode radioactif sont dépressurisées par rapport aux zones adjacentes (seulement en conditions de fonctionnement normal).
  - un confinement statique (seulement en conditions de fonctionnement accidentel) :
- filtrer les particules radioactives de l'air des zones contaminées ou contaminables avant rejet à l'environnement afin d'assurer le respect des objectifs de doses (en fonctionnement normal ou accidentel) ;
- fournir les sources froides (systèmes de production d'eau glacée) pour le refroidissement des différents systèmes de ventilation de l'îlot nucléaire ;
- collecter et rejeter les effluents gazeux des systèmes de l'îlot nucléaire à l'environnement via la cheminée de ventilation ;
- confiner et extraire les fumées des locaux spécifiques des bâtiments pour la sécurité du personnel ;
- assurer la protection contre les agressions internes.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

En tant que systèmes supports, les systèmes HVAC participent directement ou indirectement aux fonctions fondamentales de sûreté suivantes :

- la maîtrise des réactions nucléaires en chaîne (indirectement) ;
- l'évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives et des réactions nucléaires (indirectement) ;
- le confinement des substances radioactives.

Le respect de ces trois fonctions fondamentales de sûreté permet d'assurer la quatrième fonction fondamentale de sûreté, c'est-à-dire la protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants.

## 8.3.2. DESCRIPTION DES SYSTÈMES HVAC

### 8.3.2.1. Architecture générale

Pour des raisons pratiques, les systèmes HVAC sont organisés en systèmes par bâtiment ou par zone (zone non contrôlée classée de sûreté, zone non contrôlée NC, zone contrôlée, îlot de survie incluant la salle de commande principale) afin de limiter leur complexité.

En tant que systèmes supports, l'architecture des systèmes HVAC classés de sûreté est dépendante de l'architecture des systèmes de sauvegarde supportés, des systèmes électriques associés, du contrôle-commande et des bâtiments accueillant ces systèmes.

En plus du rôle de systèmes supports, les systèmes HVAC classés de sûreté contribuent au confinement des substances radioactives de l'îlot nucléaire.

Il existe plusieurs interfaces entre les systèmes HVAC pour le soufflage et l'extraction qui sont décrites par la suite. Ces interfaces dépendent des conditions de fonctionnement : les interfaces en conditions de fonctionnement normal peuvent être différentes de celles en conditions de fonctionnement accidentel.

#### 8.3.2.1.1. Liste des systèmes HVAC

Les principaux systèmes HVAC ou parties de systèmes HVAC valorisés dans la démonstration de sûreté nucléaire et classés de sûreté sont les suivants :

- système de ventilation de la zone non contrôlée des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde (DVL) ;
- système de conditionnement de la salle de commande (DCL) ;
- système de ventilation des Bâtiments Diesel (DVD) ;
- système de production et distribution d'eau glacée secouru (DEL) ;
- système de ventilation du bâtiment combustible (DWK) ;
- partie classée des systèmes de ventilation de la zone contrôlée des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde (DWL) et de balayage du bâtiment réacteur (EBA).

Les systèmes HVAC suivants assurent principalement des opérations d'exploitation normale :

- système de filtration de l'atmosphère de l'enceinte (EVF) ;
- système de ventilation continue du bâtiment réacteur, y compris le puits de cuve (EVR) ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- système de ventilation et chauffage des locaux des vannes du circuit vapeur principal (VVP) et du système d'alimentation normale des générateurs de vapeur (ARE) (DVE) ;
- système de ventilation des locaux non contaminables de la tour d'accès (DVW) ;
- système de ventilation des locaux contaminables de la tour d'accès (DWW) ;
- système de ventilation du Bâtiment de Traitement des Effluents (DWQ) ;
- système de ventilation de l'atelier chaud et des magasins outillages en zones contrôlées (DWA) ;
- système de production et de distribution d'eau glacée non secouru (conditions de fonctionnement normal) (DER) ;
- système de désenfumage (DFL).

Ces systèmes ne sont pas détaillés dans la suite du document.

L'architecture des systèmes HVAC classés de sûreté est représentée selon les conditions de fonctionnement suivantes :

- Figure 57 : en transitoires d'exploitation normale (DBC1) ;
- Figure 58 : en conditions de fonctionnement de référence (DBC2-4) ;
- Figure 59 : en conditions de fonctionnement avec défaillances multiples DEC-A : seul le cas où les conditions de fonctionnement DEC-A impactent directement la disponibilité des systèmes HVAC est présenté, autrement les mêmes systèmes HVAC que ceux présentés dans les conditions de fonctionnement DBC sont utilisés ;
- Figure 60 : en conditions de fonctionnement avec fusion du cœur DEC-B.

Note : Des unités locales de conditionnement peuvent être implémentées dans les locaux mécaniques en complément de la ventilation centralisée. Les besoins en unités locales seront définis en cours de « basic design » sur la base de calculs d'échauffement.

[ ]

**FIGURE 57 : ARCHITECTURE DES SYSTEMES HVAC CLASSES DE SURETE EN DBC1**

**[ ]**

**FIGURE 58 : ARCHITECTURE DES SYSTEMES HVAC CLASSES DE SURETE EN DBC2-4**

**[ ]**

**FIGURE 59 : ARCHITECTURE DES SYSTEMES HVAC CLASSES DE SURETE EN DEC-A**[3]

[3] Condition de fonctionnement DEC-A impactant les fonctions de sûreté des systèmes HVAC dans les BAS 1 et 2 (MDTG, perte de la chaîne de refroidissement principale ou défaillance de cause commune des systèmes HVAC dans les BAS1 et 2). Les systèmes HVAC non diversifiés peuvent être également être utilisés en conditions de fonctionnement DEC-A si non impactés par la défaillance de cause commune considérée.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

[ ]

## FIGURE 60 : ARCHITECTURE DES SYSTEMES HVAC CLASSES DE SURETE EN DEC-B[4]

[4] Cette figure représente une vue schématique des conditions de fonctionnement DEC-B : plus précisément, les systèmes HVAC des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde 1 ou 2 ne sont pas systématiquement perdus en conditions de fonctionnement DEC-B.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

#### 8.3.2.1.2. Sources froides des systèmes HVAC

En conditions de fonctionnement normal, les systèmes de ventilation classés de sûreté sont refroidis :

- soit directement par l'air extérieur, tant que les conditions extérieures sont adéquates. Les systèmes concernés sont les suivants :
  - DVD ;
  - DVL : trains principaux ;
- soit par le système DER. Les systèmes concernés sont les suivants :
  - DCL ;
  - DVL : trains principaux et unités locales de refroidissement ;
  - DWL : unités locales de refroidissement ;
  - DWK : unités locales de refroidissement ;
- soit par un moyen de production d'eau glacée dédié. Le système concerné est le système DVD pour les besoins de refroidissement des locaux électriques et de contrôle-commande.

Pour le refroidissement des systèmes (ou partie de systèmes) de ventilation classés (DVL, DCL, DWL et DWK), il a été fait le choix sur le projet EPR NM de recourir en conditions de fonctionnement normal au système DER, contrairement au DEL sur le projet EPR Flamanville. Le système DER refroidit le système DVL dans les trois bâtiments des auxiliaires de sauvegarde via de l'eau glacée. Le système DER est lui-même refroidi soit par RRI1 soit par RRI2 selon leur mode de fonctionnement et leur disponibilité.

En **conditions de fonctionnement DBC2-4**, les systèmes de ventilation classés de sûreté sont refroidis de la même façon qu'en conditions de fonctionnement normal, si l'événement initiateur n'impacte pas la source de refroidissement. Dans le cas contraire (perte du DER), les systèmes HVAC classés de sûreté suivants sont refroidis :

- soit directement par l'air extérieur, tant que les conditions climatiques sont adéquates :
  - pour les trois trains principaux DVL 1/2/3 (ventilation centralisée) ;
- soit par le système de réfrigération intermédiaire RRI :
  - pour les groupes froids DEL 1/2/3 ;
  - pour les unités locales de refroidissement DVL situées dans les zones non contrôlées des locaux mécaniques des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde1 et 2 (si nécessaire) ;
  - pour les unités locales de refroidissement DWL situées dans les locaux mécanique des zones contrôlées des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde 1 et 2 (si nécessaire) ;
  - pour les unités locales de refroidissement DWK dans situés les locaux du bâtiment combustible (si nécessaire) ;
- soit par le système DEL :
  - pour les trains DCL 1/2/3 ;
  - pour les trains principaux DVL 1/2/3 ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- pour les unités locales de refroidissement DVL situées dans les locaux mécaniques de la zone non contrôlée du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3 (si nécessaire) ;
- pour les unités locales de refroidissement DWL situées dans les locaux mécaniques des zones contrôlées du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3 (si nécessaire).

Pour le refroidissement des unités locales classées (DVL, DWL et DWK) situées dans les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde 1 et 2 et dans le bâtiment combustible, le projet EPR NM a choisi de recourir en situation DBC2-4 au système RRI, contrairement au DEL sur le projet EPR Flamanville.

Les conditions de fonctionnement DEC-A dues à la défaillance de cause commune des systèmes supports (chaîne de refroidissement, électrique, HVAC) impactant les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde 1-2 sont gérées grâce aux systèmes HVAC diversifiés du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3. Dans de telles conditions, les systèmes HVAC classés de sûreté suivants sont refroidis :

- soit directement par l'air extérieur, tant que les conditions climatiques sont adéquates :
  - pour le train principal DVL 3 (ventilation centralisée) ;
- soit par le train RRI 3 :
  - pour les groupes froids DEL 3 ;
- soit par le train DEL 3 :
  - pour les trains DCL 3 et 4 ;
  - pour le train principal DVL 3 ;
  - pour les unités locales de refroidissement DVL situées dans les zones non contrôlées des locaux mécaniques du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3 ;
  - pour les unités locales de refroidissement DWL situées dans les locaux mécanique des zones contrôlées du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3.

Les autres conditions de fonctionnement DEC-A pour lesquelles les Structures, Systèmes et Composants (SSCs) des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde 1 et 2 ne sont pas tous rendus indisponibles, sont gérés par l'ensemble des systèmes HVAC et sources froides disponibles, sans restriction à ceux du bâtiments des auxiliaires de sauvegarde 3 uniquement.

En conditions de fonctionnement DEC-B, des trains HVAC (conditionnement) dédiés sont prévus pour la gestion de l'accident avec fusion du cœur. Les systèmes HVAC concernés sont :

- DWL ;
- DVL ;
- DCL
- DEL.

Ces trains sont indépendants les uns des autres à l'exception de certaines gaines.

La Figure 61 présente la chaîne de refroidissement des systèmes HVAC valorisés en conditions de fonctionnement DEC-B :

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- EVUi : pour le groupe froid DEL dédié DEC-B ;
- DEL :
  - pour le train DCL dédié DEC-B ;
  - pour les unités locales de refroidissement DVL 4 situées dans les zones non contrôlées des locaux DEC-B du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3 ;
  - pour les unités locales de refroidissement DWL situées dans les zones contrôlées des locaux DEC-B du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3.

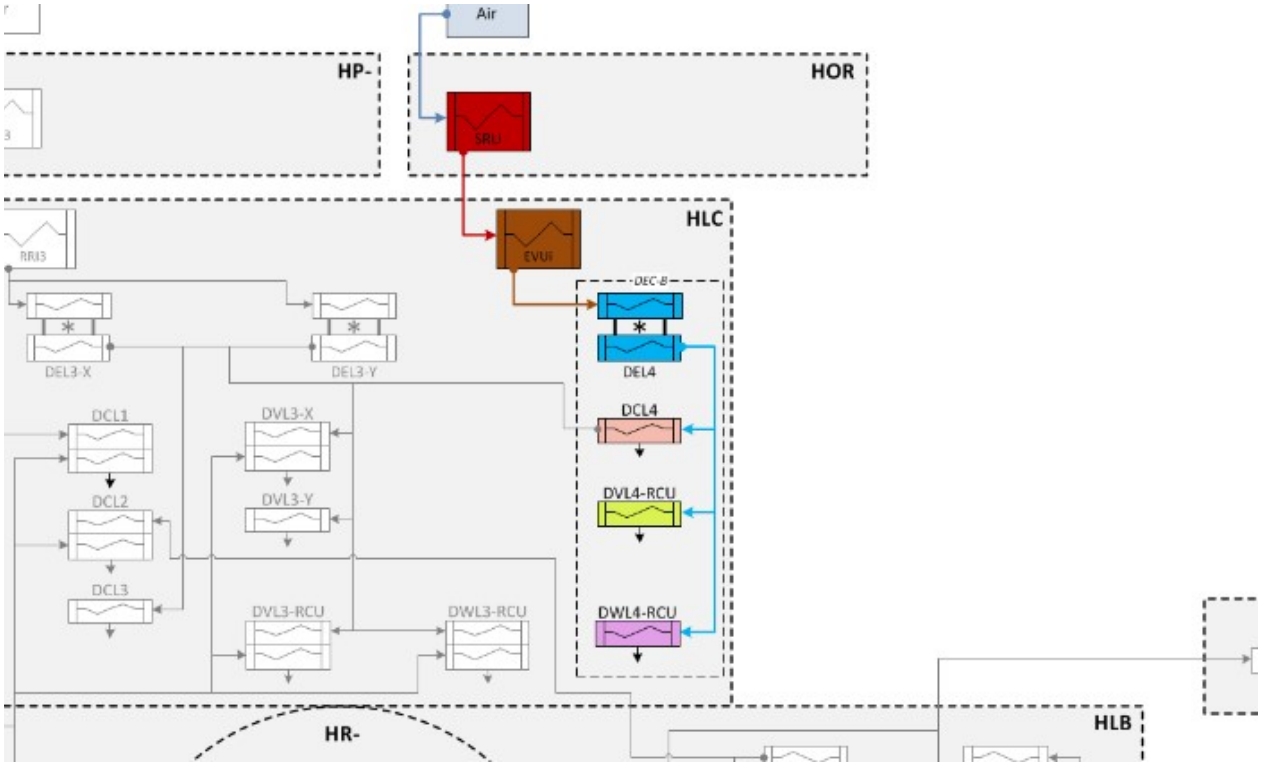



**FIGURE 61 : CHAINE DE REFROIDISSEMENT DES SYSTEMES HVAC EN DEC-B**

### 8.3.2.1.3. Etudes Probabilistes de Sûreté à la conception

Le retour d'expérience des EPS précédentes a permis de mettre en évidence le besoin de modéliser au plus tôt les systèmes de ventilation.

Les analyses probabilistes ont confirmé le besoin de renforcer la mise en œuvre du principe de défense en profondeur dans la conception des systèmes de ventilation, ainsi que le besoin de redondance de chaque train. Ainsi,

- le système DER est utilisé en fonctionnement normal uniquement pour le refroidissement des systèmes de ventilation classés ;
- le système DEL est dédié aux conditions DBC 2-3-4 pour le refroidissement des systèmes de ventilation classés ;
- des exigences de redondance et de diversification sont introduites dans l'architecture des systèmes de conditionnement thermique pour couvrir les conditions DEC-A et sécuriser l'atteinte des cibles probabilistes ; la diversification est portée par le train 3, en cohérence avec la diversification de la chaîne RRI/SEC3 ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- un train de conditionnement thermique indépendant dédié aux conditions DEC-B est ajouté.

De plus, les analyses probabilistes ont recommandé un mode d'exploitation différent (fonctionnement normal / fonctionnement accidentel / maintenance) au sein d'un même train afin de valoriser une usure diversifiée.

Enfin, la valorisation d'un mode de fonctionnement basé sur l'air extérieur uniquement, ainsi que l'existence d'une période de grâce sera favorable aux EPS.

#### 8.3.2.1.4. Délai de grâce

Le délai de grâce permet que la perte de la ventilation n'induise pas immédiatement la perte de la fonction supportée, et dépend essentiellement des paramètres suivants :

- la température maximale admissible par les matériels. Afin d'augmenter le délai de grâce, les solutions suivantes sont à l'étude :
  - augmentation des températures maximales admissibles par les matériels ;
  - installation des matériels selon leur température maximale admissible ;
- la température initiale dans les locaux. Afin d'augmenter le délai de grâce, les solutions suivantes sont à l'étude :
  - diminution de la température de dimensionnement en conditions de fonctionnement normal pour les locaux abritant des matériels sensibles en adaptant la puissance thermique du système DER ;
  - mise en place de faux-planchers dans les locaux électriques et contrôle-commande pour améliorer la distribution d'air ;
- les dimensions des locaux. Afin d'augmenter le délai de grâce, les solutions suivantes sont à l'étude :
  - sécurisation de marges d'installation en diminuant la compacité des bâtiments ;
  - alignement des voiles qui conduit intrinsèquement à augmenter la taille des bâtiments.

Pour sécuriser un délai de grâce suffisant, des exigences de densité calorifique par type de locaux sont définies et seront vérifiées tout au long de la conception et une dissipation thermique des composants de 100 % est considérée.

### 8.3.2.2. Architecture des systèmes HVAC classés de sûreté

#### 8.3.2.2.1. Système de ventilation de la zone non contrôlée des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde (DVL)

##### 8.3.2.2.1.1. Rôle Fonctionnel

Le système DVL remplit les fonctions suivantes :

- maintenir l'air ambiant dans des conditions acceptables (filtration de l'air, contrôle de la température, extraction de la chaleur) dans les zones non contrôlées des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde (à l'exception de la salle de commande principale et des locaux des vannes ARE et VVP) pour le personnel et les équipements chargés de contrôler les fonctions fondamentales de sûreté ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- alimenter en air le système DWL, seulement en conditions de fonctionnement normal. Pour toutes les conditions de fonctionnement accidentel nécessitant l'isolement de la zone contrôlée, des locaux mécaniques de la zone contrôlée de la division affectée, ou de toutes les divisions (selon l'évènement considéré), est isolée par le système DWL et le système DVL n'alimente plus en air conditionné le système DWL.
- éviter l'accumulation de gaz spécifiques (hydrogène dans les locaux des batteries et gaz frigorigène dans les locaux du système DEL).

#### 8.3.2.2.1.1.1. Fonctions opérationnelles

En tant que support aux systèmes électriques, au contrôle-commande et aux systèmes frontaux, le système DVL doit être disponible en conditions de fonctionnement normal dans tous les états standards du réacteur pour :

- maintenir l'air ambiant dans des conditions acceptables (filtration de l'air, contrôle de la température, extraction de la chaleur) dans les zones non contrôlées des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde (à l'exception de la salle de commande principale et des locaux des vannes ARE et VVP) pour le personnel et les équipements ;
- alimenter en air le système DWL ;
- éviter l'accumulation de gaz spécifiques (hydrogène dans la salle des batteries et gaz frigorigène dans les locaux du système DEL).

#### 8.3.2.2.1.1.2. Fonctions de sûreté

Le Tableau 24 ci-après liste les principales fonctions de sûreté du système DVL et indique leur contribution aux trois fonctions fondamentales de sûreté.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

| Fonctions DVL | Maîtrise des réactions nucléaires | Évacuation de la puissance | Confinement des substances radioactives |
|---|---|---|---|
| **Ventilation et conditionnement des locaux mécaniques de la zone non contrôlée des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde (à l'exception de la salle de commande principale et des locaux des vannes ARE et VVP)** | Indirecte | | |
| **Conditionnement des locaux mécaniques de la zone non contrôlée des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde (unités locales de conditionnement)** | Indirecte | | |
| **Ventilation et conditionnement des locaux des SSCs DEC-B** | Indirecte | | |
| **Conditionnement des locaux mécaniques de la zone non contrôlée DEC-B du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde (unités locales de conditionnement)** | Indirecte | | |

**TABLEAU 24 : PRINCIPALES FONCTIONS DE SURETE DU SYSTEME DVL**

En plus de ces fonctions, le système DVL participe à la mitigation des agressions au travers des fonctions suivantes :

- prévention de l'accumulation d'hydrogène dans les locaux de batteries ;
- limitation de la propagation des incendies internes ;
- limitation des effets d'une explosion externe (bâtiments des auxiliaires de sauvegarde) ;
- ventilation de la station de repli en cas d'incendie dans la salle de commande principale.

#### 8.3.2.2.1.2. Description du système DVL

##### 8.3.2.2.1.2.1. Architecture générale

En tant que support aux systèmes frontaux, le système DVL est subdivisé en trois trains de sûreté.

La ventilation et l'air conditionné des locaux mécaniques dans les zones non contrôlées (à l'exception de la salle de commande principale et des locaux de vannes ARE et VVP) de chaque bâtiment des auxiliaires de sauvegarde est assuré par des trains DVL séparés et indépendants (trains de ventilation principal composé d'une ligne soufflage, de lignes d'extraction normales et spécifiques et d'unités locales de conditionnement) en vertu du principe de défense en profondeur :

- deux trains de ventilation redondants et indépendants dans la division 1 et 2, DVL 1 et DVL 2, chacun contenant :

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- une file refroidie par DER/RRI/SEC 1-2 pour les conditions de fonctionnement normal (DBC1) et par DEL1-2/RRI/SEC 1-2 en cas de perte du DER pour les conditions de fonctionnement DBC2-4 et certaines conditions de fonctionnement DEC-A (tant que le système DVL et les systèmes supports sont disponibles) ;
- une file refroidie par DEL1-2/RRI/SEC 1-2 pour les conditions de fonctionnement DBC2-4, pour les conditions de fonctionnement normal en cas de maintenance ou d'essais périodiques sur la file précédente et pour la mitigation de certaines conditions de fonctionnement DEC-A (tant que le système DVL et les systèmes supports sont disponibles) ;
- les unités locales de conditionnement sont ajoutées afin de compléter la ventilation centralisée ;

Nota : le recours aux systèmes de production et de distribution d'eau glacée est nécessaire uniquement lorsque la température extérieure ne permet plus d'assurer les conditions d'ambiance acceptables.

- un troisième train de ventilation redondant, indépendant et diversifié (alimentation électrique, chaîne de refroidissement et ventilateurs) situé dans la division 3, DVL 3, contenant :
  - une file refroidie par DER/RRI/SEC 1-2 pour les conditions de fonctionnement normal (DBC1) et par DEL3/RRI/SEC3 en cas de perte du DER pour les conditions de fonctionnement DBC2-4 et les conditions de fonctionnement DEC-A ;
  - une file refroidie par DEL3/RRI/SEC3 pour la mitigation des conditions de fonctionnement DBC2-4 et DEC-A et pour les conditions de fonctionnement normal en cas de maintenance ou d'essais périodiques sur la file précédente ;
  - les unités locales de conditionnement sont ajoutées afin de compléter la ventilation centralisée.

Pour la mitigation des conditions de fonctionnement DEC-B, des SSCs dédiés sont présents : unités locales de conditionnement DVL4 refroidies par la chaîne de refroidissement de sûreté dédiée DEL4/EVUi/SRU.

Les choix de conception suivants ont été retenus :

- les transformateurs électriques (ayant à la fois des dissipations thermiques importantes et une température maximale admissible élevée) ont été installés dans locaux séparés des locaux des autres matériels électriques (ayant à la fois des dissipations thermiques moins importantes et des températures maximales admissibles plus faibles). Ce choix offre la possibilité d'utiliser l'air extérieur pour refroidir les locaux transformateur (via un réseau de soufflage dédié) dans les conditions de fonctionnement accidentel. Ainsi, les besoins en puissance des sources froides DEL et des sources électriques sont réduits et le délai de grâce en cas de perte HVAC dans les locaux électriques et contrôle-commande est augmenté.
- d'autres options de conception permettant d'assurer un délai de grâce suffisant sont en cours d'étude, telles que la mise en place de faux-planchers dans les locaux électriques et contrôle-commande pour une meilleure distribution de l'air soufflé.

Un schéma simplifié du système DVL est présenté en Figure 62.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

#### 8.3.2.2.1.2.2. Composants du système DVL

Pour chaque bâtiment des auxiliaires de sauvegarde, les systèmes DVL 1, 2 et 3 sont constitués :

- d'une entrée d'air extérieure commune protégée [ ] ;
- de deux lignes de soufflage redondantes composées de filtres, chauffage, ventilateur, silencieux et :
  - deux échangeurs pour une file – l'un refroidi par le système DER et l'autre par le système DEL ;
  - un échangeur pour l'autre file, refroidi par le système DEL ;
- de deux lignes d'extraction normales redondantes (ventilateurs) ;
- de deux lignes d'extraction spécifiques redondantes (ventilateurs) ;
- d'un réseau unique pour la distribution d'air dans les locaux électriques et les locaux mécaniques de la zone non contrôlée – y compris la connexion d'alimentation d'air des locaux mécaniques des zones contrôlées ;
- d'un réseau unique pour la distribution d'air dans les locaux de transformateur ;
- d'un réseau unique d'extraction normal pour collecter l'air pouvant être recyclé ;
- d'un réseau unique d'extraction spécifique pour collecter l'air devant être évacué ;
- d'un exutoire d'air commun protégé [ ] .

En plus de la ventilation centralisée DVL, des unités locales de conditionnement sont présentes dans chaque division si nécessaire. Pour DVL 1, 2 et 3 :

- des unités locales de refroidissement sont prévues pour les locaux à forts apports calorifiques. Chaque unité locale de refroidissement contient un ventilateur et un échangeur d'air refroidi par le système DER. Pour les unités locales de refroidissement supportant des SSCs classés de sûreté, un échangeur supplémentaire est présent en série. Cet échangeur d'air est refroidi par le système RRI (respectivement DEL 3) pour les divisions 1 et 2 (respectivement division 3).
- des moyens de chauffage (convecteurs ou réchauffeur en gaine) sont présents localement pour maintenir une température adéquate pour le personnel et les équipements.

Par ailleurs des unités locales de refroidissement sont prévues pour les locaux des SSCs DEC-B à forts apports calorifiques dans le bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3. Chaque unité locale de refroidissement contient un ventilateur et un échangeur. L'échangeur est refroidi par le système DEL 4 (DEC-B).

#### 8.3.2.2.1.2.3. Conditions de fonctionnement

##### 8.3.2.2.1.2.3.1. Conditions de fonctionnement normal

Le système DVL est support des systèmes électriques et du contrôle-commande qui sont nécessaires dans tous les états standards (A à F) en conditions de fonctionnement normal. Le DVL doit donc être disponible dans l'ensemble des états standards réacteurs afin de réaliser les fonctions opérationnelles exprimées précédemment.

Dans ce but, l'une des deux files DVL (dédiée aux conditions de fonctionnement normal) est en fonctionnement dans chaque bâtiment des auxiliaires de sauvegarde. En fonction des

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

conditions extérieures, le système DVL fonctionne soit en mode recirculation avec une contribution d'air extérieur, soit en mode apport d'air extérieur total.

Les unités locales de conditionnement sont actionnées automatiquement en mode ON/OFF en fonction de la température du local.

#### 8.3.2.2.1.2.3.2. Conditions de fonctionnement accidentel

Les fonctions de sûreté du système DVL sont nécessaires à la mitigation de plusieurs conditions de fonctionnement accidentel. La catégorisation des principales fonctions de sûreté du système DVL, selon leur rôle dans la mitigation des accidents, est déduite ci-après par l'application des règles indiquées dans le paragraphe 2.6.3 du volume 1 :

Ventilation et conditionnement des locaux mécaniques de la zone non contrôlée des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde (à l'exception de la salle de commande principale et des locaux des vannes ARE et VVP)

Cette fonction participe indirectement à la mitigation de toutes les conditions de fonctionnement DBC2-4 et DEC-A tant que le système DVL et les systèmes supports sont disponibles.

Cette fonction est de catégorie 1 car elle est requise pour l'atteinte de l'état contrôlé en conditions DBC.

Conditionnement des locaux techniques de la zone non contrôlée des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde (unité locale de conditionnement)

En assurant des conditions d'ambiance acceptables dans les salles contenant des systèmes de sauvegarde requis en cas de conditions de fonctionnement DBC et DEC-A, le système DVL participe indirectement à la mitigation de ces conditions de fonctionnement.

Cette fonction est de la même catégorie que les fonctions assurées par ces systèmes supportés.

Ventilation et conditionnement des locaux des SSCs DEC-B

En assurant des conditions d'ambiance acceptables dans les locaux des SSCs DEC-B, le train DVL 4 participe indirectement à la mitigation de ces conditions de fonctionnement.

Cette fonction est de catégorie 3 puisque requise pour limiter les conséquences d'un accident avec fusion du cœur.

Conditionnement des locaux des SSCs DEC-B de la zone non contrôlée des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde (unités locales de conditionnement)

En assurant des conditions d'ambiance acceptables dans locaux des SSCs DEC-B, le système DVL participe indirectement à la mitigation de ces conditions de fonctionnement.

Cette fonction est de catégorie 3 puisque requise pour limiter les conséquences d'un accident avec fusion du cœur.

#### 8.3.2.2.1.2.3.3. Agressions internes et externes

Les études d'agressions internes et externes valorisent principalement les fonctions de sûreté du système DVL déjà listées au paragraphe précédent. Ce paragraphe liste les autres fonctions de sûreté DVL spécifiques aux études d'agressions. Ces fonctions sont de catégorie 3.

Agressions internes

Les fonctions de sûreté suivantes sont spécialement dédiées à la prévention et mitigation des agressions internes :

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- ventilation de la station de repli : en assurant des conditions d'ambiance acceptables dans la station de repli en cas d'indisponibilité de la salle de commande principale pour cause d'incendie, le train DVL 3 participe à la mitigation du risque d'incendie dans la station de repli ;
- extraction de l'air des locaux de batteries : en évitant l'accumulation d'hydrogène, le système DVL participe à la prévention et mitigation du risque d'explosion hydrogène dans ces locaux ;
- protection incendie : le système DVL participe à la sectorisation et ainsi à la limitation de la propagation d'un incendie.

D'autres fonctions de sûreté relatives aux agressions internes pourront être définies au cours de la conception du système DVL.

Agressions externes de référence

La fonction de sûreté suivante est spécifiquement requise en cas d'agression externe de référence :

- limitation des conséquences d'une explosion externe (Bâtiments des Auxiliaires de Sauvegarde) : cette fonction est réalisée par la protection des entrées et des exutoires d'air vis-à-vis des explosions externes, permettant le maintien opérationnel du système DVL en conditions de fonctionnement accidentel.

Agressions externes extrêmes naturelles

Le système DVL n'a pas de fonction supplémentaire spécifiquement dédiée à la prévention et la mitigation des agressions externes extrêmes naturelles.

#### 8.3.2.2.1.2.4. Systèmes en interface

##### 8.3.2.2.1.2.4.1. Systèmes supportés

Le système DVL alimente en air le système DWL en conditions de fonctionnement normal.

##### 8.3.2.2.1.2.4.2. Systèmes supports

Le système DVL est supporté par les systèmes suivants :

- DER : refroidissement du système DVL (ventilation centralisée et unités locales de refroidissement) en conditions de fonctionnement normal ;
- DEL : refroidissement du système DVL (ventilation centralisée, resp. unités locales de refroidissement) en conditions de fonctionnement DBC2-4, DEC-A (par DEL1-2-3, resp. DEL3) ; refroidissement du système DVL (unités locales de refroidissement) en conditions de fonctionnement DEC-B (par DEL4) ;
- RRI : refroidissement du système DVL (unités locales de refroidissement) dans les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde 1 et 2 en conditions de fonctionnement DBC2-4 et DEC-A ;
- alimentations électriques ;
- contrôle-commande.

#### 8.3.2.2.1.3. Prise en compte des exigences de conception dans l'architecture du système DVL

Ce chapitre précise les principales exigences de conception applicables à l'architecture du système DVL.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

#### 8.3.2.2.1.3.1. Défaillance unique

Le système DVL étant requis en conditions de fonctionnement DBC, le critère de défaillance unique s'applique à sa conception, conformément aux principes décrits dans les chapitres 2.1 et 3.1 du volume 1.

La défaillance unique active est prise en compte par l'existence de trois trains DVL redondants, chacun situé dans un bâtiment des auxiliaires de sauvegarde (1, 2 et 3).

Par ailleurs, pour supporter de manière robuste les systèmes électriques et contrôle-commande, et pour permettre la maintenance, les trains DVL 1/2/3 sont composés de deux files redondantes par division.

Le soufflage et l'extraction dans chaque bâtiment des auxiliaires de sauvegarde sont assurés par un seul réseau par division. La défaillance unique passive ne s'applique pas aux réseaux des systèmes HVAC compte tenu des faibles niveaux de pression et température.

#### 8.3.2.2.1.3.2. Maintenance préventive

Le système DVL est requis dans l'ensemble des états standards du réacteur (de la même manière que les systèmes électriques et de contrôle-commande). En conséquence, la réalisation de la maintenance préventive doit être considérée dans les études de sûreté. Pour cette raison, les trains DVL sont redondés dans les trois divisions de sauvegarde et permettent ainsi la réalisation de la maintenance dans tous les états standards du réacteur. La maintenance préventive des files DVL dédiées aux conditions de fonctionnement normal devrait être effectuée lorsque le refroidissement est entièrement assuré par l'air extérieur (aucune contribution de DER ou DEL n'est nécessaire).

#### 8.3.2.2.1.3.3. Cumul MDTE

Les consommateurs électriques DVL sont alimentés par les sources électriques cohérentes avec leur niveau de défense en profondeur.

Alimentation électrique normale

En conditions de fonctionnement normal, les trains DVL 1/2/3 et les unités locales de conditionnement sont alimentés par la source électrique externe.

Alimentation électrique en cas de MDTE

En cas de Manque De Tension Externe (MDTE), soit accident de MDTE (DBC) ou conditions de fonctionnement DBC avec cumul MDTE, chaque train DVL 1/2/3 est secouru par la source interne alternative de puissance principale (source DBC) de la division concernée.

Les unités locales de conditionnement qui supportent des systèmes requis en cas de MDTE sont également secourues par la source interne alternative de puissance principale de la division concernée.

Alimentation électrique en cas de MDTG

En cas de Manque De Tension Généralisé (MDTG), seules les deux files DVL diversifiées du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3 sont secourues par la source interne alternative de puissance diversifiée (source DEC-A).

Les unités locales de conditionnement qui supportent des systèmes requis en cas de MDTG sont secourues par la source interne alternative de puissance diversifiée (source DEC-A).

Alimentation électrique en conditions de fonctionnement DEC-B

En conditions de fonctionnement DEC-B, le train DVL 4 de ventilation et de refroidissement est secouru par la source interne alternative de puissance dédiée (source DEC-B).

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

### 8.3.2.2.1.3.4. Classement

Le classement de sûreté des principaux composants du système DVL, défini en conformité avec les règles de classement indiquées dans le chapitre 2 du volume 1, est indiqué dans le Tableau 25 ci-dessous.

Nota : Les catégories et classement préliminaires présents dans le tableau sont susceptibles d'évoluer au cours de la conception.

| Composants DVL | Fonction de sûreté DVL (catégorie enveloppe) | | Classe de sûreté enveloppe |
|---|---|---|---|
| | Ventilation et conditionnement des locaux mécaniques de la zone non contrôlée des Bâtiments des Auxiliaires de Sauvegarde **Catégorie 1** | Ventilation et conditionnement des locaux des SSCs DEC-B **Catégorie 3** | |
| Train principal DVL 1 | **X** | | **2(*)** |
| Train principal DVL 2 | **X** | | **2(*)** |
| Train principal DVL 3 | **X** | | **2(*)** |
| DVL 4 | | **X** | **3** |

**TABLEAU 25 : CLASSEMENT DE SURETE DES PRINCIPAUX COMPOSANTS DU SYSTEME DVL**

(*) D'après le chapitre 2.6 du volume 1, les composants en charge de cette fonction de sûreté de catégorie 1 sont de classe 2, car la défaillance de ces composants n'entraîne pas immédiatement la perte des fonctions de sûreté supportées, du fait de l'existence d'une période de grâce avant l'atteinte de conditions inadmissibles.

Les fonctions de mitigation des agressions relèvent de la catégorie 3, donc les composants y participant sont classe de sûreté 3.

Les unités locales de conditionnement ne sont pas décrites ici car leur classement est dépendant de calculs thermiques.

### 8.3.2.2.1.3.5. Diversification

Les trains DVL du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3 sont diversifiés par rapport aux trains DVL des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde 1 et 2 concernant les composants actifs principaux, afin de mitiger une défaillance de cause commune sur un composant actif des trains DVL 1 et 2.

Nota : En raison des modes de fonctionnement différents des deux trains DVL redondants par bâtiment des auxiliaires de sauvegarde, une diversification pourrait être considérée au sein de chaque train DVL.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

Aucune diversification des unités locales de conditionnement n'est actuellement envisagée, la nécessité d'un conditionnement local devant être confirmée par les calculs thermiques.

#### 8.3.2.2.1.3.6. Agressions internes et externes

##### 8.3.2.2.1.3.6.1. Agressions internes

Le système DVL doit être protégé contre les agressions internes susceptibles d'induire un événement de type DBC pour lequel le système serait requis.

Ainsi les mesures suivantes sont appliquées :

- la séparation physique par division : les trains DVL 1, 2 et 3 sont respectivement situés dans trois bâtiments structurellement séparés ;
- le train DVL 4 utilisé pour la ventilation et le conditionnement des locaux des SSCs requis en conditions de fonctionnement DEC-B est structurellement séparé du reste du système DVL ;
- en cas d'incendie interne dans un volume de feu d'un bâtiment des auxiliaires de sauvegarde, ce dernier est isolé [ ] . Le train DVL associé reste opérationnel ou non en fonction des équipements affectés par l'incendie. La perte totale d'une division peut être considérée de manière enveloppe.

##### 8.3.2.2.1.3.6.2. Agressions externes de référence

Certaines parties du système DVL participent à la mitigation de conditions de fonctionnement DBC et DEC, elles sont donc conçues pour rester opérationnelles en cas d'agression externe de référence. Plus particulièrement, les parties du système DVL participant à la mitigation des conditions de fonctionnement DBC sont dimensionnées au séisme DBH et à des températures externes DBH.

Les unités locales de conditionnement DVL supportant les SSCs requis pour la mitigation des conditions de fonctionnement DBC et DEC sont conçues pour des températures externes DBH.

La structure génie civil des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde assure la protection du système DVL contre l'explosion externe, l'inondation externe, la neige, le vent, les projectiles de la tornade et la foudre.

Les entrées et exutoires d'air DVL sont protégés contre les effets d'une explosion externe et des tornades. La protection physique contre les projectiles est également assurée.

##### 8.3.2.2.1.3.6.3. Agressions externes extrêmes naturelles

Conformément au chapitre 2.4 du volume 1, en tant que système requis pour prévenir la fusion du cœur dans un scénario de MDTE cumulé à la perte totale de la source froide principale de sûreté, ainsi que permettre la mitigation des accidents avec fusion du cœur, le système DVL est en partie conçu pour rester opérationnel en cas d'agression externe extrême naturelle.

Les parties suivantes du DVL sont concernées :

- le train principal DVL 3 (deux files) et les unités locales de refroidissement dans la division 3 (alimentés électriquement par la source interne alternative de puissance diversifiée et refroidis par DEL3) ;
- la ventilation et les unités de refroidissement DVL 4 dédiées DEC-B dans la division 3 (alimentés électriquement par la source interne alternative de puissance dédiée DEC-B et refroidis par DEL4).

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

#### 8.3.2.2.2. Conditionnement de la salle de commande principale (DCL)

##### 8.3.2.2.2.1. Rôle Fonctionnel

Le système DCL remplit les fonctions suivantes :

- maintenir l'air ambiant dans des conditions acceptables (filtration de l'air, contrôle de la température, extraction de la chaleur et contrôle de l'humidité) dans la salle de commande principale et les locaux annexes pour le personnel et les équipements chargés de contrôler les fonctions fondamentales de sûreté ;
- assurer l'habitabilité de la salle de commande principale (filtration de l'air extérieur, maintien de légère surpression de la salle de commande principale par rapport aux locaux adjacents non ventilés par le système DCL).

###### 8.3.2.2.2.1.1. Fonctions opérationnelles

En tant que système support à la salle de commande principale, le système DCL doit être disponible dans tous les états standards du réacteur en conditions de fonctionnement normal :

- pour maintenir l'air dans des conditions acceptables (filtration de l'air renouvelé, contrôle de la température, extraction de la chaleur) dans la salle de commande principale pour le personnel et les équipements ;
- pour maintenir une légère surpression dans la salle de commande principale afin de d'éviter les fuites incontrôlées.

###### 8.3.2.2.2.1.2. Fonctions de sûreté

Le Tableau 26 ci-après liste les principales fonctions de sûreté du système DCL et indique leur contribution aux trois fonctions fondamentales de sûreté.

| Fonctions DCL | Maîtrise des réactions nucléaires | Évacuation de la puissance | Confinement des substances radioactives |
|---|---|---|---|
| **Ventilation et conditionnement de la salle de commande principale** | indirecte | | |
| **Ventilation et conditionnement de la salle de commande principale en conditions DEC-B** | indirecte | | |

**TABLEAU 26 : PRINCIPALES FONCTIONS DE SURETE DU SYSTEME DCL**

En plus de ces fonctions, le système DCL participe à la mitigation des agressions au travers des fonctions suivantes :

- limitation de la propagation des incendies internes ;
- limitation des effets d'une explosion externe (bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3) ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- protection de la salle de commande principale face au risque de contamination par des éléments radioactifs externes.

#### 8.3.2.2.2.2. Description du système DCL

##### 8.3.2.2.2.2.1. Architecture générale

La ventilation et le conditionnement de la salle de commande principale (localisée dans le bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3 uniquement) sont assurés par différents trains DCL localisés dans le bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3, en cohérence avec le principe de défense en profondeur :

- deux trains [ ] redondants et séparés DCL 1 et DCL 2 pour les conditions de fonctionnement normal, refroidis par la chaîne DER/RRI/SEC 1-2 en conditions de fonctionnement normal et par la chaîne DEL1-2/RRI/SEC 1-2 en cas de perte du système DER et pour la mitigation en conditions de fonctionnement DBC2-4 ;
- un troisième train [ ] séparé et diversifié DCL 3 (avec filtre à iode) principalement utilisé en cas d'indisponibilité des trains DCL 1 et 2. Le train DCL 3 est refroidi par la chaîne de refroidissement DEL3/RRI/SEC3 pour la mitigation des évènements DBC2-4 et DEC-A ;
- un quatrième train [ ] séparé DCL 4 (avec filtre à iode) principalement utilisé en conditions de fonctionnement DEC-B :
  - refroidi par la chaîne de refroidissement de sûreté DEL4/EVUi/SRU pour la mitigation des évènements DEC-B ;
  - refroidi par la chaîne de refroidissement DEL3/RRI3/SEC3 (aéroréfrigération), exceptionnellement valorisé dans la démonstration de sûreté nucléaire en état F (état du réacteur dans lequel un évènement DEC-B est impossible tant que le cœur n'est pas chargé).

Un schéma simplifié du système DCL est présenté en Figure 63.

##### 8.3.2.2.2.2.2. Composants du système DCL

Le système DCL est constitué :

- de deux entrées d'air extérieur [ ] protégées [ ] ;
- de quatre trains [ ] DCL1-4 (centrales de traitement d'air) munis de réchauffeurs, filtres, échangeurs (refroidis par le système DER seulement pour DCL 1 et 2, ou par le système DEL) et ventilateurs ;
- de deux files de filtration iode d'air extérieur [ ] dédiées aux trains DCL 3 et 4 ;
- de deux humidificateurs (pour les trains DCL 1 et 2) ;
- de réchauffeurs électriques assurant le chauffage local ;
- d'un réseau de gaines (soufflage et extraction) ;
- d'un seul réseau de gaine d'extraction avec un ventilateur évacuant l'air directement vers l'extérieur.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

#### 8.3.2.2.2.2.3. Conditions de fonctionnement

##### 8.3.2.2.2.2.3.1. Conditions de fonctionnement normal

Le système DCL est support de la salle de commande principale et doit donc être opérationnel dans l'ensemble des états standards du réacteur afin de réaliser les fonctions opérationnelles exprimées précédemment.

Dans ce but, l'un des trains redondants DCL 1 ou 2 (refroidi par le DER et équipé d'humidificateurs) fonctionne en mode recirculation avec une contribution d'air extérieur. La file d'extraction évacue l'air des salles spécifiques (cuisines, sanitaires) sans recirculation.

##### 8.3.2.2.2.2.3.2. Conditions de fonctionnement accidentel

Les fonctions de sûreté du système DCL sont nécessaires à la mitigation de divers accidents. La catégorisation des principales fonctions de sûreté du système DCL, selon leur rôle dans la mitigation des conditions de fonctionnement, est déduite ci-après par l'application des règles indiquées dans le paragraphe 2.6.3 du volume 1 :

Ventilation et conditionnement de la salle de commande principale

En assurant des conditions d'ambiance acceptables dans la salle de commande principale, DCL 1, 2 et 3 participent indirectement à la mitigation des conditions de fonctionnement DBC et DEC-A.

Cette fonction est catégorie 1 car elle est requise pour l'atteinte de l'état contrôlé en conditions de fonctionnement DBC.

Ventilation et conditionnement de la salle de commande principale en conditions DEC-B

En assurant des conditions d'ambiance acceptables dans la salle de commande principale en conditions de fonctionnement DEC-B, le système DCL participe indirectement à la mitigation de ces conditions de fonctionnement.

Cette fonction est de catégorie 3 puisque requise pour limiter les conséquences d'un accident avec fusion du cœur.

##### 8.3.2.2.2.2.3.3. Agressions internes et externes

Les études d'agressions internes et externes valorisent principalement les fonctions de sûreté du système DCL déjà listées au paragraphe 8.3.2.2.2.1.2 ci-avant. Ce paragraphe liste les autres fonctions de sûreté DCL spécifiques aux études d'agressions. Ces fonctions sont de catégorie 3.

Agressions internes

Les fonctions de sûreté suivantes sont spécialement dédiées à la prévention et mitigation des agressions internes :

- protection incendie : le système DCL participe à la sectorisation et ainsi à la limitation de la propagation incendie.

D'autres fonctions de sûreté relatives aux agressions internes pourront être définies au cours de la conception du système DCL.

Agressions externes de référence

Les fonctions de sûreté suivantes sont spécifiquement requises en cas d'agression externe de référence :

- limitation des conséquences d'une explosion externe (bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3). Cette fonction est réalisée par la protection des entrées et exutoires d'air vis-à-vis des explosions externes permettant le maintien opérationnel du système DCL.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- protection de la salle de commande principale à l'égard de la contamination radioactive de l'air extérieur. En assurant cette fonction (air renouvelé par filtration iode de l'air extérieur) pour le personnel et les équipements, le système DCL participe directement à la mitigation des agressions externes. Le système DCL peut fonctionner en recirculation en cas de contamination radioactive excessive de l'air extérieur ou d'incendie externe induit par une agression externe de référence.

Agressions externes extrêmes naturelles

Le système DCL n'a pas de fonction spécifiquement dédiée à la prévention et la mitigation des agressions externes extrêmes naturelles.

#### 8.3.2.2.2.2.4. Systèmes en interface

##### 8.3.2.2.2.2.4.1. Systèmes supportés

Le système DCL n'est support d'aucun système.

##### 8.3.2.2.2.2.4.2. Systèmes supports

Le système DCL est supporté par les systèmes suivants :

- DER : refroidissement de l'air des trains DCL 1 et 2 en conditions de fonctionnement normal ;
- DEL : refroidissement de l'air de tous les trains DCL en conditions de fonctionnement DBC et DEC-A, refroidissement du DCL 4 en conditions de fonctionnement DEC-B via le DEL4 ;
- alimentations électriques ;
- contrôle-commande.

#### 8.3.2.2.2.3. Prise en compte des exigences de conception dans l'architecture du système DCL

Ce chapitre précise les principales exigences de conception applicables à l'architecture du système DCL.

##### 8.3.2.2.2.3.1. Défaillance unique

Le système DCL étant requis en conditions de fonctionnement DBC, le critère de défaillance unique s'applique à sa conception, conformément aux principes décrits dans les chapitres 2.1 et 3.1 du volume 1.

Ainsi, le système DCL est composé de trains redondants afin de répondre au critère de défaillance unique d'un train DCL.

Le soufflage et l'extraction dans les locaux sont assurés par un seul réseau par division. La défaillance unique passive ne s'applique pas aux réseaux des systèmes HVAC compte tenu des faibles niveaux de pression et température.

##### 8.3.2.2.2.3.2. Maintenance préventive

Le système DCL est requis dans l'ensemble des états standards du réacteur. En conséquence, la réalisation de la maintenance préventive doit être considérée dans les études de sûreté. La redondance des trains DCL assure que la maintenance peut être réalisée dans tous les états standards du réacteur. Néanmoins, pour plus de robustesse, la maintenance préventive sera effectuée de préférence en état F. La nécessité de la maintenance préventive est intégrée dans l'architecture du système DCL.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

#### 8.3.2.2.2.3.3. Cumul MDTE

Les consommateurs électriques DCL sont alimentés par les sources électriques cohérentes avec leur niveau de défense en profondeur.

Alimentation électrique normale

En conditions de fonctionnement normal, chaque train DCL 1/2/3 est alimenté par la source électrique externe.

Alimentation électrique en cas de MDTE

En cas de MDTE, soit accident de MDTE (DBC) ou conditions de fonctionnement DBC avec cumul MDTE, chaque train DCL 1, 2 et 3 (y compris la filtration iode du train 3) est secouru par la source interne alternative de puissance principale (source DBC) de la division concernée.

Alimentation électrique en cas de MDTG

En cas de MDTG, le train DCL 3 diversifié (comprenant la filtration iode) est secouru par la source interne alternative de puissance diversifiée (source DEC-A).

Alimentation électrique en conditions de fonctionnement DEC-B

En conditions de fonctionnement DEC-B, le train DCL4 est secouru par la source interne alternative de puissance dédiée (source DEC-B).

#### 8.3.2.2.2.3.4. Classement

Le classement de sûreté des principaux composants du système DCL, défini en conformité avec les règles de classement indiquées dans le chapitre 2.6 du volume 1, est indiqué dans le Tableau 27 ci-dessous.

Nota : Les catégories et classement préliminaires présents dans le tableau sont susceptibles d'évoluer au cours de la conception.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

| Composants DCL | Fonctions de sûreté DCL (catégorie enveloppe) | | Classe de sûreté enveloppe |
|---|---|---|---|
| | Ventilation et conditionnement de la salle de commande principale **Catégorie 1** | Ventilation et conditionnement de la salle de commande principale en conditions DEC-B **Catégorie 3** | |
| DCL1 (sans humidificateurs) | **X** | | **2(*)** |
| DCL2 (sans humidificateurs) | **X** | | **2(*)** |
| DCL3 | **X** | | **2(*)** |
| DCL4 | | **X** | **3** |
| DCL4 avec file de filtration iode | | **X** | **3** |
| DCL registres d'isolement | | **X** | **3** |

**TABLEAU 27 : CLASSEMENT DE SURETE DES PRINCIPAUX COMPOSANTS DU SYSTEME DCL**

(*) D'après le chapitre 2.6 du volume 1, les composants en charge de cette fonction de sûreté de catégorie 1 sont de classe 2, car la défaillance de ces composants n'entraîne pas immédiatement la perte des fonctions de sûreté supportées du fait de l'existence d'une période de grâce avant l'atteinte de conditions inadmissibles.

Les fonctions de protection incendie, limitation des effets d'une explosion externe et protection de la salle de commande contre la contamination radioactive externe relèvent de la catégorie 3, donc les composants y participant sont classe de sûreté 3.

#### 8.3.2.2.2.3.5. Diversification

Le train DCL 3 est diversifié par rapport aux trains DCL 1 et 2 concernant les composants actifs, afin de mitiger une défaillance de cause commune sur un composant actif des trains DCL 1 et 2.

#### 8.3.2.2.2.3.6. Agressions internes et externes

##### 8.3.2.2.2.3.6.1. Agressions internes

A la différence des autres systèmes, les trains DCL sont au service d'une seule zone située dans le bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3. Par conséquent, il est approprié de localiser le système DCL uniquement dans le bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3. Pour la mitigation d'éventuelles agressions internes (principalement incendie ou inondation) qui peuvent impacter le fonctionnement du système DCL requis en conditions de fonctionnement

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

DBC ou DEC, les quatre trains DCL sont séparés par des barrières structurelles adéquates. De plus, le niveau des locaux des trains DCL limite le risque d'inondation.

En cas d'incendie dans un volume de feu, ce dernier est isolé [ ] . Le train DCL associé reste opérationnel ou non en fonction des équipements affectés par l'incendie. Dans le cas où l'incendie affecterait la salle de commande principale, station de repli ventilée par DVL serait utilisée. La station de repli et la salle de commande principale, toutes les deux localisées dans le bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3, sont structurellement séparées.

#### 8.3.2.2.2.3.6.2. Agressions externes de référence

La conception du système DCL prend en considération les agressions externes de référence suivantes :

- certaines parties du système DCL participent à la mitigation des conditions de fonctionnement DBC et DEC, donc elles sont conçues afin de rester opérationnelles en cas d'agression externe de référence. Plus particulièrement, les parties DCL participant à la mitigation des conditions de fonctionnement DBC sont dimensionnées au séisme DBH et à des températures extérieures DBH.
- une protection générale face aux agressions externes de référence (séisme, chute d'avion, explosion extérieure, etc.) est assurée par la localisation du système DCL dans le bâtiment des auxiliaires de sauvegarde ;
- les entrée et exutoires d'air DCL sont protégés contre les effets d'une explosion externe ;
- deux entrées d'air opposées et séparées géographiquement sont prévues [ ] . En cas d'incendie externe, un train DCL démarre en utilisant l'entrée d'air opposée non impactée par le feu ou les fumées extérieurs.
- en cas d'agression externe conduisant à des rejets radioactifs, le train DCL 3 et la file de filtration iode sont utilisés afin d'assurer l'habitabilité de la salle de commande principale.

#### 8.3.2.2.2.3.6.3. Agressions externes extrêmes naturelles

Conformément au chapitre 2.4 du volume 1, en tant que système requis pour prévenir la fusion du cœur dans un scénario de MDTE cumulée à la perte totale de la source froide principale de sûreté, ainsi que permettre la mitigation des accidents avec fusion du cœur, le système DCL est en partie conçu pour rester opérationnel en cas d'agression externe extrême naturelle.

Les parties suivantes du DCL sont concernées :

- le train DCL 3 et la file de filtration iode (alimentés électriquement par la source interne alternative de puissance diversifiée et refroidis par DEL3) ;
- le train DCL 4 dédié DEC-B et la file de filtration iode (alimentés électriquement par la source interne alternative de puissance dédiée DEC-B et refroidis par DEL4).

### 8.3.2.2.3. Production et distribution d'eau glacée secouru (DEL)

#### 8.3.2.2.3.1. Rôle fonctionnel

Le système DEL assure un rôle de conditionnement thermique.

Le système DEL produit de l'eau glacée en conditions de fonctionnement accidentel (ou en cas de perte du DER) pour refroidir :

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- les systèmes de conditionnement, chauffage et ventilation de l'air classés de sûreté (DCL, DVL) ;
- les unités locales de refroidissement classées de sûreté (DVL, DWL).

#### 8.3.2.2.3.1.1. Fonctions opérationnelles

Le système DEL est principalement conçu pour être utilisé en conditions de fonctionnement accidentel. Dans certains cas où le système DER est indisponible pour refroidir les systèmes de ventilation, le système DEL peut également être utilisé en conditions de fonctionnement normal.

#### 8.3.2.2.3.1.2. Fonctions de sûreté

Le Tableau 28 ci-après liste les principales fonctions de sûreté du système DEL et indique leur contribution aux trois fonctions fondamentales de sûreté.

| Fonctions DEL | Maîtrise des réactions nucléaires | Évacuation de la puissance | Confinement des substances radioactives |
|---|---|---|---|
| **Produire de l'eau glacée pour refroidir les systèmes de ventilation classés de l'îlot nucléaire** | indirecte | | |
| **Produire de l'eau glacée pour refroidir les systèmes de ventilation classés de l'îlot nucléaire en conditions de fonctionnement DEC-B** | indirecte | | |

**TABLEAU 28 : PRINCIPALES FONCTIONS DE SURETE DU SYSTEME DEL**

### 8.3.2.2.3.2. Description du système DEL

#### 8.3.2.2.3.2.1. Architecture générale

En cohérence avec l'architecture des systèmes qu'il supporte, le système DEL est composé de trains séparés et indépendants dans chaque bâtiment des auxiliaires de sauvegarde (division 1, 2 et 3) comportant une ou plusieurs files (chacune contenant une unité de production d'eau glacée, une pompe de recirculation, une vanne by-pass, un réservoir de décharge et une vanne de sûreté).

Ces trains, séparés et indépendants en vertu du principe de défense en profondeur, sont les suivants :

- deux trains de sûreté redondants et indépendants de refroidissement dans les divisions 1 et 2, DEL1 et DEL2, chacun contenant :
  - une file refroidie par la chaîne de refroidissement RRI/SEC 1-2 en conditions de fonctionnement DBC2-4 et DEC-A (tant que le DEL et les systèmes supports sont disponibles) ;
- un troisième train de sûreté redondant, séparé et diversifié de refroidissement dans la division 3, DEL 3, contenant :

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- deux files refroidies par la chaîne de refroidissement RRI/SEC3 en conditions de fonctionnement DBC2-4 et DEC-A ;

- un quatrième train de sûreté séparé et indépendant de refroidissement dans la division 3, DEL 4, contenant :
  - une file refroidie par la chaîne de refroidissement ultime EVUi/SRU pour la mitigation des évènements DEC-B.

Le système DEL est conçu principalement pour les conditions de fonctionnement accidentel. Il remplace le DER en conditions de fonctionnement normal seulement lorsque ce dernier est perdu.

Un schéma simplifié du système DEL est présenté en Figure 64.

#### 8.3.2.2.3.2.2. Composants du système DEL

Les trains DEL 1 et DEL 2 sont constitués :

- d'une file [ ] (avec pompe) de distribution d'eau glacée ;
- d'un groupe froid ;
- d'une vanne de contrôle ;
- d'un réservoir de décharge.

Le train DEL 3 est constitué :

- de deux files [ ] chacune (avec pompes) de distribution d'eau glacée ;
- de deux groupes froids, un par file ;
- de deux vannes de contrôle, une par file ;
- de deux réservoirs de décharge, un par file ;
- d'une ligne de distribution commune aux deux files.

Le train DEL 4 est constitué :

- d'une file [ ] (avec pompe) de distribution d'eau glacée ;
- d'un groupe froid ;
- d'une vanne de contrôle ;
- d'un réservoir de décharge.

#### 8.3.2.2.3.2.3. Conditions de fonctionnement

##### 8.3.2.2.3.2.3.1. Conditions de fonctionnement normal

Le système DEL n'assure pas de fonction opérationnelle mais assure l'approvisionnement en eau glacée en cas de perte du système DER.

##### 8.3.2.2.3.2.3.2. Conditions de fonctionnement accidentel

Les fonctions de sûreté du système DEL sont nécessaires à la mitigation de divers accidents. La catégorisation des principales fonctions de sûreté du système DEL, selon leur rôle dans la mitigation des conditions de fonctionnement, est déduite ci-après par l'application des règles indiquées dans le chapitre 2.6 du volume 1 :

<u>Produire de l'eau glacée pour refroidir les systèmes de ventilation classés de l'îlot nucléaire</u>

En assurant l'approvisionnement en eau glacée aux systèmes de ventilation classés (assurant des conditions d'ambiance acceptables dans les Bâtiments des Auxiliaires de

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

Sauvegarde), le système DEL participe indirectement à la mitigation des conditions de fonctionnement DBC et DEC-A (tant que le système DEL et les systèmes supports sont disponibles).

Cette fonction est de catégorie 1 car elle est requise pour l'atteinte de l'état contrôlé en DBC.

Produire de l'eau glacée pour refroidir les systèmes de ventilation classés de l'îlot nucléaire en conditions de fonctionnement DEC-B

En assurant l'approvisionnement en eau glacée aux systèmes de ventilation classés DEC-B (assurant des conditions d'ambiance acceptables dans les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde en conditions de fonctionnement DEC-B), le train DEL 4 participe indirectement à la mitigation des conditions de fonctionnement DEC-B.

Cette fonction est de catégorie 3 puisque requise pour limiter les conséquences d'un accident avec fusion du cœur.

#### 8.3.2.2.3.2.3.3. Agressions internes et externes

Les études d'agressions internes et externes valorisent les fonctions de sûreté du système DEL déjà listées ci-dessus. Le système DEL ne remplit aucune fonction dédiée vis-à-vis des agressions internes ou externes.

Si nécessaire, des fonctions de sûreté relatives aux agressions internes pourront être définies au cours de la conception du système DEL.

#### 8.3.2.2.3.2.4. Systèmes en interface

#### 8.3.2.2.3.2.4.1. Systèmes supportés

Le système DEL supporte les systèmes suivants :

- DWL : le système DEL fournit de l'eau glacée au système DWL en conditions de fonctionnement DBC2-4, DEC-A et DEC-B (et en cas de perte du DER) ;
- DVL : le système DEL fournit de l'eau glacée au système DVL en conditions de fonctionnement DBC2-4, DEC-A et DEC-B (et en cas de perte du DER) ;
- DCL : le système DEL fournit de l'eau glacée au système DCL en conditions de fonctionnement DBC2-4, DEC-A et DEC-B (et en cas de perte du DER) ;
- DER : le système DEL fournit de l'eau glacée aux trains DER (DERi).

#### 8.3.2.2.3.2.4.2. Systèmes supports

Le système DEL est supporté par les systèmes suivants :

- RRI : refroidissement de l'eau du système DEL en conditions de fonctionnement DBC2-4 et DEC-A (et en cas de perte du DER) ;
- EVUi : refroidissement de l'eau du système DEL en conditions de fonctionnement DEC-B ;
- alimentations électriques ;
- contrôle-commande.

#### 8.3.2.2.3.3. Prise en compte des exigences de conception dans l'architecture du système DEL

Ce chapitre précise les principales exigences de conception applicables à l'architecture du système DEL.

#### 8.3.2.2.3.3.1. Défaillance unique

Le système DEL étant requis en conditions de fonctionnement DBC, le critère de défaillance

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

unique s'applique à sa conception, conformément aux principes décrits dans les chapitres 2.1 et 3.1 du volume 1.

Ainsi, le système DEL est composé de files redondantes afin de prendre en compte une défaillance unique d'une file DEL. Par ailleurs, la défaillance unique passive s'appliquera également s'il n'y a pas continuité de service du système.

#### 8.3.2.2.3.3.2. Maintenance préventive

La maintenance préventive est uniquement autorisée sur le système DEL lorsque toutes les demandes de refroidissement peuvent être effectuées par l'air extérieur sans nécessiter le fonctionnement du système DEL.

#### 8.3.2.2.3.3.3. Cumul MDTE

Les consommateurs électriques DEL sont alimentés par les sources électriques cohérentes avec leur niveau de défense en profondeur.

Alimentation électrique normale

En conditions de fonctionnement normal, les trains DEL 1/2/3 sont alimentés par la source électrique externe.

Alimentation électrique en cas de MDTE

En cas de MDTE, soit accident de MDTE (DBC) ou conditions de fonctionnement DBC avec cumul MDTE, chaque train DEL 1/2/3 est secouru par la source interne alternative de puissance principale (source DBC) de la division concernée.

Alimentation électrique en cas de MDTG

En cas de MDTG, seules les deux files DEL diversifiées du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3 sont secourues par la source interne alternative de puissance diversifiée (source DEC-A).

Alimentation électrique en condition de fonctionnement DEC-B

En conditions de fonctionnement DEC-B, le train DEL4 est secouru par la source interne alternative de puissance dédiée (source DEC-B).

#### 8.3.2.2.3.3.4. Classement

Le classement de sûreté des principaux composants du système DEL, défini en conformité avec les règles de classement indiquées dans le chapitre 2.6 du volume 1, est indiqué dans le Tableau 29 ci-dessous.

Nota : Les catégories et classement préliminaires présents dans le tableau sont susceptibles d'évoluer au cours de la conception.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

| Composants DEL | Fonctions de sûreté DEL (catégorie enveloppe) | | Classe de sûreté enveloppe |
|---|---|---|---|
| | Produire de l'eau glacée pour refroidir les systèmes de ventilation classés de l'îlot nucléaire **Catégorie 1** | Produire de l'eau glacée pour refroidir les systèmes de ventilation classés de l'îlot nucléaire en conditions de fonctionnement DEC-B **Catégorie 3** | |
| DEL1 | **X** | | **2(*)** |
| DEL2 | **X** | | **2(*)** |
| DEL3 | **X** | | **2(*)** |
| DEL4 | | **X** | **3** |

**TABLEAU 29 : CLASSEMENT DE SURETE DES PRINCIPAUX COMPOSANTS DU SYSTEME DEL**

(*) D'après le chapitre 2.6 du volume 1, les composants en charge de cette fonction de sûreté de catégorie 1 sont de classe 2, car la défaillance de ces composants n'entraîne pas immédiatement la perte des fonctions de sûreté supportées du fait de l'existence d'une période de grâce avant l'atteinte de conditions inadmissibles.

#### 8.3.2.2.3.3.5. Diversification

Le train DEL 3 est diversifié par rapport aux trains DEL 1 et 2 concernant les composants actifs afin de mitiger une défaillance de cause commune sur un composant actif des trains DEL 1 et 2.

#### 8.3.2.2.3.3.6. Agressions internes et externes

##### 8.3.2.2.3.3.6.1. Agressions internes

Le système DEL doit être protégé contre les agressions internes susceptibles d'induire un événement de type DBC pour lequel le système serait requis.

Les mesures suivantes sont appliquées :

- séparation physique par division : les trains DEL 1, 2 et 3 sont respectivement situés dans trois bâtiments structurellement séparés à l'exception de quelques gaines communiquant entre les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde et auxquels une attention particulière sera portée dans les études d'agressions ;
- le train DEL 4, support aux systèmes de ventilation requis en conditions de fonctionnement DEC-B est séparé structurellement des autres trains.

##### 8.3.2.2.3.3.6.2. Agressions externes de référence

La conception du système DEL prend en considération les agressions externes de références suivantes :

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- certaines parties du système DEL participent à la mitigation des conditions de fonctionnement DBC et DEC, donc elles sont conçues afin de rester opérationnelles en cas d'agression externe de référence. Plus particulièrement, les parties DEL participant à la mitigation des conditions DBC sont dimensionnées au séisme DBH et à des températures extérieures DBH.
- une protection générale face aux agressions externes de référence (explosion externe, inondation externe, neige, vent, projectiles de tornade et foudre) est assurée par la localisation des parties classées de sûreté du système DEL dans les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde.

#### 8.3.2.2.3.3.6.3. Agressions externes extrêmes naturelles

Conformément au chapitre 2.4 du volume 1, en tant que système requis pour prévenir la fusion du cœur dans un scénario de MDTE cumulée à la perte totale de la source froide principale de sûreté, ainsi que permettre la mitigation des accidents avec fusion du cœur, le système DEL est en partie conçu pour rester opérationnel en cas d'agression externe extrême naturelle.

Les parties suivantes du DEL sont concernées :

- le DEL 3 (deux files) en division 3 ;
- le DEL 4 dédié DEC-B en division 3.

### 8.3.2.2.4. Ventilation de la zone contrôlée des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde (DWL) et balayage du bâtiment réacteur (EBA)

#### 8.3.2.2.4.1. Rôle Fonctionnel

Le système DWL remplit la fonction de conditionnement suivante :

- maintenir l'air ambiant dans des conditions acceptables (filtration de l'air, contrôle de la température, extraction de la chaleur) dans la zone contrôlée du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde pour le personnel et les équipements :
  - en conditions de fonctionnement normal à l'aide de la ventilation centralisée (système DVL pour la distribution d'air et système DWK pour l'extraction d'air) complétée si besoin par les unités locales de conditionnement ;
  - en conditions de fonctionnement accidentel (si ventilation centralisée isolée), uniquement via les unités locales de conditionnement DWL.

Le système DWL remplit les fonctions de confinement suivantes :

- éviter la propagation de la contamination, et limiter les concentrations d'aérosols et gaz radioactifs dans l'atmosphère des locaux grâce au confinement dynamique dans la zone contrôlée des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde en conditions de fonctionnement normal ;
- confiner les substances radioactives dans la zone contrôlée des Bâtiments des Auxiliaires de Sauvegarde, bâtiment combustible, bâtiment réacteur et filtrer l'air avant rejet par la cheminée en conditions de fonctionnement accidentel.

Le système EBA remplit les fonctions de conditionnement suivantes :

- maintenir l'air ambiant dans des conditions acceptables (filtration de l'air, contrôle de la température, extraction de la chaleur) dans le bâtiment réacteur pour le personnel et les équipements lors de l'arrêt à froid (conditions de fonctionnement normal) supporté par le système DWK pour la distribution et l'extraction d'air ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- réduire la concentration de produits de fission ou d'activation dans l'atmosphère du bâtiment réacteur pour y permettre l'accès dans les états d'arrêt à froid dans des conditions radiologiques satisfaisantes, via le système DWK pour la distribution et l'extraction d'air.

Le système EBA remplit la fonction de confinement suivante :

- confiner les substances radioactives dans le bâtiment réacteur en conditions de fonctionnement accidentel.

#### 8.3.2.2.4.1.1. Fonctions opérationnelles

Pour le système DWL, la fonction opérationnelle de conditionnement est la suivante :

- maintenir l'air ambiant dans des conditions acceptables (filtration de l'air renouvelé et contrôle de la température en association avec le système DVL) dans la zone contrôlée des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde pour le personnel et les équipements.

Pour le système DWL, la fonction opérationnelle de confinement est la suivante :

- maintenir, en association avec le système DVL (soufflage d'air) et le système DWK (extraction d'air), une dépressurisation par rapport à l'extérieur afin d'éviter la propagation de la contamination vers l'extérieur et limiter le taux d'activité libérée ;
- maintenir un sens d'air depuis les zones les moins contaminables vers les zones les plus contaminables pour éviter la propagation de la contamination.

Les fonctions opérationnelles du système EBA sont les suivantes :

- maintenir l'air ambiant dans des conditions acceptables (filtration de l'air renouvelée et contrôle de la température) dans le bâtiment réacteur pour le personnel et les équipements durant l'arrêt à froid. L'air conditionné est alimenté et extrait par le système DWK.
- réduire la concentration de produits de fission ou d'activation dans l'atmosphère du bâtiment réacteur en balayant constamment à l'aide de l'air extérieur et ainsi y permettre l'accès dans les états d'arrêt à froid dans des conditions radiologiques satisfaisantes. Cette fonction est réalisée en association avec la file de filtration d'extraction du système DWK (préfiltre, filtre très haute efficacité et filtre à iode).

#### 8.3.2.2.4.1.2. Fonctions de sûreté

Le Tableau 30 ci-après liste les principales fonctions de sûreté des systèmes DWL/EBA et indique leur contribution aux trois fonctions fondamentales de sûreté.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

| Fonctions DWL/EBA | Maîtrise des réactions nucléaires | Évacuation de la puissance | Confinement des substances radioactives |
|---|---|---|---|
| **Conditionnement des locaux mécaniques de la zone contrôlée des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde (unités locales de conditionnement DWL)** | indirecte | | |
| **Isolement de la ventilation normale (isolement statique) de la zone contrôlée des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde (DWL)** | | | directe |
| **Confinement dynamique de la zone contrôlée des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde (DWL)** | | | directe |
| **Confinement dynamique du bâtiment combustible (DWL)** | | | directe |
| **Confinement dynamique du bâtiment réacteur (EBA/DWL)** | | | directe |
| **Isolement de la ventilation (isolement statique) du local en face du sas personnel (DWL)** | | | directe |
| **Isolement de la ventilation (confinement statique) des locaux EVU (DWL)** | | | directe |
| **Isolement du soufflage d'air des locaux RIS (DWL)** | | | directe |
| **Isolement de la ventilation du bâtiment réacteur (isolement statique) (Vannes d'isolement enceinte EBA + registres d'isolement)** | | | directe |

**TABLEAU 30 : PRINCIPALES FONCTIONS DE SURETE DES SYSTEMES DWL/EBA**

En plus de ces fonctions, les systèmes DWL/EBA participent à la limitation de la propagation incendie.

#### 8.3.2.2.4.2. Description des systèmes DWL/EBA

##### 8.3.2.2.4.2.1. Architecture générale

Les systèmes DWL et EBA ont une partie dédiée aux conditions de fonctionnement normal et une partie dédiée aux conditions de fonctionnement accidentel.

Le système DWL se compose de trois trains principaux physiquement indépendants, chacun constitué de files de distribution, d'extraction et de conditionnement local, situés dans chaque bâtiment des auxiliaires de sauvegarde, DWL 1, DWL 2 et DWL 3 :

- les files de distribution, uniquement utilisées en conditions de fonctionnement normal (isolées en conditions de fonctionnement accidentel), fournissent de l'air neuf à partir du système DVL ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- les files d'extraction sont connectées à la file d'extraction opérationnelle du système DWK en conditions de fonctionnement normal via la gaine circulaire opérationnelle du système DWL, et au train DWL4 via la gaine circulaire accidentelle du système DWL en conditions de fonctionnement accidentel ;
- des unités locales de conditionnement sont prévues pour compléter la ventilation centralisée en conditions de fonctionnement normal et/ou accidentel si nécessaire.

Ces trains sont principalement responsables du conditionnement de la zone contrôlée des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde.

Le système DWL comprend également un train dédié, DWL 4. Situé dans le bâtiment combustible, le train DWL 4 est responsable du confinement dynamique en conditions de fonctionnement accidentel en évacuant l'air de certaines zones du l'îlot nucléaire. Ce train est composé de deux files de filtration connectées à la gaine circulaire accidentelle extrayant l'air puis le filtrant avant rejet à la cheminée. Le confinement dynamique accidentel est réalisé en lignant le réseau extraction de la zone affectée sur la gaine circulaire accidentelle. Les zones confinées sont les suivantes :

- le bâtiment réacteur en état d'arrêt par lignage du réseau d'extraction du système EBA (en cas d'accident de manutention du combustible dans le bâtiment réacteur ou d'un Accident de Perte de Réfrigérant Primaire (APRP) dans le bâtiment réacteur – DBC4) ;
- le hall de manutention combustible par lignage du réseau d'extraction du système DWK (en cas d'accident de manutention du combustible dans le bâtiment combustible) ;
- la zone contrôlée du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde concerné par l'accident, par lignage du réseau d'extraction d'un train DWL (en cas d'APRP dans un bâtiment des auxiliaires de sauvegarde – DBC4) ;
- tous les bâtiments périphériques autour du bâtiment réacteur (bâtiment combustible et bâtiments des auxiliaires de sauvegarde) par lignage des réseaux d'extraction DWL 1, DWL 2, DWL 3 et DWK (en cas d'APRP dans le bâtiment réacteur ou accident avec fusion du cœur - DBC3, DBC4 et DEC-B).

Cette configuration avec deux réseaux séparés (opérationnels et accidentels) permet la mise en place d'un confinement dynamique des zones contaminées sans compromettre la ventilation centralisée.

Nota : une évolution potentielle qui consiste à mettre en place un transfert d'air isolable depuis les zones non-contrôlées en conditions de fonctionnement accidentel est en cours d'étude. Cette évolution ne sera pas détaillée par la suite.

La ventilation normale de la zone affectée est isolée par des registres d'isolement avant le début du confinement dynamique.

Le système EBA se compose d'une file de distribution opérationnelle (supportée par le système DWK), d'une file d'extraction opérationnelle (vers le DWK) et d'une file d'extraction accidentelle (vers la gaine circulaire accidentelle commune DWL et les files de filtration DWL 4) pour remplir les fonctions précédentes.

Un schéma simplifié du système EBA est présenté en Figure 66. Un schéma simplifié du système DWL est présenté en Figure 65.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

### 8.3.2.2.4.2.2. Composants du système DWL

Le système DWL est constitué de trois trains de conditionnement DWL 1, 2 et 3 et d'un train de confinement DWL 4.

Les trains de conditionnement DWL 1/2/3 sont constitués chacun :

- d'unités locales de conditionnement :
  - les unités de refroidissement sont créditées pour les locaux à forts apports calorifiques. Chaque unité de refroidissement est composée d'un ventilateur et d'un échangeur refroidi par le système DER. Pour les unités de refroidissement supportant des SSCs classés de sûreté, un échangeur supplémentaire est ajouté en série. Cet échangeur est refroidi par le système RRI (respectivement DEL3) dans les divisons 1 et 2 (respectivement division 3).
  - les unités de refroidissement sont également prévues pour les SSCs classés de sûreté dans les locaux à forts apports calorifiques DEC-B du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3. Chaque unité de refroidissement est composée d'un ventilateur et d'un échangeur refroidi par le DEL 4.
  - des convecteurs sont présents dans les locaux pour maintenir une température adéquate pour le personnel et les équipements (par exemple pour la prévention de la cristallisation du bore) ;
- d'une ventilation centralisée (réseaux de soufflage et d'extraction pour chaque bâtiment des auxiliaires de sauvegarde) constituée de :
  - un réseau de soufflage d'air provenant du système DVL contenant deux registres d'isolement en série et un registre réglant ;
  - un réseau d'extraction pour chaque bâtiment des auxiliaires de sauvegarde évacuant l'air des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde :
    - vers le réseau opérationnel commun DWL dans les zones de pénétration du bâtiment réacteur en conditions de fonctionnement normal. Cette file d'extraction opérationnelle DWL du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde contient deux registres d'isolement en série et un registre réglant.
    - vers le réseau accidentel commun DWL dans les zones de pénétration du bâtiment réacteur en conditions de fonctionnement accidentel. Cette file d'extraction accidentelle DWL du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde contient deux registres d'isolement en parallèle.

Le train de confinement DWL4 est constitué :

- d'un réseau d'extraction localisé dans le bâtiment combustible avec :
  - une ligne d'extraction accidentelle reliée au hall piscine du bâtiment combustible munie de deux registres d'isolement en parallèle vers la gaine circulaire accidentelle DWL ;
  - une ligne d'extraction accidentelle reliée aux réseaux d'extraction principaux du bâtiment combustible, y compris les zones de pénétration enceinte du bâtiment réacteur, avec deux registres d'isolement en parallèle vers la gaine circulaire accidentelle DWL ;
  - une ligne d'extraction accidentelle connectée au réseau d'extraction du système EBA munie de deux registres d'isolement en parallèle et connectée au la gaine circulaire accidentelle DWL ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- d'un train de filtration dans le bâtiment combustible :
  - 2 [ ] files à filtres à iode contenant chacune :
    - deux registres d'isolement amont/aval étanches ;
    - un réchauffeur d'entrée d'air électrique ;
    - un préfiltre ;
    - un filtre Très Haute Efficacité ;
    - un filtre à iode ;
    - des ventilateurs pour couvrir différents points de fonctionnement (architecture en développement) avec registres d'isolement ;
  - la file DWL4-X est dédiée à la mitigation de conditions de fonctionnement DBC, alors que la file DWL4-Y peut être valorisée pour les conditions de fonctionnement DBC et DEC.

#### 8.3.2.2.4.2.3. Composants du système EBA

Le système EBA est constitué d'une partie opérationnelle et d'une partie accidentelle :

- un réseau de soufflage d'air provenant du système DWK contenant deux vannes d'isolement enceinte (VIE) en série et des registres réglants ;
- un réseau d'extraction EBA évacuant l'air du bâtiment réacteur vers le système DWK. Cette file est équipée de deux vannes d'isolement enceinte (VIE), deux registres d'isolement en série et des registres réglants (partie accidentelle).

#### 8.3.2.2.4.2.4. Conditions de fonctionnement

##### 8.3.2.2.4.2.4.1. Conditions de fonctionnement normal

Le système DWL est opérationnel dans l'ensemble des états standards réacteurs afin de réaliser les fonctions opérationnelles exprimées précédemment.

Le système EBA est requis pour le conditionnement de l'air du bâtiment réacteur en état d'arrêt à froid. Au cours de la phase de préparation à l'accès du personnel, le système EBA a pour tâche la réduction de la concentration en produit de fission ou d'activation dans l'atmosphère du bâtiment réacteur (phase de purge). Pendant la phase d'accès du personnel, le système EBA est en fonctionnement pour maintenir des conditions d'ambiances acceptables pour le personnel. La répartition du débit global est ajustée lors de l'ouverture du tampon d'accès matériel.

##### 8.3.2.2.4.2.4.2. Conditions de fonctionnement accidentel

Les fonctions de sûreté du système DWL sont nécessaires à la mitigation de divers accidents. La catégorisation des principales fonctions de sûreté du système DWL, selon leur rôle dans la mitigation des conditions de fonctionnement, est déduite ci-après par l'application des règles indiquées dans le chapitre 2.6 du volume 1 :

<u>Conditionnement des locaux mécaniques de la zone non contrôlée des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde (DWL)</u>

Cette fonction assure des conditions d'ambiance acceptables (température) dans les locaux mécaniques contenant les systèmes en charge des fonctions fondamentales de sûreté et supporte ainsi les SSCs classés de sûreté (pompes, capteurs, prévention contre la cristallisation du bore, etc.).

Cette fonction est de catégorie équivalente à la catégorie de la fonction qu'elle supporte.

<u>Isolement de la ventilation normale de la zone contrôlée des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde (DWL)</u>

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

L'isolement de la ventilation de la zone contrôlée du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde est requis afin d'assurer le confinement statique à la suite d'une brèche sur le système d'injection de sécurité (RIS) en mode refroidissement à l'arrêt dans le bâtiment des auxiliaires de sauvegarde.

L'isolement de la ventilation normale de tous les bâtiments périphériques du bâtiment réacteur et plus particulièrement des zones contrôlées des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde est requis afin d'assurer le confinement en cas d'APRP dans le bâtiment réacteur (DBC3 et DBC4) ou d'accident avec fusion du cœur (DEC-B).

Cette fonction est catégorie 1.

Confinement dynamique de la zone contrôlée des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde (DWL)

Le système DWL participe directement à la mitigation des conditions de fonctionnement DBC et DEC en assurant la filtration et l'extraction des zones contrôlées des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde en complément de la fonction « isolement de la ventilation normale de la zone contrôlée des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde ». En particulier le système DWL assure le confinement des locaux accueillant le système EVU à sa mise en service en conditions de fonctionnement DEC-B.

Cette fonction est catégorie 2.

Confinement dynamique du bâtiment combustible (DWL)

Le système DWL participe directement à la mitigation des conditions de fonctionnement DBC et DEC en assurant la filtration et l'extraction du bâtiment combustible en complément des fonctions DWK « isolement de la ventilation normale du bâtiment combustible » et « isolement du hall de manutention du bâtiment combustible » voir paragraphe 8.3.2.2.5.1.2 ci-après.

Cette fonction est catégorie 2.

Isolement de la ventilation du local en face du sas personnel (DWL)

L'isolement du soufflage dans la salle en face du sas personnel est requis pour empêcher la dispersion de matières radioactives à l'extérieur du bâtiment réacteur en cas d'accident de manutention du combustible en état E. L'isolement du soufflage dans la salle en face du sas personnel est requis en APRP en état C et D si le sas est déséclusé.

Cette fonction est catégorie 1.

Confinement dynamique du bâtiment réacteur (DWL/EBA)

Le système DWL participe directement à la mitigation des conditions de fonctionnement DBC en assurant la filtration et l'extraction du bâtiment réacteur en complément de la fonction du système EBA « isolement de la ventilation du bâtiment réacteur ».

Cette fonction est catégorie 2.

Isolement de la ventilation des locaux EVU (DWL)

L'isolement de l'alimentation d'air dans les locaux EVU est nécessaire avant le démarrage des pompes EVU, afin de contenir toute fuite sur les pompes EVU fonctionnant pendant de longues périodes. L'extraction est également orientée vers le système de filtration DWL avant le démarrage des pompes EVU.

Cette fonction est de catégorie 3 puisque requise pour limiter les conséquences d'un accident avec fusion du cœur.

Isolement du soufflage des locaux RIS (DWL)

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

Cette fonction est requise en cas de brèche sur le système RIS en mode refroidissement à l'arrêt [ ] .

Cette fonction est de catégorie 1.

Isolement de la ventilation du bâtiment réacteur (vannes d'isolement enceinte EBA)

L'isolement enceinte est nécessaire pour toutes les conditions de fonctionnement (DBC ou DEC) conduisant à des rejets radioactifs dans le bâtiment réacteur afin d'assurer l'isolement statique du bâtiment réacteur.

Cette fonction est de catégorie 1.

#### 8.3.2.2.4.2.4.3. Agressions internes et externes

Les études d'agressions internes et externes valorisent principalement les fonctions de sûreté du système DWL déjà listées au paragraphe 8.3.2.2.4.1.2 ci-avant. Ce paragraphe liste les autres fonctions de sûreté DWL spécifiques aux études d'agressions. Ces fonctions sont de catégorie 3.

Agressions internes

Les fonctions de sûreté suivantes sont spécialement dédiées à la prévention et mitigation des agressions internes :

- protection incendie : les systèmes DWL et EBA participent à la sectorisation et ainsi à la limitation de la propagation incendie.

D'autres fonctions de sûreté relatives aux agressions internes pourront être définies au cours de la conception des systèmes DWL et EBA.

Agressions externes de référence

Les systèmes DWL et EBA n'ont pas de fonction spécifiquement dédiée à la prévention et la mitigation des agressions externes de référence.

Agressions externes extrêmes naturelle

Les systèmes DWL et EBA n'ont pas de fonction spécifiquement dédiée à la prévention et la mitigation des agressions externes extrêmes naturelles.

#### 8.3.2.2.4.2.5. Systèmes en interface

#### 8.3.2.2.4.2.5.1. Systèmes supportés

Le système DWL est support des systèmes suivants :

- le système EBA est supporté par le système DWL pour la filtration et l'extraction en conditions de fonctionnement accidentel pour la fonction « confinement dynamique du bâtiment réacteur » ;
- le système DWK est supporté par le système DWL pour la filtration et l'extraction en conditions accidentelles pour la fonction « confinement dynamique du bâtiment combustible ».

#### 8.3.2.2.4.2.5.2. Systèmes supports

Les systèmes DWL et EBA sont supportés par les systèmes suivants :

- DVL : alimentation d'air des trois trains principaux DWL 1, 2 et 3 pour le conditionnement de la zone contrôlée des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde en conditions de fonctionnement normal ;
- DWK : alimentation d'air du système EBA pour le conditionnement du bâtiment réacteur en état d'arrêt ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- DWK : évacuation de l'air des trains principaux DWL 1, 2 et 3 et du système EBA ainsi que la filtration de l'air évacué avant d'être relâché à la cheminée ;
- DER : alimentation en eau glacée des unités de refroidissement DWL des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde 1, 2 et 3 en conditions de fonctionnement normal ;
- RRI : alimentation en eau froide des unités de refroidissement DWL des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde 1 et 2 en conditions de fonctionnement accidentel ;
- DEL : alimentation en eau glacée des unités de refroidissement DWL du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3 en conditions de fonctionnement accidentel ;
- alimentations électriques ;
- contrôle-commande.

#### 8.3.2.2.4.3. Prise en compte des exigences de conception dans l'architecture des systèmes DWL et EBA

Ce chapitre précise les principales exigences de conception applicables à l'architecture des systèmes DWL et EBA.

##### 8.3.2.2.4.3.1. Défaillance unique

Les systèmes DWL et EBA étant requis en conditions de fonctionnement DBC, le critère de défaillance unique s'applique à leurs conceptions, conformément aux principes décrits dans les chapitres 2.1 et 3.1 du volume 1.

Ainsi, le train de filtration accidentelle (DWL4-X et DWL4-Y) est redondant dans le bâtiment combustible.

Le critère de défaillance unique est aussi applicable aux fonctions d'isolement requises en conditions de fonctionnement DBC des systèmes DWL et EBA. Ainsi, la redondance des registres d'isolement crédités en conditions de fonctionnement DBC permet le respect du critère de défaillance unique. Ce critère s'applique également aux vannes d'isolement enceinte du système EBA pour le confinement du bâtiment réacteur en conditions de fonctionnement DBC.

L'extraction accidentelle est assurée par un seul réseau par division. La défaillance unique passive ne s'applique pas aux réseaux des systèmes HVAC compte tenu des faibles niveaux de pression et température.

##### 8.3.2.2.4.3.2. Maintenance préventive

Le système DWL est requis en permanence afin d'assurer la disponibilité des fonctions de sûreté qu'il assure, exception faite d'une partie de l'état F durant laquelle il n'y a pas de manutention combustible. En conséquence, la maintenance préventive doit être effectuée dans cet état. Dans les autres états, le DWL doit être disponible.

Par conséquent, la maintenance préventive du système DWL n'est pas considérée dans les études de sûreté.

Afin d'assurer un confinement dynamique à long terme en conditions de fonctionnement DEC-B, la maintenance ou réparation de la file de filtration DWL4-Y valorisée en condition de fonctionnement DEC-B nécessiterait le passage sur la deuxième file à iode (DWL4-X) et l'isolement de la première file (DWL4-Y).

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

La maintenance des vannes d'isolement enceinte du système EBA devra être effectuée lorsque le confinement statique du bâtiment réacteur n'est pas requis (en état F par exemple).

#### 8.3.2.2.4.3.3. Cumul MDTE

Alimentation électrique normale

En conditions de fonctionnement normal, les trains DWL 1/2/3/4 sont alimentés par la source électrique externe.

Alimentation électrique en cas de MDTE

En cas de MDTE, soit accident de MDTE (DBC) ou conditions de fonctionnement DBC avec cumul MDTE, chaque train DWL 1/2/3 est secouru par la source interne alternative de puissance principale (source DBC) de la division concernée.

Le train de filtration DWL 4 est secouru par la source interne alternative de puissance principale (source DBC) associée à sa division.

Alimentation électrique en cas de MDTG

En cas de MDTG, les trains DWL 1, 2 et 3 supportant des SSCs classés de sûreté requis en cas de MDTG sont secourus par la source interne alternative de puissance diversifiée (source DEC-A).

Alimentation électrique en conditions de fonctionnement DEC-B

En conditions de fonctionnement DEC-B, les trains DWL supportant des systèmes de sûreté requis en conditions de fonctionnement DEC-B sont secourus par la source interne alternative de puissance dédiée (source DEC-B).

En conditions de fonctionnement DEC-B, la file de filtration DWL4-Y est secourue par la source interne alternative de puissance dédiée (source DEC-B).

En cas de maintenance nécessaire sur la file DWLY-4 dans le long terme d'une condition de fonctionnement DEC-B, la file DWL4-X pourra être valorisée, secourue par une source électrique disponible (réseau ou source DBC).

#### 8.3.2.2.4.3.4. Classement

Le classement de sûreté des principaux composants des systèmes DWL et EBA, défini en conformité avec les règles de classement indiquées dans le chapitre 2.6 du volume 1, est indiqué dans le Tableau 31 ci-dessous.

Nota : Les catégories et classement préliminaires présents dans le tableau sont susceptibles d'évoluer au cours de la conception.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

| Composants DWL / EBA | Fonctions de sûreté DWL / EBA (catégorie enveloppe) | | | | | | Classe de sûreté enveloppe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Isolement de la ventilation nomale de la zone contrôlée des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde (DWL) **Catégorie 1** | Confinement dynamique de la zone contrôlée des Bâtiments des Auxiliaires de Sauvegarde<br>Confinement dynamique du bâtiment combustible<br>Confinement dynamique du bâtiment réacteur **Catégorie 2** | Isolement de la ventilation du local en face du sas personnel **Catégorie 1** | Isolement de la ventilation des locaux EVU **Catégorie 3** | Isolement du soufflage des locaux RIS **Catégorie 1** | Isolement de la ventilation du bâtiment réacteur **Catégorie 1** | |
| Registres d'isolement du local en face du sas personnel | | | **X** | | | | **1** |
| Registres d'isolement des locaux EVU | | | | **X** | | | **3** |
| Files DWL4 de filtration accidentelles DBC/DEC | | **X** | | | | | **2** |
| Registres d'isolement des locaux RIS | | | | | **X** | | **1** |
| Registres et vannes d'isolement enceinte EBA | | | | | | **X** | **1** |
| Registres d'isolements des Bâtiments des Auxiliaires de Sauvegarde | **X** | | | | **X** | | **1** |

**TABLEAU 31 : CLASSEMENT DE SURETE DES PRINCIPAUX COMPOSANTS DES SYSTEMES DWL ET EBA**

Les fonctions de mitigation des agressions relèvent de la catégorie 3, donc les composants y participant sont classe de sûreté 3.

Les unités locales de refroidissement ne sont pas décrites ici car leur classement est dépendant de calculs thermiques.

### 8.3.2.2.4.3.5. Diversification

Concernant les fonctions de confinement du système DWL, aucune diversification n'est considérée. Aucune condition de fonctionnement DEC-A due à une défaillance de cause commune d'un équipement en charge du confinement n'a été identifiée.

Concernant les fonctions de conditionnement du système DWL, aucune diversification des unités locales de conditionnement n'est considérée à ce stade de la conception.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

Aucune exigence de diversification du système EBA n'a été identifiée à ce stade de la conception.

#### 8.3.2.2.4.3.6. Agressions internes et externes

##### 8.3.2.2.4.3.6.1. Agressions internes

Les systèmes DWL et EBA ne sont pas des initiateurs potentiels d'agressions internes, à l'exception du système DWL 4 qui pourrait être la cause d'un départ de feu dans les files de filtration. Dans le but de les protéger contre une agression interne de mode commun (exemple : incendie), les deux files de filtrations DWL sont localisées dans différentes zones du bâtiment combustible.

Les unités locales de conditionnement DWL sont situées dans le même local que les SSCs supportés. Les règles de séparation appliquées aux unités locales de conditionnement DWL sont donc celles applicables aux systèmes supportés.

Les systèmes DWL et EBA participent au confinement et à la limitation des incendies intervenant dans la zone contrôlée des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde ou du bâtiment combustible [ ] .

Afin de garantir un confinement dynamique à long terme en conditions de fonctionnement DEC-B, des dispositions sont prises afin d'assurer la gestion d'un incendie affectant la file de filtration DWL4-Y. Cela peut nécessiter le passage sur la deuxième file iode (DWL4-X) et l'isolement de la première file (DWL4-Y).

Les vannes d'isolement enceinte EBA redondantes sont physiquement séparées (dans le bâtiment réacteur et le bâtiment combustible).

##### 8.3.2.2.4.3.6.2. Agressions externes de référence

La conception des systèmes DWL et EBA prend en considération les agressions externes de référence suivantes :

- certaines parties des systèmes DWL et EBA participent à la mitigation des conditions de fonctionnement DBC, donc elles sont conçues afin de rester opérationnelles en cas d'agression externe de référence. Plus particulièrement, les parties DWL et EBA participant à la mitigation des conditions de fonctionnement DBC sont dimensionnées au séisme DBH.
- les structures génie civil des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde et du bâtiment combustible garantissent la protection des parties classées de sûreté du système DWL contre l'explosion externe, l'inondation externe, la neige, le vent, les projectiles de la tornade et la foudre ;
- les unités locales de conditionnement DWL qui supportent des systèmes participant à la mitigation des conditions de fonctionnement DBC sont conçues pour des températures externes DBH ;
- les structures génie civil du bâtiment réacteur et du bâtiment combustible garantissent la protection des parties classées de sûreté du système EBA contre l'explosion externe, la neige, le vent, les projectiles de la tornade et la foudre.

##### 8.3.2.2.4.3.6.3. Agressions externes extrêmes naturelles

Conformément au chapitre 2.4 du volume 1, en tant que systèmes requis pour la mitigation des accidents avec fusion du cœur, les systèmes DWL et EBA sont conçus pour rester opérationnel en cas d'agression externe extrême naturelle.

C'est particulièrement le cas de la file de filtration accidentelle DWL4-Y, ainsi que des unités locales de conditionnement DWL dédiées DEC-B qui supportent des SSCs requis pour la mitigation de conditions de fonctionnement DEC-B dans la division 3.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

### 8.3.2.2.5. Système de ventilation du bâtiment combustible (DWK)

#### 8.3.2.2.5.1. Rôle Fonctionnel

Le système DWK remplit les fonctions de conditionnement suivantes :

- maintenir l'air ambiant dans des conditions acceptables (filtration de l'air, contrôle de la température, extraction de la chaleur) dans le bâtiment combustible pour le personnel et les équipements :
  - en conditions de fonctionnement normal à l'aide de la ventilation centralisée DWK complétée si besoin par les unités locales de conditionnement ;
  - en conditions de fonctionnement accidentel (si ventilation centralisée isolée), uniquement via les unités locales de conditionnement DWK, si nécessaire,
- alimenter le système EBA en air conditionné en conditions de fonctionnement normal.

Le système DWK remplit les fonctions de confinement suivantes :

- éviter la propagation de la contamination, et limiter les concentrations d'aérosols et gaz radioactifs dans l'atmosphère des locaux grâce au confinement dynamique du bâtiment combustible en condition de fonctionnement normal ;
- confiner les substances radioactives dans le bâtiment combustible en conditions de fonctionnement accidentel.

De plus, l'extraction et la filtration des systèmes DWL et EBA sont assurées par le système DWK en conditions de fonctionnement normal.

Le système DWK est en charge de la protection contre les surpressions dans le hall piscine combustible pour l' « élimination pratique » de la fusion du combustible dans la piscine de stockage du combustible usé en cas d'ébullition.

##### 8.3.2.2.5.1.1. Fonctions opérationnelles

Pour le système DWK, les fonctions opérationnelles de conditionnement sont les suivantes :

- maintenir l'air ambiant dans des conditions acceptables (filtration de l'air renouvelé et contrôle de la température) dans le bâtiment combustible pour le personnel et les équipements ;
- souffler et extraire l'air du système EBA en état d'arrêt ;
- extraire et filtrer l'air provenant du système DWL.

Pour le système DWK, les fonctions opérationnelles de confinement sont les suivantes :

- maintenir dans le bâtiment combustible une dépressurisation par rapport à l'extérieur et un flux d'air depuis les zones les moins contaminables vers les zones les plus contaminables afin d'éviter la propagation de la contamination et de limiter le taux d'activité relâchée ;
- maintenir les locaux contaminables par iode radioactif (locaux dépourvus de portes donnant vers l'extérieur et protégés des effets de succion du vent) à une pression inférieure par rapport aux locaux adjacents (confinement dynamique).

##### 8.3.2.2.5.1.2. Fonctions de sûreté

Le Tableau 32 ci-après liste les principales fonctions de sûreté du système DWK et indique leur contribution aux trois fonctions fondamentales de sûreté.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

| Fonctions DWK | Maîtrise des réactions nucléaires | Évacuation de la puissance | Confinement des substances radioactives |
|---|---|---|---|
| **Conditionnement des locaux des SSCs du bâtiment combustible (unités locales de conditionnement)** | indirecte | | |
| **Isolement du hall de manutention du bâtiment combustible (confinement statique)** | | | directe |
| **Isolement de la ventilation normale de la zone contrôlée du bâtiment combustible (confinement statique)** | | | directe |
| **Isolement du système du soufflage en air du local en face du sas de secours et du tampon d'accès matériels (confinement statique)** | | | directe |
| **Protection contre les surpressions dans le hall piscine de stockage du combustible usé en cas d'ébullition** | indirecte | | |

**TABLEAU 32 : PRINCIPALES FONCTIONS DE SURETE DU SYSTEME DWK**

En plus de ces fonctions, le système DWK participe à la mitigation des agressions au travers des fonctions suivantes :

- limitation de la propagation des incendies internes ;
- limitation des effets d'une explosion externe (bâtiment combustible).

#### 8.3.2.2.5.2. Description du système DWK

##### 8.3.2.2.5.2.1. Architecture générale

Le système DWK est composé d'une partie opérationnelle et d'une partie accidentelle pour remplir les missions décrites ci-dessus.

La ventilation centralisée du système DWK du bâtiment combustible est constituée de réseaux de soufflage et d'extraction d'air pour maintenir des conditions d'ambiances acceptables en conditions de fonctionnement normal dans les locaux suivants : hall piscine combustible, sas de secours, locaux de matériels électriques de chargement, hall de manutention du combustible, locaux mécaniques.

Des unités locales de conditionnement additionnelles sont ajoutés à ce stade de conception en tant qu'appoint à la ventilation centralisée DWK.

Les lignes de soufflage d'air DWK sont constituées de filtres fins, d'échangeurs de chauffages supportés par le système SEL, d'échangeurs de refroidissement supportés par le système DER et de ventilateurs.

La ligne DWK assurant la fonction d'extraction est divisée en deux parties :

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- lignes extraction normales composées de préfiltres, de filtres très haute efficacité et de ventilateurs ;
- lignes d'extraction d'iode composées de filtres à iode et de ventilateurs (boosters).

Ces deux lignes sont reliées à la cheminée. L'extraction est en permanence filtrée par des préfiltres et des filtres très haute efficacité et, en cas de détection d'iode par le système de mesure de radioprotection (KRT), par des filtres à iodes (pièges à iode).

De nombreux registres d'isolement sont installés dans les réseaux DWK pour isoler les zones contaminées en conditions de fonctionnement accidentel.

Un exutoire vapeur (membrane d'éclatement) est prévu dans le hall piscine du bâtiment combustible afin d'évacuer la vapeur à la cheminée et ainsi éviter les surpressions en cas d'ébullition de la piscine combustible.

Un schéma simplifié du système DWK est présenté en Figure 67.

#### 8.3.2.2.5.2.2. Composants du système DWK

Le système DWK est constitué :

<u>pour la ventilation centralisée</u> :

- d'une centrale de traitement d'air composée de boîtes modulaires accueillant les équipements suivants :
  - quatre ventilateurs de soufflage (un ventilateur supplémentaire pour la maintenance préventive) ;
  - trois échangeurs de refroidissement supportés par le système DER ;
  - trois réchauffeurs et surchauffeurs supportés par le système SEL ;
  - trois préfiltres et filtres fins ;
- d'une ligne d'extraction normale installée au niveau supérieur du bâtiment combustible accueillant les équipements suivants :
  - sept préfiltres et filtres très haute efficacité ;
  - quatre ventilateurs d'extraction ;
- d'une unité d'extraction d'iode installée au niveau supérieur du bâtiment combustible accueillant les équipements suivants :
  - quatre filtres à iode ;
  - quatre ventilateurs d'extraction renforcée ;
- d'une distribution et extraction de l'air réalisées à travers cinq cellules indépendantes dans le bâtiment combustible. Chaque cellule a un réseau de distribution et d'extraction dédié ;

<u>pour le conditionnement local</u> :

- d'unités de refroidissement pour les locaux à forts apports calorifiques. Chaque unité de refroidissement est composée :
  - d'un ventilateur ;
  - d'un échangeur supporté par le système DER ;
  - d'un échangeur supplémentaire en série supporté par le système RRI pour les unités de refroidissement supportant des SSCs classés de sûreté ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- des convecteurs et aérothermes sont disponibles pour maintenir les locaux dans des conditions d'ambiances adéquates pour le personnel et les matériels (par exemple prévention de la cristallisation du bore).

#### 8.3.2.2.5.2.3. Conditions de fonctionnement

##### 8.3.2.2.5.2.3.1. Conditions de fonctionnement normal

Le système DWK est opérationnel dans l'ensemble des états standards réacteurs afin de réaliser les fonctions suivantes :

- conserver les conditions ambiantes du bâtiment combustible dans les limites prescrites pour un fonctionnement correct des matériels et du personnel en conditions de fonctionnement normal (distribution et filtration d'air, chauffage et refroidissement) ;
- assurer, en conditions de fonctionnement normal, dans le bâtiment combustible, que la contamination est confinée à la source pour éviter sa diffusion dans les zones contaminables ;
- réduire la concentration d'aérosols et de gaz radioactifs dans l'atmosphère dans le bâtiment combustible ;
- maintenir une dépression dans le bâtiment combustible par rapport à l'extérieur à l'aide de registres de contrôle dans les trains de distribution en air ;
- collecter et filtrer les gaz provenant du bâtiment combustible et des zones contrôlées des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde ;
- collecter et filtrer les gaz évacués des systèmes de traitement et les relâcher à la cheminée commune.

En plus, le système DWK empêche la condensation sur les murs des locaux en contact avec l'extérieur, notamment les murs du hall piscine combustible.

Lorsque le personnel a accès au bâtiment réacteur, le système DWK supporte le système EBA (soufflage d'air conditionné et extraction) pour maintenir des conditions d'ambiances acceptables pour le personnel. La distribution du débit global est adaptée à la suite de l'ouverture du tampon d'accès matériels.

##### 8.3.2.2.5.2.3.2. Conditions de fonctionnement accidentel

Les fonctions de sûreté du système DWK sont nécessaires à la mitigation de plusieurs conditions de fonctionnement accidentel. La catégorisation des principales fonctions de sûreté du système DWK, selon leur rôle dans la mitigation des conditions de fonctionnement, est déduite ci-après par l'application des règles indiquées dans le paragraphe 2.6.3 du volume 1 :

<u>Conditionnement des locaux des SSCs du bâtiment combustible</u>

Les unités locales de conditionnement DWK maintiennent des conditions d'ambiance acceptables (température) dans les locaux contenant des matériels en charge de fonctions fondamentales de sûreté et ainsi supportent des SSCs classés de sûreté (exemple : pompes, capteurs, prévention de la cristallisation du bore, etc.).

Cette fonction est de la même catégorie que les fonctions assurées par ces systèmes supportés.

<u>Isolement de la ventilation normale de la zone contrôlée du bâtiment combustible</u>

L'isolement de la ventilation normale de tous les bâtiments périphérique du bâtiment réacteur et particulièrement de la zone contrôlée du bâtiment combustible est requise pour assurer le confinement à la suite d'un APRP dans le bâtiment réacteur (DBC3 et DBC4) ou d'un

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

accident avec fusion du cœur (DEC-B).

Cette fonction est de catégorie 2.

Isolement du hall de manutention du bâtiment combustible

Cette fonction est requise en cas d'accident de manutention du combustible dans le bâtiment combustible (DBC4). En isolant la ventilation normale du hall de manutention du combustible, le système DWK participe directement au confinement statique des substances radioactives et ainsi à leur non propagation.

Cette fonction est de catégorie 1.

Isolement du système d'alimentation en air du local en face du sas de secours et du tampon d'accès matériels

Cette fonction est requise en cas d'accident de manutention du combustible ou dans le long terme d'un APRP dans le bâtiment réacteur en état d'arrêt. En isolant les locaux en face du sas de secours et du tampon d'accès matériels, le système DWK participe directement au confinement statique des substances radioactives dans le bâtiment réacteur.

Cette fonction est de catégorie 1.

Protection contre les surpressions dans le hall piscine de stockage du combustible usé en cas d'ébullition

Le système DWK participe directement à l' « élimination pratique » de la fusion du combustible dans la piscine de stockage du combustible usé en cas d'ébullition.

Cette fonction est de catégorie 3 puisque valorisée pour la prévention d'une situation « pratiquement éliminée ».

#### 8.3.2.2.5.2.3.3. Agressions internes et externes

Les études d'agressions internes et externes valorisent principalement les fonctions de sûreté du système DWK déjà listées au paragraphe 8.3.2.2.5.1.2 ci-avant. Ce paragraphe liste les autres fonctions de sûreté DWK spécifiques aux études d'agressions. Ces fonctions sont de catégorie 3.

Agressions internes

La fonction de sûreté suivante est spécialement dédiée à la prévention et mitigation des agressions internes :

- protection incendie : le système DWK participe à la sectorisation et ainsi à la limitation de la propagation incendie.

D'autres fonctions de sûreté relatives aux agressions internes pourront être définies au cours de la conception du système DWK.

Agressions externes de référence

La fonction de sûreté DWK suivante est spécifiquement requise en cas d'agression externe de référence :

- la limitation des conséquences d'une explosion externe : cette fonction est réalisée par la protection des entrées et des exutoires d'air vis-à-vis des explosions externes, permettant le maintien opérationnel des matériels classés de sûreté situés dans le bâtiment combustible et requis en conditions de fonctionnement accidentels.

Agressions externes extrêmes naturelles

Le système DWK n'a pas de fonction supplémentaire pour la prévention et la mitigation des

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

agressions externes extrêmes naturelles.

#### 8.3.2.2.5.2.4. Systèmes en interface

##### 8.3.2.2.5.2.4.1. Systèmes supportés

Le système DWK supporte les systèmes suivants :

- DWL : le système DWK évacue l'air en provenance du DWL en conditions de fonctionnement normal ;
- EBA : le système DWK alimente et évacue l'air du système EBA.

##### 8.3.2.2.5.2.4.2. Systèmes supports

Le système DWK est supporté par les systèmes suivants :

- DER : refroidissement de l'air du système DWK en conditions de fonctionnement normal ;
- SEL : chauffage de l'air du système DWK en conditions de fonctionnement normal ;
- RRI : refroidissement des unités de refroidissement DWK en conditions de fonctionnement accidentel si nécessaire ;
- alimentations électriques ;
- contrôle-commande ;
- KRT : assure le basculement vers la ligne de filtration iode.

### 8.3.2.2.5.3. Prise en compte des exigences de conception dans l'architecture du système DWK

Ce chapitre précise les principales exigences de conception applicables à l'architecture du système DWK.

#### 8.3.2.2.5.3.1. Défaillance unique

Le système DWK étant requis en conditions de fonctionnement DBC, le critère de défaillance unique s'applique à sa conception, conformément aux principes décrits dans les chapitres 2.1 et 3.1 du volume 1.

Ainsi, le critère de défaillance unique s'applique aux fonctions du système DWK requises en conditions DBC, ce qui explique la redondance des registres d'isolement.

#### 8.3.2.2.5.3.2. Maintenance préventive

La maintenance préventive des unités locales de conditionnement supportant des SSCs classés de sûreté sera effectuée en cohérence avec les systèmes supportés.

La maintenance préventive des registres d'isolements requis en conditions de fonctionnement accidentel sera effectuée lorsque l'état du réacteur le permet, c'est-à-dire lorsque ces fonctions de sûreté ne sont pas requises disponibles.

#### 8.3.2.2.5.3.3. Cumul MDTE

Les consommateurs électriques DWK sont alimentés par les sources électriques cohérentes avec leur niveau de défense en profondeur.

En conditions de fonctionnement normal, le système DWK est alimenté par la source électrique externe.

Le système de ventilation centralisé DWK n'est pas secouru en conditions de fonctionnement accidentel (MDTE/MDTG/DEC-B).

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

Les unités locales de conditionnement DWK qui supportent des SSCs classés de sûreté sont secourues par les sources d'alimentation de secours en cohérence avec les exigences électriques du système supporté.

#### 8.3.2.2.5.3.4. Classement

Le classement de sûreté des principaux composants du système DWK, défini en conformité avec les règles de classement indiquées dans le chapitre 2.6 du volume 1, est indiqué dans le Tableau 33 ci-dessous.

Nota : Les catégories et classement préliminaires présents dans le tableau sont susceptibles d'évoluer au cours de la conception.

| Composants DWK | Fonctions de sûreté DWK (catégorie enveloppe) | | | | Classe de sûreté enveloppe |
|---|---|---|---|---|---|
| | Isolement du hall de manutention du bâtiment combustible **Catégorie 1** | Isolement de la ventilation normale de la zone contrôlée du bâtiment combustible **Catégorie 2** | Isolement du système d'alimentation en air de la salle en face du sas de secours et du tampon d'accès matériels **Catégorie 1** | Protection contre les surpressions dans le hall piscine de stockage du combustible usé en cas d'ébullition **Catégorie 3** | |
| Registres d'isolement du hall piscine de stockage du combustible usé | **X** | | | | **1** |
| Registres d'isolement de la ventilation normale du bâtiment combustible | | **X** | | | **2** |
| Registres d'isolement de l'alimentation d'air de la salle en face du sas de secours et du tampon d'accès matériels | | | **X** | | **1** |
| Matériels d'extraction d'air à la cheminée du bâtiment combustible | | | | **X** | **3** |

**TABLEAU 33 : CLASSEMENT DE SURETE DES PRINCIPAUX COMPOSANTS DU SYSTEME DWK**

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

Les fonctions de mitigation des agressions relèvent de la catégorie 3, donc les composants y participant sont classe de sûreté 3.

Les unités locales de refroidissement ne sont pas décrites ici car leur classement est dépendant de calculs thermiques.

#### 8.3.2.2.5.3.5. Diversification

En ce qui concerne les fonctions de conditionnement du système DWK, aucune diversification des unités locales de conditionnement n'est considérée à ce stade de la conception, la nécessité des unités locales de conditionnement devant être confirmée par des calculs thermiques.

#### 8.3.2.2.5.3.6. Agressions internes et externes

##### 8.3.2.2.5.3.6.1. Agressions internes

Le système DWK n'est pas un initiateur potentiel d'agressions internes, à l'exception d'un départ de feu dans les files de filtration. Toutefois, ces files n'étant pas valorisées en situations accidentelles, aucune exigence de séparation n'existe.

Les unités locales de conditionnement DWK sont situées dans la même salle ou zone que les systèmes supportés. Les règles de séparation appliquées aux unités locales de conditionnement DWK sont donc celles applicables aux systèmes supportés.

Le système DWK participe au confinement et à la limitation de la propagation des incendies intervenant dans le bâtiment combustible [ ] .

##### 8.3.2.2.5.3.6.2. Agressions externes de référence

La conception de système DWK prend en considération les agressions externes de références suivantes :

- certaines parties du système DWK participent à la mitigation des conditions de fonctionnement DBC, donc elles sont conçues afin de rester opérationnelles en cas d'agression externe de référence. Plus particulièrement, les parties DWK participant à la mitigation des conditions DBC sont dimensionnées au séisme DBH.
- la localisation des parties classées de sûreté du système DWK dans le bâtiment combustible garantit la protection du système contre l'explosion externe, l'inondation externe, la neige, le vent, les projectiles de la tornade et la foudre ;
- les unités locales de conditionnement DWK qui supportent des systèmes participant à la mitigation des conditions de fonctionnement DBC sont conçues pour des températures externes DBH ;
- les entrées d'air du système DWK sont protégées contre les effets d'une explosion externe et les tornades. La protection physique contre les projectiles est également assurée.

##### 8.3.2.2.5.3.6.3. Agressions externes extrêmes naturelles

Conformément au chapitre 2.4 du volume 1, en tant que système dont certaines parties sont requises (fonctions de confinement statique – isolement du bâtiment en cas d'accident avec fusion du cœur), le système DWK est en partie conçu pour rester opérationnel en cas d'agression externe extrême naturelle.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

[ ]

**FIGURE 62 : SCHEMA DE PRINCIPE DU SYSTEME DVL**

[ ]

**FIGURE 63 : SCHEMA DE PRINCIPE DU SYSTEME DCL**

[ ]

**FIGURE 64 : SCHEMA DE PRINCIPE DU SYSTEME DEL**

[ ]

**FIGURE 65 : SCHEMA DE PRINCIPE DU SYSTEME DWL**

[ ]

**FIGURE 66 : SCHEMA DE PRINCIPE DU SYSTEME EBA**

[ ]

**FIGURE 67 : SCHEMA DE PRINCIPE DU SYSTEME DWK**

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## 8.4. SYSTEMES ET EQUIPEMENTS DE PROTECTION INCENDIE

### 8.4.1. DÉTECTION INCENDIE

La fonction de détection d'incendie est gérée par les systèmes JD•, où le « • » désigne un bâtiment (ou un ensemble de bâtiment) couvert par un système dédié de détection incendie. Par exemple, la détection en station de pompage est couverte par le système JDP.

#### 8.4.1.1. Fonctions assurées par le système JD•

Le système JD• ne contribue pas directement aux fonctions fondamentales de sûreté.

Il contribue à la détection rapide des départs de feu et leur extinction en détectant la naissance d'un départ de feu et indiquant sa localisation aux opérateurs (alarme en salle de commande principale).

#### 8.4.1.2. Description générale du système JD•

Le système JD• de l'EPR NM sera décrit ultérieurement. Il sera conçu conformément au RCC-F (voir chapitre 2.12 du volume 1). Un système décentralisé et évolutif, indépendant du contrôle-commande principal est à l'étude.

### 8.4.2. SYSTEMES DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE

Les systèmes participant à la lutte contre l'incendie sont les systèmes JP• où le « • » désigne un bâtiment (ou un ensemble de bâtiment) couvert par un système dédié de lutte contre l'incendie.

Par exemple :

- le JPS : système de production et de distribution d'eau incendie du site ;
- le JPI : système de protection et de distribution d'eau incendie de l'Ilot Nucléaire.

Le présent chapitre traite des systèmes JPS et JPI.

#### 8.4.2.1. Fonctions assurées par les systèmes JPS et JPI

Les systèmes JPS et JPI ne contribuent pas directement à la maîtrise des réactions nucléaires en chaîne, ni à l'évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives et des réactions nucléaires.

Les traversées enceinte du système JPI appartiennent à la 3$^{e}$ barrière de confinement telle que définie au chapitre 1.3 du volume 1.

Le système JPS contribue à la détection rapide des départs de feu et leur extinction en assurant une alimentation suffisante en eau des systèmes de distribution et de lutte incendie de l'îlot nucléaire ou de l'îlot conventionnel.

Le système JPI contribue à la détection rapide des départs de feu et leur extinction en mettant à disposition des moyens fixes d'extinction. Par ailleurs, au titre de la défense en profondeur et par découplage, le système JPI contribue à la mitigation d'un incendie indépendant suite à séisme par interface avec le système d'appoint en eau de secours (SEM) qui lui fournit l'eau nécessaire (voir chapitre 3.6 du présent volume).

#### 8.4.2.2. Description générale des systèmes JPS et JPI

Les systèmes JPS et JPI de l'EPR NM seront décrits ultérieurement. Ils seront conçus conformément au RCC-F (voir chapitre 2.12 du volume 1).

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## 9. CIRCUIT VAPEUR ET TRANSFORMATION D'ÉNERGIE

## 9.1. GROUPE TURBOALTERNATEUR

### 9.1.1. ROLE DU GROUPE TURBOALTERNATEUR

Le groupe turboalternateur a pour rôle de transformer l'énergie thermique contenue dans la vapeur, sortant des générateurs de vapeur, en énergie électrique.

### 9.1.2. PRINCIPES DE CONCEPTION

#### 9.1.2.1. Conception générale du groupe turboalternateur (GTA)

La vapeur provenant des générateurs de vapeur actionne une turbine accouplée à un alternateur triphasé. La tension électrique en sortie de l'alternateur est élevée par des transformateurs pour être évacuée sur le réseau électrique.

La vapeur sortant des Générateurs de Vapeur (GV) est admise dans le corps Haute Pression (HP) de la turbine où, après détente, elle est envoyée dans les sécheurs-surchauffeurs. La vapeur séchée et surchauffée est ensuite admise dans la partie Moyenne Pression (MP) du corps combiné HP-MP de la turbine puis dans la partie Basse Pression (BP), dans lesquels la vapeur termine sa détente jusqu'à la pression de condensation.

Les réchauffeurs BP et HP du poste d'eau ainsi que la bâche alimentaire (ADG) sont alimentés en vapeur par l'intermédiaire des soutirages de la turbine.

Les appareils soumis à la réglementation des équipements sous pression (voir chapitre 1.1 du volume 1) sont protégés vis-à-vis des surpressions par des soupapes de sûreté, lorsque cela est nécessaire.

Le groupe turboalternateur est implanté dans la salle des machines.

#### 9.1.2.2. Hypothèses de dimensionnement

L'ensemble du groupe turboalternateur est dimensionné pour une puissance thermique cible du cœur de 4850 MWth à laquelle il faut ajouter la puissance des motopompes primaires [ ] .

Sa puissance électrique nette à 100 % PN (Puissance Nominale) est d'environ 1750 MWe.

Le GTA, connecté au réseau, participe aux réglages primaire et secondaire de fréquence.

### 9.1.3. DESCRIPTION

#### 9.1.3.1. Présentation générale

L'ensemble turbine se compose :

- de lignes d'admission de vapeur vive comprenant chacune une vanne d'arrêt et une soupape de réglage ;
- d'un corps combiné HMP (Haute et Moyenne Pression) ;
- de lignes d'admission vapeur moyenne pression, comprenant chacune un clapet d'interception (isolement vapeur) et un clapet modérateur (réglage de débit vapeur) ;
- de corps BP ;
- de soutirages vapeur pour l'alimentation des réchauffeurs (BP et HP) et de la bâche alimentaire du poste d'eau ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- de séparateurs surchauffeurs (GSS) utilisés pour le séchage et le réchauffage de la vapeur sortant du corps HP avant l'admission dans le corps MP ;
- d'un circuit d'étanchéité des sorties d'arbre des corps HMP et BP (alimentation en vapeur des labyrinthes) ;
- des paliers supportant la ligne d'arbre et une butée ;
- d'un circuit de graissage ;
- d'un système de soulèvement et de virage de la ligne d'arbre ;
- d'un système de réglage de la vitesse turbine et du débit d'admission vapeur dans la turbine (GRE), d'un système de protection turbine vis-à-vis des risques internes (dont la survitesse et la surpression) et externes (GSE).

L'ensemble alternateur se compose :

- d'une excitatrice (GEX) ;
- de caissons de bornes et de gaines coaxiales acheminant l'énergie jusqu'au transformateur principal (GSY) ;
- d'un système de réfrigération réalisé par de l'hydrogène sous pression circulant à l'intérieur du rotor et du stator (GRH). L'étanchéité étant assurée par des joints à circulation d'huile sous pression (GHE) ;
- d'un système de réfrigération réalisé par de l'eau déminéralisée circulant à l'intérieur des barres conductrices constituant le bobinage du stator (GST).

#### 9.1.3.2. Sollicitations prises en compte dans le dimensionnement

Le groupe turboalternateur est dimensionné pour les sollicitations suivantes :

- prise/baisse de charge ;
- augmentation instantanée de la charge ;
- îlotage ;
- fonctionnement en réseau séparé ;
- court-circuit aux bornes de l'alternateur ;
- couplage avec écart de phase ;
- survitesse ;
- explosion d'un mélange air / hydrogène sans rupture de la carcasse alternateur ;
- surpression à l'échappement HP, limitée par les soupapes des séparateurs-surchauffeurs ;
- surpression à l'échappement BP, limitée par les membranes d'éclatement des corps BP.

#### 9.1.3.3. Protections de la turbine

La protection de la turbine est assurée contre les incidents pouvant mettre en cause sa tenue mécanique (les plus importants étant le manque de lubrification, la survitesse et les surpressions) par :

- un système de sécurité (GSE) qui déclenche la turbine ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- des dispositifs de protection (soupapes ou membranes) qui limitent la pression de vapeur.

La turbine est aussi protégée par des clapets de non-retour, assistés à la fermeture, situés en aval des soutirages sur lesquels ils sont nécessaires.

### 9.1.3.4. Dispositions de protection

### 9.1.3.5. Protection vis-à-vis de l'incendie

Le réservoir d'huile et les motopompes de graissage du groupe turboalternateur sont placés dans un secteur de feu et équipés d'une protection incendie (JPH).

Par ailleurs, des dispositions sont prises pour éviter les fuites d'huile à proximité de la turbine.

Pour la manœuvre des organes hydrauliques d'admission vapeur, le fluide de sécurité utilisé est un ester-phosphate difficilement inflammable.

Le réservoir d'huile et les motopompes du circuit d'étanchéité alternateur (GHE) sont placés dans un secteur de feu équipé d'une détection et protection incendie (JPH).

En cas d'incendie en salle des machines, il est possible d'initier une vidange rapide de l'hydrogène contenu dans l'alternateur suivie d'un inertage automatique depuis la salle de commande principale (GRV).

### 9.1.3.6. Protection vis-à-vis des risques d'explosion

Pour empêcher les risques d'explosion de l'hydrogène utilisé pour le refroidissement de l'alternateur, les dispositions suivantes sont prises :

- balayage de l'alternateur par un gaz inerte avant remplissage en hydrogène et avant passage en air, afin d'éviter les mélanges explosifs air-hydrogène ;
- mise en place d'inter verrouillages logiques sur les commandes des vannes motorisées pour empêcher l'admission d'air lorsque l'alternateur est sous hydrogène et vice versa ;
- mise en place d'une manchette sur le circuit d'alimentation en gaz (GRV), celui-ci étant orienté [ ] soit sur l'air, soit sur l'hydrogène ;
- contrôle continu de la pureté d'hydrogène dans l'alternateur, afin de la maintenir en permanence au-dessus de 96 % ;
- mise en place d'une hotte de collecte au-dessus du poste 2$^{e}$ détente ;
- vidange rapide et inertage de l'alternateur soit depuis la salle de commande principale, soit sur perte de l'étanchéité dynamique ;
- redondance des dispositifs destinés à assurer la sécurité (extracteurs, motopompes, vannes motorisées, etc.) ;
- mise en place des dispositions constructives permettant de limiter la consommation globale d'hydrogène en fonctionnement normal ;
- contrôle en continu de la concentration en hydrogène sur le circuit de ventilation de la caisse à huile du circuit d'étanchéité de l'alternateur (GHE) ;
- étanchéité le long de l'arbre de l'alternateur afin d'empêcher les fuites hors de la machine, et contrôle en continu de l'absence d'hydrogène en bout d'arbre.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

### 9.1.3.7. Etanchéité vapeur des sorties d'arbres de la turbine

Le circuit d'étanchéité turbine (CET) assure l'étanchéité au niveau des sorties d'arbres turbine et le long des tiges de manœuvre des vannes et soupapes d'admission HP de façon à empêcher les fuites de vapeur au niveau des organes en surpression par rapport à l'atmosphère (corps turbine HP, organes d'admission HP).

## 9.1.4. LIEN AVEC LA DEMONSTRATION DE SURETE NUCLEAIRE

Les risques d'agression de l'îlot nucléaire par le groupe turboalternateur sont pris en compte dès la conception ou font l'objet d'une évaluation spécifique :

- orientation de l'axe de la salle des machines, permettant de minimiser le risque qu'un projectile émis par la turbine atteigne une cible de sûreté ;
- dispositions complémentaires concernant les machines tournantes (sécurité) et les protections diverses (incendie).

### 9.1.4.1. Risque d'émission de projectiles par la turbine

En application de la RFS 1.2.b [2], la conception mécanique de la turbine, le haut niveau de fiabilité des chaînes de protection contre les survitesses et les dispositions concernant le contrôle en fabrication et en exploitation, permettent de considérer de faible probabilité le risque d'émission de projectiles par la turbine. Toutefois, ce risque ne pouvant être exclu, des dispositions d'orientation entre unités de production propres à permettre la réduction de la probabilité qu'un projectile une fois émis provoque des conséquences inacceptables sont mises en œuvre.

Par ailleurs, des dispositions sont prises pour assurer la protection de la turbine par :

- des circuits redondants de détection de défaut et de déclenchement de la turbine, par fermeture rapide des organes d'admission vapeur et des soutirages, obtenue par manque de fluide moteur ;
- des protections contre les surpressions anormales de vapeur dans les enveloppes des séparateurs et les tuyauteries de liaison entre le corps HP et MP, par des soupapes de sûreté, des disques de rupture et des membranes d'éclatement.

Des dispositions sont également prises pour empêcher les détériorations de la ligne d'arbres et son blocage (risquant d'entraîner un projectile de faible énergie) :

- redondance des pompes de graissage : normal secours ;
- diversification de la motorisation et de l'alimentation redondante des pompes : réseau secouru, continu sur batteries ;
- dimensionnement des tuyauteries de graissage ;
- détection redondante de la perte de pression d'huile ;
- surveillance des niveaux d'huile « dans la caisse à huile ».

### 9.1.4.2. Action de déclenchement du groupe turboalternateur vis-à-vis de l'arrêt automatique du réacteur (AAR)

L'AAR entraîne le déclenchement du groupe turboalternateur. Cette action contribue à la réduction de l'appel de puissance du secondaire et joue à ce titre un rôle vis-à-vis du risque de sur-refroidissement du cœur.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

#### 9.1.4.3. Action de déclenchement du groupe turboalternateur vis-à-vis de la protection contre les surpressions

Au titre de la protection contre les surpressions primaires et secondaires pour les situations de fonctionnement de deuxième catégorie (voir chapitre 3.9 du volume 1), l'information secondaire indisponible entraîne l'arrêt automatique du réacteur. Cette information est non classée.

### 9.1.5. ESSAIS

Le système de sécurité turbine (GSE) fait l'objet d'autotests et d'essais au titre de la disponibilité, de la DESP (Directive Equipements Sous Pression, voir chapitre 1.1 du volume 1) et de la RFS 1.2.b [2]. Les autotests ont lieu pendant la marche normale de la turbine. Ils ont pour objectif de vérifier l'aptitude au déclenchement en cas de besoin, en détectant les défaillances des équipements du contrôle commande et du bloc de sécurité. En cas d'anomalie, une information est remontée à l'opérateur. Les autotests ne désactivent pas le fonctionnement des protections.

Les essais du système GSE concernent :

- les essais de fermeture des vannes d'arrêt (HP) et des vannes d'interception de la turbine (MP) ;
- l'assistance à la fermeture des clapets de non-retour ;
- les essais de survitesse en réel ;
- l'étanchéité des organes d'admission turbine.

Ces essais n'interdisent pas le fonctionnement des protections.

Le système de régulation turbine (GRE) fait également l'objet d'essais de fermeture des soupapes réglantes (HP) et des soupapes de modération (MP) de la turbine. Ces essais sont réalisés régulièrement.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# 9.2. SYSTEME DE VAPEUR PRINCIPAL (VVP)

## 9.2.1. ROLE FONCTIONNEL

### 9.2.1.1. Fonctions opérationnelles

Le système VVP contribue, avec le système d'alimentation normale des générateurs de vapeur (ARE), à l'évacuation de la puissance produite par le cœur du réacteur, que ce soit par la turbine ou le contournement au condenseur.

De plus, le système VVP participe au conditionnement thermique des tuyauteries vapeur.

En cohérence avec la fonction opérationnelle de décharge à l'atmosphère par le système de décharge à l'atmosphère (VDA), de manière à découpler l'îlot nucléaire de l'îlot conventionnel dans les phases de démarrage et d'arrêt, le système VVP contribue également à l'évacuation de la puissance produite par le cœur du réacteur via la décharge à l'atmosphère.

### 9.2.1.2. Fonctions de sûreté

En conditions de fonctionnement de référence DBC2-4, avec défaillances multiples DEC-A et avec fusion du cœur DEC-B, le système VVP participe aux fonctions fondamentales de sûreté suivantes :

Maîtrise des réactions nucléaires en chaîne

Dans les conditions de fonctionnement DBC2-4 et DEC-A présentant une augmentation très importante du débit de vapeur, le système VVP assure la maîtrise des réactions nucléaires en chaîne en isolant rapidement les lignes vapeur afin de limiter le refroidissement du circuit primaire.

Evacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives et des réactions nucléaires

Dans toutes les conditions de fonctionnement DBC2-4 et DEC-A initiées en état A ou B, le système VVP contribue à évacuer la puissance résiduelle par décharge de la vapeur :

- dans le condenseur s'il est disponible ;
- ou par l'intermédiaire du circuit de décharge à l'atmosphère (VDA), en particulier dans les phases de fonctionnement avec îlot nucléaire découplé de l'îlot conventionnel.

Dans les conditions de fonctionnement DBC2-4 initiées en état A ou B, le système VVP contribue à atteindre l'état d'arrêt sûr.

Dans les conditions de fonctionnement DEC-A initiées en état A ou B, le système VVP contribue à atteindre l'état d'arrêt sûr DEC-A.

Confinement des substances radioactives

Dans toutes les conditions de fonctionnement DBC2-4, DEC-A et DEC-B lors desquelles de l'activité est relâchée dans l'enceinte de confinement, les tronçons du système VVP situés à l'intérieur du bâtiment réacteur assurent le rôle de troisième barrière de confinement.

En cas de rupture de tuyauterie vapeur (RTV), le système VVP permet de limiter la pressurisation de l'enceinte et de ne pas atteindre les conditions de rupture fragile de la cuve en isolant les lignes vapeur.

En cas de rupture de tube de générateur de vapeur (RTGV), le système VVP participe à l'isolement du générateur de vapeur affecté.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

Le système VVP participe avec le système VDA à la protection des générateurs de vapeur contre les surpressions à l'aide de soupapes de protection.

#### 9.2.1.3. Agressions externes

En tant que système participant à la mitigation de conditions de fonctionnement DBC2-4 et DEC-A, le système VVP est conçu pour rester fonctionnel en cas d'agression externe naturelle de référence (DBH).

De plus, selon les principes énoncés au chapitre 2.4 du volume 1, en tant que système requis pour prévenir la fusion du cœur dans un scénario de manque de tension externe cumulé à la perte totale de la source froide principale de sûreté, le système VVP est conçu en partie pour rester opérationnel en cas d'agression externe extrême naturelle.

### 9.2.2. DESCRIPTION GENERALE DU SYSTEME

Le système VVP à l'intérieur de l'îlot nucléaire est constitué de quatre lignes identiques. Chaque ligne est connectée en partie supérieure d'un générateur de vapeur, traverse le bâtiment réacteur puis les casemates situées dans les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde qui assurent la séparation géographique entre les lignes de vapeur, avant de rejoindre l'îlot conventionnel.

Après la traversée de l'enceinte de confinement, chaque ligne se compose successivement (voir Figure 68) :

- de deux connexions au circuit de décharge à l'atmosphère (vers ligne A et ligne B du VDA) ;
- de soupapes de protection contre les surpressions du circuit secondaire, directement soudées sur la tuyauterie de vapeur principale (équipement passif) ;
- d'une vanne d'isolement de vapeur principale (VIV) alimentée électriquement par des tableaux secourus ;
- d'une ligne de bipasse de la vanne d'isolement de vapeur principale composée d'une vanne d'isolement et d'une vanne de contrôle appartenant à la ligne B du VDA ;
- d'un point fixe au niveau de la sortie des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde (BAS).

Le concept d'exclusion de rupture s'applique à chaque ligne VVP :

- à l'intérieur de l'enceinte (entre la sortie du Générateurs de Vapeur (GV) et le point fixe de la traversée enceinte) ;
- à l'extérieur de l'enceinte (entre la traversée enceinte et le premier point fixe en aval de la vanne d'isolement vapeur) ;
- aux piquages extrudés des lignes connectées à savoir celui du VDA et les deux piquages des soupapes de sûreté.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

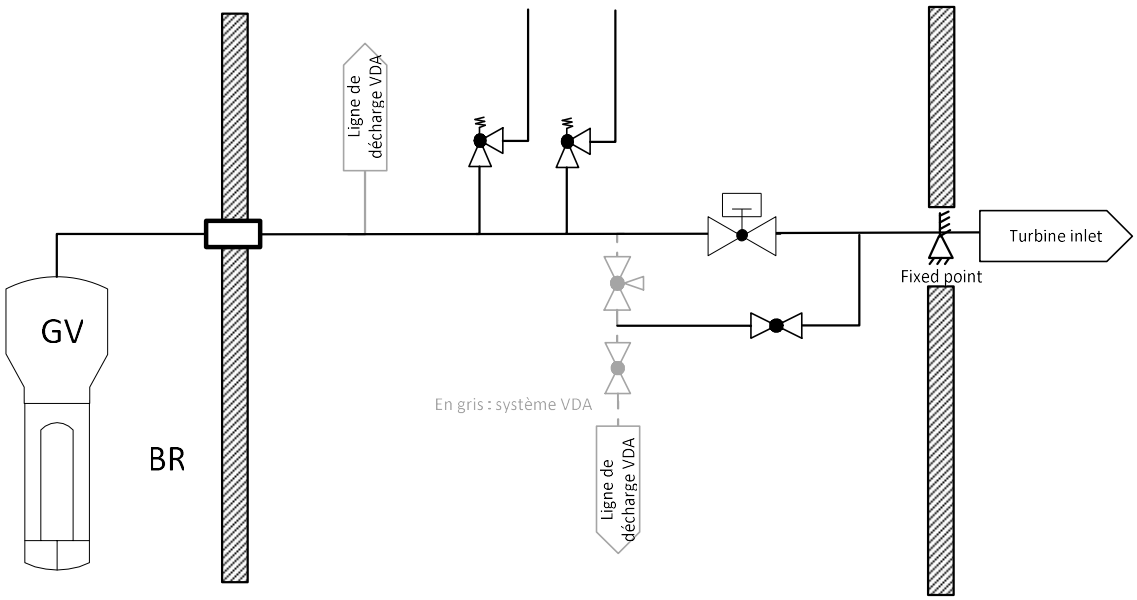



**FIGURE 68 : SCHEMA DE PRINCIPE D'UN TRAIN DU SYSTEME VVP**

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# 9.3. AUTRES CIRCUITS DE VAPEUR ET TRANSFORMATION D'ENERGIE

## 9.3.1. ROLE DES AUTRES CIRCUITS DE VAPEUR ET TRANSFORMATION D'ENERGIE

Les autres circuits de vapeur et transformation d'énergie, faisant partie de l'îlot conventionnel, ont pour rôle de participer avec le groupe turboalternateur à la transformation de l'énergie thermique contenue dans la vapeur, sortant des générateurs de vapeur, en énergie électrique. L'énergie thermique non transformée en énergie électrique est soit évacuée à la source froide, soit dissipée en chaleur.

## 9.3.2. PRINCIPES DE CONCEPTION

### 9.3.2.1. Conception générale des autres circuits de vapeur et transformation d'énergie

Le circuit eau-vapeur secondaire est un circuit fermé réacteur en puissance.

La vapeur sortant de la turbine est condensée par contact avec le faisceau tubulaire du condenseur parcouru par l'eau de circulation (CRF), assurant ainsi l'évacuation de l'énergie non transformée en énergie électrique.

L'eau condensée est pompée par le système d'extraction (CEX), pour ensuite être réchauffée en passant successivement au travers du poste d'eau Basse Pression (ABP), de la bâche dégazante (ADG) et du poste d'eau Haute Pression (AHP) pour finalement alimenter les générateurs de vapeur. Les motopompes alimentaires (APA) et les vannes réglantes d'alimentation en eau assurent l'alimentation en eau et la régulation du niveau d'eau des Générateurs de Vapeur (GV).

Les réchauffeurs BP et HP ainsi que la bâche ADG sont alimentés en vapeur par l'intermédiaire des soutirages de la turbine.

Le dégazage de l'eau alimentaire est assuré successivement par le condenseur puis par la bâche alimentaire dégazante ADG.

Les incondensables (air et éventuellement gaz radioactifs en cas de fuites primaire – secondaire) extraits du condenseur par le circuit de mise sous vide (CVI), sont dirigés vers le circuit de ventilation du Bâtiment Combustible (BK), en amont des filtres, avant rejet à la cheminée.

Le circuit de contournement de la turbine (GCT), permet d'assurer l'équilibre puissance primaire - puissance secondaire lors des variations rapides de charge du groupe, notamment en cas « d'îlotage », lorsque l'installation est séparée du réseau électrique. L'îlotage ne provoque pas l'arrêt automatique du réacteur ni le déclenchement du groupe turboalternateur ; il ne sollicite pas les soupapes de sûreté des générateurs de vapeur.

Les appareils soumis à la réglementation des équipements sous pression (voir chapitre 1.1 du volume 1) sont protégés vis-à-vis des surpressions par des soupapes de sûreté, lorsque cela est nécessaire.

Le circuit secondaire est implanté dans la salle des machines, à l'exception des lignes eau et vapeur reliant les GV à la salle des machines, du poste de vannage ARE (alimentation normale des GV), des vannes d'arrêt vapeur (VVP), des soupapes de sûreté (VVP) et des vannes de décharge à l'atmosphère.

### 9.3.2.2. Hypothèse de dimensionnement

L'ensemble est dimensionné pour une puissance thermique du cœur de 4850 MWth à laquelle il faut ajouter la puissance des motopompes primaires [ ] .

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## 9.3.3. DESCRIPTION GÉNÉRALE

L'ensemble circuits d'eau du secondaire est composé de :

- un condenseur (CEX), avec son circuit d'étanchéité (CET) et son circuit de mise et maintien sous vide (CVI) ;
- motopompes d'extraction (CEX) ;
- réchauffeurs basse pression (ABP), en manchette condenseur, suivis d'une file de réchauffeurs basse pression ;
- une bâche alimentaire dégazante (ADG) ;
- motopompes alimentaires (APA) ;
- réchauffeurs haute pression (AHP) ;
- un circuit de contournement turbine (GCT) ;
- un circuit de conditionnement chimique et thermique.

## 9.3.4. LIEN AVEC LA DEMONSTRATION DE SURETE NUCLEAIRE

**Action d'isolement vis-à-vis de l'arrêt automatique du réacteur**

L'AAR entraîne l'isolement de certains auxiliaires des circuits secondaires. Cette action contribue à la réduction de l'appel de puissance du secondaire et joue à ce titre un rôle vis-à-vis du risque de sur-refroidissement du cœur.

**Fuite Primaire/Secondaire**

La protection de l'environnement en cas de fuite primaire-secondaire est assurée par :

- le circuit de purge des générateurs de vapeur (APG) qui est conçu pour extraire les produits radioactifs. Après traitement de décontamination, les purges sont renvoyées au condenseur ou, en cas d'indisponibilité du condenseur, au système KER (contrôle et rejets des effluents de l'îlot nucléaire) ;
- le circuit de mise sous vide (CVI) qui est conçu pour extraire du condenseur les incondensables pollués par les gaz radioactifs, qui sont rejetés à l'atmosphère par la cheminée du bâtiment combustible après contrôle et comptabilisation ;
- la collecte des pertes du circuit (exhaures de la salle des machines) qui sont collectées par le système SEK (circuit de recueil, contrôle et rejet des exhaures de la salle des machines) et contrôlées avant rejet ;
- le maintien d'une pression dans le circuit d'eau de circulation (CRF) supérieure à la pression à l'intérieur du condenseur, ce qui évite toute fuite radioactive par cette voie.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## 9.4. SYSTEME D'EAU ALIMENTAIRE PRINCIPAL (ARE)

### 9.4.1. ROLE FONCTIONNEL

#### 9.4.1.1. Fonctions opérationnelles

Le système ARE contribue à l'évacuation de la puissance produite par le cœur du réacteur en assurant le contrôle du niveau d'eau dans les générateurs de vapeur.

#### 9.4.1.2. Fonctions de sûreté

En conditions de fonctionnement de référence DBC2-4 et avec défaillances multiples DEC-A et avec fusion du cœur DEC-B, ce système participe aux fonctions fondamentales de sûreté suivantes :

Maîtrise des réactions nucléaires en chaîne

En conditions de fonctionnement DBC et DEC-A, le système ARE assure un isolement suffisamment rapide des générateurs de vapeur en eau alimentaire pour éviter un refroidissement excessif du circuit primaire dû à une suralimentation des générateurs de vapeur.

Evacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives et des réactions nucléaires

En conditions de fonctionnement DBC de perte du débit du système ARE ou de brèche sur une tuyauterie d'eau alimentaire (RTE), le système ARE est isolé pour limiter la vidange des générateurs de vapeur.

Confinement des substances radioactives

Dans toutes les conditions de fonctionnement DBC2-4, DEC-A et DEC-B, pour lesquelles de l'activité est relâchée dans l'enceinte de confinement, les tronçons du système ARE situés à l'intérieur du bâtiment réacteur assurent le rôle de troisième barrière de confinement.

En cas de rupture de tube de générateur de vapeur (RTGV), le système ARE participe au confinement de l'eau primaire qui a fui au secondaire. Il participe aussi à la limitation des rejets d'eau contaminée vers l'environnement qui seraient causés par une suralimentation des générateurs de vapeur.

En cas de rupture de tuyauterie de vapeur (RTV) ou de rupture de tuyauterie d'eau alimentaire (RTE), l'isolement du système ARE limite les masses et énergies libérées dans le bâtiment réacteur.

#### 9.4.1.3. Agressions externes

En tant que système participant à la mitigation de conditions de fonctionnement DBC2-4 et DEC-A, une partie du système ARE (c'est-à-dire isolements) est conçue pour rester fonctionnelle en cas d'agression externe de référence (DBH).

De plus, selon les principes énoncés au chapitre 2.4 du volume 1, en tant que système requis pour prévenir la fusion du cœur dans un scénario de perte totale de la source froide principale de sûreté uniquement (c'est-à-dire sans MDTE), le système ARE est conçu en partie (isolement grand débit ARE) pour rester opérationnel en cas d'agression externe extrême naturelle.

### 9.4.2. DESCRIPTION GENERALE DU SYSTEME

Le système ARE dans l'îlot nucléaire est composé de quatre trains identiques et indépendants (voir Figure 69). Ces trains partent d'un barillet eau situé dans l'îlot

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

conventionnel, et chaque train est connecté à un générateur de vapeur.

Chaque train comprend un poste de régulation du débit situé dans le bâtiment des auxiliaires de sauvegarde. Chaque poste est constitué de trois lignes montées en parallèle : une ligne grand débit, une ligne petit débit et une ligne très petit débit. Chaque ligne est munie d'une vanne d'isolement et d'une vanne de contrôle. Cette vanne de contrôle participe également à la fonction d'isolement de la ligne considérée.

Ces lignes sont utilisées dans différentes conditions de fonctionnement de l'installation afin de régler le débit adéquat d'eau alimentaire vers le générateur de vapeur.

Ces lignes se rejoignent en une ligne injectant dans le générateur de vapeur. Cette ligne est munie d'une vanne d'isolement (dite vanne d'isolement principale) avant la traversée de l'enceinte. Dans l'enceinte, la ligne qui alimente le générateur de vapeur est munie d'un clapet de non-retour installé au plus près du générateur de vapeur.

Une optimisation du nombre de lignes ARE par Générateurs de Vapeur (GV) sera à l'étude dans le cadre du « basic design » EPR NM.

Le classement de sûreté de l'ARE est le suivant :

- la fonction de contrôle du niveau GV est non classée ;
- la fonction d'isolement des lignes Petit Débit et Grand Débit est de catégorie 1 ;
- la fonction d'isolement complet du poste ARE est de catégorie 1 ;
- la fonction d'isolement du GV en cas de brèche est de catégorie 1.

L'ARE fait partie du Circuit Secondaire Principal depuis le GV jusqu'au premier point fixe : cette portion de l'ARE est à ce titre redevable d'un niveau de qualité mécanique Q1 et d'un classement ESPN N1.

Réacteur en puissance

Lorsque le réacteur est en puissance, chaque poste de régulation est alimenté par de l'eau alimentaire fournie par les pompes alimentaires (APA) de l'îlot conventionnel.

Phases de démarrage et d'arrêt

Dans les phases de démarrage et d'arrêt, une alimentation en eau des générateurs de vapeur assurée par un apport en eau alimentaire dégazée via le système d'alimentation en eau de secours des GV (ASG) est à l'étude. Dès lors, l'alimentation en eau des générateurs de vapeur ne serait plus assurée via les lignages du système ARE en phases de démarrage et d'arrêt.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

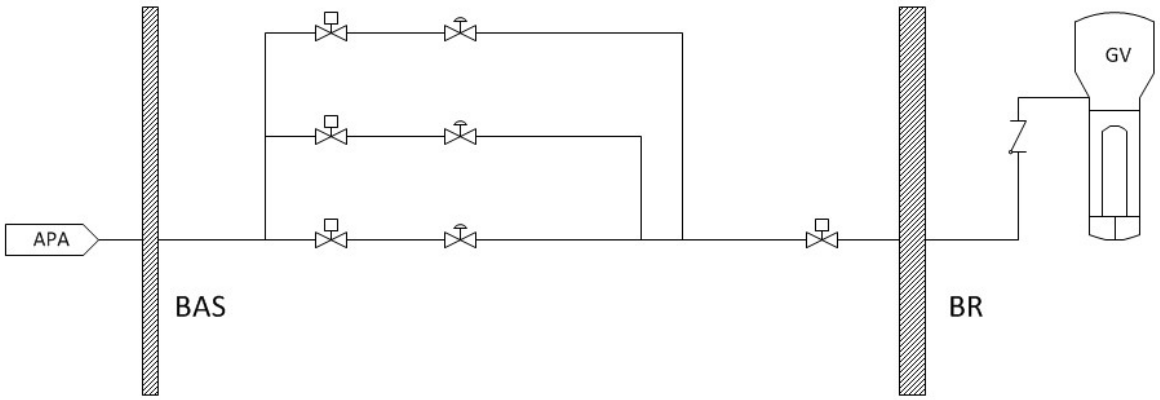



**FIGURE 69 : SCHEMA DE PRINCIPE D'UN TRAIN DU SYSTEME ARE**

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## 10. SYSTEMES DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS ET DECHETS RADIOACTIFS

## 10.1. ORIGINE DES EFFLUENTS RADIOACTIFS

Les produits radioactifs susceptibles d'être rejetés sont essentiellement issus du réfrigérant primaire. En fonctionnement normal, les effluents sont collectés, traités, contrôlés et, le cas échéant, rejetés ou évacués, dans le respect des exigences réglementaires.

Les produits radioactifs sont présents dans les effluents sous forme de produits de fission, qui sont créés dans le combustible ou de produits d'activation, qui se composent des produits issus du fluide primaire ou issus de la corrosion du circuit primaire.

Pour le dimensionnement des systèmes de traitement des effluents, il est nécessaire de connaître le niveau d'activité des matières radioactives dans le fluide primaire et les circuits connexes reliés, ainsi que les activités surfaciques déposées.

### 10.1.1. PRODUITS DE FISSION

Lors de la fission, les noyaux lourds des atomes d'uranium ou de plutonium se fragmentent en deux noyaux radioactifs de masses inégales, appelés fragments de fission. Les produits de fission représentent l'ensemble des fragments de fissions et leurs descendants.

Les radionucléides pris en compte sont les gaz rares ($^{85}$Kr, Xe), les strontiums (Sr), les iodes (I), et les césiums (Cs).

Normalement ces produits de fission sont confinés dans le gainage du combustible, mais en cas de défaut d'étanchéité ils peuvent s'échapper dans le circuit primaire et aboutir à terme dans les effluents.

### 10.1.2. PRODUITS D'ACTIVATION

Lorsqu'un élément non radioactif (au sein d'un matériau, d'un fluide liquide ou gazeux) est soumis à un flux neutronique, cet élément est activé, un ou plusieurs corps radioactifs sont ainsi créés (radionucléides). Ces radionucléides sont appelés « produits d'activation ».

#### 10.1.2.1. Produits d'activation issus du fluide primaire

Ces produits d'activation résultent à la fois de l'activation du fluide lui-même ou même de l'air du puits de cuve.

Ces principaux produits d'activation issus du fluide primaire sont l'azote ($^{16}$N), le tritium ($^{3}$H), le carbone ($^{14}$C), et l'argon ($^{41}$Ar).

#### 10.1.2.2. Produits d'activation issus de la corrosion du circuit primaire

Sous le flux neutronique, les alliages du circuit primaire sont également activés. Au contact du fluide primaire, les parois et structures du circuit se recouvrent d'une couche d'oxyde protectrice. Ce phénomène s'accompagne du relâchement d'une partie des diverses espèces métalliques oxydées dans le fluide primaire que l'on appelle « produits de corrosion ». Ces deniers peuvent également s'activer sous le flux neutronique à leur passage dans le cœur,

Ces produits d'activation issus de la corrosion du circuit primaire sont essentiellement les cobalts (Co), l'antimoine ($^{124}$Sb) et l'argent ($^{110m}$Ag).

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## 10.2. ROLE DES SYSTEMES DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS

En fonctionnement normal de l'installation, les effluents sont collectés, traités ou conditionnés, contrôlés et, le cas échéant, rejetés ou évacués (pour les déchets solides) dans le respect des dispositions réglementaires.

Le rôle des systèmes de traitement des effluents radioactifs consiste, en fonctionnement normal, à :

- collecter les effluents radioactifs et chimiques produits dans l'installation, qu'ils soient gazeux, liquides ou solides. Cette collecte est réalisée par les systèmes RPE (effluents liquides et gazeux), TEP (effluents liquides primaires), TEG (effluents gazeux), DWK (ventilation et confinement des zones contrôlées du bâtiment combustible (BK) et des Bâtiments des Auxiliaires de Sauvegarde (BAS)), TEU (effluents usés via RPE) et TES (déchets solides) ;
- traiter, si nécessaire, les effluents. Cette étape consiste soit à réduire le niveau de contamination et de pollution chimique en vue du rejet à l'extérieur du site dans les limites réglementaires (TEG et DWK pour les effluents gazeux, TEU pour les effluents liquides), soit à recycler ces effluents après traitement en vue de leur réutilisation ;
- conditionner les déchets solides à un volume optimisé en respectant les exigences de transport via le système TES (pour les déchets solides) ;
- rejeter ou évacuer, à l'extérieur du site, les effluents ou déchets solides après contrôle et comptabilisation des activités, substances chimiques et volumes rejetés dans le respect des dispositions réglementaires.

Le système RPE, réalisant la collecte des effluents liquides, est considéré comme un système auxiliaire et est décrit dans le chapitre 8.2 du présent volume.

Les autres systèmes de traitement des effluents sont décrits dans les paragraphes suivants, selon la phase de l'effluent : liquide, gazeux ou solide.

## 10.3. PRINCIPE DE LA SUPPRESSION DU BATIMENT DES AUXILIAIRES NUCLEAIRES (BAN)

Dans un objectif de simplification et d'amélioration de la sûreté par renforcement du confinement des substances radioactives en fonctionnement accidentel, la conception de l'EPR NM prévoit de supprimer le Bâtiment des Auxiliaires Nucléaires (BAN) et de délocaliser les fonctions portées par ce dernier dans le bâtiment combustible (bâtiment dédié à chaque unité de production) et le Bâtiment de Traitement des Effluents (BTE – bâtiment mutualisé entre deux unités de production).

Cette suppression du BAN est basée sur une logique de répartition des fonctions, favorable au confinement des matières radioactives :

- dans un bâtiment dédié à chaque unité de production, en l'occurrence le bâtiment combustible, robuste aux agressions externes de référence et aux agressions externes extrêmes naturelles, se retrouvent les fonctions qui participent à la maîtrise des réactions nucléaires en chaîne (c'est-à-dire la boration par le système de contrôle chimique et volumétrique (RCV) et le passage en arrêt à froid), les fonctions qui échangent fréquemment ou en permanence des fluides avec la chaudière et les fonctions de traitement des effluents gazeux ;
- dans un bâtiment mutualisé entre deux unités de production, en l'occurrence le BTE, bâtiment ayant les mêmes principes de protection vis-à-vis des agressions

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

que celui de l'EPR Flamanville, se retrouvent les fonctions de traitement des effluents liquides et solides, ainsi que les capacités de volumes disponibles pour une paire d'unités de production pour les transitoires d'exploitation (TEP, 9REA).

Par application de cette logique, tout ou partie des systèmes suivants présentant un inventaire radiologique important sont donc conservés et/ou relocalisés dans le bâtiment combustible :

- le stockage d'eau déminéralisée et dégazée REA ainsi que le stockage d'acide borique REA qui permettent, via un poste de pompage et de vannage, d'alimenter le système RCV ;
- la totalité du système RCV, et en particulier les filtres et matériels de purification (déminéraliseurs) ;
- le stockage de tête TEP ainsi que la purification et le dégazage des effluents primaires TEP, permettant ainsi que les effluents primaires soient ainsi largement décontaminés avant leur transfert au BTE ;
- les filtres PTR (système de traitement et refroidissement d'eau des piscines) et RPE et leur moyen de manutention ;
- les filtres à charbon actifs du TEG (lit à retard) ;
- les matériels de purification du circuit secondaire APG (filtres et déminéraliseurs) ;
- l'échantillonnage et le laboratoire REN.

Les fonctions de sûreté et les fonctions opérationnelles sont séparées physiquement dans le bâtiment combustible afin d'assurer la protection contre les agressions internes.

Les effluents liquides dégazés et purifiés, qui présentent un inventaire radiologique faible, sont transférés au BTE. Leurs fonctions de traitement sont mutualisées par paire d'unités de production dans le BTE. On retrouve donc en particulier dans le BTE :

- les postes REA de préparation de bore neuf et de dégazage de l'eau déminéralisée ainsi que des réservoirs de stockage d'eau et d'acide borique pour les besoins d'une paire d'unités de production ;
- le stockage intermédiaire TEP des effluents primaires purifiés et dégazés ainsi que le poste TEP de séparation de ces derniers en effluent concentré en bore d'une part et en eau très faiblement chargée d'autre part.

La Figure 70 présente un schéma fonctionnel simplifié du circuit de gestion des effluents liquides entre les bâtiments.

La Figure 71 présente le fonctionnement et transfert des effluents (liquides et solides) entre les bâtiments.

Malgré la mutualisation d'une partie des systèmes dans le BTE, chacune des unités de production dispose néanmoins dans le bâtiment combustible à minima des quantités de bore et d'eau (REA) et d'une capacité de stockage (TEP) permettant le repli en arrêt à froid sans support des systèmes du BTE. Les fonctions qui concourent à la sûreté (passage en arrêt à froid et contrôle de la réactivité) sont donc dédiées à chacune des unités de production.

Par ailleurs, la performance et l'exploitation d'une unité de production (exploitation à 100 % de puissance nominale, suivis de charge, arrêts planifiés et arrêts fortuits) ne dépendent pas de la performance et de l'exploitation de l'autre unité, exception faite des transitoires d'arrêts planifiés simultanés (Arrêt pour Simple Rechargement, Visite Partielle, Visite Décennale) et de redémarrages concomitants des deux unités.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

[ ]

**FIGURE 70 : SCHEMA FONCTIONNEL SIMPLIFIE DE LA GESTION DES EFFLUENTS LIQUIDES ENTRE LES BATIMENTS**

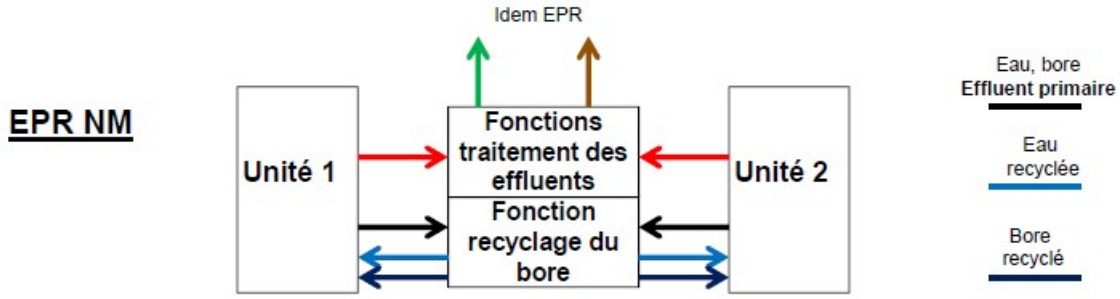



**FIGURE 71 : SCHEMA DE FONCTIONNEMENT ET TRANSFERT DES EFFLUENTS (LIQUIDES ET SOLIDES) ENTRE LES BATIMENTS**

## 10.4. SYSTEMES DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS LIQUIDES

La collecte, le traitement et le rejet des effluents liquides sont répartis entre les systèmes RPE (voir chapitre 8.2 du présent volume), TEP et les systèmes communs à une paire d'unités de production (RPE, TEU, TEK, TER et SEK).

Le système TEU (circuit de traitement des effluents usés) est situé dans le Bâtiment de Traitement des Effluents (BTE) et n'est pas détaillé à ce stade.

Les systèmes TEK (circuit de contrôle et rejet des effluents liquides), TER (circuit des réservoirs supplémentaires de santé) et SEK (circuit de recueil, contrôle et rejet des exhaures de la salle des machines) ne sont pas non plus détaillés à ce stade.

## 10.5. SYSTEME DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS GAZEUX (TEG)

Les systèmes de traitement des effluents gazeux sont répartis entre les systèmes de traitement des effluents gazeux primaires (RPE partie gaz et TEG) et le traitement des autres effluents gazeux qui est assuré par le système de ventilation DWK notamment.

Seul le TEG est présenté dans ce paragraphe, les systèmes de ventilation faisant l'objet d'un chapitre à part entière (voir chapitre 8.3 du présent volume).

Le système TEG comporte une partie collecte des gaz ainsi qu'une partie décroissance radioactive des effluents gazeux.

### 10.5.1. ROLE FONCTIONNEL

#### 10.5.1.1. Fonctions opérationnelles

En fonctionnement normal, des produits de fission gazeux sont générés dans le cœur parmi lesquels les xénons et les kryptons. Une partie de ces gaz est libérée dans le fluide primaire en cas de défaut de gainage. De plus, de l'hydrogène est ajouté dans le fluide primaire via le système RCV.

Comme ces gaz sont dissous dans le fluide primaire, ils sont présents dans d'autres systèmes connectés tels que le RCV, le TEP mais également le RPE.

Le système TEG traite les effluents gazeux hydrogénés qui proviennent :

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- du dégazage dans le bâtiment combustible des effluents primaires par le TEP ;
- des décharges des ciels gazeux des capacités contenant de l'eau primaire ou des effluents primaires :
  - réservoir de contrôle volumétrique RCV ;
  - réservoirs de tête du TEP ;
  - réservoir de décharge du pressuriseur ;
  - réservoir des effluents RPE ;
  - réservoir de récupération et de transfert des échantillons REN.

Les effluents gazeux aérés constitués par des évents de capacités sous atmosphère d'air et susceptibles d'être pollués par des gaz radioactifs sont collectés directement par le réseau de ventilation DWK (voir chapitre 8.3 du présent volume).

Le système TEG assure les fonctions suivantes :

- collecter les effluents gazeux résultant du dégazage du fluide primaire ;
- confiner les gaz radioactifs ;
- maîtriser le risque d'explosion dans le système et les systèmes connectés par la gestion des concentrations respectives en $H_2$ et en $O_2$ en dehors du domaine d'explosivité dans les gammes de pression considérées. La protection contre le risque d'explosion est avant tout basée sur la prévention, grâce à :
  - un balayage permanent en azote des capacités et une recombinaison permettant de maintenir la concentration en $H_2$ en dessous de 4 % ;
  - l'absence de stockage de mélange hydrogène – gaz au-dessus de la limite inférieure d'explosivité (LIE) ;

  La conception du système TEG permet ainsi d'éviter un ciel d'hydrogène dans les capacités balayées (et en particulier le ballon RCV) et, via le recombineur, de diminuer l'inventaire d'hydrogène gazeux.
- gérer l'excès de gaz produit dans les systèmes connectés lors des transitoires ;
- retenir les gaz rares radioactifs pendant la phase de décroissance pour rendre compatibles les rejets à l'atmosphère avec les autorisations de rejet ;
- contrôler l'activité de ces effluents avant rejet via la cheminée BK ;
- maintenir une gamme de pression constante ;
- compenser des volumes en cas de variation de niveau dans les réservoirs.

#### 10.5.1.2. Fonctions de sûreté

Le système TEG n'a pas de rôle en conditions de fonctionnement accidentel.

Cependant, le système TEG étant connecté à des systèmes localisés à l'intérieur de l'enceinte (réservoir de décharge du pressuriseur et réservoir des effluents primaires RPE) et devant transférer les effluents collectés hors de l'enceinte pour traitement, il participe à la fonction d'isolement de l'enceinte de confinement au niveau de ses traversées de l'enceinte. Chaque ligne TEG qui traverse l'enceinte est munie de deux organes d'isolement.

### 10.5.2. DESCRIPTION DU SYSTÈME TEG

Le système TEG de l'EPR NM sera décrit ultérieurement.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## 10.6. SYSTEME DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS SOLIDES (TES)

Le traitement des effluents solides est réparti entre le système TES localisé dans le bâtiment combustible et le système TES commun pour une paire d'unités de production, localisé dans le BTE. Seules les parties TES du bâtiment combustible sont décrites dans ce paragraphe.

### 10.6.1. ROLE FONCTIONNEL

#### 10.6.1.1. Fonctions opérationnelles

Le système TES, installé dans le bâtiment combustible, a pour rôle de collecter les déchets solides issus de l'exploitation (hors combustible).

Il assure la collecte sélective des effluents solides radioactifs produits (filtres d'eau, résines échangeuses d'ions, boues et déchets technologiques) et leur transfert vers le système TES commun du BTE qui assure leur conditionnement avant leur évacuation.

Le système TES assure en particulier la mise en coque des filtres et le transfert des résines depuis le bâtiment combustible jusqu'au BTE où est effectué le blocage des coques (bétonnage).

Le système TES assure également la gestion des déchets technologiques (tri et contrôle) en amont des moyens de conditionnement du TES du BTE. Les déchets technologiques sont triés en fonction de trois critères :

- le débit de dose au contact ;
- la nature du déchet (vinyls, papiers, ferrailles, etc.) ;
- le caractère compactable ou non du déchet.

Le système TES permet le contrôle de la conformité des sacs de déchets technologiques avant leur transfert au système TES du BTE pour conditionnement.

#### 10.6.1.2. Fonctions de sûreté

Le système TES n'a pas de rôle dans les conditions accidentelles.

### 10.6.2. DESCRIPTION GENERALE DU SYSTÈME

#### 10.6.2.1. Remplacement et transfert des cartouches filtrantes

La manutention des cartouches filtrantes usées du bâtiment combustible vers le BTE s'effectue par un château de plomb (reconduction de la disposition mise en place sur le parc EDF en exploitation).

Le blocage des coques est réalisé après leur transfert dans le BTE.

#### 10.6.2.2. Collecte et transfert des résines usées

Les résines actives usées RCV, TEP, PTR sont transférées via le collecteur TES vers l'un des réservoirs de stockage de résines du TES installés dans le BTE.

Les résines APG (circuit de purge des générateurs de vapeur) usées peu actives sont transférées dans un réservoir de séparation résines/eau. Si les résines APG sont actives, elles sont transférées vers le système TES du BTE via le collecteur TES.

Le transfert des résines vers le BTE est assuré par le système SED par chasse hydraulique.

#### 10.6.2.3. Transfert des déchets technologiques du bâtiment combustible au BTE

Les déchets technologiques produits sont triés sur leur lieu de production par le chargé de

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

travaux du chantier en fonction des critères des filières d'évacuation (débit de dose, nature et taille). Ils sont mis en sacs vinyles et transportés en benne confinante du lieu de production vers un local de regroupement et de contrôle de conformité dans le bâtiment combustible.

Après ce contrôle, les déchets peuvent finalement être transférés au système TES par des bennes roulantes dans le BTE pour traitement (broyage et compactage notamment) et conditionnement (fût métallique ou PEHD — polyéthylène haute densité — notamment).

#### 10.6.2.4. Collecte et transfert des boues radioactives

Les boues actives proviennent essentiellement du nettoyage des puisards ou des fonds de réservoirs du système RPE. Leur collecte reste variable en fonction du lieu de production, et du niveau d'activité. Selon leur activité ces boues sont récupérées en big bag, en un fût métallique, ou en coque béton.

## 10.7. SYSTEME DE REFRIGERATION DU BATIMENT DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS (TRI)

Les équipements à refroidir dans le BTE sont les condenseurs et les échangeurs des systèmes TEP et TEU, ainsi que les groupes froids du système DEQ (production d'eau glacée du BTE). Un circuit de refroidissement dédié au BTE a été retenu (TRI), permettant ainsi de ne pas connecter au BTE les systèmes de réfrigération intermédiaire RRI des unités de production, et occasionnant ainsi un certain nombre de gains (diminution de la puissance du RRI, suppression de tuyauteries classées entre îlot nucléaire et le BTE, suppression de pompes et réservoirs de reprise dans le BTE).

Le système TRI est constitué de pompes et de tuyauteries assurant la circulation du fluide à refroidir entre les échangeurs et la source froide. Ce fluide n'est pas actif car, dans les échangeurs TEP et TEU, il n'est pas en contact avec les fluides actifs. La source froide est un aéroréfrigérant de type « sec-arrosé » installé sur le toit du BTE. Le fluide à refroidir reste confiné à l'intérieur du circuit et l'échange de chaleur se fait au niveau des tubes de l'aéroréfrigérant, par circulation forcée d'air à l'extérieur des tubes.

L'option « sec-arrosé » est privilégiée à ce stade du projet car elle permet, avec un encombrement réduit, d'améliorer l'échange de chaleur par arrosage des tubes avec de l'eau décarbonatée.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# 11. PRESENTATION DES SYSTEMES SELON LE NIVEAU DE DEFENSE EN PROFONDEUR

## 11.1. INTRODUCTION

La présentation des principaux systèmes élémentaires de l'EPR NM selon les niveaux de défense en profondeur dans lesquels ils interviennent est formalisée sous la forme de tableaux pour les systèmes frontaux (Tableau 34) et systèmes supports (Tableau 35). Ces tableaux font apparaître, pour chaque fonction fondamentale de sûreté, les principaux systèmes utilisés à chaque niveau de défense en profondeur.

Ces tableaux constituent une représentation synthétique et schématique. Ils n'ont pas vocation à rendre compte de façon exhaustive de la liste des systèmes crédités dans chaque niveau de défense en profondeur.

Chaque tableau se décompose en 5 colonnes :

- la première colonne est divisée en deux parties afin de préciser pour chaque fonction fondamentale de sûreté (la maîtrise des réactions nucléaires en chaîne, l'évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives et des réactions nucléaires, et le confinement des substances radioactives) les sous-fonctions concernées ;
- la deuxième colonne présente les niveaux de défense en profondeur 1 et 2 (correspondant au fonctionnement normal et transitoires d'exploitation normale DBC1) ;
- la troisième colonne présente le niveau de défense en profondeur 3a (correspondant aux conditions de fonctionnement de référence DBC2-4) ;
- la quatrième colonne présente le niveau de défense en profondeur 3b (correspondant aux conditions de fonctionnement avec défaillances multiples DEC-A) ;
- la cinquième colonne présente le niveau de défense en profondeur 4 (correspondant aux conditions de fonctionnement avec fusion du cœur DEC-B).

Pour le niveau 3a, chaque tableau présente le système principal de sauvegarde crédité dans les conditions de fonctionnement DBC2-4 pour une sous-fonction donnée.

Pour le niveau 3b, chaque tableau présente le système principal crédité en cas de défaillance par cause commune du système valorisé dans le niveau de défense 3a. Le système crédité au niveau 3b fait l'objet d'une exigence de diversification vis-à-vis du système crédité au niveau 3a. Il convient de noter que d'autres systèmes peuvent être valorisés dans ce niveau de défense 3b, dès lors qu'ils ne sont pas impactés par la défaillance de cause commune : ceci n'est pas renseigné dans les tableaux pour plus de lisibilité.

Pour le niveau 4, chaque tableau présente les principaux moyens crédités pour gérer les accidents avec fusion du cœur.

On rappelle que l'indépendance entre niveaux de défense en profondeur doit être appréciée événement par événement (voir paragraphe 1.3.2 du volume 1).

Enfin, on rappelle également pour certaines sous-fonctions les états standards dans lesquels elles interviennent (états A, B, C, D, E et F tels que définis volume 3).

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

## 11.2. ANALYSE DES TABLEAUX

Dans ce paragraphe, les cas pour lesquels un système apparaît dans deux niveaux de défense en profondeur différents (c'est-à-dire dans deux colonnes différentes des tableaux) sont détaillés et justifiés. Les options actuellement à l'étude sont également détaillées.

### 11.2.1. CAS DES EQUIPEMENTS UTILISES AUX NIVEAUX 1/2 ET AU NIVEAU 3A

#### 11.2.1.1. RIS en mode RA

Les trois trains du système d'injection de sécurité RIS en mode RA sont utilisés en fonctionnement normal dans les états C, D et E.

La défaillance d'un train RIS-RA en états C/D/E est donc prise en compte comme initiateur dans la liste des conditions de fonctionnement DBC2-4.

En cas de défaillance d'un train, avec cumul de la défaillance unique, un train RIS en mode RA reste disponible et est suffisant pour assurer la sous-fonction « Extraire la puissance du primaire » [ ] .

Les Etudes Probabilistes de Sûreté (EPS) confirmeront l'acceptabilité de la mutualisation du RIS en mode RA en fonctionnement normal et en conditions de fonctionnement DBC2-4 de manière similaire aux autres modèles EPR.

#### 11.2.1.2. ASG

Pour les états A avec une puissance inférieure à 2-3 % et en état B, l'exploitant se réserve la possibilité d'utiliser l'ASG (système d'alimentation en eau de secours des générateurs de vapeur) en fonctionnement normal. La défaillance d'un train ASG est donc prise en compte comme initiateur dans la liste des conditions de fonctionnement DBC2-4.

La défaillance d'un train ASG avec cumul de la défaillance unique, est gérée par au moins un train ASG qui est suffisant pour l'atteinte de l'état sûr.

Les EPS confirmeront l'acceptabilité de la mutualisation de l'ASG en fonctionnement normal et en condition de fonctionnement DBC2-4 et contribueront à déterminer la durée annuelle d'utilisation de l'ASG en fonctionnement normal.

En état A avec une puissance supérieure à 2-3 %, l'ASG n'est pas utilisé en fonctionnement normal et est dédié à la mitigation des conditions de fonctionnement DBC2-4.

#### 11.2.1.3. VDA

Comme pour l'ASG, pour les états A avec une puissance inférieure à 2-3 % et en état B, l'exploitant se réserve la possibilité d'utiliser une des deux lignes VDA (circuit de décharge à l'atmosphère) de chaque GV en fonctionnement normal. La défaillance d'une ligne VDA est donc prise en compte comme initiateur dans la liste des conditions de fonctionnement DBC2-4.

La défaillance de cette ligne avec cumul de la défaillance unique peut être gérée par l'autre ligne du même Générateur de Vapeur (GV) ou par les autres GV.

Les EPS confirmeront l'acceptabilité de la mutualisation du VDA en fonctionnement normal et en conditions de fonctionnement DBC2-4.

En état A avec une puissance supérieure à 2-3 %, le VDA n'est pas utilisé en fonctionnement normal et est dédié à la mitigation des conditions de fonctionnement DBC2-4.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

### 11.2.1.4. RGL et grappes

Le RGL (commandes des grappes) et les grappes sont utilisés en fonctionnement normal et en fonctionnement accidentel. Les ordres reçus par le RGL sont élaborés dans le système de limitation, de surveillance et de contrôle du réacteur (RCSL) en fonctionnement normal et par le PS (système de protection) en fonctionnement accidentel.

Le mécanisme de commande des grappes (commandé par le RCSL), commande l'insertion et l'extraction pas à pas des grappes et est utilisé en fonctionnement normal. Les interrupteurs d'arrêt automatique du réacteur (AAR) (commandés par le PS), permettent de couper l'alimentation des bobines qui retiennent les cliquets en position dans les barres de contrôle. Ce disjoncteur permet donc la chute totale des grappes, et est utilisé en fonctionnement accidentel.

La défaillance d'une grappe ou d'un groupe de grappes est prise en compte comme initiateur dans la liste des conditions de fonctionnement DBC2-4.

### 11.2.1.5. PTR

Les trains 1 et 2 du système PTR sont utilisés en fonctionnement normal. Le train 3 est utilisé en fonctionnement normal uniquement en cas de maintenance sur les trains PTR 1 et 2 ou leurs systèmes supports.

La défaillance d'un train PTR (système de traitement et refroidissement d'eau des piscines) est donc prise en compte comme initiateur dans la liste des conditions de fonctionnement DBC2-4.

En cas de défaillance d'un train, avec cumul de la défaillance unique, il reste un train PTR disponible. Un train est suffisant pour assurer la sous-fonction « Refroidir la piscine BK ».

Les EPS confirmeront l'acceptabilité de la mutualisation du PTR en fonctionnement normal et en conditions de fonctionnement DBC2-4 de manière similaire aux autres modèles EPR.

### 11.2.1.6. Ventilations

Conditionnement

Les trois trains du système des locaux électriques (DVL) centralisé sont utilisés en fonctionnement normal pour le conditionnement de la zone non contrôlée des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde, mais également en conditions de fonctionnement DBC2-4. Chaque train DVLi (i = 1, 2, 3) est constitué de deux files :

- DVLi-X utilisée en fonctionnement normal (refroidie par le système de production d'eau glacée normale DER) et qui peut également être utilisée en conditions de fonctionnement DBC2-4 (refroidie par le système de production d'eau glacée secourue DEL) ;
- DVLi-Y utilisée en fonctionnement normal (refroidie par DEL) seulement lors d'opérations de maintenance sur la file DVLi-X et qui peut également être utilisée en conditions de fonctionnement DBC2-4 (refroidie par DEL) en cas de défaillance de la file DVLi-X.

La défaillance d'une file DVL en fonctionnement normal n'entraîne pas immédiatement la défaillance des systèmes supportés. De plus, la file DVLi-Y est disponible pour pallier la défaillance de la file principale DVLi-X et cela dans chacune des trois divisions.

Des unités de conditionnement locales DVL sont prévues en plus du conditionnement DVL centralisé en fonctionnement normal, mais également en conditions de fonctionnement DBC2-4 pour certains locaux à forte puissance thermique.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

La défaillance en fonctionnement normal d'une unité de conditionnement locale n'entraîne pas immédiatement la défaillance du système supporté. De plus, la défaillance de l'unité de conditionnement locale est prise en compte, si besoin, à travers la considération d'une défaillance affectant le système de sauvegarde lui-même, et est donc analysée en tant que condition de fonctionnement DBC le cas échéant. Ce raisonnement est aussi applicable aux unités de conditionnement locales DWL, DWK (ventilation de la zone contrôlée, du bâtiment combustible).

Les besoins de conditionnement dédiés (unités de conditionnement locales) sont actuellement définis de manière préliminaire et seront confirmés en cours de « basic design », sur la base de calculs thermiques des locaux.

Les trains 1 et 2 du système de conditionnement de la salle de commande principale et des locaux électrique (DCL) sont redondants et utilisés en fonctionnement normal pour le conditionnement de la salle de commande principale. La défaillance en fonctionnement normal d'un train DCL n'entraîne pas immédiatement la défaillance des systèmes supportés. De plus, un train supplémentaire (le train 3) est disponible pour pallier une défaillance du DCL1 ou 2 et dédié au fonctionnement accidentel.

Les EPS confirmeront l'acceptabilité de la mutualisation du DVL, du DWL et du DCL en fonctionnement normal et en conditions de fonctionnement DBC2-4 vis-à-vis de leur fonction de conditionnement.

Confinement dynamique

Les trains 1-2-3 du DWL sont utilisés en fonctionnement normal pour assurer le confinement dynamique de la zone contrôlée des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde. De la même manière que pour la fonction de conditionnement, le soufflage est apporté par le DVL et l'extraction est réalisée par DWK.

Une défaillance de ce confinement en fonctionnement normal ne mène pas à une condition de fonctionnement DBC. De plus, plusieurs files DVL (resp. DWK) sont disponibles pour pallier la défaillance de l'une d'entre elles.

En fonctionnement accidentel, le confinement dynamique de la zone contrôlée des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde, bâtiment combustible et bâtiment réacteur est assuré par les files DWL4-X/Y qui sont quant à elles dédiées au fonctionnement accidentel.

### 11.2.1.7. Chaîne de refroidissement

Les trains 1 et 2 des systèmes RRI/SEC sont utilisés en fonctionnement normal dans tous les états standards. Dans les états C à E, les trains 3 des systèmes RRI/SEC sont également utilisés en fonctionnement normal (en cohérence avec l'utilisation du RIS en mode RA).

La défaillance en fonctionnement normal d'un train RRI/SEC est prise en compte à la conception de ces systèmes par l'introduction de redondances au sein de chaque train, en plus de la redondance des trois trains entre eux :

- les pompes RRI et SEC de chacun des trois trains sont doublées, chacune permettant d'assurer le débit requis pour une file RRI/SEC, l'autre étant en normal/secours de la pompe en fonctionnement ;
- les échangeurs RRI/SEC sont doublés sur chacun des trains 1 et 2, chaque échangeur permettant seul l'évacuation de la puissance résiduelle en conduite incidentelle/accidentelle.

Ainsi, l'introduction de deux pompes par train combinée à l'existence de trois trains RRI/SEC indépendants, garantit qu'un train au moins est toujours disponible en conditions de fonctionnement DBC2-4 pour rejoindre l'état sûr.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

Les EPS confirmeront l'acceptabilité de la mutualisation du RRI/SEC en fonctionnement normal et en conditions de fonctionnement DBC2-4 de manière similaire aux autres modèles EPR.

### 11.2.2. CAS DES EQUIPEMENTS UTILISES AU NIVEAU 3A ET AU NIVEAU 3B

De façon générale, les Tableau 34 et Tableau 35 montrent que les systèmes crédités au niveau 3b sont différents des systèmes crédités au niveau 3a. Ces systèmes font l'objet d'une exigence de diversification par rapport aux systèmes crédités au niveau 3a et dont ils permettent de gérer la défaillance de cause commune.

On rappelle qu'un système élémentaire peut ne pas être affecté à un seul niveau de défense en profondeur et que la diversification entre les niveaux 3a et 3b doit être appréciée événement par événement. Par exemple, l'ISMP (Injection de Sécurité Moyenne Pression) créditée au niveau 3a pour assurer la sous-fonction « Injecter de l'eau dans le circuit primaire » est également créditée au niveau 3b comme diversification de l'ISBP (Injection de Sécurité Basse Pression). Ainsi, lorsque la défaillance de cause commune affecte l'ISMP, c'est l'ISBP couplée aux accumulateurs RIS qui est valorisée. Inversement, lorsque la défaillance de cause commune affecte l'ISBP, c'est l'ISMP qui est valorisée.

Concernant les systèmes PTR, DVL, DCL, DEL, RRI/SEC, le train 3 étant diversifié, même s'il est utilisé dans le niveau 3a, il peut être crédité au niveau 3b, en cas de défaillance de cause commune sur les trains 1 et 2.

### 11.2.3. CAS DES EQUIPEMENTS UTILISES AU NIVEAU 4

Ce paragraphe a pour objectif de justifier, à ce stade de la conception de l'EPR NM, la suffisance de l'indépendance des Structures, Systèmes et Composants (SSCs) participant au niveau 4 de la défense en profondeur, c'est-à-dire à la maîtrise des conditions de fonctionnement avec fusion du cœur DEC-B, vis-à-vis des systèmes requis pour la prévention de la fusion du cœur (niveaux de défense en profondeur 1, 2 ou 3).

L'analyse n'a pas vocation à être exhaustive. Elle se place à un niveau cohérent avec le niveau d'avancement de la conception.

Les paragraphes ci-dessous présentent l'architecture des principaux systèmes requis pour la maîtrise des conditions de fonctionnement DEC-B et les éléments permettant de justifier la suffisance de leur indépendance.

Les principaux systèmes et structures requis pour la maîtrise des conditions de fonctionnement DEC-B sont les suivants :

- le système EVU ;
- les systèmes supports : la ventilation (conditionnement des locaux), les alimentations électriques et le contrôle commande, la chaîne de refroidissement ;
- le système de récupération et de stabilisation du corium (RSC), les recombineurs d'hydrogène, les vannes de dépressurisation du circuit primaire ;
- les bâtiments et les moyens de confinement associés.

Les Tableau 36 et Tableau 37 présentent l'ensemble de ces systèmes et structures en précisant s'ils sont dédiés aux conditions de fonctionnement DEC-B ou bien s'ils sont mutualisés entre plusieurs niveaux de défense en profondeur avec le critère justifiant l'acceptabilité de cette mutualisation (ces critères sont présentés dans le chapitre 2.1 du volume 1).

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

A noter : vis-à-vis du combustible entreposé en piscine de stockage du combustible usé, la démarche retenue consiste à éliminer pratiquement le risque de fusion du combustible, ainsi aucune disposition de maîtrise d'un accident avec fusion de combustible en piscine combustible (niveau 4 de la défense en profondeur) n'est mise en œuvre.

### 11.2.3.1. Systèmes EVU et SRU

#### 11.2.3.1.1. Description de l'EVU et du SRU

Le système EVU protège l'enceinte de confinement et le radier en cas d'accident avec fusion du cœur en assurant le transfert de la chaleur de l'atmosphère de l'enceinte vers l'IRWST puis vers la source froide diversifiée (via la chaîne de refroidissement EVUi/SRU), afin de maintenir la pression et la température de l'enceinte à des valeurs compatibles avec le maintien de son étanchéité et les profils de qualification des matériels dans le bâtiment réacteur.

Le système EVU est constitué de deux files principales de refroidissement de l'enceinte (EVU) et d'une chaîne de refroidissement intermédiaire (EVUi), elle-même refroidie par le système SRU connecté à une source froide dédiée et diversifiée de la source froide principale de sûreté. [ ] Le système SRU achemine l'eau de la source froide diversifiée (aéroréfrigérant) à la zone DEC-B au travers d'une galerie. Au-delà de sa chaîne de refroidissement, les systèmes supports de l'EVU sont également dédiés aux conditions de fonctionnement DEC-B (alimentations électriques, contrôle commande, ventilations, voir Figure 35 et Figure 48).

Ces systèmes sont décrits plus en détail dans les paragraphes 4.3 et 8.1 du présent volume.

#### 11.2.3.1.2. Indépendance

Sur EPR NM, l'EVU et le SRU ne sont utilisés qu'en conditions de fonctionnement DEC-B et seuls ces systèmes sont crédités pour l'évacuation de la chaleur résiduelle hors de l'enceinte en conditions de fonctionnement DEC-B, aux exceptions près citées plus bas. Ils n'utilisent que des systèmes supports dédiés aux conditions de fonctionnement DEC-B. Toutefois, un secours de la chaîne de refroidissement intermédiaire EVUi/SRU par RRI/SEC3 dans le long terme en cas d'indisponibilité de la pompe EVUi ou de la pompe SRU est à l'étude.

[ ] Les dispositions de protection et de séparation seront prises pour empêcher l'agression des composants du SRU par les composants du SEC3, notamment vis-à-vis de l'incendie.

Certains SSCs supports à l'EVU sont utilisés dans d'autres niveaux de défense en profondeur :

- l'IRWST. Cependant les filtres amont de l'EVU sont dédiés et distincts des filtres nécessaires au fonctionnement du système RIS et de ceux du système d'aspersion enceinte (EAS) ;
- le bâtiment de l'aéroréfrigérant et sa réserve d'eau constitutifs de la source froide diversifiée, mais le circuit (tuyauteries et packings) et les actionneurs (pompe SRU, ventilateurs de convection forcée) sont dédiés ;
- la galerie reliant le bâtiment de l'aéroréfrigérant et le bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3 ;
- les rampes d'aspersion dans le bâtiment réacteur sont partagées avec l'EAS.

Ces matériels partagés avec d'autres niveaux de défense en profondeur respectent les principes énoncés dans le chapitre 2.1 du volume 1 : ce sont des matériels passifs statiques (structures, tuyauteries des rampes d'aspersion), donc suffisamment fiables et robustes.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

En conclusion, l'EVU et le SRU, assurant exclusivement des fonctions dédiées à la maîtrise des conditions de fonctionnement DEC-B sont suffisamment indépendants des systèmes assurant la prévention de la fusion du cœur.

### 11.2.3.2. Système de Récupération et de Stabilisation du Corium (RSC)

#### 11.2.3.2.1. Description

En situation d'accident avec fusion du cœur conduisant à une rupture de la cuve, le corium est récupéré, refroidi et stabilisé par un système de récupération et de stabilisation (RSC). Le RSC est composé d'une trappe fusible au fond du puits de cuve et d'un récupérateur de corium, aussi nommé chambre d'étalement, ainsi que d'un canal de transfert assurant la connexion entre le puits de cuve et la chambre d'étalement située dans un compartiment dédié en périphérie du puits de cuve.

La trappe fusible située en fond de puits de cuve et fermée en fonctionnement normal s'ouvre sous l'action du corium uniquement en cas d'accident avec fusion du cœur, et permet ainsi à celui-ci de se déverser dans le canal de transfert.

Dans le récupérateur, le corium étalé est stabilisé sous l'effet d'un refroidissement passif. La structure du récupérateur de corium intègre un circuit de refroidissement activé de façon passive à l'arrivée du corium dans la chambre d'étalement et alimenté de façon gravitaire par l'eau de l'IRWST via les filtres du système EVU.

Le RSC est intégralement situé dans le bâtiment réacteur. Une description précise de ce système est donnée au chapitre 4.2 du présent volume.

#### 11.2.3.2.2. Indépendance

Le RSC de l'EPR NM est similaire à celui de l'EPR Flamanville dans son principe. Ce système n'est utilisé qu'en conditions de fonctionnement DEC-B. Il est indépendant des autres niveaux de défense :

- les filtres amont sont partagés avec le système EVU, mais leur utilisation est réservée exclusivement à la maîtrise des conditions de fonctionnement DEC-B ;
- le circuit de tuyauteries et les vannes du RSC sont dédiés à la maîtrise des conditions de fonctionnement DEC-B.

En conclusion, le système RSC est totalement indépendant des systèmes utilisés pour la prévention de la fusion du cœur.

### 11.2.3.3. Recombineurs d'hydrogène

Les recombineurs autocatalytiques passifs sont installés dans le bâtiment réacteur pour réduire la teneur en hydrogène de l'atmosphère de l'enceinte en conditions de fonctionnement DEC-B. Les recombineurs participent aussi à la gestion du risque hydrogène en phase d'APRP long terme.

Ces équipements sont avant tout dédiés aux conditions de fonctionnement DEC-B et participent également à l' « élimination pratique » des détonations hydrogène. Les recombineurs étant passifs, ils ne nécessitent aucun système support et leur fonctionnement éventuel dans des conditions précédant l'accident avec fusion du cœur (exemple : Accident de Perte de Réfrigérant Primaire (APRP)) n'est pas de nature à les rendre défaillants.

En conclusion, l'indépendance des recombineurs d'hydrogène est suffisante vis-à-vis des systèmes requis pour la prévention de la fusion du cœur.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

### 11.2.3.4. Vannes de décharge du circuit primaire

#### 11.2.3.4.1. Description

Le sous-système de décharge du pressuriseur est composé de deux jeux de deux vannes en parallèle qui :

- assurent la décharge primaire en cas de fonctionnement en « gavé ouvert » pour certaines conditions de fonctionnement DEC-A ;
- assurent une dépressurisation du circuit primaire dans les situations d'accidents avec fusion du cœur conduisant ainsi à éliminer pratiquement les séquences de fusion du cœur à haute pression qui conduiraient à des rejets importants et précoces.

Ce sous-système décharge l'eau et la vapeur du pressuriseur dans une ligne unique qui se termine dans une rampe de décharge noyée dans de l'eau froide contenue dans le réservoir de décharge du pressuriseur (RDP). Ce réservoir est maintenu sous azote et est protégé contre les surpressions par deux disques de rupture installés en partie haute.

En cas de rupture d'un disque, la vapeur, l'hydrogène (en cas de fusion du cœur) et l'azote contenus dans le RDP sont évacués vers l'enceinte.

#### 11.2.3.4.2. Indépendance

Les deux jeux de deux vannes de décharge sont requis en conditions de fonctionnement DEC-A (perte totale de l'alimentation en eau des GV) afin de dépressuriser le circuit primaire avec présence d'un inventaire en eau suffisant pour éviter la fusion du cœur (objectif de sûreté en conditions de fonctionnement DEC-A).

En conditions de fonctionnement DEC-A, l'ouverture d'un seul jeu de deux vannes 30 minutes après l'initiateur (perte totale de l'alimentation en eau des GV) permettrait de garantir les critères techniques d'acceptation, mais imposerait de changer les critères « conduite » afin d'anticiper un passage en gavé-ouvert. Ainsi, afin d'allonger le délai de grâce opérateur et donc d'augmenter la robustesse de l'action de gavé-ouvert, une capacité de décharge supérieure à celle d'un seul jeu de deux vannes est nécessaire. C'est pourquoi il a été choisi de valoriser les deux jeux de deux vannes de décharge dans la démonstration de sûreté déterministe des conditions de fonctionnement DEC-A.

La solution consistant à augmenter le débit d'un seul jeu de deux vannes présenterait de nombreux désavantages par ailleurs (nouveau produit - lourd et volumineux - à développer et qualifier, délai d'ouverture plus long…).

Vis-à-vis de l'approche probabiliste, l'objectif des études réalistes support aux EPS de niveau 1 sera de démontrer une bonne fiabilité de la ligne de défense gavé-ouvert. Le facteur prédominant dans la fiabilité du gavé-ouvert étant la fiabilité humaine (intrinsèquement liée à la durée dont dispose l'opérateur pour réaliser l'action) loin devant la fiabilité matérielle, les études support aux EPS vérifieront l'existence d'un délai de grâce raisonnable. Par ailleurs, la suffisance d'un seul jeu de deux vannes (fiabilité matérielle) pour éviter la fusion du cœur devrait être démontrée par ces études support.

Enfin une attention particulière sera portée pendant le « basic design » à l'architecture électrique et de contrôle-commande des vannes de décharge afin de garantir la disponibilité d'au moins un jeu de deux vannes dans l'ensemble des conditions de fonctionnement DEC-B.

En cas de défaillance d'un des deux jeux de vannes à l'ouverture suite à une utilisation préalable en condition de fonctionnement DEC-A, l'autre jeu de vannes ayant fonctionné suffit pour dépressuriser suffisamment le primaire et éviter un accident de fusion du cœur sous pression. Il n'y a donc pas d'accroissement du risque de fusion à haute pression.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

En conclusion, la mutualisation du sous-système de décharge du pressuriseur entre les conditions de fonctionnement DEC-A et DEC-B est acceptable.

#### 11.2.3.5. Bâtiments

Ce paragraphe apporte une vue d'ensemble sur la localisation des moyens de maîtrise des conditions de fonctionnement DEC-B.

[ ]

[ ]

**FIGURE 72 : VUE GENERALE DU BAS 3 AVEC LES ZONES DEC-B ET DBC/DEC-A**

[ ]

**FIGURE 73 : VUE DU BAS 3 NIVEAU -9.60M**

[ ]

**FIGURE 74 : VUE DU BAS 3 NIVEAU -5.00M**

[ ]

**FIGURE 75 : VUE DU BAS 3 NIVEAU +0.00M**

[ ]

**FIGURE 76 : VUE DU BAS 3 NIVEAU +4.70M**

[ ]

**FIGURE 77 : VUE DU BAS 3 NIVEAU +8.10M**

[ ]

**FIGURE 78 : VUE DU BAS 3 NIVEAU +12.30M**

Le principe de localisation des matériels dédiés à la maîtrise des conditions de fonctionnement DEC-B dans une zone spécifique apporte un bon niveau de séparation de ces derniers vis-à-vis des matériels utilisés en conditions de fonctionnement DBC et DEC-A.

Cette zone spécifique est constituée de la zone DEC-B du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3 décrite ci-dessus et aussi d'une partie du bâtiment de l'aéroréfrigérant qui abrite la pompe SRU séparée des pompes SEC3 et SEM (système d'appoint en eau de secours).

[ ]

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

En conclusion, l'implantation des matériels assurant des fonctions pour la maîtrise des conditions de fonctionnement DEC-B est principalement réalisée dans une zone dédiée et séparée dans le bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3 ainsi que dans le bâtiment de l'aéroréfrigérant. Les fonctions implantées dans d'autres locaux le sont dans le respect des principes énoncés dans le chapitre 2.1 du volume 1. La séparation, au sens de l'installation, des matériels prévus pour la maîtrise des conditions de fonctionnement DEC-B est donc suffisante.

### 11.2.3.6. Conditionnement des locaux

#### 11.2.3.6.1. Description des systèmes de conditionnement des locaux

Locaux en zone non contrôlée – hors salle de commande et bâtiment de l'aéroréfrigérant

Les matériels électriques et de contrôle commande, ainsi que les matériels mécaniques ne véhiculant pas de fluides contaminés dédiés aux conditions de fonctionnement DEC-B sont implantés dans la zone DEC-B du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3 (partie non contrôlée).

Lors du fonctionnement normal, ces locaux sont conditionnés (renouvellement d'air, refroidissement, chauffage) par le système DVL3 refroidi par DER. En cas de défaillance du DER, DVL3 est refroidi par DEL3.

En cas de conditions de fonctionnement DEC-B et en cas de défaillance des systèmes DVL3 et DER ou DEL3, le refroidissement de ces locaux est assuré par le DVL4 refroidi par DEL4, ce dernier utilisant la chaîne de refroidissement EVUi/SRU comme source froide. Le DVL4 est constitué d'unités de conditionnement locales refroidies par DEL4 et alimentées en électricité par la distribution électrique DEC-B. [ ]

Locaux en zone contrôlée

Les matériels mécaniques véhiculant des fluides contaminés dédiés aux conditions de fonctionnement DEC-B sont implantés dans la zone DEC-B du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3 (partie contrôlée).

Lors du fonctionnement normal, ces locaux sont conditionnés (renouvellement d'air, refroidissement, chauffage) par les systèmes DVL3 refroidi par DER (soufflage) et DWK (extraction) à travers les gaines DWL3.

En cas de conditions de fonctionnement DEC-B, le soufflage d'air dans ces locaux est stoppé pour augmenter le confinement dynamique (voir paragraphe 11.2.3.9 ci-après). Le refroidissement de ces locaux est alors assuré par des unités de conditionnement locales refroidies par DEL4 et alimentées en électricité par la distribution électrique DEC-B. La nécessité de ce refroidissement sera évaluée en cours de « basic design ». [ ]

Au-delà de leur chaîne de refroidissement, les systèmes supports du DVL4 et des unités de conditionnement locales sont également dédiés aux conditions de fonctionnement DEC-B (alimentations électriques, contrôle commande, production d'eau glacée, chaîne de refroidissement).

Ces systèmes (voir Figure 79) sont décrits plus en détail au chapitre 8.3 du présent volume.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

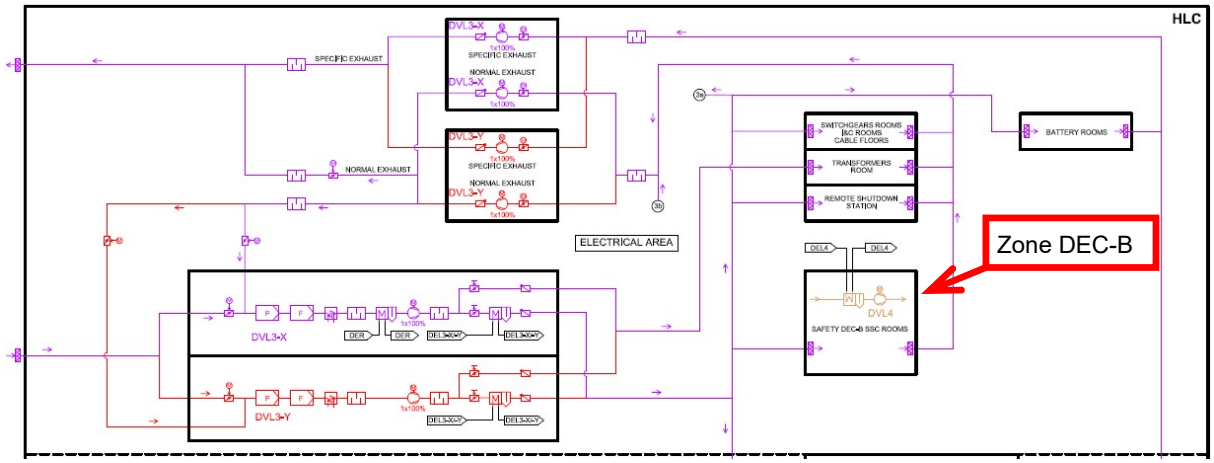



**FIGURE 79 : SCHEMA DE PRINCIPE DU DVL3 ET DVL4**

Salle de commande principale (confinement / conditionnement)

Le confinement et le conditionnement de la salle de commande principale sont assurés par le système DCL. Ce système est constitué de 4 trains dont le train 4 refroidi par DEL4 et utilisé en conditions de fonctionnement DEC-B si les autres trains sont indisponibles.

Ce train peut aussi être valorisé dans la démonstration de sûreté nucléaire uniquement en état F (état durant lequel les conditions de fonctionnement DEC-B ne sont pas possibles puisque tout le combustible est entreposé dans le bâtiment combustible). De ce fait, le train 4 est également refroidi par le DEL3.

[ ]

Au-delà de sa chaîne de refroidissement, les systèmes supports du DCL4 sont également dédiés aux conditions de fonctionnement DEC-B (alimentations électriques, contrôle commande, ventilations).

Le système DCL est décrit plus en détail au chapitre 8.3 du présent volume, voir Figure 63.

Conditionnement des locaux du bâtiment de l'aéroréfrigérant :

La conception de ce bâtiment n'est pas détaillée à ce jour. Il est prévu que le conditionnement des locaux du bâtiment contenant (BK) des matériels DEC-B soit réalisé par des moyens dédiés aux conditions de fonctionnement DEC-B.

### 11.2.3.6.2. Indépendance

Les systèmes de conditionnement des locaux de la zone DEC-B du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3 [ ] ne sont crédités dans la démonstration de sûreté nucléaire qu'en conditions de fonctionnement DEC-B. Ils sont donc indépendants des autres niveaux de défense.

Le système de confinement / conditionnement de la salle de commande principale (DCL) comporte un train dédié à la maîtrise des conditions de fonctionnement DEC-B (DCL4) [ ] . L'utilisation de ce train est aussi prévue dans la démonstration de sûreté nucléaire pour certaines séquences particulières hors conditions de fonctionnement DEC-B, mais durant lesquelles un accident avec fusion du cœur n'est pas possible.

En conclusion, l'indépendance des systèmes de conditionnement (et confinement concernant le DCL) des locaux utilisés en conditions de fonctionnement DEC-B est suffisante vis-à-vis des systèmes assurant la prévention de la fusion du cœur.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## 11.2.3.7. Alimentation électrique

### 11.2.3.7.1. Description de l'alimentation électrique

La distribution électrique de l'îlot nucléaire est composée :

- de trois trains de sûreté DBC redondants ;
- sur le train 3, d'un réseau dit « DEC-A » destiné notamment à faire face aux risques de DCC sur les trains redondants DBC ;
- sur le train 3, d'un réseau dit « DEC-B » [ ] destiné notamment à maîtriser les situations avec fusion du cœur. Il peut être alimenté par une source interne alternative de puissance dédiée (GES DEC-B) et indépendante. Lorsqu'il est alimenté par cette source, il est complètement indépendant des autres trains.

Les réseaux DEC-A et DEC-B peuvent être, en respectant les exigences d'indépendance, alimentés en cascade par rapport au troisième train de sûreté DBC.

Hors fonctionnement requérant l'usage des moyens DEC-B, ces derniers sont, d'un point de vue électrique, isolés du reste de l'installation, avec les deux exceptions suivantes :

- les sources de contrôles restent alimentées en fonctionnement normal ;
- un sous-tableau spécifique peut être alimenté par la source interne DEC-B pour l' « élimination pratique » de la fusion en BK (alimentation du système SEM, voir chapitre 3.6 du présent volume).

Ces deux exceptions ne remettent pas en cause le haut niveau de fiabilité de l'architecture permettant d'éviter la propagation de perturbations électriques venant des autres niveaux de défense en profondeur.

[ ]

L'alimentation électrique est décrite plus en détail au chapitre 6 du présent volume.

### 11.2.3.7.2. Indépendance

La conception d'EPR NM intègre la séparation et l'indépendance de l'alimentation électrique utilisée pour la maîtrise des conditions de fonctionnement DEC-B.

Les tableaux constitutifs de cette alimentation font l'objet d'une sectorisation incendie dédiée.

Les points de connexion avec le reste de la distribution électrique sont réduits au strict nécessaire et protégés de la propagation d'éventuelles perturbations électriques a minima par un double isolement électrique.

Le niveau 4 de la défense en profondeur pour l'alimentation électrique est donc robuste à toute défaillance qui pourrait affecter les autres niveaux de défense.

En conclusion, l'indépendance de l'alimentation électrique utilisée pour la maîtrise des conditions de fonctionnement DEC-B vis-à-vis des systèmes assurant la prévention de la fusion du cœur est suffisante.

## 11.2.3.8. Contrôle-commande

### 11.2.3.8.1. Description

La commande des matériels et le suivi de l'instrumentation dédiés à la maîtrise des conditions de fonctionnement DEC-B sont assurés par un contrôle-commande dédié, au niveau :

- de la plateforme d'automates ;

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- du pupitre de commande en salle de commande principale ;
- des connexions entre ces différents éléments.

[ ]

Les systèmes de contrôle-commande sont décrits plus en détail au chapitre 0 du présent volume.

PAG et SA sont dédiés à la conduite en cas d'accident avec fusion du cœur.

#### 11.2.3.8.2. Indépendance

La conception d'EPR NM intègre la séparation et l'indépendance du contrôle-commande utilisé pour la maîtrise des conditions de fonctionnement DEC-B avec notamment des systèmes dédiés de contrôle-commande (SA) et de commande / information (PAG).

Les matériels qui ne peuvent pas être implantés dans des locaux dédiés aux équipements servant à la maîtrise des conditions de fonctionnement DEC-B (capteurs et leurs connexions, PAG) feront l'objet d'une attention particulière lors de la conception détaillée.

En conclusion, l'indépendance du contrôle-commande utilisé en conditions de fonctionnement DEC-B vis-à-vis des systèmes assurant la prévention de la fusion du cœur est suffisante.

### 11.2.3.9. Confinement

#### 11.2.3.9.1. Description

Enceinte de confinement et équipements constitutifs de la 3e barrière

Les éléments qui constituent la 3e barrière (l'enceinte, les traversées enceinte, les organes d'isolement enceinte, les sas, le Tampon d'Accès Matériel (TAM), etc.) ne peuvent être séparés pour les différents niveaux de défense en profondeur. La conception vise à assurer que ces moyens sont disponibles (alimentés, protégés contre les agressions, accessibles) dans les différents niveaux de défense en profondeur.

Confinement dynamique des bâtiments périphériques

Nota : Ce paragraphe traite du confinement des matières radioactives par les ventilations (DWL). Le confinement de la salle de commande assuré par le DCL est décrit au paragraphe 11.2.3.6 ci-avant.

L'ensemble des locaux des zones contrôlées des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde 1, 2 et 3 et du bâtiment combustible est maintenu en dépression en fonctionnement normal par le DWK.

En cas de situations accidentelles avec pressurisation du bâtiment réacteur, l'ensemble des locaux des zones contrôlées des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde 1, 2 et 3 et du bâtiment combustible est alors confiné par le DWL. Le DWL est constitué de deux files d'extraction.

Une file est réservée aux conditions de fonctionnement DBC2-4, l'autre est utilisée en conditions de fonctionnement DBC2-4 / DEC-A / DEC-B.

Ces files sont implantées dans le bâtiment combustible.

Ces systèmes de confinement sont décrits plus en détail au chapitre 8.3 du présent volume.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

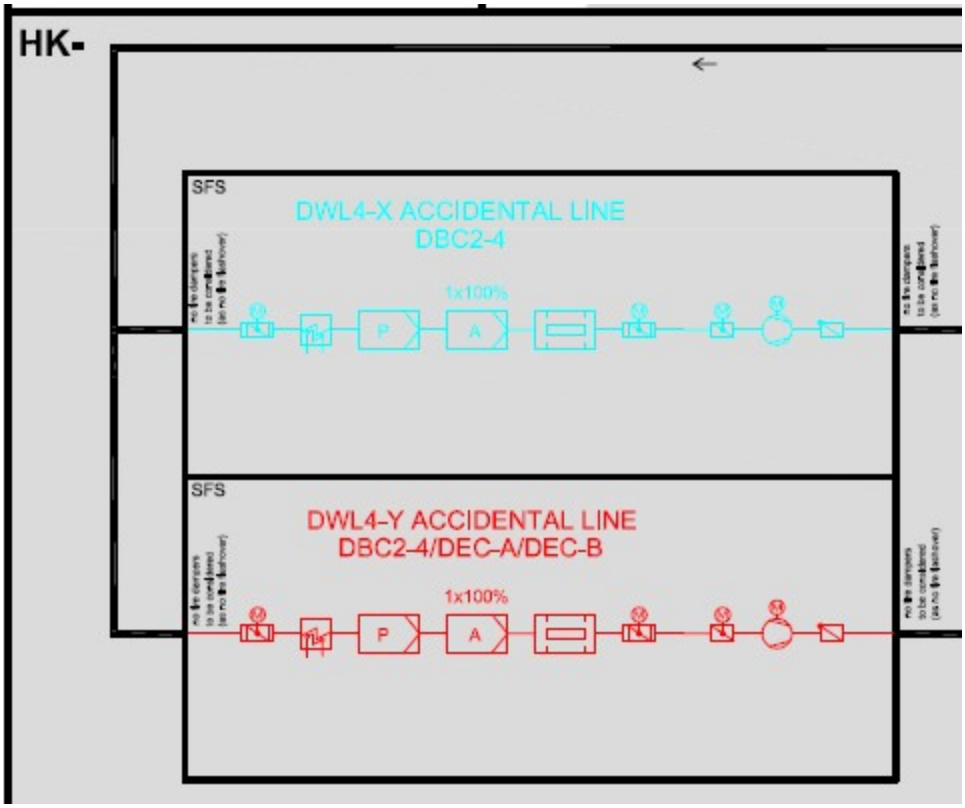



**FIGURE 80 : SCHEMA DE PRINCIPE DU CONFINEMENT DWL**

### 11.2.3.9.2. Indépendance

Les moyens de confinement du DWL utilisés en conditions de fonctionnement DEC-B ne sont pas indépendants de ceux utilisés en conditions de fonctionnement DBC/DEC-A. La disponibilité de cette fonction en conditions de fonctionnement DEC-B est assurée par la redondance en conditions de fonctionnement DBC/DEC-A et par le respect des exigences relatives aux conditions de fonctionnement DEC-B (résistance aux agressions, alimentation électrique, etc.).

Cette conception est conforme aux principes énoncés au chapitre 2.1 du volume 1. En effet, à ce stade de la conception, un événement qui entrainerait la défaillance d'une file DWL n'entraine pas de situation accidentelle sur l'installation ou ne fait pas dégénérer en condition de fonctionnement DEC-B une situation accidentelle DBC2-4/DEC-A. Il devra être vérifié au cours des études détaillées, que cette condition reste respectée, en particulier en cas d'agression interne.

En conclusion, la mutualisation des moyens de confinement dynamique entre plusieurs niveaux de défense en profondeur est acceptable.

### 11.2.3.10. Conclusion sur l'indépendance du niveau 4

L'examen qualitatif des principaux moyens DEC-B montre que, suivant les principes énoncés au chapitre 2.1 du volume 1, la conception de l'EPR NM, dans le niveau de détail actuel, assure un niveau très élevé et suffisant d'indépendance des moyens DEC-B et de leurs systèmes supports par rapport aux moyens de prévention de la fusion du cœur.

La suffisance de cette indépendance sera vérifiée avec les Etudes Probabilistes de Sûreté.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

| Fonctions de sûreté | | niveaux de défense en profondeur 1 et 2 | niveau de défense en profondeur 3a | niveau de défense en profondeur 3b | niveau de défense en profondeur 4 | Commentaires |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Fonctions Fondamentales de Sûreté | Sous-Fonctions | | | | | |
| Maîtrise des réactions nucléaires en chaîne | Injecter du bore | RCV + REA | RBS | N/A | N/A | Pas de DEC-A dû à un mode commun sur RBS |
| | Arrêter le réacteur par insertion d'antiréactivité | RGL + grappes | RGL + grappes | RBS | N/A | |
| Évacuation de la puissance | Injecter de l'eau dans le circuit primaire | RCV + REA | RIS ISMP | RIS ISBP<br>RIS Accu | N/A | La diversification à l'aide des pompes RIS BP est réalisée suite à un refroidissement et avec l'utilisation des Accumulateurs. |
| | | | RIS ISBP | RIS ISMP | | |
| | | | RIS Accu | N/A | | Accumulateurs uniquement requis en DBC4.<br>Pas de DEC-A dû à un mode commun sur les accumulateurs |
| | Extraire la puissance du primaire par les GV (états A/B) - Injecter de l'eau | ARE<br>ASG (état B) | ASG | Gavé-ouvert primaire (RIS ISMP) | N/A | Le gavé ouvert primaire correspond à une injection des RIS ISMP couplée à une dépressurisation du primaire par les lignes de décharge du pressuriseur |
| | Extraire la puissance du primaire par les GV (états A/B) - Extraire la vapeur | Turbine/GCTc<br>VDA (état B) | VDA | N/A | N/A | Pas de DEC-A dû à un mode commun sur VDA |

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

| Fonctions de sûreté | | niveaux de défense en profondeur 1 et 2 | niveau de défense en profondeur 3a | niveau de défense en profondeur 3b | niveau de défense en profondeur 4 | Commentaires |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Fonctions Fondamentales de Sûreté | Sous-Fonctions | | | | | |
| | Extraire la puissance du primaire (état C) | RIS-RA | RIS-RA | VDA + ASG + SEM | N/A | |
| Évacuation de la puissance | Extraire la puissance du primaire (états D/E) | RIS-RA | RIS-RA | 1/ EAS ou 2/ RIS ISMP | N/A | deux options sont actuellement envisagées comme diversification des pompes RIS ISBP pour couvrir les DEC-A impliquant une perte des trois pompes RIS ISBP par DCC : 1/ utilisation du système EAS, ou 2/ utilisation des pompes RIS ISMP. A ce stade de la conception, ces options sont encore à l'étude. |
| | Extraire la puissance de l'enceinte | N/A | RIS ISBP | 1/ EAS ou 2/ RIS ISMP | EVU + RIS IRWST | |
| | Transférer la puissance à la source froide (états A/B/F) | RRI/SEC 1-2 | RRI/SEC 1-2 RRI/SEC3 | RRI/SEC3 | EVUi/SRU | RRI/SEC contribue à l'évacuation de la puissance issue du PTR. RRI/SEC3 peut être utilisé en cas de maintenance sur PTR1 ou 2 en fonctionnement normal |
| | Transférer la puissance à la source froide (états C/D/E) | RRI/SEC 1-2 RRI/SEC3 | RRI/SEC 1-2 RRI/SEC3 | RRI/SEC3 | EVUi/SRU | RRI/SEC contribue à l'évacuation de la puissance issue du RIS et du PTR |

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

| Fonctions de sûreté | | niveaux de défense en profondeur 1 et 2 | niveau de défense en profondeur 3a | niveau de défense en profondeur 3b | niveau de défense en profondeur 4 | Commentaires |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Fonctions Fondamentales de Sûreté | Sous-Fonctions | | | | | |
| | Refroidir la piscine BK | PTR1-2 | PTR 1-2-3 | PTR 3 | éliminé pratiquement | PTR3 peut être utilisé dans des cas de maintenance sur PTR1 ou 2 en fonctionnement normal.<br>SEM participe à l' « élimination pratique » de la fusion du combustible en piscine |
| Confinement | Dépressuriser l'enceinte | N/A | EAS | N/A | EVU | EAS uniquement requis en DBC4<br>Pas de DEC-A dû à un mode commun sur EAS |
| Confinement | Dépressuriser le primaire | Aspersion normale pressuriseur + Aspersion auxiliaire via RCV | Soupapes pressuriseur | N/A (*) | Vannes de décharge pressuriseur | (*) Pas de DEC-A dû à un mode commun sur les soupapes pressuriseur. |
| | Confinement du BK (hall piscine) | Confinement dynamique : DWK | Isolement BK : DWK<br>Confinement dynamique : DWL | N/A (*) | Pratiquement éliminé | Le confinement du hall piscine BK est requis en cas d'accident de manutention combustible.<br>(*) Pas de DEC-A dû à un mode commun sur les ventilations participant au confinement |

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

| Fonctions de sûreté | | niveaux de défense en profondeur 1 et 2 | niveau de défense en profondeur 3a | niveau de défense en profondeur 3b | niveau de défense en profondeur 4 | Commentaires |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Fonctions Fondamentales de Sûreté | Sous-Fonctions | | | | | |
| | Confinement du BK (zone contrôlée) | Confinement dynamique : DWK | Isolement BK : DWK<br>Confinement dynamique : DWL | N/A (*) | Isolement BK : DWK<br>Confinement dynamique : DWL | La zone contrôlée du BK est isolée en cas d'accident créant de l'ambiance dans le BR : APRP, accident avec fusion du cœur... (confinement des bâtiments périphériques du BR).<br>(*) Pas de DEC-A dû à un mode commun sur les ventilations participant au confinement |
| Confinement | Confinement du BR | N/A | BR accessible :<br>Isolement BR : EBA<br>Confinement dynamique : EBA via extractions DWL4-X/Y<br>/<br>BR non accessible :<br>Isolement Enceinte | N/A (*) | Isolement Enceinte | Le confinement du BR est requis en cas d'accident de manutention combustible en BR (EBA).<br>Les autres situations accidentelles sont gérées par un confinement statique général (Isolement Enceinte).<br>(*) Pas de DEC-A dû à un mode commun sur les ventilations participant au confinement. |

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

| Fonctions de sûreté | | niveaux de défense en profondeur 1 et 2 | niveau de défense en profondeur 3a | niveau de défense en profondeur 3b | niveau de défense en profondeur 4 | Commentaires |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Fonctions Fondamentales de Sûreté | Sous-Fonctions | | | | | |
| | Confinement des BAS (zone contrôlée) | Confinement dynamique : DWL1-2-3 (soufflage via DVL, extraction via DWK) | Isolement BAS zone contrôlée : DWL Confinement dynamique : DWL1-2-3 via extractions DWL4-X/Y | N/A (*) | Isolement BAS zone contrôlée : DWL Confinement dynamique : DWL1-2-3 via extraction DWL4-Y | Le confinement du BAS affecté est requis en cas de brèche du RIS en mode RA. Le confinement de tous les BAS est requis en cas d'accident créant de l'ambiance dans le BR (confinement des bâtiments périphériques du BR). (*) Pas de DEC-A dû à un mode commun sur les ventilations participant au confinement. |

**TABLEAU 34 : PRESENTATION DES PRINCIPAUX SYSTEMES FRONTAUX SELON LES NIVEAUX DE DEFENSE EN PROFONDEUR**

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

| Fonctions de sûreté | | niveaux de défense en profondeur 1 et 2 | niveau de défense en profondeur 3a | niveau de défense en profondeur 3b | niveau de défense en profondeur 4 | Commentaires |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ventilation et conditionnement | Ventilation et conditionnement de la zone non contrôlée des BAS | DVL1-2-3 (train X)<br>+<br>DVL unités locales | DVL1-2-3 (trains X et Y)<br>+<br>DVL unités locales | DVL3 (*) | DVL4 | Les DVL trains Y peuvent être utilisés en fonctionnement normal pour la maintenance des trains X. Les unités locales DVL sont prévues en plus du conditionnement centralisé en fonctionnement normal et accidentel pour certains locaux à forte puissance thermique.<br>(*) Concernant les unités de conditionnement locales DVL, aucun requis de diversification n'est défini à ce stade de la conception |
| | Ventilation et conditionnement de la zone contrôlée des BAS | DWL1-2-3<br>(soufflage via DVL, extraction via DWK)<br>+<br>DWL unités locales | DWL unités locales | N/A (*) | DWL unités locales dédiées DEC-B | Les unités locales DWL sont prévues en plus du conditionnement centralisé en fonctionnement normal pour certains locaux à forte puissance thermique.<br>En fonctionnement accidentel, elles suffisent par elles-mêmes.<br>A confirmer pendant le « basic design ».<br>(*) Concernant les unités de conditionnement locales DWL, aucun requis de diversification n'est défini à ce stade de la conception |

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

| Fonctions de sûreté | | niveaux de défense en profondeur 1 et 2 | niveau de défense en profondeur 3a | niveau de défense en profondeur 3b | niveau de défense en profondeur 4 | Commentaires |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ventilation et conditionnement de la SdC | DCL1-2 | DCL1-2-3 | DCL3 | DCL4 | Le train 4 du DCL peut-être exceptionnellement utilisé dans les niveaux de défense précédents en cas de maintenance sur un train en état F |
| Ventilation et conditionnement | Ventilation et conditionnement du BK | DWK centralisé + DWK unités locales | DWK unités locales | N/A (*) | N/A | Les unités locales DWK sont prévues en plus du conditionnement centralisé en fonctionnement normal pour certains locaux à forte puissance thermique. En fonctionnement accidentel, elles suffisent par elles-mêmes. A confirmer en « basic design ». (*) Concernant les unités de conditionnement locales DWK, aucun requis de diversification n'est défini à ce stade de la conception |
| | Ventilation et conditionnement du BR | BR accessible : EBA (soufflage/extraction via DWK) / BR non accessible : EVR | N/A | N/A | N/A | En conditions accidentelles, seul le confinement du BR doit être assuré (pas de conditionnement nécessaire) |

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

| Fonctions de sûreté | niveaux de défense en profondeur 1 et 2 | niveau de défense en profondeur 3a | niveau de défense en profondeur 3b | niveau de défense en profondeur 4 | Commentaires |
|---|---|---|---|---|---|
| Refroidissement des systèmes de ventilation et conditionnement | DER | DEL1-2-3 + RRI/SEC 1-2 pour les unités locales | DEL3 | DEL4 | DER est refroidi par les communs RRI non classés. Le refroidissement des unités locales BK et BAS1-2 est réalisée par RRI/SEC 1-2 en conditions accidentelles |
| Chaîne de refroidissement (états A/B/F) | RRI/SEC 1-2 | RRI/SEC 1-2 RRI/SEC3 | RRI/SEC3 | EVUi/SRU | |
| Chaîne de refroidissement (états C/D/E) | RRI/SEC 1-2 et RRI/SEC3 | RRI/SEC 1-2 RRI/SEC3 | RRI/SEC3 | EVUi/SRU | |
| Commande des actionneurs | RCSL PAS | PS SAS | DAS | SA | |
| Alimentation électrique | ANT1-2 (transformateurs de soutirage) AST (transformateur auxiliaire) | GES 1-2-3 (sources internes alternatives de puissances principales) | GES DEC-A (source interne alternative de puissance diversifiée) | GES DEC-B (source interne alternative de puissance DEC-B) | La source interne mutualisable peut être valorisée dans tous les niveaux de défense en profondeur car elle permet de secourir tous les tableaux électriques |

**TABLEAU 35 : PRESENTATION DES PRINCIPAUX SYSTEMES SUPPORTS SELON LES NIVEAUX DE DEFENSE EN PROFONDEUR**

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

| Critère justifiant la mutualisation | IRWST et filtres EVU | EVUi/SRU | RRI3/SEC3 (aspects long terme) | Bâtiment de l'aéroréfrigérant et réserve d'eau associée | Galerie reliant le bâtiment de l'aéroréfrigérant et le | Rampes d'aspersion BR (avec EAS) | Bâches à soude EVU | RSC | Recombineurs hydrogène |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SSCs suffisamment fiables et robustes, en particulier les structures et équipements passifs statiques | X | | | X | X | X | | | X |
| Equipement partagé :<br>- dont la défaillance en fonctionnement normal n'entraînerait pas de situation accidentelle ;<br>- dont la défaillance en condition DBC2-4 ou DEC-A n'entraînerait pas d'accident avec fusion du cœur. | | | | | | | | | |
| Les matériels crédités en conditions DBC et DEC-A ont une fiabilité suffisante pour que la fréquence des séquences de fusion du cœur consécutives à leur défaillance soit inférieure à celle visée pour la prévention des rejets importants ou précoces | | | | | | | | | |
| L'indépendance entraînerait une complexification de la conception ou de l'exploitation allant au-delà du bénéfice tiré de l'indépendance | | | | | | | | | |
| L'indépendance entrainerait des conditions économiques inacceptables, c'est-à-dire disproportionnées par rapport au bénéfice tiré pour la sûreté | X | | | X | X | | | | |
| Matériels utilisés sur le long terme, c'est-à-dire SSCs dont la défaillance à des niveaux précédant le niveau 4 de défense en profondeur a été postulée pour définir l'accident avec fusion du cœur et qui pourront, sur justification, être valorisés, après restauration, en secours des matériels dédiés au niveau 4 | | | X | | | | | | |
| Moyens dédiés aux conditions de fonctionnement DEC-B | | | X | | | | X | | |

**TABLEAU 36 : INDEPENDANCE DU NIVEAU 4 DE DEFENSE EN PROFONDEUR – PARTIE 1**

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

| Critère justifiant la mutualisation | Vannes de décharge du circuit primaire | Bâtiment BAS3 – locaux DEC-B | Salle de commande principale | Ventilations de conditionnement du BAS3 (DVL) | Ventilation de confinement/conditionnement de la salle de commande (DCL) | Alimentation électrique DEC-B | Système dédié de contrôle-commande (SA) | Panneau de commande DEC-B (PAC) | Ventilation de confinement des BAS (DWL) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SSCs suffisamment fiables et robustes, en particulier les structures et équipements passifs statiques | | | | | | | | | |
| Equipement partagé :<br>- dont la défaillance en fonctionnement normal n'entraînerait pas de situation accidentelle ;<br>- dont la défaillance en condition DBC2-4 ou DEC-A n'entraînerait pas d'accident avec fusion du cœur. | | | | | | | | | X |
| Les matériels crédités en conditions DBC et DEC-A ont une fiabilité suffisante pour que la fréquence des séquences de fusion du cœur consécutives à leur défaillance soit inférieure à celle visée pour la prévention des rejets importants ou précoces | X | | | | | | | | |
| L'indépendance entraînerait une complexification de la conception ou de l'exploitation allant au-delà du bénéfice tiré de l'indépendance | | | X | | | | | X | |
| L'indépendance entraînerait des conditions économiques inacceptables, c'est-à-dire disproportionnées par rapport au bénéfice tiré pour la sûreté | | | X | | | | | | |
| Matériels utilisés sur le long terme, c'est-à-dire SSCs dont la défaillance à des niveaux précédant le niveau 4 de défense en profondeur a été postulée pour définir l'accident avec fusion du cœur et qui pourront, sur justification, être valorisés, après restauration, en secours des matériels dédiés au niveau 4 | | | | | | | | | |
| Moyens dédiés aux conditions de fonctionnement DEC-B | | X | | X | X | X | X | | |

**TABLEAU 37 : INDEPENDANCE DU NIVEAU 4 DE DEFENSE EN PROFONDEUR – PARTIE 2**

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# 12. ANALYSE D'IMPACT DU NIVEAU DE PUISSANCE DE L'EPR NM SUR LA SURETE

Ce chapitre présente une analyse d'impact qualitative du niveau de puissance sur la sûreté, centrée sur les dispositions de conception permettant d'améliorer les « marges cœur ». L'objectif est de présenter les modifications matérielles ainsi que les exigences de performance de l'EPR NM ayant une influence sur les marges de sûreté et de détailler, pour chaque transitoire [ ] , l'impact attendu de ces évolutions sur la démonstration de sûreté nucléaire.

## 12.1. MODIFICATIONS MATERIELLES ET EXIGENCES DE PERFORMANCE

### 12.1.1. POINT DE FONCTIONNEMENT

Le point de fonctionnement du réacteur EPR NM est décrit aux chapitres 2.1 et 2.3 du présent volume et au chapitre 1.3 du volume 3. Ses caractéristiques principales sont fournies ci-dessous :

- puissance cœur : 4850 MWth [ ] ;
- débit volumique par boucle comparable à celui de l'EPR Flamanville (débit volumique cœur légèrement inférieur à cause du débit de contournement du cœur lié au dôme « froid » plus important) ;
- programme de température et pression nominale de fonctionnement comparables à l'EPR Flamanville.

### 12.1.2. COMPOSANTS

La conception du circuit primaire de l'EPR NM vise à reconduire les options techniques retenues pour l'EPR Flamanville, afin de bénéficier du retour d'expérience de ce projet et plus généralement des réacteurs EPR en cours de réalisation.

Les principales évolutions envisagées pour l'EPR NM concernent l'adaptation de certains équipements au niveau de puissance.

#### 12.1.2.1. Générateur de vapeur

Afin de pouvoir transférer au système secondaire la puissance thermique sans dégrader la pression de la vapeur produite, une adaptation de la surface d'échange des Générateurs de Vapeur (GV) est nécessaire. Elle est obtenue par l'augmentation du nombre de tubes (voir chapitre 2.3 du présent volume). Il en résulte une augmentation du diamètre de la partie inférieure du GV. La masse d'eau secondaire est adaptée afin de garantir une inertie suffisante en cas de perte d'eau alimentaire dans les conditions de fonctionnement de référence DBC et dans les conditions de fonctionnement avec défaillances multiples DEC-A.

#### 12.1.2.2. Pressuriseur

Afin de répondre aux exigences de protection du circuit primaire principal contre les surpressions, le volume du pressuriseur est adapté au niveau de puissance de l'EPR NM. La solution envisagée à ce jour consiste à augmenter la hauteur du pressuriseur à diamètre inchangé (voir chapitre 2.3 du présent volume).

#### 12.1.2.3. Système de décharge du pressuriseur

Le système de décharge du pressuriseur est décrit dans le chapitre 2.3 du présent volume.

Les sous-systèmes de décharge du pressuriseur sont les suivants :

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

- sous-systèmes assurant les fonctions de protection contre les surpressions à chaud et à froid, et dépressurisation contrôlée (soupapes pressuriseur) ;
- sous-systèmes assurant les fonctions de décharge primaire en « gavé ouvert » dans les situations de fonctionnement avec défaillances multiples et de dépressurisation dans les situations d'accident avec fusion du cœur (lignes de décharge du pressuriseur).

L'architecture détaillée de ce système de décharge du pressuriseur est en cours de définition dans le cadre de la phase du « basic design ».

#### 12.1.2.4. Cuve (configuration dôme froid)

Le débit de contournement du cœur dirigé des branches froides vers la partie supérieure de la cuve, au travers d'ajutages d'aspersion, est augmenté par rapport à l'EPR Flamanville de manière à abaisser la température moyenne de l'eau sous le couvercle de cuve (configuration « dôme froid » contrairement à la configuration « dôme chaud » de l'EPR Flamanville).

Cela permet, en cas d'accident de brèche secondaire, une arrivée plus précoce dans le cœur du bore injecté par le système d'injection de sécurité RIS. Le dôme froid permet de limiter la formation d'une phase vapeur sous le couvercle de cuve et permet ainsi d'accélérer la dépressurisation du circuit primaire afin de rejoindre plus rapidement une pression permettant l'injection de bore dans le circuit primaire.

### 12.1.3. SYSTÈMES AUXILIAIRES

#### 12.1.3.1. Système d'injection de sûreté (RIS)

Le système RIS est décrit au chapitre 3.2 du présent volume.

Il comporte trois trains indépendants (contre quatre trains indépendants pour l'EPR Flamanville) et quatre accumulateurs. Compte tenu de l'absence de maintenance préventive du RIS dans les états où il est requis, cette architecture est sans impact sur la configuration d'injection d'eau par l'ISMP (Injection de Sécurité Moyenne Pression) et l'ISBP (Injection de Sécurité Basse Pression) en Accident de Perte de Réfrigérant Primaire (APRP) (avec les règles d'études des conditions de fonctionnement DBC, deux boucles restent alimentées dont celle sur laquelle se trouve la brèche primaire, comme sur l'EPR Flamanville).

Le dimensionnement des principaux composants du système (pompes, échangeurs et accumulateurs) est modifié comme suit :

- compte tenu du niveau de puissance, les pompes ISMP assurent un débit d'injection plus important que sur l'EPR Flamanville [ ] . De manière cohérente avec l'EPR Flamanville, la pression de refoulement des pompes ISMP garantit la non ouverture des soupapes du circuit vapeur principal (VVP) lors d'un accident de rupture de tube de GV.
- les pompes ISBP assurent un débit d'injection plus important en mode RIS que sur l'EPR Flamanville [ ] , du fait d'une puissance résiduelle du cœur plus importante à évacuer d'une part et du passage à une architecture trois trains d'autre part ;
- le dimensionnement des échangeurs ISBP est adapté en cohérence avec la performance des pompes ISBP pour garantir des performances de refroidissement en conditions normales et accidentelles identiques à l'EPR Flamanville ;
- le volume et la pression d'injection des accumulateurs sont définis en fonction

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

du niveau de puissance.

#### 12.1.3.2. Système de borication de sécurité (RBS)

Le système RBS est décrit dans le chapitre 3.4 du présent volume.

Le système RBS est organisé en trois trains (contre deux trains ayant chacun des performances comparables pour l'EPR Flamanville), chacun dans un bâtiment des auxiliaires de sauvegarde. Les tuyauteries d'injection du RBS sont connectées directement aux branches froides avec des piquages séparés des injections RIS. Les trains 1 et 2 injectent chacun directement dans une branche froide via un piquage dédié et le train 3 injecte directement dans les deux autres branches froides via un barillet et deux piquages dédiés.

L'injection directe du RBS dans la boucle primaire, sans passer par un tronçon de tuyauterie RIS, permet une arrivée plus rapide du bore dans le cœur et donc une cinétique plus rapide d'insertion d'antiréactivité.

#### 12.1.3.3. Système d'alimentation de secours des GV (ASG)

Le système ASG est décrit dans le chapitre 3.3 du présent volume.

L'architecture du système ASG est organisée en trois trains redondants localisés chacun dans un bâtiment des auxiliaires de sauvegarde.

Le système ASG est modifié par rapport à celui de l'EPR Flamanville pour prendre en compte des exigences d'exploitation similaires à celles du parc EDF en exploitation, c'est-à-dire un possible découplage de l'îlot nucléaire et de l'îlot conventionnel à quelques pourcents de la montée en puissance afin de pouvoir réaliser un maintien en attente à chaud de longue durée pour des besoins de maintenance et un retour rapide en puissance. Cela se traduit par l'ajout d'une quatrième pompe ASG pour obtenir le niveau de fiabilité suffisant, compte-tenu de cette modification du cahier des charges d'exploitation.

Le choix a été fait de classer de sûreté la quatrième pompe au même titre que les trois autres, afin de reconduire la technologie et le dimensionnement des pompes de l'EPR Flamanville pour la démonstration de sûreté nucléaire en conditions de fonctionnement de référence DBC.

#### 12.1.3.4. Système d'aspersion de l'enceinte (EAS)

Le système EAS est détaillé dans le chapitre 3.7 du présent volume.

Le système d'aspersion d'eau dans l'enceinte permet de limiter et de réduire la pression et la température à l'intérieur de l'enceinte de confinement à des valeurs acceptables, pour rester dans les conditions de conception de l'enceinte et également en-deçà des profils de qualification des matériels classés de sûreté présents dans le bâtiment réacteur, lors de conditions de fonctionnement DBC et DEC-A induisant une dégradation des conditions à l'intérieur de l'enceinte.

#### 12.1.3.5. Système de décharge à l'atmosphère du circuit de vapeur principale (VVP/VDA)

Le système VDA est décrit dans chapitre 3.5 du présent volume. Le système VVP est décrit dans le chapitre 9.2 du présent volume.

Chacun des quatre trains du système VDA est composé d'une première ligne, correspondant à la ligne de décharge VDA de l'EPR Flamanville. Cette ligne est dotée dans l'ordre d'une vanne d'isolement, d'une vanne de contrôle et d'un silencieux. [ ]

Une deuxième ligne VDA est ajoutée pour tenir compte d'un possible découplage de l'îlot nucléaire et de l'îlot conventionnel en fonctionnement normal (en cohérence avec l'utilisation

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

prévue du système ASG). Cette ligne est dotée d'une vanne d'isolement, d'une vanne de contrôle et d'un silencieux. Ce dernier est mutualisé avec celui de la première ligne.

Le système VVP participe avec le système VDA à la protection des GV contre les surpressions à l'aide de soupapes de protection.

#### 12.1.3.6. Système d'alimentation normal des GV (ARE)

Le système ARE est décrit dans le chapitre 9.4 du présent volume.

Le système ARE est conçu pour minimiser les risques de sur-débits après l'Arrêt Automatique du Réacteur (AAR) et ainsi limiter le possible refroidissement primaire induit dans les conditions de fonctionnement DBC.

### 12.1.4. INSTRUMENTATION CŒUR

L'instrumentation cœur mis en œuvre sur l'EPR NM est décrite dans le chapitre 2.2 du présent volume. Elle se distingue de celle de l'EPR Flamanville par :

- la redondance des mesures de position de grappes (RPI), permettant notamment la prise en compte du critère de défaillance unique sur la mesure de position de chaque grappe. Cette orientation de conception est en cours d'étude.
- la présence d'un système de surveillance du cœur (CMS) basé sur la mesure de collectrons à émetteur rhodium et permettant la surveillance en ligne des principaux paramètres du cœur à partir d'une reconstruction en temps réel de la distribution de puissance du cœur en 3 dimensions. En particulier, le CMS sera utilisé pour la surveillance en ligne :
  - de la puissance linéique maximale en fonction de la position axiale dans le cœur ;
  - du Rapport de Flux Thermique Critique (RFTC), reposant sur l'utilisation d'un algorithme thermohydraulique simplifié en ligne ;
  - des marges d'arrêt, avec notamment la vérification que :
    - la marge d'antiréactivité disponible, compte tenu de la configuration du cœur (niveau de puissance, position des grappes, distribution xénon, etc.), est supérieure à la valeur retenue dans les études de sûreté (par exemple étude de rupture tuyauterie vapeur en état d'arrêt) ;
    - la marge d'antiréactivité disponible dans les conditions thermohydrauliques correspondant à l'état final de l'éjection de grappe moyen terme est positive, compte tenu de la configuration du cœur (niveau de puissance, position des grappes, distribution xénon, etc.) ;
  - du facteur d'élévation d'enthalpie (FΔH) ;

  Ce système permet également la réalisation de cartes de flux [ ] .
- l'utilisation des chambres neutroniques excore multi-étagées à six sections (similaires aux paliers 1300 MWe et N4 du parc EDF en exploitation) pour les fonctions de protection du cœur en remplacement des chambres neutroniques excore multi-étagées à deux sections et des collectrons à émetteur cobalt de l'EPR Flamanville.

### 12.1.5. GESTION COMBUSTIBLE ET SCHEMA DE GRAPPES

Les caractéristiques principales de la gestion combustible et du schéma de grappes de l'EPR NM sont décrites dans le chapitre 2.1 du présent volume.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

Les plans de chargement de la gestion du combustible de l'EPR NM et le schéma de grappes sont définis de façon à limiter le facteur d'élévation d'enthalpie du cœur en fonctionnement normal. Ainsi [ ] , le FΔH maximal considéré dans les études du rapport de sûreté sera surveillé en ligne par le CMS.

Le schéma de grappes de l'EPR NM est composé uniquement de grappes « noires » (24 crayons absorbants), alors que l'EPR Flamanville dispose de 8 grappes de contrôle « grises » (composées de 8 crayons absorbants et de 16 crayons inertes). Cette modification augmente notamment la marge d'antiréactivité disponible en cas d'AAR à insertion limite des grappes donnée. D'autre part, le schéma de grappes est lui-même optimisé de façon à maximiser la marge d'antiréactivité disponible en cas d'AAR.

### 12.1.6. ASSEMBLAGE COMBUSTIBLE

Les caractéristiques principales de l'assemblage combustible de l'EPR NM sont décrites dans le chapitre 2.1 du présent volume.

L'assemblage combustible de l'EPR NM est composé de onze grilles de mélange, au lieu de huit pour l'assemblage [ ] utilisé sur l'EPR Flamanville. Ces trois grilles supplémentaires, placées en partie supérieure de l'assemblage, ont pour objet d'améliorer les performances thermohydrauliques de l'assemblage afin de limiter le risque de crise d'ébullition. Elles présentent également l'avantage de renforcer mécaniquement la structure de l'assemblage.

La quantification du bénéfice apporté par les grilles nécessite l'utilisation d'une corrélation de flux critique adaptée permettant de valoriser des espacements entre grilles cohérents avec le positionnement relatif des trois grilles supplémentaires. Pour cette raison, une nouvelle corrélation est développée [ ] .

Le bénéfice apporté par cette modification matérielle sur le risque de crise d'ébullition ne sera néanmoins pas valorisé dans le dossier support à la demande d'autorisation de création. La démonstration de sûreté nucléaire sera réalisée en valorisant les autres modifications matérielles et, si besoin, une diminution de certaines performances de manœuvrabilité de l'installation.

Cette modification matérielle sera valorisée dans le rapport de sûreté en support à la demande de mise en service.

### 12.1.7. EXIGENCES DE PERFORMANCE

[ ]

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

## 12.2. BENEFICES DES EVOLUTIONS MATERIELLES ET D'EXIGENCES DE PERFORMANCE SUR LA SURETE

### 12.2.1. INTRODUCTION

Les évolutions de conception présentées dans le paragraphe précédent ont été développées, en particulier, afin de garantir le respect des critères techniques d'acceptation au niveau de puissance cœur de l'EPR NM pour les principaux transitoires initiés en puissance [ ] .

Comme décrit dans le paragraphe précédent, l'ajout de grilles de mélange, qui est identifié comme bénéfique pour certains des transitoires décrits ci-dessous vis-à-vis du risque de crise d'ébullition, ne sera néanmoins pas valorisé dans le dossier support à la demande d'autorisation de création.

Nota : Le dimensionnement des moyens de refroidissement de la piscine de stockage du combustible usé permet de prendre en compte l'impact de la puissance de l'EPR NM sur la puissance résiduelle à évacuer. Cet aspect n'est pas traité dans le cadre de ce document.

### 12.2.2. CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT DE REFERENCE (DBC2-4) ET TRANSITOIRES IPG

Les transitoires [ ] sont les suivants :

- Manque De Tension Externe (MDTE) ≤ 2 h – états A et B (DBC2) ;
- mauvais positionnement et chute de grappe(s) – état A (DBC2) ;
- retrait incontrôlé d'une grappe – état A (DBC3) ;
- rupture de tuyauterie vapeur – états A et B (DBC3-4) :
  - transitoire initié en puissance ;
  - transitoire initié en états d'arrêt ;
- défaillance d'une pompe primaire (rotor bloqué) – états A, B et C (DBC4) ;
- éjection de grappe – états A et B (DBC4) :
  - aspects court terme ;
  - aspects moyen terme ;
- APRP, Brèche Intermédiaire - états A et B (DBC4) ;
- rupture de tuyauterie d'alimentation en eau des GV, ARE en fonctionnement - états A et B (DBC4).

D'autre part, l'impact de la puissance de l'EPR NM sur le phénomène d'IPG est également présenté ci-dessous.

#### 12.2.2.1. Manque de Tension Externe ≤ 2 h – état A et B (DBC2)

Le transitoire de manque de tension externe de courte durée est l'un des transitoires dimensionnant le seuil de surveillance du RFTC pour l'EPR NM comme pour l'EPR Flamanville.

La puissance de l'EPR NM étant supérieure à celle de l'EPR Flamanville, une variation plus importante du RFTC au cours du transitoire (et donc une augmentation du seuil de surveillance du RFTC) peut être attendue.

L'utilisation d'assemblages combustible à onze grilles de mélange permet d'améliorer le

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

comportement vis-à-vis de la crise d'ébullition pour ce transitoire.

La gestion du combustible de l'EPR NM étant optimisée afin de limiter le facteur d'élévation d'enthalpie du cœur et le FΔH pouvant par ailleurs être surveillé en ligne par le CMS, une moindre diminution du RFTC au cours de ce transitoire est attendue.

Le seuil de surveillance du RFTC sera dimensionné de façon à respecter les critères techniques d'acceptation en cas de manque de tension externe court terme.

#### 12.2.2.2. Mauvais positionnement et chute de grappe(s) – état A (DBC2)

Le transitoire de chute de grappe est identifié [ ] du fait de la substitution de la chaîne de protection bas RFTC basée sur les mesures des collectrons Cobalt de l'EPR Flamanville par une chaîne de protection bas RFTC basée sur des chambres neutroniques excore multi-étagées sur l'EPR NM.

En effet, pour les réacteurs 1300 MWe et N4, qui ne disposent pas non plus de protection bas RFTC basée sur des collectrons Cobalt, le transitoire de chute de grappe participe au dimensionnement du seuil de surveillance du RFTC.

D'autre part, la puissance de l'EPR NM étant supérieure à celle de l'EPR Flamanville, une diminution du RFTC peut également être attendue.

L'ajout d'une instrumentation de position de grappe redondante sur l'EPR NM permet de déclencher un AAR en cas de chute de grappe. La redondance de cette instrumentation permet sa valorisation dans les études de conditions de fonctionnement DBC avec les règles d'étude associées (prise en compte d'une défaillance unique s'appliquant à l'une des mesures).

[ ]

#### 12.2.2.3. Retrait incontrôlé d'une grappe – état A (DBC3)

Tout comme pour le transitoire de chute de grappe, une diminution du RFTC peut être attendue pour l'incident de retrait incontrôlé d'une grappe en puissance du fait de la substitution de la chaîne de protection bas RFTC basée sur les mesures des collectrons Cobalt de l'EPR Flamanville par une chaîne de protection bas RFTC basée sur des chambres neutroniques excore multi-étagées sur l'EPR NM.

D'autre part, la puissance de l'EPR NM étant supérieure à celle de l'EPR Flamanville, une diminution du RFTC peut également être attendue.

L'ajout d'une instrumentation de position de grappe redondante sur l'EPR NM permet de déclencher un AAR en cas de retrait incontrôlé d'une grappe en puissance. La redondance de cette instrumentation permet sa valorisation dans les études de conditions de fonctionnement DBC avec les règles associées (prise en compte d'une défaillance unique s'appliquant à l'une des mesures).

[ ]

#### 12.2.2.4. Rupture de tuyauterie vapeur – états A et B (DBC4)

##### 12.2.2.4.1. Rupture de tuyauterie vapeur initiée en puissance

Il est rappelé que l'étude de la Rupture Tuyauterie Vapeur (RTV) initiée en puissance couvre les conséquences d'un refroidissement du circuit primaire induit par une rupture de la tuyauterie d'eau alimentaire (RTE).

La puissance de l'EPR NM étant supérieure à celle de l'EPR Flamanville une diminution du RFTC est attendue.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

Par ailleurs, du fait de la substitution de la chaîne de protection bas RFTC basée sur les mesures des collectrons de l'EPR Flamanville par une chaîne de protection bas RFTC basée sur des chambres neutroniques excore multi-étagées, l'étude de RTV en puissance pour l'EPR NM est impactée.

En effet, dans l'hypothèse où cette instrumentation ne serait pas qualifiée en ambiance dégradée (contrairement aux collectrons à émetteurs Cobalt de l'EPR Flamanville), elle ne pourrait pas être prise en compte dans la démonstration de sûreté nucléaire pour ce transitoire, en raison de la présence possible de vapeur.

Ainsi, tout comme pour les réacteurs N4, la chaîne de protection principale pour les plus petites brèches du transitoire de l'EPR NM pourrait être l'arrêt automatique du réacteur (AAR) sur puissance thermique élevée, intervenant a priori après la chaîne de protection bas RFTC de l'EPR Flamanville. Pour les brèches de tailles plus importantes, l'AAR interviendra sur un signal de baisse rapide de pression GV, comme sur l'EPR Flamanville.

Les voies d'optimisation des fonctions de protection étudiées pour faire face à ce transitoire sont la qualification de la chaîne de protection bas RFTC aux conditions d'ambiance dégradée et l'optimisation de la chaîne de protection puissance thermique élevée afin d'en accélérer le déclenchement.

L'utilisation d'assemblages combustible à onze grilles de mélange permet d'améliorer le comportement vis-à-vis de la crise d'ébullition pour ce transitoire.

#### 12.2.2.4.2. Rupture de tuyauterie vapeur initiée à puissance nulle

La modification du piquage d'injection RBS permet une arrivée plus rapide du bore dans le cœur à la suite du démarrage du RBS en cas de RTV à 0 % de puissance nominale. La configuration en dôme froid de l'EPR NM (différente de la configuration dôme chaud de l'EPR Flamanville) permet également une injection plus précoce par l'ISMP et favorise ainsi l'arrivée plus rapide du bore dans le cœur.

D'autre part, le passage à un schéma de grappes uniquement composé de grappes « noires » permet d'améliorer la marge initiale d'antiréactivité et de retarder le retour en criticité. Par ailleurs, le CMS sera utilisé pour la surveillance en ligne de la marge d'arrêt considérée dans l'étude de RTV initiée à puissance nulle.

Enfin, les requis de performances en termes de suivi de charge et de FPPR avec grappes insérées étant moins exigeants pour l'EPR NM que pour l'EPR Flamanville, un moindre impact de ces modes de fonctionnement est attendu sur le sous-épuisement dans la partie haute du cœur (à composition et insertion des grappes données), ce qui devrait augmenter la marge d'antiréactivité disponible et faciliter le respect des critères techniques d'acceptation.

### 12.2.2.5. Défaillance d'une pompe primaire (rotor bloqué) – état A (DBC4)

La puissance de l'EPR NM étant supérieure à celle de l'EPR Flamanville, une variation plus importante du RFTC au cours du transitoire peut être attendue.

Le seuil de surveillance du RFTC sera dimensionné de façon à démontrer le respect du critère technique d'acceptation relatif au nombre de crayons en crise d'ébullition en cas de rotor bloqué.

Par ailleurs, l'utilisation d'assemblages combustible à onze grilles de mélange permet d'améliorer le comportement vis-à-vis de la crise d'ébullition pour ce transitoire.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

### 12.2.2.6. Ejection de grappe – états A et B (DBC4)

#### 12.2.2.6.1. Aspects court terme

Le passage à un schéma de grappes composé uniquement de grappes « noires » augmente le poids neutronique des grappes éjectées et peut donc conduire à des transitoires d'éjection de grappe court terme plus pénalisants.

L'utilisation d'assemblages combustible à onze grilles de mélange permet d'améliorer le comportement vis-à-vis de la crise d'ébullition pour ce transitoire. En particulier, l'ajout de grilles de mélange dans la partie haute du cœur, permet d'améliorer les performances de l'assemblage pour les distributions de puissance piquées dans le haut du cœur qui sont pénalisantes pour l'étude d'éjection de grappe court terme.

Enfin, les requis de performances en termes de suivi de charge et de FPPR avec grappes insérées étant moins exigeants pour l'EPR NM que pour l'EPR Flamanville, un moindre impact de ces modes de fonctionnement est attendu sur le sous-épuisement dans la partie haute du cœur (à composition et insertion des grappes données), ce qui devrait limiter le poids des grappes éjectées et faciliter le respect des critères techniques d'acceptation. Si nécessaire dans le cadre du rapport de sûreté en support à la demande d'autorisation de création, les insertions limites des grappes de contrôle pourront être adaptées.

#### 12.2.2.6.2. Aspects moyen terme

Par rapport à l'EPR Flamanville, les modifications apportées aux systèmes RBS et ARE sont favorables à la mitigation de ce transitoire.

La modification du piquage d'injection RBS permet une arrivée plus rapide du bore dans le cœur à la suite du démarrage du RBS en cas d'éjection de grappe, et l'ajout d'une troisième pompe RBS permet l'injection plus rapide d'une plus grande quantité de bore dans le cœur du réacteur.

L'optimisation de l'ARE favorise le respect des critères techniques d'acceptation en limitant le refroidissement primaire.

D'autre part, le passage à un schéma de grappes uniquement composé de grappes « noires » permet d'améliorer la marge d'antiréactivité. Par ailleurs, le CMS sera utilisé pour la surveillance en ligne de la marge d'arrêt considérée pour l'aspect moyen terme de l'étude d'éjection de grappe du rapport de sûreté.

### 12.2.2.7. Accident de perte de réfrigérant primaire, Brèche Intermédiaire (BI) – états A et B (DBC4)

Le transitoire d'APRP BI initié en puissance est directement impacté par la puissance de l'EPR NM.

Ce transitoire est l'un des transitoires dimensionnant le système d'injection de sécurité.

Le dimensionnement du système RIS est cohérent avec le niveau de puissance de l'EPR NM (volume et pression de décharge des accumulateurs, débit et pression de refoulement des pompes ISMP et ISBP).

Par ailleurs, la gestion du combustible de l'EPR NM est définie de façon à limiter le FΔH en fonctionnement normal. Ceci limite la puissance du crayon chaud à l'instant initial du transitoire APRP, et limite ainsi la température de gaine au cours du transitoire. La surveillance en ligne du FΔH considéré dans l'étude d'APRP BI pourrait être réalisée à l'aide du CMS.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

#### 12.2.2.8. Rupture de tuyauterie d'alimentation en eau des GV, ARE en fonctionnement – états A et B (DBC4)

Le transitoire de rupture de tuyauterie d'eau alimentaire est [ ] directement impacté par la puissance de l'EPR NM.

Le dimensionnement du système ASG est cohérent avec le niveau de puissance de l'EPR NM (reconduction de la technologie et du dimensionnement des pompes de l'EPR Flamanville avec classement de la quatrième pompe).

#### 12.2.2.9. Interaction Pastille Gaine

La puissance linéique moyenne nominale de l'EPR NM étant supérieure à celle de l'EPR Flamanville, un impact sur les marges vis-à-vis du phénomène IPG est attendu.

Néanmoins, les exigences de performance en termes de durée de FPPI pour l'EPR NM sont inférieures aux durées autorisées dans les conditions les plus défavorables pour l'EPR Flamanville. Ces moindres requis de performance limitent le déconditionnement du combustible qui peut avoir lieu en fonctionnement prolongé à puissance intermédiaire et devraient donc permettre d'améliorer les marges vis-à-vis du phénomène IPG.

D'autre part, des fonctions de protections dédiées permettront d'anticiper l'AAR pour certains transitoires. Par exemple, la redondance des mesures de position de grappes permettrait de rapidement détecter les chutes de grappes. Une adaptation du système de protection est également étudiée afin d'accélérer le déclenchement de l'AAR en cas d'accident de refroidissement.

### 12.2.3. CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT AVEC DEFAILLANCES MULTIPLES (DEC-A)

Les conditions de fonctionnement DEC-A potentiellement limitatives sur la base du rapport de sûreté de l'EPR Flamanville sont les suivantes :

- ATWS par blocage mécanique des grappes, c'est-à-dire cumul de conditions de fonctionnement DBC2-3 avec un échec de l'arrêt automatique du réacteur en raison du blocage mécanique des grappes ;
- perte de l'alimentation en eau des GV, ARE en fonctionnement (états A et B), cumulée à une Défaillance de Cause Commune (DCC) affectant les quatre pompes ASG.

#### 12.2.3.1. ATWS par blocage mécanique des grappes, c'est-à-dire cumul de conditions de fonctionnement DBC2-3 avec un blocage mécanique des grappes

Par rapport à l'EPR Flamanville, l'injection directe du RBS dans la boucle primaire, sans passer par un tronçon de tuyauterie RIS, permet une arrivée plus rapide du bore dans le cœur, ce qui est favorable pour certains transitoires avec AAR et blocage mécanique de grappes (ATWS – DEC-A).

#### 12.2.3.2. Perte de l'alimentation en eau des GV, ARE en fonctionnement (états A et B), cumulée à une DCC affectant les quatre pompes ASG

Ce transitoire est [ ] directement impacté par la puissance de l'EPR NM.

Pour ce transitoire, le refroidissement du circuit primaire est effectué par l'opérateur via le « Gavé-Ouvert » consistant à démarrer l'injection de sécurité et ouvrir les lignes de décharge du pressuriseur.

Le dimensionnement des lignes de décharge du pressuriseur est cohérent avec le niveau de

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

puissance de l'EPR NM. L'utilisation simultanée des deux lignes de décharge permet la dépressurisation du primaire.

L'augmentation du débit ISMP est favorable pour ce transitoire (trois pompes ISMP assurant un débit d'injection plus important que sur l'EPR Flamanville).

### 12.2.4. TRANSITOIRES DE SURPRESSIONS À CHAUD

Les catégories de fonctionnement, les règles d'étude des transitoires de surpression et les critères associés sont présentées dans le chapitre 3.9 du volume 1.

Les transitoires de surpressions pour les états en puissance (transitoires de surpressions à chaud) sont [ ] directement impactés par la puissance de l'EPR NM.

#### 12.2.4.1. Analyses de la protection contre la surpression du côté primaire

La protection contre la surpression du côté primaire est liée à la conception mécanique du Circuit Primaire Principal (CPP). Les dispositifs de protection permettent de limiter les surpressions pour l'ensemble des équipements du CPP. C'est le cas en particulier des soupapes de sûreté du pressuriseur et de l'arrêt automatique du réacteur qui constituent les accessoires de sécurité.

Le volume vapeur du pressuriseur ainsi que le dimensionnement de son système de décharge et de l'AAR sur haute pression pressuriseur sont adaptés au niveau de puissance de l'EPR NM.

Le dimensionnement du volume vapeur se fait en considérant les transitoires de surpression de deuxième catégorie initiés en puissance (en particulier, le manque de tension externe). En effet, pour ces transitoires, il faut démontrer la capacité de l'ensemble des accessoires de sécurité reconnus de haute fiabilité à limiter la pression atteinte lors des situations de deuxième catégorie à 100 % de la pression de conception. Les soupapes du pressuriseur ne devant pas être sollicitées en catégorie 2, il en résulte une augmentation de la hauteur du pressuriseur à diamètre inchangé.

Le système de décharge du pressuriseur et l'AAR sur haute pression pressuriseur sont dimensionnés par le transitoire catégorie 3 de fermeture intempestive des quatre vannes d'isolement vapeur et par les transitoires ATWS de catégorie 4.

Cette conception permet de limiter les surpressions pour l'ensemble des équipements du CPP.

#### 12.2.4.2. Analyses de la protection contre la surpression du côté secondaire

La protection contre la surpression du côté secondaire est liée à la conception mécanique du Circuit Secondaire Principal (CSP). Les dispositifs de protection permettent de limiter les surpressions pour l'ensemble des équipements du CSP. C'est le cas en particulier des soupapes de sûreté des générateurs de vapeur, de l'arrêt automatique du réacteur et éventuellement du système VDA qui constituent les accessoires de sécurité.

Le dimensionnement des soupapes de sûreté des générateurs de vapeur et du système VDA est adapté au niveau de puissance de l'EPR NM. Cette conception permet de limiter les surpressions pour l'ensemble des équipements du CSP.

### 12.2.5. TRANSITOIRES MEL P&T

Les conditions de fonctionnement et les règles d'étude des études de MEL et de Pression et Température (P&T) sont présentées dans le chapitre 3.9 du volume 1.

Les études des MEL participent aux études de dimensionnement de l'enceinte ou à la vérification de son dimensionnement ainsi qu'à la définition ou à la vérification des profils

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

(P,T) de qualification des équipements dans l'enceinte.

Le dimensionnement de l'enceinte est adapté au niveau de puissance de l'EPR NM.

Sur l'EPR NM, le système EAS (classé sûreté et démarrant automatiquement) permet de garantir une marge vis-à-vis du profil de qualification des matériels aux conditions d'ambiance dégradées dans l'enceinte (conditions de fonctionnement DBC et DEC-A). Cela permet de reconduire le profil de qualification des équipements existants sur l'EPR Flamanville, lui-même cohérent avec celui du parc EDF en exploitation.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

## 12.3. CONCLUSION DE L'ANALYSE D'IMPACT DU NIVEAU DE PUISSANCE

Compte tenu du niveau de puissance de l'EPR NM et du retour d'expérience de l'EPR Flamanville, des évolutions matérielles et d'exigences d'exploitation (présentées dans le chapitre 12.1 du présent volume) ont été apportées afin de permettre le respect des critères techniques d'acceptation pour les principaux transitoires [ ] de la démonstration de sûreté nucléaire.

Ces évolutions incluent notamment :

- l'adaptation des composants et des systèmes auxiliaires (RIS, RBS, ASG, ARE, VDA) au niveau de puissance de l'EPR NM ;
- une optimisation de la gestion du combustible et du schéma de grappes, valorisable dans certains transitoires tels que le manque de tension externe, la rupture de tuyauterie vapeur, la défaillance d'une pompe primaire ou la perte de réfrigérant primaire ;
- l'ajout du système EAS, valorisable pour les études MEL P&T ;
- l'évolution de l'instrumentation cœur (RPI, CMS basé sur la mesure de collectrons à émetteur rhodium), valorisable dans les transitoires de retrait incontrôlé d'une grappe en puissance et de chute de grappes (dans le cas du RPI) et dans les transitoires impliquant des marges de sous-criticité (dans le cas du CMS permettant la surveillance en ligne des marges d'arrêt) ;
- l'utilisation d'un assemblage à onze grilles de mélange permettant d'améliorer le comportement vis-à-vis de la crise d'ébullition, dans certains transitoires tels que l'éjection de grappe, le manque de tension externe ou la défaillance d'une pompe primaire. Ce bénéfice ne sera néanmoins pas valorisé dans le dossier support à la demande d'autorisation de création. La démonstration de sûreté nucléaire sera réalisée en valorisant les autres modifications matérielles et, si besoin, une diminution de certaines performances de manœuvrabilité de l'installation. Cette modification matérielle sera valorisée dans le rapport de sûreté en support à la demande de mise en service.

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).

# DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 2

This document is issued by Framatome (formerly AREVA NP) and/or EDF in the course of the EPR NM Project. The proprietary rights and right to use this document are set forth in the Cooperation Agreement executed between Framatome (formerly AREVA NP) and EDF with respect to EPR NM Project. This document contains confidential information and shall not be disclosed, whether partially or in whole, to any third party without the prior and written consent of EDF and/or Framatome (formerly AREVA NP).