

CHAPITRE 6

SYSTÈMES DE CONFINEMENT ET DE SAUVEGARDE

6.1 MATÉRIAUX

6.2 SYSTEMES DE CONFINEMENT

6.3 SYSTÈME D'INJECTION DE SÉCURITÉ ET DE REFROIDISSEMENT DU RÉACTEUR À L'ARRÊT (RIS-RA)

6.4 HABITABILITÉ DE LA SALLE DE COMMANDE

6.5 PRINCIPES D'INSPECTION EN SERVICE (HORS CPP/CSP)

6.6 ALIMENTATION DE SECOURS DES GÉNÉRATEURS DE VAPEUR (ASG)

6.7 SYSTÈME DE BORICATION DE SÉCURITÉ (RBS)

6.8 CIRCUIT DE DÉCHARGE À L'ATMOSPHÈRE (VDA)



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 6

SECTION 1

PAGE 1/7

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

SOMMAIRE

.6.1 MATÉRIAUX	2
1. MATÉRIAUX MÉTALLIQUES	2
1.1. CONFORMITÉ À LA RÉGLEMENTATION	2
1.2. BASE DE CONCEPTION	2
1.3. MATERIAUX DES SOUDURES	3
2. MATÉRIAUX NON - MÉTALLIQUES	7

.6.1 MATÉRIAUX

1. MATÉRIAUX MÉTALLIQUES

1.1. CONFORMITÉ À LA RÉGLEMENTATION

Les matériaux métalliques utilisés pour les équipements sous pression de l'îlot nucléaire sont en règle générale couverts par des spécifications contenues dans des codes techniques qui doivent prendre en compte les exigences essentielles de sécurité de la réglementation conventionnelle ou nucléaire. Toutefois, d'autres matériaux (non couverts par les codes techniques) peuvent être utilisés sous réserve que les justifications appropriées soient apportées (au travers de spécifications dédiées).

Ceci comprend les codes nucléaires, les codes conventionnels et les normes harmonisées à partir du moment où ils obéissent aux exigences réglementaires. Par ailleurs, l'arrêté du 12/12/2005 (modifié par l'arrêté du 30/12/2015) relatif aux équipements sous pression nucléaires impose pour les matériaux des équipements sous pression nucléaires :

- des exigences de radioprotection définies par des guides professionnels sur la base de prescriptions contenues dans l'annexe 4 de l'arrêté du 12/12/2005 (modifié par l'arrêté du 30/12/2015),
- le respect de règles de l'art contenues dans des guides professionnels pour les équipements de catégorie de risques 0 et de niveaux N1 ou N2.

Pour les parties importantes non soumises à pression de ces matériels, les matériaux utilisés sont également couverts par des codes techniques et soumis aux exigences réglementaires. C'est le cas, par exemple, des équipements internes de cuve et des supports de composants.

1.2. BASE DE CONCEPTION

Les spécifications des codes définissent les exigences en matière de :

- Composition chimique,
- Procédé d'élaboration,
- Propriétés mécaniques,
- Essais.

Ces exigences permettent d'obéir à des objectifs de comportement, prenant en compte l'utilisation prévue (exemple : limiter la fragilisation par irradiation des matériaux de la cuve).

Un principe fondamental est de reconduire les matériaux et leurs procédés d'élaboration lorsqu'ils ont fait leur preuve pour une utilisation sur les REP. Par exemple, les matériaux principaux reconduits pour les équipements du circuit primaire principal sont : [] pour la cuve, [] pour les GV et le pressuriseur, [] pour les branches primaires, [] pour les pompes primaires, Inconel [] pour les faisceaux tubulaires de GV. En fait, tous les matériaux prévus d'être utilisés sur l'EPR sont déjà employés sur des tranches françaises ou allemandes en exploitation, aux deux exceptions majeures suivantes.

- Stellite :

Afin de réduire l'utilisation du stellite (alliage contenant du cobalt de façon significative), de nouveaux matériaux sont utilisés pour des parties d'équipements qui demandent une dureté particulière (portée d'étanchéité de robinets, composant d'internes de cuve). Ces nouveaux matériaux sont effectivement employés pour réduire la radioactivité contenue dans les circuits qui contiennent du fluide primaire, en cohérence avec les exigences de la nouvelle réglementation (l'arrêté ESPN demande de faire un choix de matériau en fonction de sa possible activation). On rappelle que le cobalt 60 contenu dans le stellite est le résultat d'une activation et qu'il contribue fortement à la radioactivité ambiante. Comme

nouveau matériau, on peut citer le [] pour les portées d'étanchéité de certains robinets et [] utilisé pour les pilotes solénoïdes des soupapes du pressuriseur.

- []

Pour les lignes vapeur principales du CSP, il a été retenu un acier de nuance []. Le choix de ce matériau correspond à une optimisation des caractéristiques mécaniques et de la ténacité par rapport à celui envisagé antérieurement ([] équivalent au [], utilisé sur le palier N4 pour ces lignes). Le choix de cette nuance a été conditionné par la volonté de disposer d'une nuance, d'une part, ayant des références industrielles (nuance appelée par la norme européenne standard EN 10216 par exemple pour les tubes sans soudures et dans les catalogues d'aciéristes) et, d'autre part, restant proche de la nuance [] de façon à limiter les risques associés au changement (soudabilité, etc.). Le choix de ce matériau est accompagné d'impositions supplémentaires relatives à la propreté inclusionnaire, ainsi qu'à des niveaux de caractéristiques mécaniques élevés. De plus, la teneur en aluminium de cette nuance est adaptée pour limiter les risques de vieillissement dynamique après déformation (acier calmé). Par conséquent, ce choix est de nature à garantir une robustesse, une ténacité et une prévention du risque de rupture brutale, ce qui permet notamment de disposer de marges suffisantes pour la démonstration « d'exclusion de rupture » sur les lignes VVP intérieur et extérieur BR (voir sous-chapitre 10.5).

Les matériaux sont qualifiés à partir du code de construction retenu en fonction de ses différents classements (classement réglementaire et sûreté). Néanmoins, dans les cas où le composant est le même que celui existant sur une centrale en exploitation, le matériau ainsi que son mode d'élaboration sont reconduits à l'identique.

A ce sujet, on peut noter :

- l'utilisation d'un acier inoxydable martensitique pour une partie de l'enceinte sous pression du carter des MCG de l'EPR (issus de la conception Konvoy),
- l'utilisation d'un acier austénitique stabilisé pour une partie de l'enceinte sous pression du carter des MCG de l'EPR (issus de la conception Konvoy).

En général, pour les équipements sous pression en acier austénitique, la nuance « bas carbone » a été retenue, compte tenu qu'il s'agit d'un matériau qui a fait ses preuves sur le parc français. Les aciers austénitiques stabilisés ne seront donc a priori pas utilisés, ce qui est de nature à éviter les problèmes de soudabilité entre des aciers bas carbone et des aciers stabilisés. Néanmoins, s'il s'avérait nécessaire pour une partie de l'installation d'utiliser des aciers stabilisés (choix éprouvé sur des installations existantes), une justification serait apportée (Voir ci-dessus le cas des MCG, à relier à la section 5.3.4 du RDS).

Tous les matériaux qui produisent, au contact de leur environnement en situations normales ou accidentelles, des produits chimiques susceptibles de brûler, exploser ou de présenter des risques sont en principe interdits ou leur utilisation est soumise à des règles définies au cas par cas. Par exemple, le zinc et l'aluminium sont limités à l'état métallique dans le BR, lorsqu'ils ne sont pas protégés d'une aspersion enceinte directe (EVU).

Les matériaux (et les impuretés qu'ils contiennent) qui peuvent contribuer à augmenter la radioactivité du circuit primaire seront limités (en quantité) autant que possible.

1.3. MATERIAUX DES SOUDURES

Dans le cadre de la fabrication et du montage des équipements sous pressions nucléaires, le soudage (incluant les revêtements en acier inoxydable et alliage durs déposés par soudage) constitue un des modes d'assemblage permanent utilisés pour les matériaux.

Ainsi, de manière analogue aux matériaux de base, les matériaux d'apport (désigne également les métaux déposés lors d'opération de soudage) sont choisis au regard des conditions d'utilisation attendues, à savoir les conditions de fonctionnement (chargements appliqués et température de fonctionnement) ainsi que les conditions environnementales qui peuvent avoir un impact sur les modes de dégradation et de vieillissement des composants, incluant l'évolution des propriétés

mécaniques ainsi que les phénomènes d'altération (types corrosion). Ce choix est également guidé par le retour d'expérience de leur utilisation sur des REP ainsi que les développements disponibles. En outre, il conduit à prendre également en compte un paramètre essentiel qui est la limitation des sources radioactives potentielles, conformément au guide de radioprotection EDF de référence ENRE060109. L'objectif étant de prendre en considération, dès la conception, et en application de la réglementation, les modes d'endommagement susceptibles d'affecter les composants des REP.

Un matériau de base est déclaré d'autant plus apte au soudage que sont larges les choix possibles des procédés de soudages et des matériaux d'apport, et le domaine des variables des modes opératoires de soudage utilisables pour réaliser des soudures de qualité. En effet, il est nécessaire de disposer de matériaux pouvant être soudés facilement afin de garantir les propriétés nécessaires des soudures et des zones affectées thermiquement (ZAT). Les exigences sur les matériaux de base doivent également être satisfaites sur le métal fondu et ne doivent pas être altérées en ZAT. Ces matériaux d'apport doivent en effet être compatibles avec les matériaux de base qu'ils associent. Ainsi, au-delà de la soudabilité des matériaux de base, la sélection des matériaux et l'optimisation des conditions de soudage sont des points techniques primordiaux.

Ces matériaux d'apport sont utilisés pour la réalisation de soudures de résistance, d'étanchéité, des beurrages et/ou revêtements et des réparations par soudage. Pour autant, l'utilisation d'un matériau d'apport sur les composants de l'îlot nucléaire de niveau N1 et plus largement d'un mode opératoire de soudage doit être précédée par la vérification des prescriptions définies dans les codes techniques (éventuellement complétées par des spécifications particulières), à savoir :

- Les essais de recette des matériaux d'apport,
- La qualification des procédés de soudage,
- La qualification des soudeurs et opérateurs pour l'application de ces procédés de soudage,
- La qualification des matériaux d'apport (dans le cas particuliers des matériaux réalisés par des fabricants sous marques déposées),
- La qualification des ateliers.

Les procédés de soudage couramment mis en œuvre pour la réalisation de ces assemblages permanents de niveau N1 sont ceux qui ont déjà fait leurs preuves sur les précédents REP.

Ainsi, plusieurs matériaux d'apport et procédés de soudage associés sont mis en œuvre pour l'assemblage de composants de l'îlot nucléaire de niveau N1 constitués eux-mêmes de différents matériaux de base. Une description de ces matériaux d'apport et procédés associés est détaillée ci-dessous. Cette description, non exhaustive, est présentée à titre indicatif et ne tient pas compte de l'ensemble des évolutions ou changements ayant pu subvenir durant le soudage des composants présentés :

1) Les aciers faiblement alliés (pour certains revêtus) principalement utilisés pour la réalisation des enceintes sous pression de grandes dimensions des matériels mécaniques du circuit primaire principal (CPP) et du circuit secondaire principal (CSP). Il s'agit principalement des enceintes sous pressions de la cuve, du générateur de vapeur et du pressuriseur. Les matériaux d'apport et procédés associés sont décrits ci-après :

- Les assemblages des enceintes constituant ces équipements sont réalisés à l'aide de procédé automatique à l'arc avec fil (référence S4 Mo Ni 0,5 (EN 756) ou EF2 (AWS A 5.23)) et flux (référence SF CS1 64 AC) dans le cas de la cuve. Le même procédé est utilisé sur le pressuriseur et le générateur de vapeur (Fil référence S3 Ni 1 Mo (EN 756) et Flux référence SA FB 1 53 DC H5 (EN 760)). Le retour d'expérience sur l'utilisation de ces couples de métaux d'apport n'a pas mis en évidence de difficultés en termes de soudage, d'inspection et d'exploitation. A noter que le procédé manuel à l'électrode enrobé (E8018 (AWS A5.5) est utilisé pour les réparations sur les enceintes. Pour les soudures en zone irradiée de la cuve, joint C1/C2, C2/E, les métaux déposés ont une composition chimique différente des autres joints pour tenir compte des effets de l'irradiation (vieillessement) et de l'activation de certains éléments. Dans ce cadre, le code technique donne des impositions complémentaires pour la zone de cœur.

- Afin d'écartier les risques de corrosion, les enceintes primaires (et tubulures associées) sont protégées par un revêtement en acier inoxydable. Par ailleurs, la partie courante de la plaque tubulaire du générateur de vapeur est également revêtue avec le métal d'apport ER Ni Cr Fe 7 (électrodes type 52).

2) **Les assemblages associés aux aciers inoxydables austénitiques et austéno-férritiques (volute de pompes primaires) utilisés pour la fabrication des enceintes sous pression des matériels mécaniques de petites et moyennes dimensions et tuyauteries sur le CPP et le CSP :**

- Les assemblages entre les embouts de sécurité de la cuve et du GV ou l'extrémité de la tubulure de la pompe primaire avec les tuyauteries primaires. Il s'agit de soudures homogènes réalisées avec le procédé automatique TOCE (TIG Orbital Chanfrein Etroit) à l'aide du matériau d'apport ER316L (nuance ER316LSi). Ce procédé (ainsi que le métal d'apport) est également utilisé pour la réalisation des soudures circonférentielles bout à bout des tuyauteries primaires et de la ligne d'expansion du pressuriseur. Le métal d'apport de nuance ER 316LSi répond aux exigences de la nuance ER 316L du RCCM sauf pour la valeur spécifiée du Si sur produit qui est de 0.5 à 0.9% % (au lieu de $Si \leq 0.6\%$ pour la nuance ER316L du RCCM). Cette teneur en Si dans le métal d'apport de nuance type AWS 316L améliore la soudabilité opératoire ainsi que les propriétés mécaniques, et évite la formation de porosité (par rapport à la nuance ER316L). Par ailleurs, le procédé de soudage utilisé permet d'obtenir une meilleure ténacité du métal déposé grâce à une propreté améliorée, c'est-à-dire une teneur en inclusions plus basse. Ces soudures gardent de bonne propriétés malgré un potentiel mais limité effet de vieillissement thermique.
- Les soudures des manchettes thermiques, des bossages et des écopes réalisées avec les procédés TIG manuel et à l'arc électrique manuel à l'électrode enrobée à l'aide du matériau d'apport de type E316L.
- Les soudures relatives aux tuyauteries auxiliaires de niveau N1. Il s'agit notamment des soudures circulaires tubes/tubes ou d'angles bossages/tubes. Ces assemblages sont réalisés à l'aide des procédés TIG manuel avec métal d'apport de nuance de type ER 316L et à l'arc électrique manuel à l'électrode enrobée avec métal d'apport de nuance de type E 316L15 et fil/flux (E316L).
- Les clapets et vannes en acier inoxydable austénitique des circuits auxiliaires sont soudées à l'aide des procédés TIG manuel avec métal d'apport de nuance de type ER 316L et à l'arc électrique manuel à l'électrode enrobée avec métal d'apport de nuance de type E 316L.
- Les soudures homogènes entre parties résistantes à la pression des MCG et de l'instrumentation de cœur réalisées avec le procédé TIG manuel à l'aide du matériaux d'apport de désignation EN 12072 – W 19 9 Nb.

Les compositions des matériaux d'apports cité dans le présent paragraphe sont proches des compositions des matériaux de base qu'ils assemblent avec une légère adaptation de ces compositions afin d'obtenir une certaine quantité de ferrite dans la matrice austénitique. Cette ferrite permet de réduire la formation de défauts lors de la solidification. Par ailleurs, aucun traitement thermique n'est effectué après la réalisation de ces soudures.

3) **Les assemblages associés aux alliages base nickel utilisés principalement sur le CPP notamment dans le cadre des tubes et plaques de partition des générateurs de vapeur et de certaines pénétrations de composants primaires :**

Ces alliages présentent une ductilité et une résistance à la rupture très élevées. En outre, ils ont de meilleures caractéristiques mécaniques à haute température par rapport aux aciers inoxydables austénitiques et des propriétés de transfert de chaleurs améliorées. A noter qu'afin de limiter les problématiques de corrosions rencontrées avec l'alliage 600 initialement utilisé, l'alliage 690 (avec une teneur en chrome renforcée) a été choisi en remplacement. Cet alliage démontre une résistance accrue à la corrosion (même en milieu chlorurés). Toutefois, du fait de la relative sensibilité de ces aciers à la microfissuration à chaud, leur soudage nécessite des conditions adaptées notamment pour le métal déposé et la ZAT.

Les matériaux d'apport utilisés pour l'assemblage de ces alliages doivent ainsi présenter les mêmes caractéristiques mécaniques et chimiques que ces derniers. Ainsi, des optimisations ont été nécessaires pour réduire cette sensibilité, notamment avec la diminution des impuretés et le respect d'un équilibre Nb/Si correct. De même, ils doivent présenter une meilleure résistance à la

corrosion. Ainsi, l'utilisation de matériaux d'apport de type ER Ni-Cr-Fe 7 (respectivement, électrodes type 152 ou fil type 52) est privilégié en remplacement des alliages types 82 ou 182. Il s'agit notamment des adaptateurs de couvercle de cuve, le tube d'évent, les supports M de la cuve, l'attente de plaque de partition et la plaque de partition qui sont soudées sur le revêtement en contact avec le fluide primaire. Mais également lors du soudage des tubes du générateur de vapeur.

4) **Les alliages durs principalement utilisés sous la forme de revêtements déposés par soudage sur les parties fonctionnelles de matériels mécaniques pour améliorer les propriétés de frottement, d'usure et d'étanchéité au niveau des zones de contacts entre deux composants.** Deux types d'alliages durs sont présents dans les équipements en contact avec le milieu primaire dans l'EPR. Il s'agit des alliages durs base cobalt et les alliages durs sans cobalt :

- Les alliages durs base cobalt : deux nuances d'alliages durs base Cobalt sont notamment utilisées. Il s'agit du "Stellite grade 6", et du "Stellite grade 12". Ces alliages sont toutefois à éviter dans la mesure du possible pour les raisons évoquées au §1.2, excepté pour certaines applications où aucun autre procédé avec un matériau alternatif présentant des propriétés suffisantes n'est actuellement qualifié. Pour les pièces massives de petites dimensions, la nuance "Haynes 25 » est utilisée. Par ailleurs, pour le rechargement dur des extrémités des cliquets de MCG, les alliages de type EN 7400 RCo2 ou S Co2 sont utilisés.
- Les alliages durs sans cobalt : il s'agit des alliages base fer de type \square et \square .

5) **Les assemblages par soudage de matériaux de base hétérogènes. Il s'agit des principales liaisons dites bimétalliques (LBM) qui se retrouvent tant sur le CPP que sur le CSP :**

- Le raccordement par soudage des embouts de sécurité en acier inoxydable austénitique aux tubulures (revêtues) en acier faiblement allié de la cuve, du générateur de vapeur et du pressuriseur est réalisé par des LBM. Ce raccordement est effectué avec des matériaux d'apport en alliage base nickel type Inconel 52 à l'aide du procédé TIG Chanfrein Etroit (TCE), permettant ainsi d'assurer une meilleure transition métallurgique et mécanique entre les 2 matériaux de base. Ce type d'assemblage présente de nombreux avantages. En effet, Le procédé de soudage TCE est moins sensible vis-à-vis du risque de défaut technologique (absence de collage, soufflure, ...) ou métallurgique (absence de fissure à chaud). La LBM TCE 52 présente également des caractéristiques métallurgiques et mécaniques optimales. De plus, Le matériau d'apport utilisé pour réaliser les LBM TCE répond à la fonction de résistance à la corrosion primaire.
- Dans le cas des carters des MCG, la partie en acier inoxydable martensitique est assemblée par soudage à ses deux extrémités, respectivement à la gaine de tige de commande et à la bride qui sont en acier inoxydable austénitique. Ces LBM sont effectuées à l'aide du procédé TOCE .Le métal déposé doit être entièrement austénitique et dans un état stable. De plus, il doit pouvoir subir un traitement thermique élevé permettant d'obtenir obtenir une ténacité suffisante dans la ZAT de l'acier martensitique. C'est la raison pour laquelle l'alliage base nickel NiCr20Mn3Nb (Ni 6082) suivant EN ISO 18274 (comparable à l'alliage type 82) a été utilisée pour cette application.
- Les raccords par soudage des tubulures ARE et ASG du générateur de vapeur en acier faiblement allié 18MND5 aux manchettes thermiques correspondantes en acier inoxydable austénitique. Cette conception, particulière à l'EPR FA3, a nécessité :
 - D'une part la réalisation d'une LBM pour le raccordement de la ligne ASG en acier inoxydable austénitique (pour réduire le risque de corrosion-érosion) à la tubulure ASG du générateur de vapeur en acier faiblement allié. Ce raccordement consiste tout d'abord en un beurrage de la tubulure avec le procédé à l'arc électrique manuel à l'électrode enrobée à l'aide des matériaux d'apport E309L et E308L. Le soudage de la manchette sur le beurrage s'effectue ensuite en TIG manuel avec un fil de type ER308L pour la passe de racine et à l'arc électrique manuel avec électrode enrobée E308L.
 - D'autre part un raccordement par soudage de la tubulure ARE sur la manchette thermique en acier inoxydable austénitique mise en place dans le cadre de la réalisation d'un tore d'eau compte-tenu des chargements thermiques potentiels vus par cette zone. Cette LBM est constituée d'un beurrage réalisé de manière identique à celui décrit ci-

dessus. Le soudage de la manchette thermique sur le beurrage s'effectue ensuite en TIG manuel avec un fil de type ER308L.

- 6) **Assemblages associés aux aciers non alliés et carbone-manganèse (C-Mn) principalement utilisés pour la réalisation des enceintes sous pression des matériels mécaniques du circuit secondaire principal (CSP). Il s'agit essentiellement des matériels situés sur les circuits VVP, ARE et VDA de niveau N1.** La structure métallurgique des soudures de ces aciers dépend grandement de deux facteurs principaux: la composition chimique du matériau d'apport ainsi que les cycles de chauffage des métaux déposés. En effet, les séquences de soudage peuvent influencer sur les types de structure métallurgique du métal déposé. Ainsi, afin de contrôler la structure ainsi que les caractéristiques mécaniques des métaux déposés, il est primordial d'ajuster leurs compositions chimiques et les cycles de température (au travers des paramètres de soudage), incluant le traitement thermique de détensionnement. Les matériaux d'apport ainsi que les procédés de soudage associés mis en œuvre pour la réalisation de soudures circulaires tubes/tubes ou tubes/équipements en ligne (robinets, points fixes, etc.) et soudures d'angle tubes/bossage sont les suivants :
- Les fils de désignation EML5 et EMK35Cr pour la réalisation des passes racine et de soutien à l'aide du procédé à l'arc manuel TIG. L'utilisation du fil EMK35Cr est à privilégier compte tenu de sa teneur en chrome qui permet de limiter la dégradation par corrosion-érosion.
 - Les électrodes de désignation E7018 et E8018 pour la réalisation des passes de remplissage avec le procédé à l'arc électrique manuel à l'électrode enrobée. Ces électrodes enrobées ont été initialement utilisées sur les circuits ARE, VDA et VVP (soumis au référentiel Exclusion De Rupture « EDR ») de niveau N1. Toutefois, au regard des leurs caractéristiques de ténacité, elles sont prévues d'être retirées sur les soudures VVP (soumise au référentiel exclusion de rupture) et sur la soudure de raccordement de la ligne ARE sur le générateur de vapeur, au profit de l'électrode enrobée de désignation TENACITO R qui présente de meilleurs caractéristiques et un meilleur retour d'expérience dans le cadre de cette application.
 - Le fil de désignation DMO-IG (ER.70S-A1) pour la réalisation des passes de remplissage avec le procédé TIG automatique. Il est essentiellement mis en œuvre sur les lignes VVP soumises au référentiel EDR du fait de sa conformité aux exigences associées à ce référentiel et de sa ténacité jugée satisfaisante. Toutefois, son utilisation sur site peut être contrainte par une accessibilité insuffisante.
 - Les matériaux d'apport EMK12 (couple fil/flux) mis en œuvre avec le procédé automatique à l'arc avec fil sous flux en poudre pour la réalisation en préfabrication de soudures sur les circuits ARE et VVP EDR. Toutefois, pour les mêmes raisons que celles relatives aux soudures réalisées avec les électrodes enrobées E7018 et E8018, ces métaux déposés sont prévus d'être retirés au profit de l'électrode enrobée de désignation TENACITO R.

2. MATÉRIAUX NON - MÉTALLIQUES

Il n'y a pas d'exigences homogènes pour les matériaux non-métalliques. Elles sont donc présentées dans les sections du RDS correspondantes.

6.2 SYSTEMES DE CONFINEMENT

6.2.1 EXIGENCES RELATIVES À LA FONCTION CONFINEMENT ET DESCRIPTION FONCTIONNELLE

6.2.2 SYSTÈME DE MISE EN DÉPRESSION DE L'ESPACE ENTRE ENCEINTES (EDE)

6.2.3 ISOLEMENT DE L'ENCEINTE

6.2.4 CONTRÔLE DES GAZ COMBUSTIBLES (ETY)

6.2.5 CONTRÔLE DU DÉBIT DE FUITE ET ESSAIS

6.2.6 PROTECTION DU RADIER

6.2.7 CIRCUIT D'ÉVACUATION DE PUISSANCE DE L'ENCEINTE (EVU)




SOMMAIRE

.6.2.1 EXIGENCES RELATIVES À LA FONCTION CONFINEMENT ET DESCRIPTION FONCTIONNELLE	6
0. EXIGENCES DE SÛRETÉ	6
0.1. OBJECTIFS DE SÛRETÉ	6
0.2. CADRE RÉGLEMENTAIRE	6
0.3. EXIGENCES DE SÛRETÉ	7
0.3.1. EXIGENCES DE SÛRETÉ LIÉES AUX STRUCTURES, AUX SYSTÈMES ET AUX ÉQUIPEMENTS CONTRIBUANT À LA FONCTION CONFINEMENT	7
1. FONCTION CONFINEMENT DE L'ENCEINTE	8
1.1. HYPOTHÈSES GÉNÉRALES POUR LA FONCTION CONFINEMENT DE L'ENCEINTE	9
1.2. CONCEPTION DES TRAVERSÉES DE L'ENCEINTE	10
1.3. PRÉVENTION DU BYPASS DE L'ENCEINTE	11
1.3.1. FUITES POTENTIELLES À TRAVERS L'ENCEINTE INTERNE	11
1.3.2. TRAVERSÉES	11
1.3.3. CIRCUITS RÉPONDANT À LA DÉFINITION DE « CIRCUIT FERMÉ DANS L'ENCEINTE »	12
1.3.4. CIRCUITS CONSTITUANT UNE EXTENSION DE LA TROISIÈME BARRIÈRE	12
1.3.5. CAS DU RIS ET DE L'EVU	13
1.3.6. RADIER	13
1.3.7. CONCLUSION	13
2. FONCTION CONFINEMENT DES BÂTIMENTS PÉRIPHÉRIQUES ET DU BTE	13
2.1. BÂTIMENTS PÉRIPHÉRIQUES	13
2.1.1. INTERFACE AVEC LE CONFINEMENT DU BÂTIMENT RÉACTEUR EN CAS DE RELÂCHEMENT D'ACTIVITÉ DANS LE BÂTIMENT RÉACTEUR	13
2.1.2. CAS □ DES BAS	15
2.1.3. CAS DU BÂTIMENT COMBUSTIBLE	15

2.1.4. CAS DU BÂTIMENT DES AUXILIAIRES NUCLÉAIRES	16
2.2. CAS DU BÂTIMENT DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS	16
3. DÉFINITION ET ANALYSE DES CAS DE CHARGE DE L'ENCEINTE ET TEMPÉRATURE DE L'ENCEINTE DE CONFINEMENT	17
3.1. DÉFINITION DES CAS DE CHARGE DE L'ENCEINTE ET OBJECTIF DE L'ANALYSE	17
3.2. DÉFINITION DES MASSES ET ÉNERGIES LIBÉRÉES LORS DES INCIDENTS ET ACCIDENTS CONSIDÉRÉS POUR LA CONCEPTION DE L'ENCEINTE	17
3.2.1. APRP GROSSE BRÈCHE ET BRÈCHE INTERMÉDIAIRE (PCC)	17
3.2.2. APRP 2A	19
3.2.3. RUPTURE DE TUYAUTERIE VAPEUR	20
3.2.4. APRP □ SANS ISBP (RRC-A)	21
3.2.5. MDTG + BJPP EN ÉTAT A SUR 24 H ET PERTE DE LA STATION DE POMPAGE SUR 100 H + BJPP (RRC-A)	22
3.2.6. PERTE DE LA STATION DE POMPAGE EN ÉTATS CB2 À D (RRC- A)	24
3.2.7. PERTE DE LA STATION DE POMPAGE EN ÉTAT E (RRC-A) .	25
3.2.8. MANQUE DE TENSION GÉNÉRALISÉ EN ÉTAT CB2 (RRC-A)	27
3.2.9. MANQUE DE TENSION GÉNÉRALISÉ EN ÉTAT D (RRC-A) . .	28
3.2.10. MANQUE DE TENSION GÉNÉRALISÉ EN ÉTAT E (RRC-A) .	29
3.2.11. ACCIDENTS GRAVES	31
3.3. HYPOTHÈSES ET DONNÉES D'ENTRÉE DES CALCULS DE PRESSION ET TEMPÉRATURE ENCEINTE	31
3.3.1. DONNÉES D'ENTRÉE DES CALCULS DE PRESSION ET TEMPÉRATURE EN APRP, RTV, ET POUR LES SCÉNARIOS RRC- A	31
3.3.2. DONNÉES D'ENTRÉE DES CALCULS DE PRESSION ET TEMPÉRATURE EN ACCIDENTS GRAVES	32
3.4. RÉSULTATS DES ÉTUDES	32
3.4.1. PRESSION ET TEMPÉRATURE EN CAS D'APRP GB ET BI . .	32
3.4.2. PRESSION ET TEMPÉRATURE EN CAS D'APRP 2A	32
3.4.3. PRESSION ET TEMPÉRATURE EN CAS DE RTV	33
3.4.4. PRESSION ET TEMPERATURE EN CAS D'APRP □ SANS ISBP	34

3.4.5. PRESSION ET TEMPÉRATURE EN CAS DE MDTG + BJPP EN ÉTAT A SUR 24 H ET DE PERTE DE LA STATION DE POMPAGE SUR 100 H + BJPP	34
3.4.6. PRESSION ET TEMPÉRATURE EN CAS DE PERTE DE LA STATION DE POMPAGE EN ÉTATS CB2 À D	35
3.4.7. PRESSION ET TEMPÉRATURE EN CAS DE PERTE DE LA STATION DE POMPAGE EN ÉTAT E	35
3.4.8. PRESSION ET TEMPÉRATURE EN CAS DE MDTG EN ÉTAT CB2	36
3.4.9. PRESSION ET TEMPÉRATURE EN CAS DE MDTG EN ÉTAT D	36
3.4.10. PRESSION ET TEMPÉRATURE EN CAS DE MDTG EN ÉTAT E	37
3.4.11. PRESSION ET TEMPÉRATURE EN CAS D'ACCIDENTS GRAVES	38
3.4.12. COMPARAISON AVEC LES COURBES CARACTÉRISTIQUES RETENUES POUR LA CONCEPTION DE L'ENCEINTE DE CONFINEMENT	38
3.5. MISE EN COHÉRENCE AVEC L'ÉTAT FINAL DE CONCEPTION .	39
3.5.1. ARRÊT EN LOCAL DES POMPES RRI	39
3.5.2. MODIFICATION DE LA LOI DE TEMPÉRATURE D'INJECTION ASG EN CAS DE PERTE DE SOURCE FROIDE SUR 100 H EN ÉTAT A	40
3.5.3. AUGMENTATION DU VOLUME DE RÉTENTION	40
3.5.4. AUGMENTATION DU TEMPS DE RÉCUPÉRATION DU REFROIDISSEMENT DU RIS-RA SUITE À UN MDTE	42
3.5.5. PRISE EN COMPTE DE L'ÉCHAUFFEMENT DES COLONNES DE RÉFÉRENCE	43
3.5.6. MODIFICATION DES DÉBITS RIS	43
LISTE DES RÉFÉRENCES.	44

FIGURES :

FIG–6.2.1.1 IDENTIFICATION DES CHEMINS DES FUITES POTENTIELLES À TRAVERS UNE TRAVERSÉE	45
FIG–6.2.1.2 FIGURE GÉNÉRALE DES CHEMINS DE FUITES POTENTIELLES PROVENANT DU BÂTIMENT RÉACTEUR VERS L'ENVIRONNEMENT	46
FIG–6.2.1.3 APRP GB ET BI  PRESSIONS TOTALE ET PARTIELLE DE VAPEUR DE L'ENCEINTE (24 HEURES)	47
FIG–6.2.1.4 APRP GB ET BI  TEMPÉRATURES DE L'ATMOSPHÈRE ET DE ROSÉE (24 HEURES).....	48
FIG–6.2.1.5 APRP 2A EN BC ET BF PRESSIONS TOTALE ET PARTIELLE DE VAPEUR DE L'ENCEINTE (24 HEURES)	49
FIG–6.2.1.6 APRP 2A EN BC ET BF TEMPÉRATURES DE L'ATMOSPHÈRE ET DE ROSÉE (24 HEURES)	50
FIG–6.2.1.7 RUPTURE DE TUYAUTERIE VAPEUR PRESSIONS TOTALE ET PARTIELLE DE VAPEUR DE L'ENCEINTE (24 HEURES).....	51
FIG–6.2.1.8 RUPTURE DE TUYAUTERIE VAPEUR TEMPÉRATURES DE L'ATMOSPHÈRE ET DE ROSÉE (24 HEURES).....	52
FIG–6.2.1.9 APRP 2A EN BC TEMPÉRATURES DE L'ATMOSPHÈRE, DE ROSÉE ET DE LA PEAU MÉTALLIQUE.....	53
FIG–6.2.1.10 RUPTURE DE TUYAUTERIE VAPEUR TEMPÉRATURES DE L'ATMOSPHÈRE, DE ROSÉE ET DE LA PEAU MÉTALLIQUE.....	54
FIG–6.2.1.11 APRP  SANS ISBP (100 HEURES) PRESSIONS TOTALE ET PARTIELLE DE VAPEUR DE L'ENCEINTE ET TEMPÉRATURES DE L'ATMOSPHÈRE ENCEINTE ET DE ROSÉE	55
FIG–6.2.1.12 MDTG + BJPP EN ÉTAT A SUR 24 H ET PERTE DE LA STATION DE POMPAGE SUR 100 H + BJPP PRESSIONS TOTALE ET PARTIELLE DE VAPEUR DE L'ENCEINTE ET TEMPÉRATURES DE L'ATMOSPHÈRE ENCEINTE ET DE ROSÉE.....	56
FIG–6.2.1.13 PERTE DE LA STATION DE POMPAGE EN ÉTATS CB2 À D ET EN ÉTAT E (100 HEURES) PRESSIONS TOTALE ET PARTIELLE DE VAPEUR DE L'ENCEINTE ET TEMPÉRATURES DE L'ATMOSPHÈRE ENCEINTE ET DE ROSÉE.....	57

FIG–6.2.1.14 MDTG EN ÉTAT CB2 (24 HEURES), EN ÉTAT D ET EN ÉTAT E (100 HEURES) PRESSIONS TOTALE ET PARTIELLE DE VAPEUR DE L'ENCEINTE ET TEMPÉRATURES DE L'ATMOSPHÈRE ENCEINTE ET DE ROSÉE	58
FIG–6.2.1.15 ACCIDENTS ENVELOPPES EN APRP ET EN RTV PRESSION ENCEINTE COMPARÉE À LA COURBE CARACTÉRISTIQUE.....	59
FIG–6.2.1.16 ACCIDENTS ENVELOPPES EN APRP ET EN RTV TEMPÉRATURE DE ROSÉE ET ENCEINTE COMPARÉE À LA COURBE CARACTÉRISTIQUE	60
FIG–6.2.1.17 ACCIDENTS ENVELOPPES RRC-A PRESSION ENCEINTE COMPARÉE À LA COURBE CARACTÉRISTIQUE.....	61
FIG–6.2.1.18 ACCIDENTS ENVELOPPES RRC-A TEMPÉRATURES ENCEINTE COMPARÉES À LA COURBE CARACTERISTIQUE	62

.6.2.1 EXIGENCES RELATIVES À LA FONCTION CONFINEMENT ET DESCRIPTION FONCTIONNELLE

Cette section décrit le concept et fournit les exigences de dimensionnement relatives à la fonction confinement assurée par l'enceinte, les bâtiments périphériques (BAS, BAN et BK) et le BTE. Elle n'intègre pas les études relatives au cas de Fukushima qui sont décrites dans le chapitre 21.

La fonction confinement est fondée sur des caractéristiques et des moyens spécifiques utilisés pour limiter les dégagements d'activité dans les situations PCC-1 à 4, RRC-A et en situation d'accident grave. Les calculs de conséquences radiologiques correspondants sont décrits au sous-chapitre 15.3 pour les PCC, sections 19.1.4 pour les RRC-A et 19.2.3 pour les accidents graves.

La fonction confinement est assurée par :

- La 3^{ème} barrière telle que définie au sous-chapitre 3.1,
- La mise en dépression de l'espace entre enceinte via le circuit EDE et la paroi externe enceinte,
- Les circuits constituant une extension de la troisième barrière,
- Les moyens permettant de maintenir un confinement dynamique des bâtiments périphériques autour du bâtiment réacteur ou des locaux spécifiques à l'aide des dispositifs de ventilation et de filtration.

Des dispositions sont également prises pour assurer les caractéristiques de confinement statique en zone contrôlée des bâtiments périphériques en cas d'absence des systèmes de ventilation.

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

0.1. OBJECTIFS DE SÛRETÉ

La fonction confinement a pour objectif d'éviter la dispersion de substances radioactives dans l'environnement, plus particulièrement lors d'une situation accidentelle. Comparée aux générations précédentes de centrales nucléaires, la conception du confinement de l'EPR prend en compte les accidents avec fusion du cœur et rupture de la cuve à basse pression, et a pour objectif l'élimination pratique des fuites directes du bâtiment réacteur vers l'environnement.

Notamment, pour les accidents sans fusion du cœur, la fonction confinement doit permettre de respecter les objectifs radiologiques définis dans le paragraphe 0 du sous-chapitre 15.3 pour les PCC-1 à 4 et dans la section 19.1.4 pour les RRC-A.

Notamment, pour les accidents graves, la fonction confinement doit permettre de respecter les objectifs radiologiques définis au paragraphe 0 de la section 19.2.3. Pour prévenir la perte de confinement au niveau du radier en cas de fusion du cœur, une zone d'étalement du corium, où celui-ci est refroidi de manière adaptée, doit être aménagée pour les situations de fusion du cœur avec rupture de la cuve à basse pression.

Enfin, les séquences d'accident avec fusion du cœur impliquant un bypass de l'enceinte (via les générateurs de vapeur ou via les circuits connectés au système primaire et sortant de l'enceinte) doivent être pratiquement éliminées.

0.2. CADRE RÉGLEMENTAIRE

Il est constitué des Directives Techniques pour la conception et la construction de la prochaine génération de réacteurs nucléaires à eau sous pression adoptées pendant les réunions plénières du GPR et des experts allemands qui se sont tenues les 19 et 26 octobre 2000, plus précisément les paragraphes A.1.1, A.1.2, A.1.3, A.1.4, A.2, B.1.4, B.1.4.1, B.1.4.2, B.2.1, B.2.3.5, D.2.4, E.2.2.5, E.2.2.6, E.2.3.2, F, G.1, G.2 et G.4.

Aux Directives Techniques s'ajoutent les Prescriptions Techniques issues de la Décision n°2008 DC-0114 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 26 septembre 2008, plus précisément les prescriptions INB167-26, INB167-27 et INB167-28.

(Voir sous-chapitre 1.7 Conformité à la réglementation pour davantage d'informations)

0.3. EXIGENCES DE SÛRETÉ

0.3.1. Exigences de sûreté liées aux structures, aux systèmes et aux équipements contribuant à la fonction confinement

- Pour le bâtiment réacteur :

- Les paramètres de dimensionnement doivent être cohérents avec ceux obtenus pour les scénarios PCC et RRC-A et accident grave pris en compte pour la conception de la tranche (incluant la déflagration d'hydrogène) ;
- Les paramètres de dimensionnement doivent permettre une période de grâce d'au moins 12 heures sans système d'évacuation de la puissance en cas d'accidents graves ;
- Il ne doit pas y avoir de fuite directe de l'enceinte vers l'environnement ;
- La contamination de la nappe phréatique doit être évitée ;
- La puissance résiduelle doit être évacuée du bâtiment réacteur sans dispositif d'éventage ;
- Une valeur d'étanchéité doit être définie.



- Pour les bâtiments périphériques et le bâtiment de traitement des effluents :

- Une valeur d'étanchéité doit être définie pour les bâtiments périphériques ayant une fonction confinement, c'est-à-dire les bâtiments de sauvegarde (BAS), le bâtiment combustible (BK), le bâtiment des auxiliaires nucléaires (BAN) ainsi que pour le bâtiment de traitement des effluents (BTE) ;
- Des moyens adaptés doivent être prévus pour rétablir l'étanchéité des bâtiments de sauvegarde après une rupture à l'extérieur de l'enceinte de confinement du système d'injection de sécurité utilisé en mode d'évacuation de la puissance résiduelle.

- Pour le bâtiment combustible, le confinement doit être garanti.

- Pour le bâtiment réacteur et les bâtiments périphériques :

- Pour les circuits constituant une extension de la troisième barrière, des exigences d'étanchéité supplémentaires doivent être requises (voir [§ 1.3.](#))
- Les exigences liées à la protection contre les agressions internes et externes sont traitées dans les § 0.3 des chapitres décrivant les structures, les systèmes et les équipements participant à la fonction confinement.

Les exigences de sûreté des systèmes ou des fonctions contribuant à la fonction confinement, mentionnés ci-dessous, sont détaillées dans les sections correspondantes.

- L'isolement enceinte contribue à la fonction confinement en limitant la dispersion de produits radioactifs vers l'atmosphère extérieure dans certaines conditions accidentelles (voir section 6.2.3) ;
- Le système de contrôle des gaz combustibles (ETY) assure la réduction du risque lié à l'hydrogène (voir section 6.2.4) ;

- Le système d'évacuation de chaleur ultime (EVU) assure le contrôle des conditions à l'intérieur du bâtiment réacteur en RRC-A et en accident grave et la protection du radier en cas d'accident grave (voir section 6.2.7) ;
- Le système d'injection de sécurité (RIS) assurant l'évacuation de puissance en cas de PCC et RRC-A (voir sous-chapitre 6.3) ;
- Le système de ventilation de l'espace entre enceintes (EDE) contribue à la collecte et à la filtration des fuites potentielles à travers la paroi interne de l'enceinte (voir section 6.2.2) ;
- Le système d'extraction de fuite et de surveillance (EPP) contribue à la collecte des fuites potentielles associées à certaines traversées (voir section 6.2.5) ;
- Le système EBA permet de collecter et filtrer les fuites des vannes d'isolement enceinte EBA et TEG (voir section 9.4.5) ;
- Les systèmes de ventilation assurant le confinement dynamique (sens de transfert d'air et filtration) de tous les bâtiments périphériques contribue à la fonction confinement. Ils maintiennent notamment, pendant les états d'arrêt, le sens de transfert de l'air ainsi que la collecte des éventuels produits radioactifs vers les moyens de filtration avant rejet à la cheminée du BAN. En particulier, les systèmes ou portions de systèmes assurant le bon sens de transfert pendant les états d'arrêt sont :
 - EBA grand débit et EBA petit débit pour le BR et le local face au TAM, (voir section 9.4.5) ;
 - EDE pour l'espace entre enceintes, (voir section 6.2.2) ;
 - DWK pour le local face au sas de secours et le BK, (voir section 9.4.2) ;
 - DWN pour le BAN, (voir section 9.4.1) ;
 - DWQ pour le BTE, (voir section 9.4.13) ;
 - DWL pour les BAS, le local face au sas personnel et le hall piscine du bâtiment combustible. (voir section 9.4.6).

1. FONCTION CONFINEMENT DE L'ENCEINTE

Pour l'EPR, un concept d'enceinte à double paroi avec une peau d'étanchéité métallique a été choisi. Dans ce concept, les structures et les systèmes contribuant à la fonction confinement sont composés des éléments suivants :

- L'enceinte de confinement constituée de la paroi interne (et son liner) et la paroi externe de l'enceinte (également respectivement désignées comme enceinte interne et externe), et de l'espace entre ces parois, appelé espace entre enceintes. Cet espace est maintenu en dépression afin de collecter toutes les fuites éventuelles à travers l'enceinte interne et de les filtrer avant rejet à la cheminée du BAN ;
- Les systèmes requis pour l'isolement et pour la rétention et le contrôle des fuites ;
- Les systèmes requis pour maintenir les conditions de pression et de température à l'intérieur de l'enceinte dans des limites compatibles avec l'étanchéité et l'intégrité structurelle de l'enceinte ;
- Les traversées de l'enceinte (tampon matériel, SAS personnel, le tube de transfert, les traversées électriques, les traversées mécaniques) (voir section 3.5.2) ;
- Les circuits constituant une extension de la troisième barrière.

Lors des états d'arrêt, le tampon matériel peut être ouvert pendant une partie de l'état C, des états D et E (après rechargement et hors manutention combustible). Quand le tampon matériel est ouvert, le confinement dynamique du BR est assuré par la ventilation EBA grand débit et EBA petit débit en complément, en considérant le bâtiment réacteur et le hall du bâtiment combustible devant le tampon matériel (zone d'entreposage du matériel) comme un volume global.

Suivant les états de tranche, les systèmes et les matériels contribuant à la fonction confinement de l'enceinte sont :

- (1) Les systèmes de ventilation pour la collecte et la filtration des produits radioactifs avant rejets à la cheminée du BAN
- (2) Les vannes d'isolement enceinte
- (3) La paroi interne, les structures et les matériels dans l'enceinte, grâce à leur inertie thermique
- (4) Le RIS assurant l'évacuation de la puissance du RCP et de l'IRWST
- (5) Le système ETY
- (6) Des mesures de collecte des fuites potentielles à travers l'enceinte
- (7) La peau d'étanchéité métallique complète
- (8) Le système EDE pour assurer la dépression de l'espace entre enceintes compris entre la paroi interne et la paroi externe de l'enceinte
- (9) L'extraction/filtration iode du BR à l'arrêt (assurée par le système EBA)
- (10) L'EVU assurant l'évacuation de la puissance
- (11) La zone d'étalement et son système de refroidissement assurant la protection du béton structurel contre les températures élevées pouvant survenir en cas d'accident avec fusion du cœur
- (12) Des mesures prévenant la rupture de la cuve du réacteur à haute pression et les explosions de vapeur de grande amplitude à l'extérieur de la cuve (voir section 19.2.4)
- (13) Les circuits constituant une extension de la troisième barrière (voir [§ 1.3.4.](#))
- (14) Les systèmes participant à la détection de l'activité dans l'enceinte (assurée par le système KRT) : un signal KRT « Détection d'activité dans le hall piscine BR en état d'arrêt » entraîne le confinement de l'enceinte par la mise en configuration des ventilations

En cas de PCC-1, le système / matériel (1) ci-dessus est requis.

En cas de PCC-2, les systèmes / matériels (1), (2) et (4) ci-dessus sont requis.

En cas de PCC-3 et PCC-4, les systèmes / matériels (1), (2), (3), (4), (5), (6), (7), (8) et (13) ci-dessus sont requis en association à d'autres actions de contrôle de l'accident comme l'isolement des éventuels dégagements radioactifs dans l'enceinte et le refroidissement du RCP jusqu'à l'état d'arrêt à froid dans les délais appropriés. Par ailleurs, les systèmes / matériels (14) et (9) sont utilisés pour la mise en configuration des ventilations et le confinement dynamique du BR quand le TAM est ouvert.

En cas de RRC-A, les systèmes / matériels (5) et (10) sont également utilisés.

En cas d'accident grave, les systèmes / matériels (5), (10), (11) et (12) sont également utilisés.

1.1. HYPOTHÈSES GÉNÉRALES POUR LA FONCTION CONFINEMENT DE L'ENCEINTE

L'ajout d'une peau d'étanchéité métallique sur la paroi interne permet de différencier, dans la fonction confinement, les aspects liés à l'étanchéité de l'enceinte des aspects liés à la capacité de résister à la pression. De ce fait, l'étanchéité de l'enceinte est assurée par la peau d'étanchéité et la résistance à la pression est assurée par l'enceinte interne en béton précontraint.

Les paramètres de dimensionnement retenus pour l'enceinte sont définis à la section 3.5.0.

Les paramètres de dimensionnement de l'enceinte sont cohérents avec les résultats obtenus pour les scénarios PCC, RRC-A et d'accident grave pris en compte pour la conception de la centrale (voir section 3.5.0).

Les conditions atteintes dans l'enceinte sont décrites au paragraphe 3.4 pour les PCC et les études spécifiques, section 19.2.2.5 pour les accidents graves, et plus particulièrement au 19.2.2.3 pour le risque d'hydrogène. Le débit de fuite maximum de l'enceinte interne est de Q de la masse des gaz contenue dans le volume de l'enceinte à la pression absolue de dimensionnement et à la température de dimensionnement.

En outre, l'enceinte est conçue pour supporter sans conséquence fonctionnelle sur son étanchéité une pression de P et une température de T pendant une durée de D .

Grâce aux dispositions de conception, il y a élimination pratique des fuites directes dans l'environnement (voir § 1.3.).

En particulier, la gestion des fuites non collectées par le système EDE est détaillée aux paragraphes § 1.3. et § 2. relatifs respectivement au bypass de l'enceinte et à la fonction confinement par les bâtiments périphériques.

Les fuites collectées dans l'espace entre enceintes sont filtrées par les filtres EDE avant d'être relâchées à l'atmosphère via la cheminée du BAN. Les efficacités minimales de rétention des filtres (avant le relâchement à la cheminée du BAN) sont les suivantes :

- Q pour l'iode élémentaire,
- Q pour les aérosols incluant l'iode sous forme aérosol,
- Q pour l'iode organique.

Les dispositions prises et les données qui en résultent sont utilisées pour les calculs des conséquences radiologiques. Les résultats des conséquences radiologiques sont fournis aux sections 15.3, 19.1.4 et 19.2.3 respectivement pour les situations PCC, RRC-A et d'accident grave.

En cas d'accident grave, le dimensionnement permet une période de grâce d'au moins T sans intervention du système EVU (voir section 19.2.2.5).

La dépression initiale maintenue dans l'espace entre enceintes en fonctionnement normal est telle qu'en cas d'accident, une période de grâce est disponible, pendant laquelle la dépression minimale est garantie dans cet espace sans ventilation (voir section 6.2.2).

Les séquences d'accident avec fusion du cœur impliquant un bypass de l'enceinte sont pratiquement éliminées comme cela est décrit à la section 19.2.4.

Pour ce qui concerne les séquences accidentelles de fusion du cœur qui pourraient survenir dans les états d'arrêt avec le bâtiment réacteur ouvert, ce qui n'est autorisé que pour certains états standards de fonctionnement, l'enceinte de confinement est fermée de manière fiable pour les séquences accidentelles représentatives, avant que des rejets radioactifs significatifs ne puissent se produire dans l'enceinte de confinement.

1.2. CONCEPTION DES TRAVERSÉES DE L'ENCEINTE

Des vannes d'isolement enceinte sont prévues pour toutes les traversées de systèmes contenant un fluide. Hormis pour les systèmes utilisés pour la gestion accidentelle, comme par exemple le système RIS, ces vannes sont, soit continuellement en position bloquée fermée, soit elles disposent d'une fonction d'isolement automatique actionnée en cas d'accident. En règle générale, des organes d'isolement doublés sont installés sur les systèmes de ventilation et les systèmes contenant du fluide, l'un à l'intérieur et l'autre à l'extérieur de la double enceinte.

En fonction des différents types de traversées enceinte, la section 6.2.3. précise les technologies d'organes pouvant être utilisées.

1.3. PRÉVENTION DU BYPASS DE L'ENCEINTE

Les différents chemins de fuites potentielles depuis le bâtiment réacteur vers l'environnement sont décrits en [FIG-6.2.1.2](#).

1.3.1. Fuites potentielles à travers l'enceinte interne

La peau d'étanchéité métallique apporte une amélioration significative de l'étanchéité de l'enceinte interne.

Les chemins correspondants de fuites potentielles sont principalement associés aux points singuliers de la peau, c'est-à-dire aux soudures entre les différentes plaques d'acier de la peau et aux traversées. Après avoir traversé le béton de l'enceinte interne, les fuites débouchent dans l'espace entre enceintes et sont ensuite collectées et filtrées avant rejet à la cheminée du BAN via le système EDE. Le chemin de fuite correspondant est le chemin 1 en [FIG-6.2.1.2](#), il est détaillé en [FIG-6.2.1.1](#).

1.3.2. Traversées

Les chemins de fuites potentielles à travers les traversées sont décrits en [FIG-6.2.1.1](#).

Il n'y a pas de fuite provenant de l'espace entre enceintes vers l'environnement à travers l'enceinte externe puisque l'espace entre enceintes est en dépression.

En général, deux vannes d'isolement sont prévues pour les traversées contenant du fluide (voir section 6.2.3). Une défaillance de la vanne d'isolement intérieur enceinte peut entraîner deux types de fuites potentielles au niveau de l'organe d'isolement extérieur enceinte : une fuite via le presse-étoupe, si la vanne en est équipée (fuite « externe » de la vanne) et une autre via le siège (fuite « interne »).

Fuites potentielles aux traversées communiquant avec les bâtiments périphériques

Il existe des traversées dont la vanne interne est directement ouverte sur l'atmosphère de l'enceinte (p. ex. traversées de ventilations). Pour chacune de ces traversées, si une fuite via la vanne interne doit être considérée comme ayant un impact (voir section 6.2.5), la vanne externe de ces traversées est équipée d'un dispositif de collecte de fuite externe au niveau du presse-étoupe. Ces dispositifs collectent la fuite potentielle et la dirigent vers l'espace entre enceintes où elle est filtrée avant d'être relâchée à la cheminée du BAN. Le chemin de fuite correspondant est le chemin 1 via l'EPP en [FIG-6.2.1.2](#).

Dans tous les cas et nonobstant les dispositifs mis en place pour collecter la fuite externe des vannes d'isolement externes, une fonction de confinement complémentaire est assurée par les bâtiments périphériques (voir 6.2.1.2). Le chemin de fuite correspondant est le chemin 2 ou 3 selon la disponibilité des systèmes de ventilation dans le bâtiment périphérique concerné.

Dans le cas général (chemin 2), les activités débouchant dans les BP conduisent après filtration à des rejets à la cheminée. En l'absence de ventilation/filtration (chemin 3), les activités sont retenues dans les locaux permettant la décroissance radioactive avant d'être progressivement relâchées dans l'environnement.

Fuites potentielles via le tampon matériel et les sas

Les ouvertures pour les accès réservés aux matériels et au personnel sont le tampon matériel et les sas. Elles disposent d'un système d'étanchéité qui permet la collecte des fuites (voir section 6.2.5). Le chemin de fuite correspondant est le chemin 1 via l'EPP en [FIG-6.2.1.2](#).

Cas des traversées vapeur et eau alimentaire principale en cas de RTGV

Tant que l'intégrité des tubes des GV est maintenue, les traversées de vapeur et d'eau alimentaire n'ont pas de fonction de confinement. Dans ce cas le confinement est assuré par la limite du circuit secondaire. En cas de RTGV, les vannes d'isolement des systèmes du côté secondaire contribuent à long terme à la fonction confinement.

Il s'agit des vannes suivantes :

- Les vannes d'isolement vapeur principales, les soupapes de sûreté des GV et les vannes de décharge à l'atmosphère (régulante et d'isolement),
- Les vannes d'isolement de l'eau alimentaire principale et de l'eau alimentaire de secours à l'extérieur de l'enceinte et les clapets de ces systèmes à l'intérieur de l'enceinte,
- Les vannes d'isolement du côté secondaire des purges des générateurs de vapeur.

Toutes les mesures ont été prises pour exclure les fuites potentielles directes dans l'environnement via le chemin 4. Ainsi, pour les traversées des lignes de vapeur et d'eau alimentaire principales, des dispositions sont prises pour éliminer le risque de bipasse de la double enceinte (par exemple, la conception du joint d'expansion situé dans l'espace entre enceintes entre le fourreau de l'enceinte externe et la tuyauterie).

1.3.3. Circuits répondant à la définition de « circuit fermé dans l'enceinte »

L'enveloppe externe des générateurs de vapeur (viroles extérieures, plaques tubulaires et les faisceaux de tubes) et les tuyauteries du secondaire qui répondent à la définition de « circuit fermé dans l'enceinte » font partie de la troisième barrière telle que définie au sous-chapitre 3.1.

Un circuit est dit « fermé à l'intérieur de l'enceinte de confinement » s'il possède toutes les caractéristiques suivantes :

- Il ne communique ni avec le système principal de refroidissement du réacteur, ni avec l'atmosphère de confinement,
- Il est protégé contre les projectiles, le fouettement de tuyauterie et l'effet de jet concomitants à un accident qui nécessite l'isolement du confinement,
- Il est de classe sismique 1, son classement fonctionnel est F1A et son classement mécanique M2,
- Il résiste à une température égale à la température de calcul de l'enceinte,
- Il résiste à une pression externe égale à la pression d'épreuve de l'enceinte,
- Il résiste aux transitoires d'accident grave et aux conditions d'ambiance qui en résultent,
- Il est protégé contre la surpression due à l'expansion thermique du fluide après l'isolement du circuit, si nécessaire.

Si l'une de ces conditions n'est pas vérifiée, le circuit n'est alors pas considéré comme « fermé à l'intérieur de l'enceinte de confinement ».

1.3.4. Circuits constituant une extension de la troisième barrière

L'extension de la troisième barrière est définie pour les cas de dimensionnement. Elle est constituée des portions de circuits et d'équipements associés qui répondent simultanément aux critères suivants :

- Ils sont extérieurs au bâtiment réacteur ;
- Ils peuvent véhiculer hors de l'enceinte, lorsque la fonction de confinement est requise :
 - Soit du fluide primaire après un accident susceptible d'entraîner une détérioration de la première barrière (ruptures de gaines) ;
 - Soit l'atmosphère de l'enceinte après un accident susceptible de conduire à la fois à une dégradation de la première barrière et à un relâchement d'activité primaire dans l'enceinte (perte de la deuxième barrière).

Nota : La notion d'extension de la 3^{ème} barrière n'est pertinente que dans les situations où les composants de la 3^{ème} barrière, tels que définis au sous-chapitre 3.1 remplissent de façon effective leur fonction de 3^{ème} barrière. Ainsi, pour tous les états durant lesquels la troisième barrière est

ouverte de façon délibérée — c'est notamment le cas lorsque le tampon d'accès matériel ou les trous d'homme GV sont ouverts — l'extension de la troisième barrière n'est pas définie.

Les circuits véhiculant du fluide actif et non-isolés sont déclinés en matériels portant une exigence d'étanchéité en conditions accidentelles :

- L'EVU pour sa fonction de refroidissement de l'IRWST,
- L'EVU pour sa fonction d'aspersion de l'enceinte,
- L'EVU en mode noyage actif,
- Le RIS-BP mode RA,
- Le RIS (BP/MP) en mode IS.

Les matériels composant ces circuits portent un requis d'étanchéité externe et également un requis d'étanchéité interne pour les matériels situés en limite de l'extension de la troisième barrière.

1.3.5. Cas du RIS et de l'EVU

Le RIS et l'EVU transportent de l'eau contaminée à l'extérieur de l'enceinte en cas d'accident. Cet aspect est abordé au [§ 2.](#)

1.3.6. Radier

Toutes les mesures ont également été prises pour exclure les fuites potentielles directes dans l'environnement via le chemin 5. La peau d'étanchéité métallique couvrant la paroi interne de l'enceinte interne se prolonge jusqu'à l'interface entre le radier commun et les structures internes du bâtiment réacteur. En cas d'accident, des mesures sont prévues afin d'assurer l'étanchéité vis à vis des fuites potentielles liquides. Le réservoir IRWST qui occupe en majorité la partie inférieure du bâtiment réacteur est revêtu d'une peau d'étanchéité. En outre, la présence d'eau sur le radier, s'il y en a, constitue un obstacle pour les radionucléides prévenant leur transfert vers l'environnement. En situation d'accident grave, le récupérateur de corium qui collecte le corium en cas de rupture de la cuve est composé de couches spécifiques assurant la stabilisation du corium. De plus, un système de refroidissement situé sous le récupérateur permet d'évacuer la puissance résiduelle du corium et assure ainsi la protection du radier du bâtiment réacteur vis à vis des températures élevées.

Ces dispositions permettent de préserver l'intégrité du radier commun même en cas d'accident grave (voir section 6.2.6).

1.3.7. Conclusion

Par conception, tout a été dimensionné pour éviter les fuites directes vers l'environnement (chemins 4 ou 5). En d'autres termes, il n'y a aucune fuite directe provenant de l'enceinte vers l'environnement pendant toute la durée de vie de la tranche.

2. FONCTION CONFINEMENT DES BÂTIMENTS PÉRIPHÉRIQUES ET DU BTE

2.1. BÂTIMENTS PÉRIPHÉRIQUES

2.1.1. Interface avec le confinement du bâtiment réacteur en cas de relâchement d'activité dans le bâtiment réacteur


2.1.1.1. Circulation d'eau contaminée à l'extérieur de l'enceinte

En cas d'accident (par ex. APRP, accident grave), le RIS et l'EVU transportent de l'eau contaminée à l'extérieur de l'enceinte. De ce fait, des mesures spécifiques sont prises pour ces systèmes.

2.1.1.1.1. Mesures concernant le risque de fuite

Des mesures sont prises pour toutes les parties de ces systèmes susceptibles d'être des sources potentielles de fuite à l'extérieur de l'enceinte. Par exemple :

- Les caractéristiques fonctionnelles de la chaîne de refroidissement intermédiaire dédiée à l'EVU sont telles que les fuites via les échangeurs de chaleur sont exclues (voir section 6.2.7).
- Des moyens de détection de fuite sont ajoutés (des mesures de niveau d'eau) afin d'isoler chaque train RIS BP et EVU en cas de fuite détectée dans son local (voir section 6.2.7 pour l'EVU et sous-chapitre 6.3 pour le RIS).
- Un dispositif d'isolement est ajouté aux tuyauteries entre l'IRWST et les pompes RIS et EVU : les tronçons de tuyauteries situés entre l'IRWST et les vannes d'isolement à l'extérieur de l'enceinte sont contenus dans une enveloppe de protection étanche (voir section 6.2.7 pour l'EVU et sous-chapitre 6.3 pour le RIS).

Pour les portions de ces systèmes situées à l'extérieur de l'enceinte, en cas de défaillance de l'un des dispositifs de conception, le confinement est assuré à l'intérieur du bâtiment périphérique. Les fuites potentielles sont relâchées à l'environnement via le chemin 2 pour la partie gazeuse (collecte et filtration par le système de ventilation des BAS). La partie liquide des fuites est collectée pour être acheminée aux puisards  puis est ré-injectée dans le bâtiment réacteur (voir sections 11.1.3.1 et 6.2.7).

2.1.1.1.2. Maintenance à long terme

Afin d'assurer le confinement des substances radioactives à long terme, la maintenance et la réparabilité sont prévues pour :

- Le RIS BP assurant le refroidissement du cœur en situations PCC et RRC-A,
- Le système EVU assurant l'évacuation de la puissance résiduelle libérée dans l'enceinte en cas d'accident grave.

Malgré la re-circulation d'eau fortement contaminée en cas de fonctionnement de l'EVU et d'eau moins contaminée en cas de fonctionnement du RIS, la réparation des pompes sera possible après l'isolement du circuit en fermant la vanne correspondante d'aspiration dans l'IRWST, à l'issue de la vidange et du rinçage des tronçons concernés. L'accès à la chaîne de refroidissement intermédiaire dédiée à l'EVU sera possible sans risque de contamination due à la pressurisation du système et à la fermeture de vannes motorisées.

D'une manière plus générale, le fonctionnement à très long terme (au-delà de 1 an) des systèmes destinés à maintenir l'état sûr pour les situations PCC, l'état final pour les situations RRC-A et à maintenir l'installation dans un état maîtrisé et stabilisé pour les situations d'accidents graves impose de pouvoir accéder à certains systèmes à des fins de réparation ou de maintenance.

Le sous-chapitre 12.5 vise à statuer sur l'accessibilité des matériels nécessaires au maintien de la tranche en état sûr, à long terme, sur la base de scénarios enveloppes. Il définit les interventions à réaliser ainsi que les mesures préparatoires à prévoir. Il précise les conditions d'accès.

2.1.1.1.3. Ré-injection des effluents contaminés dans le BR après un accident

Des moyens sont mis en œuvre pour réinjecter des effluents hautement contaminés dans le BR afin de couvrir le cas d'une fuite du RIS dans un BAS après un APRP.

Par ailleurs, bien que des dispositions de conception soient prises pour éviter les fuites sur le système EVU à l'extérieur du bâtiment réacteur, des moyens dédiés sont prévus pour réinjecter ce type d'effluents dans le BR.

La fonction de ré-injection des effluents dans le BR est assurée par le système RPE pour les fuites sur le RIS (voir section 11.1.3.1) et par des moyens mobiles dédiés pour la ré-injection des effluents EVU.

2.1.1.2. Fuites à travers les traversées de l'enceinte

Il est considéré, de manière conservatrice, que les fuites aux traversées de l'enceinte peuvent être directement transférées dans l'atmosphère des bâtiments périphériques. En situation PCC, RRC-A ou accident grave, le confinement dynamique des BAS et du BK est assuré par les systèmes de ventilation (respectivement DWL et EBA via le réseau d'extraction DWK).

En outre, une valeur globale d'étanchéité statique pour chaque bâtiment périphérique contenant des traversées enceinte (Zone contrôlée BAS et BK) est définie à []. Les dispositions de construction appropriées mises en place pour assurer cette valeur sont les suivantes :

- Des portes semi-étanches pour les portes installées []. Ces portes semi-étanches sont équipées de joints d'étanchéité sur trois côtés et d'une brosse de frottement garantissant la jonction avec le sol.
- Des registres d'isolement au soufflage et à l'extraction de la ventilation normale du BK.
- Des registres d'isolement au soufflage et à l'extraction de la ventilation de la zone contrôlée des BAS.

Ces dispositions mises en place afin d'obtenir une valeur de débit de fuite de [] pour les bâtiments périphériques fournissent des marges et de ce fait, une inspection visuelle des matériels impliqués (portes périphériques et registres) est suffisante pour contrôler leur efficacité et assurer le respect de l'objectif d'étanchéité statique des bâtiments périphériques.

2.1.2. Cas [] des BAS

Dans le cas d'une hypothétique brèche du RIS en mode RRA dans la division 1 ou 4 des BAS lorsque la température du circuit primaire est supérieure à [] (le fonctionnement RIS en mode RRA au-dessus de [] n'est envisagé que dans ces deux divisions), les locaux correspondants pourraient être pressurisés, cette situation pouvant entraîner la perte de l'étanchéité de ces locaux et un relâchement radioactif dans l'atmosphère sans possibilité de confiner les locaux correspondants à long terme. Pour éviter cette perte de confinement à long terme, des dispositifs dédiés sont mis en place dans les locaux correspondants, c'est à dire dans [] des BAS. Ces dispositifs sont :

- La protection de la zone concernée des BAS par des portes renforcées : les locaux concernés par le risque [], l'objectif étant d'éviter toute augmentation inadmissible de la pression en dehors de cette zone. Ces locaux sont protégés par des portes étanches limitant la zone concernée et qui sont renforcées et conçues pour résister à une différence de pression de []. Voir section 3.5.4 pour la description des BAS.
- La limitation de l'augmentation de pression dans les locaux concernés grâce à un dispositif dédié : en cas de rupture, le débit de vapeur relâchée est dirigé vers une ouverture à l'atmosphère qui est fermée par un dispositif passif à rupture, taré pour une surpression de [].

Nota : Le critère global d'étanchéité statique du bâtiment est mentionné au [§ 2.1.1.2.](#)

2.1.3. Cas du bâtiment combustible

Lorsque le TAM est ouvert, les systèmes de ventilation assurent le confinement dynamique en cas d'accident de manutention du combustible qu'il survienne indifféremment dans le bâtiment combustible ou dans le bâtiment réacteur. Ainsi en cas d'accident de manutention combustible dans le BR (ou d'APRP avec tampon matériel ouvert), l'extraction de l'air du BR par la file de filtration iode EBA petit débit en fonctionnement avant l'accident reste active. Elle permet de maintenir un sens de transfert du BK vers le BR (le système EBA grand débit est arrêté et isolé, les vannes d'isolement enceinte au soufflage de l'EBA petit débit sont isolées et les registres au soufflage devant les SAS par DWL et DWK sont isolés) et de filtrer l'air avant rejet à la cheminée du BAN.

En cas d'accident de manutention du combustible dans le BK, le hall piscine est confiné dynamiquement par une file de filtration iode du DWL (les registres DWK au soufflage et à l'extraction normale du hall piscine sont isolés). Voir section 9.4.2 pour les systèmes de ventilation.

- Le bâtiment combustible assure le confinement statique en cas d'atmosphère saturée due à des températures élevées dans la piscine de désactivation après la perte des deux trains principaux PTR (isolement statique du hall piscine).
- Les conditions de fusion du combustible usé sont pratiquement éliminées (voir section 19.2.4).

En cas d'ébullition de la piscine de désactivation, un dispositif dédié offre un exutoire à la vapeur et limite l'augmentation de pression du hall piscine.

Nota : Le critère global d'étanchéité statique du bâtiment est mentionné au [§ 2.1.1.2.](#)

2.1.4. Cas du bâtiment des auxiliaires nucléaires

La ventilation du BAN n'étant pas classée F1, la filtration iode ainsi que la filtration THE ne sont pas valorisées dans les calculs de conséquences radiologiques relatifs aux situations PCC. De plus, la prise en compte de la ventilation étant pénalisante du point de vue de l'activité rejetée en gaz rares (non filtrée) mais favorable du point de vue de la rétention des aérosols du filtre THE, deux cas sont étudiés : la ventilation du BAN est en service sans valorisation de la filtration iode et la ventilation du BAN est hors service dès le début de l'accident. Avec ces hypothèses, il est démontré que pour les accidents enveloppes dans le BAN (rupture d'une ligne TEG, REN ou RCV), les rejets occasionnés sont très inférieurs aux valeurs repères des accidents de leur catégorie (voir sous-chapitre 15.3).

- Une valeur globale d'étanchéité statique du BAN et du BTE est définie à 10^{-4} . Cet objectif d'étanchéité est associé à la mise en place des registres d'isolement du côté du soufflage d'air ainsi que des organes d'isolement situés à l'extraction d'air.
- Cas particulier du séisme entraînant de multiples ruptures dans le BAN : Le confinement du BAN est assuré de manière statique par l'isolement des registres à la prise d'air et l'isolement des files d'extraction. Des dispositions de conception garantissent pour le BAN et le BTE une valeur de fuite inférieure à 10^{-4} . L'étude des conséquences radiologiques d'un séisme affectant le BAN est présentée dans le sous-chapitre 15.3. Elle respecte les objectifs recherchés en terme de doses malgré l'hypothèse d'un taux global de fuite après séisme très conservatif (non valorisation du confinement statique) et en considérant que tout l'inventaire en fluide contaminé se répand dans le BAN et que tout l'inventaire en gaz contaminé est rejeté dans le bâtiment.

2.2. CAS DU BÂTIMENT DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS

La fonction confinement s'étend 10^{-4} Bâtiment de Traitement des Effluents (BTE). Ce bâtiment est équipé du système de ventilation DWQ classé F2 (voir section 9.4.13). En fonctionnement normal, l'extraction se fait à travers un filtre THE. En cas de détection d'activité, l'extraction est basculée automatiquement sur piège à iode. En cas d'indisponibilité de la ventilation, le confinement se fait de façon statique. Une valeur globale d'étanchéité statique du BAN et du BTE est définie à 10^{-4} . Les dispositions de construction appropriées mises en place pour assurer cette valeur sont les suivantes :

- Des portes semi-étanches pour les portes installées 10^{-4} . Ces portes semi-étanches sont équipées de joints d'étanchéité sur trois côtés et d'une brosse de frottement garantissant la jonction avec le sol.
- Des registres d'isolement du côté du soufflage d'air dans le BTE ainsi que des organes d'isolement situés à l'extraction d'air du BTE.

Cas particulier du séisme entraînant de multiples ruptures dans le BTE : comme pour le BAN, le confinement est assuré de manière statique par l'isolement des registres à la prise d'air et l'isolement des files d'extraction 10^{-4} du BTE. Des dispositions de conception garantissent alors une valeur de fuite inférieure à 10^{-4} . L'étude des conséquences radiologiques d'un séisme affectant le BTE est présentée dans le sous-chapitre 15.3. Elle respecte les objectifs recherchés en terme de doses malgré l'hypothèse d'un taux global de fuite après séisme très conservatif (non valorisation du confinement statique) et en considérant que tout l'inventaire en fluide contaminé se répand dans le BTE et que tout l'inventaire en gaz contaminé est rejeté dans le bâtiment.

3. DÉFINITION ET ANALYSE DES CAS DE CHARGE DE L'ENCEINTE ET TEMPÉRATURE DE L'ENCEINTE DE CONFINEMENT

3.1. DÉFINITION DES CAS DE CHARGE DE L'ENCEINTE ET OBJECTIF DE L'ANALYSE

Les cas de charge considérés pour le dimensionnement de l'enceinte sont sélectionnés afin de couvrir l'ensemble des événements incidentels et accidentels susceptibles de dégrader les conditions de pression et température dans l'enceinte de confinement. Ces cas de charge enveloppes sont déterminés sur l'ensemble des situations de fonctionnement PCC, RRC-A et d'accidents graves.

Les pressions et températures enceinte sont ainsi déterminées pour les séquences suivantes :

- APRP GB et BI (PCC) : Accident de Perte de Réfrigérant Primaire - Grosse Brèche et Brèche Intermédiaire,
- APRP 2A : Accident de Perte de Réfrigérant Primaire - Brèche Guillotine,
- RTV : Rupture de Tuyauterie Vapeur,
- APRP □ sans ISBP (RRC-A) : Accident de Perte de Réfrigérant Primaire – Brèche de □ sans ISBP,
- Manque De Tension Généralisé avec Brèche aux Joints des Pompes Primaires pendant 24 h en état A (RRC-A),
- Perte de la Station de Pompage sur 100 h avec Brèche aux Joints des Pompes Primaires à partir de 24 h en état A (RRC-A),
- Perte de la Station de Pompage en états Cb2 à D (RRC-A),
- Perte de la Station de Pompage en état E (RRC-A),
- Manque De Tension Généralisé en état Cb2 (RRC-A),
- Manque De Tension Généralisé en état D (RRC-A),
- Manque De Tension Généralisé en état E (RRC-A),
- Accidents graves.

L'objectif est de s'assurer que les courbes caractéristiques en pression et température retenues pour la conception de l'enceinte et définies dans la section 3.5.0 sont respectées pour tous les événements incidentels et accidentels.

Les hypothèses et données d'entrée prises en compte dans les calculs de pression et température sont présentées aux paragraphes [§ 3.2.](#) et [§ 3.3.](#) Les résultats des études sont exposés au paragraphe [§ 3.4.](#) pour les situations de fonctionnement PCC et RRC-A. Les calculs des pressions et températures en accident grave sont présentés à la section 19.2.2.5.

3.2. DÉFINITION DES MASSES ET ÉNERGIES LIBÉRÉES LORS DES INCIDENTS ET ACCIDENTS CONSIDÉRÉS POUR LA CONCEPTION DE L'ENCEINTE

La présente section résume les méthodes et hypothèses prises en compte dans les calculs conservatifs des Masses et Energies Libérées (MEL) dans l'enceinte en cas de brèches primaires et secondaires (APRP GB et BI (PCC), APRP 2A, RTV) et pour les scénarios RRC-A.

3.2.1. APRP Grosse Brèche et Brèche Intermédiaire (PCC)

3.2.1.1. Choix des scénarios

Les tailles de brèche maximales correspondent aux ruptures des plus gros piquages connectés aux tuyauteries primaires principales. Il s'agit de la rupture guillotine de la ligne d'expansion du pressuriseur en branche chaude et de la rupture de la ligne d'injection de sécurité en branche froide.

A court terme, les réponses en pression et température de l'enceinte en cas de rupture de la ligne d'expansion du pressuriseur ou de brèche primaire de taille inférieure sont couvertes par l'étude de la rupture guillotine doublement débattue de la tuyauterie primaire principale en branche chaude (voir § 3.2.2.).

A moyen et long termes, les cas de charge donnant lieu aux excursions de pression et température enceinte les plus importantes sont les brèches de taille maximale \square en branche froide et la rupture guillotine doublement débattue de la tuyauterie primaire principale en branche froide (voir § 3.2.2.). Néanmoins, les profils de pression et température utilisés pour le dimensionnement de l'enceinte sont décroissants au cours du temps. Une vérification de la réponse de l'enceinte à long terme est donc présentée pour les tailles de brèches \square (taille de brèche minimale pour laquelle le RIS-RA ne peut être connecté en mode RA) limitatives au-delà d'une certaine durée d'accident.

En effet, les tailles de brèche supérieures \square sont caractérisées par l'atteinte de conditions dans le circuit primaire demandant \square de basculer l'injection de sécurité basse pression d'un mode d'injection branche froide à un mode d'injection branche chaude (permissif P16). Il est alors orienté dans une stratégie de conduite post-accidentelle qui ne permet plus de réorientation et la tranche reste alors dans une configuration d'injection de sécurité en mode IS avec l'injection basse pression basculée en branche chaude.

Les tailles de brèches pour lesquelles une réponse en pression et température de l'enceinte est calculée sont donc les suivantes :

- brèche \square sur la LEP (rupture guillotine doublement débattue de la ligne d'expansion du pressuriseur),
- brèche \square en branche froide (rupture de la ligne d'injection de sécurité),
- brèche de \square en branche chaude ou en branche froide.

3.2.1.2. Codes et méthode

\square

3.2.1.3. Conditions initiales et aux limites

Les données d'entrée correspondantes sont basées sur les données EPR (voir sous-chapitre 15.1).

Modélisation \square des circuits primaire/secondaire

Des hypothèses conservatives vis-à-vis des MEL sont utilisées. Les plus importantes sont :

- puissance résiduelle \square ,
- puissance initiale du réacteur \square ,
- \square ,
- défaillance unique \square ,
- maintenance préventive \square ,
- \square ,
- actions de protection et de sauvegarde limitées aux systèmes F1,
- fonctions d'instrumentation et de contrôle F1 prises en compte avec les incertitudes (voir sous-chapitre 15.1),
- circuits fluides F1 pris en compte avec leur efficacité minimale (voir sous-chapitre 15.1),
- les actions opérateur sont considérées 30 minutes après la première information significative (Arrêt Automatique du Réacteur).

De façon conservatrice, certaines hypothèses sont considérées sans le cumul de la perte des alimentations externes à l'instant du signal d'IS :

□

Des caractéristiques pénalisées de la chaîne de refroidissement RIS/RRI/SEC (sur les deux trains ISBP en service) sont considérées afin de □ la température de l'ISBP. Cette hypothèse vise □.

3.2.2. APRP 2A

3.2.2.1. Choix des scénarios

La présente section résume les hypothèses se rapportant aux calculs de MEL dans l'enceinte en cas de rupture guillotine doublement débattue (2A) sur la branche froide ou sur la branche chaude de la tuyauterie primaire. Cette rupture est étudiée malgré le concept d'exclusion de rupture du circuit primaire, en tant que mesure de défense en profondeur pour vérifier la capacité de l'enceinte à résister à la rupture de tuyauterie la plus grande. Par ailleurs, de façon très conservatrice, les hypothèses d'études sont pénalisées en cohérence avec les études PCC.

Ces accidents ne sont ni des PCC-4 ni des RRC-A, ce sont des études spécifiques qui doivent être prises en compte pour le dimensionnement de l'enceinte.

Ceci couvre les scénarios des plus grosses brèches PCC à court terme, notamment la rupture de la ligne d'expansion du pressuriseur (voir [§ 3.2.1.](#)).

3.2.2.2. Codes et méthode

□

3.2.2.3. Conditions initiales et aux limites

Les données d'entrée correspondantes sont basées sur les données EPR (voir sous-chapitre 15.1).

Modélisation □ des circuits primaire/secondaire

Des hypothèses conservatrices vis-à-vis des MEL sont utilisées. Les plus importantes sont :

- puissance résiduelle □,
- puissance initiale du réacteur □,
- □,
- défaillance unique □,
- maintenance préventive □,
- pour une brèche postulée en branche froide, □,
- actions de protection et de sauvegarde limitées aux systèmes F1,
- fonctions d'instrumentation et de contrôle F1 prises en compte avec les incertitudes (voir sous-chapitre 15.1),
- circuits fluides F1 pris en compte avec leur efficacité minimale (voir sous-chapitre 15.1),
- les actions opérateur sont considérées 30 minutes après la première information significative (Arrêt Automatique du Réacteur).

□

□

Des caractéristiques pénalisées de la chaîne de refroidissement RIS/RR1/SEC (sur les deux trains ISBP en service) sont considérées ☐

3.2.3. Rupture de Tuyauterie Vapeur

3.2.3.1. Choix du scénario

En cohérence avec l'approche retenue dans le présent Rapport De Sûreté pour les études de RTV PCC relatives au comportement du cœur (voir section 15.2.4b), la RTV PCC prise en compte pour justifier le dimensionnement de l'enceinte est la rupture guillotine doublement débattue d'une ligne vapeur principale se produisant à la sortie d'un GV. Cette approche extrêmement enveloppe ne tient pas compte de l'application du concept d'exclusion de rupture des lignes vapeur principales à l'intérieur de l'enceinte qui exclut la rupture d'une ligne vapeur principale en tant qu'accident PCC. La RTV 2A étudiée avec des hypothèses réalistes est enveloppée par la RTV 2A traitée au titre des études de pression et température RTV PCC pour laquelle les charges de P et T dans l'enceinte sont présentées au paragraphe § 3.4.3. Cette rupture est étudiée malgré le concept d'exclusion de rupture, avec des hypothèses PCC, en tant que mesure de défense en profondeur pour vérifier la capacité de l'enceinte à résister à la plus grosse rupture de tuyauterie vapeur.

La prise en compte de la RTV 2A est considérée ici pour couvrir à la fois les événements PCC de brèches des tuyauteries connectées aux lignes vapeur principales et l'événement PCC Rupture de Tuyauterie d'Eau alimentaire, tuyauterie pour laquelle le concept d'exclusion de rupture ne s'applique pas.

Par conséquent, la rupture guillotine doublement débattue d'une ligne vapeur principale à l'intérieur du bâtiment réacteur est retenue comme cas de rupture enveloppe pour les chargements de l'enceinte parmi tous les événements PCC affectant le circuit secondaire.

Cette rupture conduit à des Masses et Energies Libérées dépendant des conditions initiales, des conditions aux limites et de la défaillance unique postulée sur les systèmes de sûreté.

L'accident de RTV 2A est réalisé en tenant compte, de façon conservative, du cumul des deux défaillances uniques suivantes :

☐

3.2.3.2. Codes et méthode

☐

La méthodologie d'étude consiste à favoriser ☐. L'excursion de puissance dans le cœur en transitoire est imposée et résulte des études antérieures de RTV intérieur enceinte pénalisées vis-à-vis du cœur ☐.

Les Masses et Energies Libérées sont ensuite utilisées pour obtenir la réponse de l'enceinte à l'aide du code ☐ (voir Annexe 19A).

Dans une approche enveloppe, le cumul des deux hypothèses suivantes est pris en compte :

☐

3.2.3.3. Conditions initiales et aux limites


a) Hypothèses générales




L'état de la tranche correspond à un état de fonctionnement en état A.

Les hypothèses considérées visent ☐ les MEL en jouant sur les paramètres de pénalisation suivants :






**b) Hypothèses spécifiques**

Les signaux de protection et d'instrumentation et de contrôle sont décrits dans la section dédiée (voir sous-chapitre 15.1).

Les actions de protection qui interviennent lors de cet accident sont prises en compte comme suit, les délais d'action sont pris  de manière pénalisante :

- Isolement vapeur :
 - effectué par fermeture des 4 vannes d'isolement vapeur qualifiées F1A,
 - sur signal F1A de « Baisse rapide de Pression GV MAX1p » .
- Isolement ARE :
 - les vannes d'isolement grand débit se ferment dans tous les GV (GV affecté et GV sains) sur le signal F1A de « Baisse rapide de pression GV MAX2p » .
 - les vannes d'isolement petit débit se ferment dans tous les GV (GV affecté et GV sains) sur le signal F1A de « Baisse rapide de pression GV MAX2p » .

Les débits ARE et ASG entrant dans le GV affecté avant isolement vapeur sont des valeurs enveloppes des états de fonctionnement de la tranche :

- le débit ARE  est calculé de manière enveloppe en fonction de la pression dans le GV affecté et dans les GV sains. Les valeurs  des débits ARE considérés sont détaillées dans le document en référence .
- 
- 



c) Défaillance unique

De façon enveloppe, deux défaillances sont considérées dans l'étude de l'accident de RTV 2A .


**d) Maintenance préventive**

La maintenance préventive n'a aucune conséquence sur cette étude compte tenu des hypothèses découplées retenues.

e) Hypothèse concernant la brèche

La section de la brèche du côté GV correspond à la section de passage du limiteur de débit positionné en sortie GV, . La section de la brèche côté barillet vapeur correspond à la section de passage de la vanne d'isolement vapeur complètement ouverte, .

3.2.4. APRP  sans ISBP (RRC-A)**3.2.4.1. Choix du scénario**

L'accident d'APRP  sans ISBP est étudié en état A comme séquence enveloppe parmi les situations RRC-A. Ce scénario conduit en effet à un relâchement important de masses et d'énergies dans le bâtiment réacteur sans possibilité d'évacuation de puissance automatique hors de l'enceinte (les ISBP ne sont pas en fonctionnement et leurs chaînes de refroidissement associées ne sont donc pas disponibles). Cette séquence requiert donc à terme l'activation de l'EVU en mode aspersion afin de

rétablir une évacuation de la puissance et limiter les pressions et températures dans l'enceinte de confinement.

De façon pénalisante, la brèche est localisée en branche chaude.

Conformément aux règles d'études RRC-A, la maintenance préventive et la défaillance unique ne sont pas considérées et la perte totale des alimentations électriques externes n'est pas cumulée lors de l'accident.

3.2.4.2. Codes et méthode

□

3.2.4.3. Conditions initiales et aux limites

De façon conservatrice, les paramètres dominants (ainsi que la plupart des autres paramètres dont l'influence est mineure) sont pénalisés de façon analogue à celle employée pour l'étude des situations PCC à l'exception des termes B+C de puissance résiduelle.

Les données d'entrée correspondantes sont basées sur les données EPR (voir sous-chapitre 15.1).

Modélisation □ des circuits primaire/secondaire

Des hypothèses conservatrices vis-à-vis des MEL sont utilisées. Les plus importantes sont :

- puissance résiduelle □,
- puissance initiale du réacteur □,
- actions de protection et de sauvegarde limitées aux systèmes F1 et F2,
- fonctions d'instrumentation et de contrôle F1 prises en compte avec les incertitudes (voir sous-chapitre 15.1),
- circuits fluides F1 et F2 pris en compte avec leur efficacité minimale (voir sous-chapitres 15.1 et 19.1),
- □,
- les actions opérateur sont considérées 30 minutes après la première information significative (Arrêt Automatique du Réacteur).

□

3.2.5. MDTG + BJPP en état A sur 24 h et Perte de la Station de Pompage sur 100 h + BJPP (RRC-A)

3.2.5.1. Choix des scénarios

Pour caractériser l'évolution de pression et température enceinte des deux situations RRC-A, les deux séquences RRC-A élémentaires suivantes, l'accident de MDTG + BJPP en état A sur 24 h et la Perte de la Station de Pompage + BJPP à partir 24 h sont étudiées :

- MDTG avec Brèche aux Joints des Pompes Primaires en état A sur 24 heures,
- Perte de la Station de Pompage jusqu'à 100 heures avec Brèche aux Joints des Pompes Primaires à partir de 24 heures en état A.

Ces deux séquences, étudiés simultanément, couvrent l'accident de Perte Totale de la Chaîne de refroidissement avec brèche aux joints de pompes primaires sur 100 heures en état A pour lequel les deux trains EVU sont disponibles et la température de la source froide de la chaîne de refroidissement de l'EVU reste nominale.

Conformément aux règles d'études RRC-A, la maintenance préventive et la défaillance unique ne sont pas considérées.

3.2.5.2. Codes et méthode

□

3.2.5.3. Conditions initiales et aux limites

Pour assurer un taux de couverture élevé de la détermination des Masses et Energies Libérées, la pénalisation des paramètres dominants est adoptée sur pratiquement toutes les hypothèses d'études, à l'identique des études PCC.

Les données d'entrée correspondantes sont basées sur les données EPR (voir sous-chapitre 15.1).

Modélisation □ des circuits primaire/secondaire

Des hypothèses conservatives vis-à-vis des MEL sont utilisées. Les plus importantes sont :

- puissance résiduelle □,
- puissance initiale du réacteur □,
- actions de protection et de sauvegarde limitées aux systèmes F1 et F2,
- fonctions d'instrumentation et de contrôle F1 prises en compte avec les incertitudes (voir sous-chapitre 15.1),
- circuits fluides F1 et F2 pris en compte avec leur efficacité minimale (voir sous-chapitres 15.1 et 19.1),
- les actions opérateur sont considérées 30 minutes après la première information significative (Arrêt Automatique du Réacteur sur signal de basse vitesse GMPP).

La taille de brèche équivalente choisie pour une fuite aux joints des pompes primaires est de □ cm² pour chaque pompe□.

Chaque brèche est positionnée en branche froide en amont de la pompe primaire.

Les actions opérateur considérées dans la première partie de l'accident avant 24 h sont listées ci-dessous :

- démarrage □ des deux diesels SBO à □,
- □
- □
- après le démarrage □ des deux diesels d'ultime secours, ouverture des vannes du barillet commun ASG pour alimenter simultanément les quatre GV avec les pompes ASG des trains 1 et 4,
- basculement d'un diesel d'ultime secours alimentant une pompe ASG vers une pompe ISBP □,
- un train EVU peut être mis en service si besoin en basculant le diesel d'ultime secours de la pompe ASG vers une pompe EVU.

Au-delà de □, les alimentations électriques sont retrouvées et le second train EVU peut donc être activé.

L'accident est finalement réalisé en activant un train EVU à □ et le 2^{ème} à □ environ.

La température d'entrée de l'échangeur SRU / EVU considérée est de T_{in} °C (aspiration sur l'ouvrage de rejet en mer) pour l'accident RRC-A de Perte de la station de pompage en état A. Par conservatisme, cette température est également considérée avant 24 heures pour l'accident T_{in} .

La chaîne de refroidissement RIS/RRI/SEC n'est pas disponible. En revanche, le basculement automatique sur DEL du refroidissement de la ou des pompes ISBP est assuré.

Lors de la récupération de la chaîne de refroidissement à 100 h, des caractéristiques pénalisées de la chaîne de refroidissement RIS/RRI/SEC (sur les deux trains ISBP en service) sont considérées afin de limiter l'évacuation de puissance par le RRI et de maximiser la température de l'ISBP. T_{in}

3.2.6. Perte de la Station de Pompage en états Cb2 à D (RRC-A)

3.2.6.1. Choix du scénario

Ce scénario RRC-A est étudié spécifiquement compte tenu des caractéristiques très différentes de la tranche dans ces états (rupture de l'intégrité du circuit primaire) par comparaison à un fonctionnement en état A. Compte tenu de la rupture de l'intégrité du circuit primaire associée à la perte du refroidissement du cœur, il y a relâchement de masses et d'énergies dans l'enceinte de confinement conduisant à une montée en pression et température dans l'enceinte pour ces états. Par ailleurs, comme pour l'APRP S_{APRP} cm² en état A, tous les moyens automatiques d'évacuation de la puissance sont indisponibles par définition des séquences accidentelles. Elles requièrent donc à terme l'activation de l'EVU en mode aspersion S_{EVU} afin de rétablir une évacuation de la puissance et limiter les pressions et températures dans l'enceinte de confinement. L'EVU est un système avec une chaîne de refroidissement dédiée garantissant son opérabilité sur de tels scénarios accidentels.

La Perte de la Station de Pompage est considérée sur une durée de 100 heures.

Conformément aux règles d'études RRC-A, la maintenance préventive et la défaillance unique ne sont pas considérées

3.2.6.2. Codes et méthode

Les Masses et Energies Libérées sont déterminées par bilans de masses et d'énergies appliqués à la cuve du circuit primaire. Ces bilans considèrent qu'une partie de la puissance résiduelle est vaporisée dans l'enceinte et que la partie restante est évacuée sous forme liquide dans l'IRWST du fait du refroidissement apporté par l'injection de la pompe ISBP.

Après le démarrage de la recirculation et avant le démarrage de l'IS, les Masses et Energies Libérées dépendent :

- de l'évolution temporelle de la puissance résiduelle,
- de l'évolution temporelle de l'enthalpie liquide saturée à la pression totale de l'enceinte,
- de l'évolution temporelle de l'enthalpie vapeur saturée à la pression totale de l'enceinte,
- du débit de recirculation entre la piscine du Bâtiment Réacteur et l'IRWST.

Après le démarrage de l'IS, les Masses et Energies Libérées dépendent :

- de l'évolution temporelle de la puissance résiduelle,
- de l'évolution temporelle de l'enthalpie de l'IRWST,
- de l'évolution temporelle de l'enthalpie liquide saturée à la pression totale de l'enceinte,
- de l'évolution temporelle de l'enthalpie vapeur saturée à la pression totale de l'enceinte,
- du débit ISBP injecté dans le circuit primaire.

Les Masses et Energies Libérées sont ensuite utilisées pour obtenir la réponse de l'enceinte à l'aide du code $Code$ (voir Annexe 19A).

3.2.6.3. Conditions initiales et aux limites

Modélisation des circuits primaire/secondaire

Des hypothèses conservatives vis-à-vis des MEL sont utilisées. Les plus importantes sont :

- puissance résiduelle maximale \square ,
- puissance initiale du réacteur maximale \square ,
- les actions opérateur sont considérées 30 minutes après la première information significative (signal d'IS sur bas niveau boucle MIN1p).

Les caractéristiques de chacune des actions sont détaillées ci-dessous :

- des hypothèses conservatives sont considérées pour les actions opérateur afin de couvrir toutes les configurations des états Cb2 à D. Il en résulte le choix d'hypothèses découplées qui ne représentent pas les actions opérateur réellement effectuées pour un état initial donné. Le sens de pénalisation retenu vise à \square la production intégrale de vapeur dans le cœur finalement relâchée dans l'enceinte en échauffant l'IRWST le plus \square possible,
- le signal de bas niveau boucle MIN1p, ordonnant la mise en service de la pompe ISBP en mode réduit, est supposé être émis dès l'instant initial du scénario. Après une temporisation \square , l'ISBP est supposée en service. Cette hypothèse s'apparente à une situation d'état Cb2 pour laquelle l'inventaire en eau du circuit primaire est minimal (niveau $\frac{3}{4}$ boucles),
- le démarrage de la recirculation entre la piscine du Bâtiment Réacteur et l'IRWST est supposé être effectué \square l'accident. Cette hypothèse vise à couvrir des situations en état Cb2, lorsque les vannes de fond de piscine du Bâtiment Réacteur sont ouvertes,
- pour une situation accidentelle initiée en fin d'état D, afin de couvrir le délai maximal de remplissage de l'IRWST par la recirculation d'eau en provenance de la piscine réacteur, le temps minimal de mise en service de l'EVU est de \square pour la séquence de la Perte de la Station de Pompage avec prise en compte du temps de vidange de la piscine du Bâtiment Réacteur \square ,
- le débit de la pompe ISBP en mode réduit est maximal pour maximiser l'évacuation de la puissance résiduelle vers l'IRWST. Le débit de la pompe ISBP en mode réduit est de \square ,
- la récupération de la chaîne de refroidissement du train ISBP en service en mode réduit est considérée à 100 heures (fin de la séquence de la Perte de la Station de Pompage).

La mise en service des deux trains EVU est réalisée de manière découplée à \square , ce qui assure une marge par rapport au temps minimal de \square .

La température d'entrée de l'échangeur SRU / EVUi considérée pour cet accident est de \square °C (aspiration sur l'ouvrage de rejet en mer).

3.2.7. Perte de la Station de Pompage en état E (RRC-A)

3.2.7.1. Choix du scénario

Ce scénario RRC-A est étudié spécifiquement compte tenu des caractéristiques très différentes de la tranche dans ces états (rupture de l'intégrité du circuit primaire) par comparaison à un fonctionnement en état A. Compte tenu de la rupture de l'intégrité du circuit primaire associée à la perte du refroidissement du cœur, il y a relâchement de masses et d'énergies dans l'enceinte de confinement conduisant à une montée en pression et température dans l'enceinte pour ces états. Par ailleurs, comme pour l'APRP \square cm² en état A, tous les moyens automatiques d'évacuation de la puissance sont indisponibles par définition des séquences accidentelles. Elles requièrent donc à terme l'activation de l'EVU en mode aspersion \square afin de rétablir une évacuation de la puissance et limiter les pressions et températures dans l'enceinte de confinement. L'EVU est un système avec une chaîne de refroidissement dédiée garantissant son opérabilité sur de tels scénarios accidentels.

La piscine réacteur est remplie en état E de sorte que l'échauffement de cette piscine en cas de perte des moyens de refroidissement induit un retard sur la pressurisation de l'enceinte par rapport aux états Cb2 à D.

La Perte de la Station de Pompage est considérée sur une durée de 100 heures.

Conformément aux règles d'études RRC-A, la maintenance préventive et la défaillance unique ne sont pas considérées

3.2.7.2. Codes et méthode

Les Masses et Energies Libérées sont déterminées par bilans de masses et d'énergies appliqués à la cuve du circuit primaire. Ces bilans considèrent qu'une partie de la puissance résiduelle est vaporisée dans l'enceinte et que la partie restante est évacuée sous forme liquide dans l'IRWST du fait du refroidissement apporté par l'injection de la pompe ISBP. Les Masses et Energies Libérées dépendent donc :

- de l'évolution temporelle de la puissance résiduelle,
- de l'évolution temporelle de l'enthalpie de l'IRWST,
- du volume d'eau minimal de la piscine réacteur pour la détermination de l'instant d'évaporation d'eau dans l'enceinte,
- de l'évolution temporelle de l'enthalpie liquide saturée à la pression totale de l'enceinte,
- de l'évolution temporelle de l'enthalpie vapeur saturée à la pression totale de l'enceinte,
- du débit ISBP injecté dans le circuit primaire.

Les Masses et Energies Libérées sont ensuite utilisées pour obtenir la réponse de l'enceinte à l'aide du code [] (voir Annexe 19A).

3.2.7.3. Conditions initiales et aux limites

Modélisation des circuits primaire/secondaire

Des hypothèses conservatives vis-à-vis des MEL sont utilisées. Les plus importantes sont :

- puissance résiduelle maximale [],
- puissance initiale du réacteur maximale [],
- les actions opérateur sont considérées 30 minutes après la première information significative.

Les caractéristiques de chacune des actions sont détaillées ci-dessous :

- le démarrage de la recirculation entre la piscine du Bâtiment Réacteur et l'IRWST est supposé être effectué 30 minutes après la première information significative,
- pour une situation accidentelle initiée en état E, afin de couvrir le délai maximal de remplissage de l'IRWST par la recirculation d'eau en provenance de la piscine réacteur, le temps minimal de mise en service de l'EVU est de [] pour la séquence de la Perte de la Station de Pompage avec prise en compte du temps de vidange de la piscine du Bâtiment Réacteur [],
- le débit de la pompe ISBP en mode réduit est maximal pour maximiser l'évacuation de la puissance résiduelle vers la piscine réacteur et l'IRWST. Le débit de la pompe ISBP en mode réduit est de [].
- la récupération de la chaîne de refroidissement du train ISBP en service en mode réduit est considérée à 100 heures (fin de la séquence de la Perte de la Station de Pompage).

La mise en service du premier train EVU est effectuée à [], ce qui assure une marge par rapport au temps minimal de []. Le deuxième train EVU est quant à lui démarré de manière découplée à 24 heures.

La température d'entrée de l'échangeur SRU / EVUi considérée pour ce transitoire est de \square °C (aspiration sur l'ouvrage de rejet en mer).

3.2.8. Manque De Tension Généralisé en état Cb2 (RRC-A)

3.2.8.1. Choix du scénario

Ce scénario RRC-A est étudié spécifiquement compte tenu des caractéristiques très différentes de la tranche dans ces états (rupture de l'intégrité du circuit primaire) par comparaison à un fonctionnement en état A. Compte tenu de la rupture de l'intégrité du circuit primaire associée à la perte du refroidissement du cœur, il y a relâchement de masses et d'énergies dans l'enceinte de confinement conduisant à une montée en pression et température dans l'enceinte pour cet état. Par ailleurs, comme pour l'APRP \square cm² en état A, tous les moyens automatiques d'évacuation de la puissance sont indisponibles par définition des séquences accidentelles. Elles requièrent donc à terme l'activation de l'EVU en mode aspersion \square afin de rétablir une évacuation de la puissance et limiter les pressions et températures dans l'enceinte de confinement. L'EVU est un système avec une chaîne de refroidissement dédiée garantissant son opérabilité sur de tels scénarios accidentels.

Le Manque de tension Généralisé est considéré sur une durée de 24 heures. Cet accident est réalisé pour s'assurer que pour la plus grosse ouverture du circuit primaire en état Cb2 \square les pression et température enceinte restent acceptables. Les deux diesels SBO alimentent une ISBP à débit réduit et un EVU. L'accident ne requiert pas de démarrage ASG sur 24 heures, ce qui permet de maintenir en service l'EVU sur toute la durée.

Conformément aux règles d'études RRC-A, la maintenance préventive et la défaillance unique ne sont pas considérées.

3.2.8.2. Codes et méthode

Le code \square V2.5 (voir Annexe 15A) calcule les Masses et Energies Libérées à la brèche en considérant :

\square

3.2.8.3. Conditions initiales et aux limites

Modélisation des circuits primaire/secondaire

Des hypothèses conservatives vis-à-vis des MEL sont utilisées. Les plus importantes sont :

- puissance résiduelle maximale \square ,
- puissance initiale du réacteur maximale \square ,
- niveau initial de l'état Cb2 à $\frac{3}{4}$ boucle,
- une brèche \square cumulée à une Brèche aux Joints des Pompes Primaires \square est considérée \square ,
- les actions opérateur sont considérées 30 minutes après la première information significative (signal de manque de tension LH).

Les caractéristiques de chacune des actions sont détaillées ci-dessous :

- le signal de bas niveau boucle MIN1p ordonne la mise en service de la pompe ISBP en mode réduit. Après une temporisation \square , l'ISBP est démarré. \square ,
- le débit de la pompe ISBP en mode réduit est \square l'évacuation de la puissance résiduelle vers l'IRWST \square ,
- la récupération des alimentations électriques et de la chaîne de refroidissement du train ISBP en service en mode réduit est supposée à 24h.

La mise en service du premier train EVU est effectuée dès l'atteinte du seuil de haute pression enceinte []. La mise en service du premier train EVU est donc effectuée à []. Le deuxième train EVU peut quant à lui être démarré à [].

La température d'entrée de l'échangeur SRU / EVU_i considérée pour cet accident est de []°C.

3.2.9. Manque De Tension Généralisé en état D (RRC-A)

3.2.9.1. Choix du scénario

Ce scénario RRC-A est étudié spécifiquement compte tenu des caractéristiques très différentes de la tranche dans ces états (rupture de l'intégrité du circuit primaire) par comparaison à un fonctionnement en état A. Compte tenu de la rupture de l'intégrité du circuit primaire associée à la perte du refroidissement du cœur, il y a relâchement de masses et d'énergies dans l'enceinte de confinement conduisant à une montée en pression et température dans l'enceinte pour ces états. Par ailleurs, comme pour l'APRP [] cm² en état A, tous les moyens automatiques d'évacuation de la puissance sont indisponibles par définition des séquences accidentelles. Elles requièrent donc à terme l'activation de l'EVU en mode aspersion [] afin de rétablir une évacuation de la puissance et limiter les pressions et températures dans l'enceinte de confinement. L'EVU est un système avec une chaîne de refroidissement dédiée garantissant son opérabilité sur de tels scénarios accidentels.

En état D, le couvercle de cuve est soulevé, le circuit primaire est en communication directe avec la piscine du réacteur. Aucun GV n'est disponible.

Le Manque De Tension Généralisé est considéré sur une durée de 24 heures.

Conformément aux règles d'études RRC-A, la maintenance préventive et la défaillance unique ne sont pas considérées

3.2.9.2. Codes et méthode

Les Masses et Energies Libérées sont déterminées par bilans de masses et d'énergies appliqués à la cuve du circuit primaire. Ces bilans considèrent qu'une partie de la puissance résiduelle est vaporisée dans l'enceinte et que la partie restante est évacuée sous forme liquide dans l'IRWST du fait du refroidissement apporté par l'injection de la pompe ISBP.

Après le démarrage de la recirculation et avant le démarrage de l'IS, les Masses et Energies Libérées dépendent :

de l'évolution temporelle de la puissance résiduelle,

de l'évolution temporelle de l'enthalpie liquide saturée à la pression totale de l'enceinte,

de l'évolution temporelle de l'enthalpie vapeur saturée à la pression totale de l'enceinte,

du débit de recirculation entre la piscine du Bâtiment Réacteur et l'IRWST.

Après le démarrage de l'IS, les Masses et Energies Libérées dépendent :

- de l'évolution temporelle de la puissance résiduelle,
- de l'évolution temporelle de l'enthalpie de l'IRWST,
- de l'évolution temporelle de l'enthalpie liquide saturée à la pression totale de l'enceinte,
- de l'évolution temporelle de l'enthalpie vapeur saturée à la pression totale de l'enceinte,
- du débit ISBP injecté dans le circuit primaire.

Les Masses et Energies Libérées sont ensuite utilisées pour obtenir la réponse de l'enceinte à l'aide du code [] (voir Annexe 19A).

3.2.9.3. Conditions initiales et aux limites

Modélisation des circuits primaire/secondaire

Des hypothèses conservatives vis-à-vis des MEL sont utilisées. Les plus importantes sont :

- puissance résiduelle maximale \square ,
- puissance initiale du réacteur maximale \square ,
- les actions opérateur sont considérées 30 minutes après la première information significative (signal de manque de tension LH).

Les caractéristiques de chacune des actions sont détaillées ci-dessous :

- des hypothèses conservatives sont considérées pour les actions opérateur afin de couvrir toutes les configurations de l'état D. Il en résulte le choix d'hypothèses découplées qui ne représentent pas les actions opérateur réellement effectuées pour un état initial donné. Le sens de pénalisation retenu vise \square .
- le démarrage de la recirculation entre la piscine du Bâtiment Réacteur et l'IRWST est supposé être effectué \square après la première information significative. Cette hypothèse vise à couvrir des situations (fin d'état D) pour lesquelles il est d'abord nécessaire d'assurer un niveau d'eau suffisant dans l'IRWST avant de garantir le bon fonctionnement de l'ISBP et de l'EVU. Elle favorise l'échauffement rapide de l'IRWST.
- pour une situation accidentelle initiée en fin d'état D, afin de couvrir le délai maximal de remplissage de l'IRWST par la recirculation d'eau en provenance de la piscine réacteur, le temps minimal de mise en service de l'EVU et de l'ISBP est de \square pour la séquence de Manque De Tension Généralisée avec prise en compte du temps de vidange de la piscine du Bâtiment Réacteur \square .
- le débit de la pompe ISBP en mode réduit est \square la production de MEL vapeur. Le débit de la pompe ISBP en mode réduit est \square .
- le Manque De Tension Généralisé est considéré sur 24h, tandis que la récupération de la chaîne de refroidissement du train ISBP en service en mode réduit est elle considérée à 100 heures.

La mise en service du train EVU disponible et de l'ISBP est réalisée à \square .

La température d'entrée de l'échangeur SRU / EVU_i considérée pour cet accident est de \square °C.

3.2.10. Manque De Tension Généralisé en état E (RRC-A)

Cet accident est enveloppé par l'accident de Perte de la Station de Pompage en état E pour lequel l'activation d'un deuxième train EVU est considérée par découplage à 24h.

3.2.10.1. Choix du scénario

Ce scénario RRC-A est étudié spécifiquement compte tenu des caractéristiques très différentes de la tranche dans ces états (rupture de l'intégrité du circuit primaire) par comparaison à un fonctionnement en état A. Compte tenu de la rupture de l'intégrité du circuit primaire associée à la perte du refroidissement du cœur, il y a relâchement de masses et d'énergies dans l'enceinte de confinement conduisant à une montée en pression et température dans l'enceinte pour ces états. Par ailleurs, comme pour l'APRP \square cm² en état A, tous les moyens automatiques d'évacuation de la puissance sont indisponibles par définition des séquences accidentelles. Elles requièrent donc à terme l'activation de l'EVU en mode aspersion \square afin de rétablir une évacuation de la puissance et limiter les pressions et températures dans l'enceinte de confinement. L'EVU est un système avec une chaîne de refroidissement dédiée garantissant son opérabilité sur de tels scénarios accidentels.

La piscine réacteur est remplie en état E de sorte que l'échauffement de cette piscine en cas de perte des moyens de refroidissement induit un retard sur la pressurisation de l'enceinte par rapport aux états Cb2 à D.

Le Manque de tension Généralisé est considéré sur une durée de 24 heures.

Conformément aux règles d'études RRC-A, la maintenance préventive et la défaillance unique ne sont pas considérées.

3.2.10.2. Codes et méthode

Les Masses et Energies Libérées sont déterminées par bilans de masses et d'énergies appliqués à la cuve du circuit primaire. Ces bilans considèrent qu'une partie de la puissance résiduelle est vaporisée dans l'enceinte et que la partie restante est évacuée sous forme liquide dans l'IRWST du fait du refroidissement apporté par l'injection de la pompe ISBP. Les Masses et Energies Libérées dépendent donc :

- de l'évolution temporelle de la puissance résiduelle,
- de l'évolution temporelle de l'enthalpie de l'IRWST,
- du volume d'eau minimal de la piscine réacteur pour la détermination de l'instant d'évaporation d'eau dans l'enceinte,
- de l'évolution temporelle de l'enthalpie liquide saturée à la pression totale de l'enceinte,
- de l'évolution temporelle de l'enthalpie vapeur saturée à la pression totale de l'enceinte,
- du débit ISBP injecté dans le circuit primaire.

Les Masses et Energies Libérées sont ensuite utilisées pour obtenir la réponse de l'enceinte à l'aide du code [] (voir annexe 19A).

3.2.10.3. Conditions initiales et aux limites

Modélisation des circuits primaire/secondaire

Des hypothèses conservatives vis-à-vis des MEL sont utilisées. Les plus importantes sont :

- puissance résiduelle maximale [],
- puissance initiale du réacteur maximale [],
- les actions opérateur sont considérées 30 minutes après la première information significative (signal de manque de tension LH).

Les caractéristiques de chacune des actions sont détaillées ci-dessous :

- le démarrage de la recirculation entre la piscine du Bâtiment Réacteur et l'IRWST est supposé être effectué [] après l'initiateur,
- pour une situation accidentelle initiée en état E, afin de couvrir le délai maximal de remplissage de l'IRWST par la recirculation d'eau en provenance de la piscine réacteur, le temps minimal de mise en service de l'EVU est de [] pour la séquence de Manque De Tension Généralisée avec prise en compte du temps de vidange de la piscine du Bâtiment Réacteur [] et un temps d'intervention opérateur maximal de 30 minutes),
- le débit de la pompe ISBP en mode réduit est [] l'évacuation de la puissance résiduelle vers la piscine réacteur et l'IRWST. Le débit de la pompe ISBP en mode réduit est de [],
- la récupération de la chaîne de refroidissement du train ISBP en service en mode réduit est à 24 heures.

La mise en service du premier train EVU est effectuée de manière découplée à [], ce qui assure une marge par rapport au temps minimal de []. Le deuxième train EVU est démarré à 24 heures, au retour des alimentations électriques.

La température d'entrée de l'échangeur SRU / EVU*i* considérée pour cet accident est de []°C.

3.2.11. Accidents graves

La pression et la température enceinte sont calculées pour un scénario de fusion du cœur suite à un APRP grosse brèche sur la ligne d'expansion pressuriseur (voir section 19.2.2.5).

3.3. HYPOTHÈSES ET DONNÉES D'ENTRÉE DES CALCULS DE PRESSION ET TEMPÉRATURE ENCEINTE

3.3.1. Données d'entrée des calculs de pression et température en APRP, RTV, et pour les scénarios RRC-A

Code de calcul des P et T

□

Caractéristiques géométriques de l'enceinte

Pour l'ensemble des cas de charge de l'enceinte cités au paragraphe § 3.2., des hypothèses pénalisées sont considérées, y compris pour les scénarios d'APRP 2A et de RTV 2A.

Ces hypothèses et données d'entrée enceinte sont pénalisées pour maximiser les pressions et températures dans le bâtiment réacteur. Elles sont détaillées dans le document [Réf.](#)

Le volume libre de l'enceinte est pris à une valeur □. Le volume d'eau dans l'IRWST est pris □ en état A (prise en compte d'un volume de rétention de □ dans le bâtiment réacteur dès l'instant initial). Pour les scénarios initiés en état D, le volume d'eau dans l'IRWST est pris □ (le volume de rétention de □ étant prélevé au cours de l'accident). Pour les accidents initiés en état E, le volume d'eau dans l'IRWST est pris à □ après considération d'un apport de □ en provenance de la piscine BR.

Les surfaces d'échange entre les structures internes et l'atmosphère de l'enceinte sont aussi □ les pressions et températures enceinte.

Les propriétés thermophysiques des matériaux considérées sont listées ci-dessous. Ces dernières sont choisies de façon à minimiser la capacité de stockage d'énergie des structures du bâtiment réacteur.

□

La peau d'étanchéité métallique (considérée en inox de façon conservative) est modélisée selon les hypothèses suivantes :

□

Les caractéristiques de la chaîne de refroidissement RIS/RRI/SEC (sur les deux trains ISBP en service) sont pénalisées afin de limiter l'évacuation de puissance par le RRI.

Pour les séquences RRC-A, les caractéristiques de la chaîne de refroidissement diversifiée EVUp/ EVUi/SRU fonctionnant en mode aspersion sont pénalisées afin de □ l'efficacité de l'aspersion de l'enceinte. Selon les séquences RRC-A, un ou deux trains EVU sont disponibles pour évacuer la puissance. La situation RRC-A pour laquelle un seul train EVU est disponible est la situation de □.

Conditions initiales ambiantes dans l'enceinte

L'état initial de l'atmosphère à l'intérieur de l'enceinte avant l'accident est caractérisé par trois paramètres : pression, température, humidité.

- la pression initiale retenue correspond à la valeur □
- □

- [□](#).

Les valeurs retenues pour la pression, température et l'humidité dans l'enceinte sont les suivantes :

[□](#)

3.3.2. Données d'entrée des calculs de pression et température en accidents graves

Les hypothèses de base pour les calculs d'accident grave qui produisent les Masses et Energies Libérées les plus pénalisantes sont présentées à la section 19.2.2.5.

3.4. RÉSULTATS DES ÉTUDES

3.4.1. Pression et Température en cas d'APRP GB et BI

Cas étudiés

Les cas étudiés d'APRP GB et BI PCC-4 sont une brèche de [□](#) en branche froide et de [□](#) en branche froide et chaude. La rupture de la LEP [□](#) est aussi étudiée, bien qu'elle soit couverte par l'APRP 2A en branche chaude qui est pénalisant à court terme pendant la phase de décompression. La brèche de [□](#) correspond à la rupture totale du piquage IS (plus gros piquage connecté au circuit primaire en branche froide) tandis que la brèche de [□](#) est définie comme la plus petite brèche pour laquelle le système RIS-RA ne peut être connecté en mode RA pendant les premières 24 heures (voir [§ 3.2.1.1.](#)).

Masses et Energies Libérées et pression et température enceinte

Les MEL sont calculées avec les hypothèses conservatives présentées au [§ 3.2.](#) Les calculs de pression et température sont effectués avec les hypothèses conservatives définies au [§ 3.3.](#)

Les pressions et les températures dans l'enceinte sont présentées en [FIG-6.2.1.3](#) et [FIG-6.2.1.4](#) avec :

- P_{gaz} : pression totale de l'enceinte
- P_{vap} : pression partielle de vapeur
- T_{gaz} : température de l'atmosphère
- $T_{\text{sat}}(P_{\text{vap}})$: température de saturation à la pression partielle de vapeur

La durée de calcul de la simulation est de 24 heures.

Les valeurs [□](#) de pression P_{gaz} et de température T_{gaz} sont :

[□](#)

3.4.2. Pression et Température en cas d'APRP 2A

Cas étudiés

Les cas étudiés sont les ruptures guillotines doublement débattues de la branche froide (APRP 2A en BF) et de la branche chaude (APRP 2A en BC) du circuit primaire.

Masses et Energies Libérées et pression et température enceinte

Bien que ces situations puissent être calculées avec des hypothèses réalistes selon les directives relatives à l'APRP 2A, les MEL sont calculées avec les hypothèses conservatives identiques à celles

des études PCC (voir § 3.2.). Les calculs de pression et température sont effectués avec les hypothèses conservatives définies au § 3.3..

Les pressions et les températures dans l'enceinte sont présentées en FIG-6.2.1.5 et FIG-6.2.1.6 avec :

- P_{gaz} : pression totale de l'enceinte
- P_{vap} : pression partielle de vapeur
- T_{gaz} : température de l'atmosphère
- $T_{\text{sat}}(P_{\text{vap}})$: température de saturation à la pression partielle de vapeur

Les valeurs maximales de pression P_{gaz} et de température T_{gaz} sont :

□

Le scénario d'APRP 2A en branche chaude conduit aux conditions surchauffées dans l'enceinte les plus sévères.

La température □ de la peau métallique de l'enceinte pour le cas d'APRP 2A en branche chaude est inférieure à la température de rosée. Ceci confirme la présence d'un film d'eau de condensation sur la paroi de la peau métallique dont la température ne dépasse pas □ (FIG-6.2.1.9).

3.4.3. Pression et Température en cas de RTV

Cas étudiés

Le cas étudié est la rupture guillotine doublement débattue de la ligne de vapeur principale.

Masses et Energies Libérées et pression et température enceinte

Les MEL sont calculées avec les hypothèses conservatives présentées au § 3.2.. Les calculs de pression et température sont effectués avec les hypothèses conservatives définies au § 3.3..

Les pressions et les températures dans l'enceinte sont présentées en FIG-6.2.1.7 et FIG-6.2.1.8 (pendant 24 h) avec :

- P_{gaz} : pression totale de l'enceinte
- P_{vap} : pression partielle de vapeur
- T_{gaz} : température de l'atmosphère
- $T_{\text{sat}}(P_{\text{vap}})$: température de saturation à la pression partielle de vapeur

Les courbes de pression et de température présentent deux pics. Les valeurs maximales de pression P_{gaz} et de température T_{gaz} sont :

□

30 minutes après la première information significative, □ (isolement de l'ASG avec un temps de fermeture de vanne maximal de 60 s). Il n'y a alors plus de Masses et d'Energies Libérées dans l'enceinte. L'énergie présente dans l'enceinte est alors évacuée par les structures. Les pressions et températures □

Comme pour l'APRP 2A en branche chaude, les conditions surchauffées dans l'enceinte sont obtenues. La température maximale de la peau métallique de l'enceinte est inférieure à la température de rosée. Ceci confirme la présence d'un film d'eau de condensation sur la paroi de la peau métallique dont la température ne dépasse pas □ (FIG-6.2.1.10).

3.4.4. Pression et Température en cas d'APRP □ sans ISBP

Cas étudiés

Le scénario RRC-A étudié est une brèche de □ en branche chaude avec les quatre pompes ISBP indisponibles.

Masses et Energies Libérées et pression et température enceinte

Les MEL sont calculées avec les hypothèses conservatives présentées au § 3.2.. Les calculs de pression et température sont effectués avec les hypothèses conservatives définies au § 3.3..

Les pressions et les températures dans l'enceinte sont présentées en [FIG-6.2.1.11](#) avec :

- P_{gaz} : pression totale de l'enceinte
- P_{vap} : pression partielle de vapeur
- T_{gaz} : température de l'atmosphère
- $T_{\text{sat}}(P_{\text{vap}})$: température de saturation à la pression partielle de vapeur

Les évolutions sont données sur une durée supérieure à 100 heures.

Les valeurs maximales de pression P_{gaz} et de température T_{gaz} sont :

□

L'activation de l'EVU en mode aspersion à □ permet de faire chuter rapidement la pression enceinte jusqu'à se stabiliser à une valeur de l'ordre de □. Ensuite, une fois l'équilibre obtenu entre la puissance évacuée par les deux trains EVU, la puissance encore évacuée par certains murs de l'enceinte non saturés et la puissance générée (puissance cœur et puissance des pompes ISMP), la pression enceinte diminue avec la baisse progressive de la puissance résiduelle. A quatre jours, la récupération de deux ISBP permet de diminuer fortement la pression enceinte.

3.4.5. Pression et Température en cas de MDTG + BJPP en état A sur 24 h et de Perte de la Station de Pompage sur 100 h + BJPP

Cas étudiés

Les scénarios RRC-A étudiés sont un MDTG + BJPP en état A sur 24 h et une Perte de la Station de Pompage sur 100 h + BJPP.

Masses et Energies Libérées et pression et température enceinte

Les MEL sont calculées avec les hypothèses conservatives présentées au § 3.2.. Les calculs de pression et température sont effectués avec les hypothèses conservatives définies au § 3.3..

Les pressions et les températures dans l'enceinte sont présentées en [FIG-6.2.1.12](#) avec :

- P_{gaz} : pression totale de l'enceinte
- P_{vap} : pression partielle de vapeur
- T_{gaz} : température de l'atmosphère
- $T_{\text{sat}}(P_{\text{vap}})$: température de saturation à la pression partielle de vapeur

Les évolutions sont données sur une durée supérieure à 100 heures.

Les valeurs maximales de pression P_{gaz} et de température T_{gaz} sont :

□

L'activation d'un EVU en mode aspersion à 24 heures permet de faire chuter rapidement la pression enceinte jusqu'à se stabiliser à une valeur de l'ordre de □. Néanmoins, l'équilibre obtenu entre la puissance évacuée par un train EVU, la puissance encore évacuée par certains murs de l'enceinte non saturés et la puissance générée par le cœur, ne permet pas de diminuer à long terme la pression enceinte. Un second train EVU est donc activé en mode aspersion aux alentours de □. La pression enceinte diminue fortement pour se stabiliser à long terme□.

3.4.6. Pression et Température en cas de Perte de la Station de Pompage en états Cb2 à D

Cas étudiés

Le scénario RRC-A étudié est la Perte de la Station de Pompage en états d'arrêt Cb2 à D pour laquelle l'intégrité du primaire est rompue.

Masses et Energies Libérées et pression et température enceinte

Les MEL sont calculées avec les hypothèses conservatives présentées au § 3.2.. Les calculs de pression et température sont effectués avec les hypothèses conservatives définies au § 3.3..

Les pressions et les températures dans l'enceinte sont présentées en [FIG-6.2.1.13](#) avec :

- P_{gaz} : pression totale de l'enceinte
- P_{vap} : pression partielle de vapeur
- T_{gaz} : température de l'atmosphère
- $T_{\text{sat}}(P_{\text{vap}})$: température de saturation à la pression partielle de vapeur

Les évolutions des paramètres sont présentées sur des durées supérieures à 100 heures.

Dans le cas de la Perte de la Station de Pompage en états Cb2 à D, les valeurs maximales de pression P_{gaz} et de température T_{gaz} sont :

□

Ces maximums sont atteints à □ lors du démarrage des deux trains EVU en mode aspersion. Après □, la pression dans l'enceinte diminue fortement jusqu'à l'instant de la récupération de la chaîne de refroidissement du train ISBP à 100 heures qui permet une nouvelle diminution des conditions de pression et de température dans l'enceinte.

3.4.7. Pression et Température en cas de Perte de la Station de Pompage en état E

Cas étudiés

Le scénario RRC-A étudié est la Perte de la Station de Pompage en état E pour laquelle l'intégrité du primaire est rompue.

Masses et Energies Libérées et pression et température enceinte

Les MEL sont calculées avec les hypothèses conservatives présentées au § 3.2.. Les calculs de pression et température sont effectués avec les hypothèses conservatives définies au § 3.3..

Les pressions et les températures dans l'enceinte sont présentées en [FIG-6.2.1.13](#) avec :

- P_{gaz} : pression totale de l'enceinte
- P_{vap} : pression partielle de vapeur

- T_{gaz} : température de l'atmosphère
- $T_{\text{sat}}(P_{\text{vap}})$: température de saturation à la pression partielle de vapeur

Les évolutions des paramètres sont présentées sur des durées supérieures à 100 heures.

Dans le cas de la Perte de la Station de Pompage en état E, les valeurs maximales de pression P_{gaz} et de température T_{gaz} sont :

□

L'activation d'un EVU en mode aspersion à □ permet de garantir une pression enceinte en deçà de □ sur les 24 premières heures. L'activation du second EVU en mode aspersion à 24 heures fait rapidement chuter la pression enceinte et la récupération de la chaîne de refroidissement du train ISBP à 100 heures permet une nouvelle diminution des conditions de pression et de température dans l'enceinte.

3.4.8. Pression et Température en cas de MDTG en état Cb2

Cas étudiés

Le scénario RRC-A étudié est le Manque De Tension Généralisé en état Cb2 pour lequel l'intégrité du primaire est rompue.

Masses et Energies Libérées et pression et température enceinte

Les MEL sont calculées avec les hypothèses conservatives présentées au § 3.2.. Les calculs de pression et température sont effectués avec les hypothèses conservatives définies au § 3.3..

Les pressions et les températures dans l'enceinte sont présentées en [FIG-6.2.1.14](#) avec :

- P_{gaz} : pression totale de l'enceinte
- P_{vap} : pression partielle de vapeur
- T_{gaz} : température de l'atmosphère
- $T_{\text{sat}}(P_{\text{vap}})$: température de saturation à la pression partielle de vapeur

Dans le cas du Manque De Tension Généralisé en état Cb2, les valeurs maximales de pression P_{gaz} et de température T_{gaz} sont :

□

Ces maximums sont atteints à 24 heures.

Après 24 heures, la pression dans l'enceinte diminuera du fait de la récupération de la chaîne de refroidissement du train ISBP et de la possibilité de démarrer le second train EVU.

3.4.9. Pression et Température en cas de MDTG en état D

Cas étudiés

Le scénario RRC-A étudié est le Manque De Tension Généralisé en état D pour lequel l'intégrité du primaire est rompue.

Masses et Energies Libérées et pression et température enceinte

Les MEL sont calculées avec les hypothèses conservatives présentées au § 3.2.. Les calculs de pression et température sont effectués avec les hypothèses conservatives définies au § 3.3..

Les pressions et les températures dans l'enceinte sont présentées en [FIG-6.2.1.14](#) avec :

- P_{gaz} : pression totale de l'enceinte
- P_{vap} : pression partielle de vapeur
- T_{gaz} : température de l'atmosphère
- $T_{\text{sat}}(P_{\text{vap}})$: température de saturation à la pression partielle de vapeur

Les évolutions des paramètres sont présentées sur des durées supérieures à 100 heures bien que les alimentations électriques soient retrouvées à 24h par hypothèse.

Dans le cas du Manque De Tension Généralisé en état D, les valeurs maximales de pression P_{gaz} et de température T_{gaz} sont :

□

L'activation d'un EVU en mode aspersion à □ permet de faire chuter la pression enceinte, mais ne suffit pas à stabiliser celle-ci. La pression enceinte augmente à nouveau pour atteindre un maximum □ à 24 heures. Le démarrage du second train EVU en mode aspersion permet de faire chuter rapidement la pression enceinte qui se stabilise à long terme □.

3.4.10. Pression et Température en cas de MDTG en état E

Cas étudiés

Le scénario RRC-A étudié est le Manque De Tension Généralisé en état E pour lequel l'intégrité du primaire est rompue.

Masses et Energies Libérées et pression et température enceinte

Les MEL sont calculées avec les hypothèses conservatives présentées au [§ 3.2.](#) Les calculs de pression et température sont effectués avec les hypothèses conservatives définies au [§ 3.3.](#)

Les pressions et les températures dans l'enceinte sont présentées en [FIG-6.2.1.14](#) avec :

- P_{gaz} : pression totale de l'enceinte
- P_{vap} : pression partielle de vapeur
- T_{gaz} : température de l'atmosphère
- $T_{\text{sat}}(P_{\text{vap}})$: température de saturation à la pression partielle de vapeur

Les évolutions des paramètres sont présentées sur des durées supérieures à 100 heures bien que les alimentations électriques soient retrouvées à 24h par hypothèse.

Dans le cas du Manque De Tension Généralisé en état E, les valeurs maximales de pression P_{gaz} et de température T_{gaz} sont :

□

L'activation d'un EVU en mode aspersion à □ permet de faire chuter la pression enceinte, mais ne suffit pas à stabiliser celle-ci. La pression enceinte augmente à nouveau sous l'effet de la production de vapeur, pour atteindre un maximum □ à 24 heures. Le démarrage du second train EVU en mode aspersion et la récupération de la chaîne de refroidissement permet de faire chuter rapidement la pression enceinte qui se stabilise à long terme □.

3.4.11. Pression et Température en cas d'accidents graves

La séquence d'accident grave prise en compte est l'APRP GB : rupture simple de la ligne d'expansion du pressuriseur [1]. Le calcul [1] est détaillé dans la section 19.2.2.5.

Le maximum de pression enceinte, de [1], est atteint à la fin de la trempe du corium et il est inférieur à la pression de dimensionnement de l'enceinte [1]. La température maximale de la peau métallique à la fin de la trempe est d'environ [1].

Les valeurs de pression et de température obtenues à long terme dépendent de l'instant de mise en service de l'EVU et du nombre de trains EVU en fonctionnement. [1]. Un calcul de sensibilité est effectué avec un seul train EVU en service afin de vérifier que la pression dans l'enceinte reste inférieure à la pression de dimensionnement de l'enceinte [1] sur le long terme. La température de la peau métallique décroît après le démarrage de l'EVU.

La pression de dimensionnement de l'enceinte [1] est également respectée en cas de combustion de la quantité maximale d'hydrogène accumulée dans l'enceinte en accident grave. Cette démonstration a été faite en considérant une combustion adiabatique et isochore pour tous les scénarios représentatifs (voir sections 19.2.2.1 et 19.2.2.3).

3.4.12. Comparaison avec les courbes caractéristiques retenues pour la conception de l'enceinte de confinement

Récapitulation des cas de charge de pression et de température dans l'enceinte

Les valeurs maximales sont récapitulées dans le tableau suivant pour tous les scénarios pris en compte pour le dimensionnement de l'enceinte.

[1]

Les calculs d'accidents relatifs aux situations PCC et RRC-A effectués par [1] fournissent la température de l'atmosphère alors que ceux des accidents graves donnent celle de la peau métallique.

Courbes P&T retenues pour le dimensionnement de l'enceinte

Les courbes caractéristiques de pression et température utilisées pour le dimensionnement de la peau métallique et de l'enceinte interne sont présentées à la section 3.5.0.

Adéquation des courbes P&T retenues pour la conception de l'enceinte avec les valeurs de pression et de température calculées en situations accidentelle.

Les chargements (P, T) obtenus pour les accidents PCC, spectre APRP et RTV 2A, sont comparés avec les courbes P&T considérées pour le dimensionnement de l'enceinte ([FIG-6.2.1.15](#) et [FIG-6.2.1.16](#)). Pour les situations menant à des conditions surchauffées, les températures dans l'enceinte T_{gaz} sont comparées avec ces courbes caractéristiques au même titre que la température de rosée.

Les courbes de pression sont enveloppées par la courbe de dimensionnement en pression alors que la température de l'atmosphère excède [1] pendant un délai très court pour la situation d'APRP 2A en branche chaude menant à des conditions surchauffées dans l'enceinte. Toutefois la température de la paroi de la peau métallique pour cette situation reste inférieure à la température de rosée garantissant ainsi l'apparition d'un film de condensation à sa surface ([FIG-6.2.1.9](#)). Or, la valeur maximale de la température de rosée obtenue au cours de ce transitoire est [1] significativement inférieur à [1]. Par conséquent, les cas de charge (P, T) considérés pour le dimensionnement de l'enceinte sont entièrement enveloppés par les courbes P&T retenues pour la conception de l'enceinte.

Les chargements (P, T) obtenus pour les accidents RRC-A d'APRP [1]cm² sans ISBP, de MDTG+BJPP pendant 24h en état A, de la Perte de Station de Pompage+BJPP en état A à partir 24h et jusqu'à 100h, de la Perte de la Station de Pompage en états Cb2 à E et de MDTG en états Cb2 à E sont aussi

comparés avec ces courbes de dimensionnement ([FIG-6.2.1.17](#) et [FIG-6.2.1.18](#)). Tous les accidents RRC-A respectent les profils de dimensionnement en pression et en température dans l'enceinte.

Le respect des chargements (P, T) obtenus pour les cas d'accidents graves est vérifié dans la section 19.2.2.5.

3.5. MISE EN COHÉRENCE AVEC L'ÉTAT FINAL DE CONCEPTION

3.5.1. Arrêt en local des pompes RRI

Les accidents listés ci-dessous ont été réalisés avec un jeu d'hypothèses intermédiaires qui est modifié par l'état final de conception (voir sous-chapitre 15.1) :

- MDTG + BJPP en état A sur 24 h et Perte de la Station de Pompage sur 100 h + BJPP (RRC-A) ;
- Perte de la Station de Pompage en états Cb2 à D (RRC-A) ;
- Perte de la Station de Pompage en état E (RRC-A).

Pour ces accidents, la modification introduite dans le jeu de données entre son état intermédiaire et celui en cohérence avec l'état final de conception (sous-chapitre 15.1) est l'arrêt en local des trains RRI en cas de Perte de la Station de Pompage.

Suite à la Perte de la Station de Pompage, les pompes alimentant le circuit RRI ne sont plus refroidies par le SEC et doivent donc être arrêtées pour éviter leur endommagement par échauffement. Dans cette situation, l'arrêt de ces pompes n'est possible que manuellement en local. Cette opération nécessite un délai maximal supplémentaire de 30 minutes pour être réalisée par l'opérateur dès son arrivée. Ceci a pour effet de décaler d'autant les actions que l'opérateur a à effectuer dans le cadre de sa conduite menant à l'atteinte de l'état d'arrêt sûr. L'ordre d'activation du refroidissement manuel peut donc être émis seulement 30 minutes après l'arrivée de l'opérateur, soit 27 minutes après le démarrage des diesels d'ultime secours indispensables à l'alimentation des systèmes sauvegardés nécessaires à la réalisation du refroidissement manuel.

Les scénarios étudiés dans les [§ 3.2.5.](#), [§ 3.2.6.](#) et [§ 3.2.7.](#) ne tiennent pas compte dans leurs calculs (dont les résultats sont présentés dans les [§ 3.4.5.](#), [§ 3.4.6.](#) et [§ 3.4.7.](#)) de ce délai additionnel. L'impact de la prise en compte de ce délai sur les P&T enceinte est détaillé ci-après en fonction du scénario considéré :

- [MDTG + BJPP en état A sur 24 h et Perte de la Station de Pompage sur 100 h + BJPP \(§ 3.2.5.\)](#) : lors de cet accident, le délai nécessaire à l'arrêt des pompes RRI en local entraîne un décalage de 33 minutes à 1 heure de l'instant de démarrage du refroidissement manuel initié par l'opérateur. Durant sa durée d'intervention, le refroidissement manuel n'entraîne qu'une diminution temporaire des P&T enceinte, à un moment où les marges avec les profils de dimensionnement enceinte sont conséquentes. Une fois le refroidissement opérateur terminé, celles-ci recommencent à augmenter progressivement jusqu'au démarrage du premier train EVU à 24 heures (rétablissement de l'alimentation électrique), instant où les marges avec les profils de dimensionnement enceinte restent là aussi encore importantes. Les démarrages consécutifs du premier train EVU à 24 heures puis du second aux alentours de 56 heures permettent des diminutions significatives des P&T tout en maintenant durablement de la marge avec les profils de dimensionnement de l'enceinte jusqu'à la restauration de la chaîne de refroidissement à 100 heures.

En cas de nécessité, le démarrage du premier train EVU pourra être anticipé avant 24 h sur un critère de haute pression enceinte, afin de regagner des marges par rapport aux profils P&T de dimensionnement de l'enceinte. Considérant l'effet immédiat de l'EVU sur les P&T, ceci permettrait de compenser l'impact pénalisant du décalage du démarrage du refroidissement manuel.

Compte tenu des caractères précoce (dans le transitoire) et temporaire de l'effet du refroidissement manuel sur l'évolution des P&T (par opposition à celui de l'EVU), de la possibilité d'anticiper le démarrage du premier train EVU et des marges existantes vis-à-vis des profils de dimensionnement de l'enceinte, un décalage de 27 minutes du refroidissement manuel n'est pas susceptible de modifier les conclusions émises au [§ 3.4.5.](#)

L'instant de démarrage de l'ASG n'est pas modifié par un arrêt en local des trains RRI. En effet, dans un scénario de Perte de la Station de Pompage, le démarrage automatique de l'ASG sur « bas niveau GV GL (MIN2p) » est disponible. Par conséquent, pour le scénario étudié considérant un cumul du MDTG et de la perte de station de pompage, l'instant le plus tardif de démarrage de l'ASG est bien un démarrage de l'ASG par l'opérateur 33 minutes après l'initiateur (voir [§ 3.2.5.](#))

- Perte de la Station de Pompage en états Cb2 à D ([§ 3.2.6.](#)) : lors de cet accident en états Cb2 à D, le délai de 30 minutes nécessaire à l'arrêt des pompes RRI en local entraîne une augmentation du délai minimal de mise en service des deux trains EVU, passant de 2 heures 40 minutes à 3 heures 10 minutes. Toutefois, les résultats présentés au [§ 3.4.6.](#) prennent en compte de manière découplée un démarrage des deux trains EVU à 5 heures et 55 minutes. La prise en compte du délai d'arrêt des pompes RRI en local est donc sans impact sur ces résultats.
- Perte de la Station de Pompage en état E ([§ 3.2.7.](#)) : lors de cet accident en état E, le délai de 30 minutes nécessaire à l'arrêt des pompes RRI en local entraîne une augmentation du délai minimal de mise en service du premier train EVU, passant de 47 minutes à 1 heure 17 minutes. Toutefois, les résultats présentés au [§ 3.4.7.](#) prennent en compte de manière découplée un démarrage du premier train EVU à 3 heures 30 minutes. La prise en compte du délai d'arrêt des pompes RRI en local est donc sans impact sur ces résultats.

3.5.2. Modification de la loi de température d'injection ASG en cas de Perte de Source Froide sur 100 h en état A

Une modification concernant la température d'injection de l'ASG dans les GV a été introduite entre l'état intermédiaire et celui en cohérence avec l'état final de conception (sous-chapitres 15.1 et 19.1) pour l'accident de Perte de Source Froide sur 100 h en état A.

Le scénario de MDTG + BJPP en état A sur 24 h avec Perte de la Station de Pompage sur 100 h + BJPP, tel que présenté au [§ 3.2.5.](#), valorise dans son calcul une température d'injection de l'ASG de 60°C après 24 h.

La modification propose de prendre en compte une variabilité plus pénalisante à long terme de la température d'injection de l'ASG lors de l'accident de Perte de Source Froide en état A.

Une augmentation de la température d'injection de l'ASG aurait pour effet d'augmenter les MEL/P&T, l'évacuation de la puissance au secondaire étant légèrement réduite pendant les phases d'injection de l'ASG.

Cependant, au-delà de 48 h le démarrage du second train EVU à 56 h permet de restaurer de manière durable des marges conséquentes avec les profils de dimensionnement de l'enceinte. Il est à noter que le démarrage de ce second train EVU peut encore être anticipé si besoin. Ainsi, de par la faible proportion de la puissance résiduelle dissipée par le secondaire, l'importance des marges existantes avec les profils de dimensionnement et la possibilité d'anticiper le démarrage du second train EVU, une augmentation de la température ASG entre 48 h et 100 h n'est pas de nature à modifier les conclusions émises quant au scénario de MDTG + BJPP en état A sur 24 h avec Perte de la Station de Pompage sur 100 h + BJPP.

3.5.3. Augmentation du volume de rétention

Une réévaluation du volume total des rétentions dans l'enceinte a été introduite entre l'état intermédiaire et celui en cohérence avec l'état final de conception. Pour les études MEL P&T en état A (à l'exception des scénarios d'APRP 2A, non impactés), la nouvelle valeur à considérer correspond à une augmentation de moins de 5% du volume initial de l'IRWST ce qui est relativement faible.

3.5.3.1. APRP LEP – PCC

Les P&T consécutives à un tel scénario sont rappelées en figure F1 de la .

Les marges par rapport au profil de dimensionnement de l'enceinte, et au profil P&T enveloppe PCC / RRC-A sont suffisamment importantes [] pour que l'impact d'une faible augmentation du volume total de rétention ne remette pas en cause la conclusion de l'étude de ce scénario.

En outre à court terme, les pics de P&T sont couverts par ceux de l'APRP 2A BC, non impactés par la mise à jour des volumes de rétention. La faible augmentation du volume de rétention liquide [] n'est pas de nature à remettre en cause la hiérarchie des cas.

3.5.3.2. APRP [] BF – PCC

Les P&T consécutives à un tel scénario sont rappelées en figure F1 de la []. Ce scénario est étudié pour les conditions d'ambiance à moyen terme et long terme (24 h).

Les marges par rapport au profil de dimensionnement de l'enceinte et au profil P&T enveloppe PCC / RRC-A [] sont suffisamment importantes pour que l'impact d'une faible augmentation du volume total de rétention ne remette pas en cause la conclusion de l'étude de ce scénario.

En outre à court terme, les pics de P&T sont couverts par ceux de l'APRP 2A BF, non impactés par la mise à jour des volumes de rétention. La faible augmentation du volume de rétention liquide [] n'est pas de nature à remettre en cause la hiérarchie des cas.

Enfin, le pic de post-renoyage est rabattu grâce aux actions opérateur (refroidissement à -50°C/h et basculement de l'ISBP en BC). Les P&T n'atteignent alors pas le profil enveloppe PCC / RRC-A lors de la redescente []. Les instants de ces actions (délais opérateur et validation de P16) resteraient quasiment inchangés avec la mise à jour du volume de rétention []. Ces pics ne seront donc pas rabattus plus tardivement et les P&T ne risquent pas d'atteindre le profil enveloppe PCC / RRC-A lors de leur redescente. Le transitoire actuel d'APRP [] en BC reste donc enveloppe.

3.5.3.3. APRP [] BC – PCC

Les P&T consécutives à un tel scénario sont rappelées respectivement en figure F1 de la []. Ce scénario est étudié pour les conditions d'ambiance à long terme (24 h).

Les marges par rapport au profil P&T enveloppe PCC / RRC-A sont relativement faibles à 24 h [].

Toutefois, par découplage, la connexion du RIS-RA en mode RA n'est réalisée pour ce scénario qu'après environ 7 h, soit bien après que les conditions nécessaires pour valider le permiff P14 soient satisfaites [] à environ 2 h 27 min).

La marge retenue vis-à-vis de la connexion du RIS-RA en mode RA pour ce transitoire est donc importante (environ 4 h 30 min). Cette marge permet de couvrir une augmentation du volume de rétention retenu []. Le transitoire actuel d'APRP [] en BC reste donc enveloppe.

3.5.3.4. APRP [] BF – PCC

Les P&T consécutives à un tel scénario sont rappelées respectivement en figure F1 de la []. Ce scénario est étudié pour les conditions d'ambiance à long terme (24 h).

Les marges par rapport au profil P&T enveloppe PCC / RRC-A sont relativement faibles à 24 h [].

À court terme, les pics de P&T sont couverts par ceux des APRP de taille supérieure.

À long terme, les P&T sont rabattues grâce aux actions opérateur (refroidissement à -50 °C/h dans un premier temps puis basculement de l'ISBP en BC). Les P&T n'atteignent alors pas le profil enveloppe PCC / RRC-A lors de la redescente []. Les instants de ces actions (délais opérateur et validation de P16) resteraient quasiment inchangés avec la mise à jour du volume de rétention []. Les pics ne seront donc pas rabattus plus tardivement et les P&T ne risquent pas d'atteindre le profil enveloppe PCC / RRC-A lors de leur redescente. Le transitoire actuel d'APRP [] en BF reste donc enveloppe.

3.5.3.5. APRP [] BC sans ISBP – RRC-A

Les P&T consécutives à un tel scénario sont rappelées en figure F2 de la [].

Le profil de P&T est rabattu à moyen terme grâce à l'activation de l'EVU à 6 h. Ce temps d'activation est déterminé au plus tard, indépendamment des critères de démarrage de l'EVU, pour la vérification du profil P&T enveloppe PCC / RRC-A. La marge à 24 h est de []. Le profil est rabattu à 100 h grâce à la récupération des ISBP.

La mise en service de l'EVU est nécessaire en l'absence de train RIS-RA en mode IS. Elle s'effectue soit sur un critère de température élevé [], soit sur un critère de pression élevée dans l'enceinte [].

Pour garantir une aspersion basique dans le BR, l'alcalinisation de l'IRWST est requise au préalable. La durée d'injection d'un volume de soude pour alcaliniser l'IRWST via l'EVU étant de 30 minutes maximum et la durée d'action en local (ouverture des vannes d'injection de soude) étant de 1 h (délai conventionnel), la mise en service de l'EVU en mode aspersion est possible 1 heure 30 minutes après le premier signal significatif.

Pour le transitoire d'APRP [] sans ISBP, le signal d'AAR a lieu à 105 s et la pression enceinte atteint [] vers 580 s. L'EVU peut donc être crédité dans l'étude au plus tôt à 5505 s.

L'activation de l'EVU étant réalisée de manière découplée à 6 h (21600 s), la marge retenue vis-à-vis de la mise en service de l'EVU pour ce transitoire est donc importante (environ 16100 s, soit 4 heures 30 minutes). Cette marge permet de couvrir une augmentation du volume de rétention retenu []. Le transitoire actuel d'APRP [] sans ISBP reste donc enveloppe.

3.5.3.6. MDTG + BJPP (état A)

Les P&T consécutives à un tel scénario sont rappelées en figure F2 de la []. Ce scénario est étudié pour les conditions d'ambiance à moyen terme et long terme. Par découplage, l'EVU n'est activé qu'à 24 h.

Les marges par rapport au profil P&T enveloppe PCC / RRC-A sont relativement faibles []. Cette marge minimale est obtenue vers 84000 s.

Le critère d'activation de l'EVU en mode aspersion ($P_{ENC} > 1,9$ bar avec prise en compte de l'incertitude de mesure) est satisfait environ 51900 s après l'initiateur, soit bien après les 30 minutes de délai accordées à l'opérateur pour effectuer ses premières actions. Dans cette configuration, il faut considérer après l'obtention du critère d'activation de l'EVU 30 minutes supplémentaires dédiées aux actions en local, plus 30 minutes nécessaires pour l'injection de soude dans l'IRWST. Le démarrage de l'EVU peut donc se faire au plus tôt 55500 s après le premier signal. La marge retenue vis-à-vis de l'activation de l'EVU dans ce transitoire est donc importante (30900 s). Cette marge permet de couvrir une augmentation du volume de rétention retenu []. Le transitoire actuel de MDTG + BJPP reste donc enveloppe.

3.5.4. Augmentation du temps de récupération du refroidissement du RIS-RA suite à un MDTE

À la suite d'un MDTE, une temporisation [] est à considérer avant de pouvoir récupérer la fonction de refroidissement du RIS-RA ce qui est supérieur au délai d'atteinte du plein débit de l'ISBP en cas de MDTE []. Il y a donc un délai [] au cours desquelles les pompes ISBP injectent dans le circuit primaire sans être refroidies.

Cette temporisation est sans impact pour les études MEL P&T ([]) pour lesquelles le MDTE n'est pas considéré.

Pour les transitoires d'APRP [], l'injection de l'ISBP est effective plus de 60 s après le signal IS. Le délai [] sans refroidissement de l'eau injectée est donc sans impact.

Pour les transitoires d'APRP 2A, les conséquences d'une temporisation du refroidissement des pompes ISBP [] sont faibles :

- Pour le cas d'APRP 2A BF, le premier pic de P&T est déjà passé au moment de l'injection effective de l'IS. Par conséquent, la temporisation du refroidissement des pompes ISBP [] ne modifie pas ce premier pic. Par ailleurs, le second pic P&T est atteint [] bien après le démarrage de l'IS et l'obtention d'un refroidissement optimal par la chaîne RRI/SEC. L'absence de refroidissement des pompes ISBP pendant le délai [] n'aurait pas d'impact significatif. En effet, la température IRWST est encore proche de sa valeur initiale à ce moment de l'accident et le refroidissement de l'eau injectée est donc réduit pendant cette durée. De plus, l'énergie supplémentaire libérée [] par les pompes ISBP non refroidies est négligeable devant l'énergie libérée par le primaire dans l'enceinte en cas d'APRP 2A.
- Pour le cas d'APRP 2A BC, c'est l'injection d'eau dans le cœur par les accumulateurs qui met fin à la hausse des P&T dans l'enceinte. Le refroidissement apporté par l'ISBP n'a que peu d'impact, d'autant que l'énergie supplémentaire libérée [] par les pompes ISBP non refroidies est négligeable devant l'énergie libérée par le primaire dans l'enceinte en cas d'APRP 2A. De plus, le pic de P&T a déjà été atteint lors que l'injection d'IS devient effective. Par conséquent, la temporisation du refroidissement des pompes ISBP [] ne modifie pas ce pic.

3.5.5. Prise en compte de l'échauffement des colonnes de référence

L'échauffement des colonnes de référence consécutif à des conditions d'ambiance accidentelle implique l'apparition d'un biais sur la mesure, non pris en compte dans le remontage d'incertitudes des mesures de niveau. L'ajout de ce poste supplémentaire peut conduire à un dépassement du requis en ambiance dégradée pris en compte dans les études du dossier MEL P&T.

Une analyse d'impact a été menée sur les études MEL P&T (voir []) et a démontré l'absence d'impact sûreté de cette modification.

3.5.6. Modification des débits RIS

Une modification concernant la valeur des débits RIS a été introduite entre l'état intermédiaire et celui en cohérence avec l'état final de conception.

Une analyse d'impact a été menée sur les études MEL P&T (voir référence []) et a démontré l'absence d'impact sûreté de cette modification.



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 6

SECTION 2.1

PAGE 44/62

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

LISTE DES RÉFÉRENCES

FIG-6.2.1.1 IDENTIFICATION DES CHEMINS DES FUITES POTENTIELLES À TRAVERS UNE TRAVERSÉE

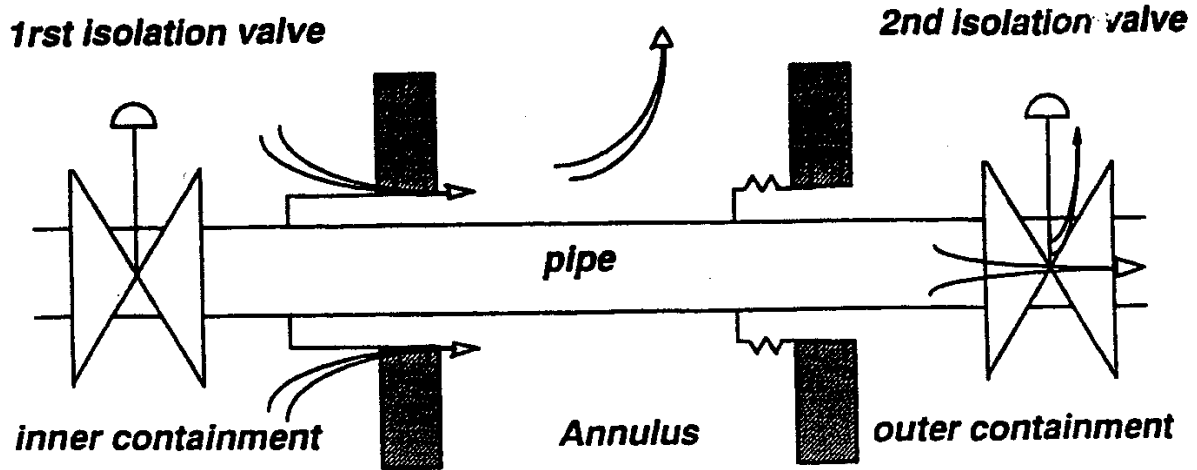


FIG-6.2.1.2 FIGURE GÉNÉRALE DES CHEMINS DE FUITES POTENTIELLES PROVENANT DU BÂTIMENT RÉACTEUR VERS L'ENVIRONNEMENT

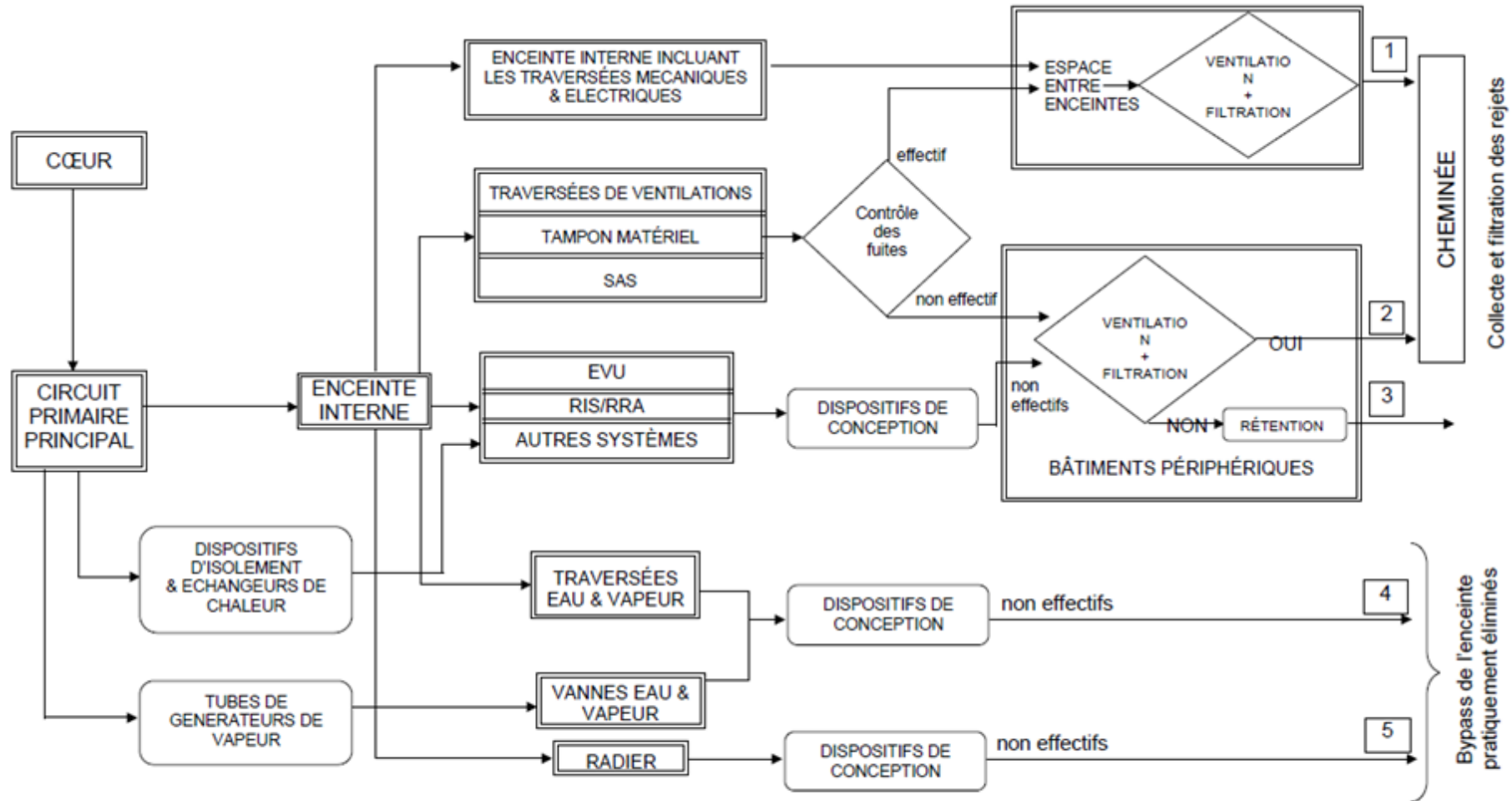


FIGURE B : FIGURE GENERALE DES CHEMINS DE FUITES POTENTIELLES PROVENANT DU BATIMENT REACTEUR VERS L'ENVIRONNEMENT

FIG-6.2.1.3 APRP GB ET BI  PRESSIONS TOTALE ET PARTIELLE DE VAPEUR DE L'ENCEINTE (24 HEURES)

**FIG-6.2.1.4 APRP GB ET BI □ TEMPÉRATURES DE L'ATMOSPHÈRE
ET DE ROSÉE (24 HEURES)**

□



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 6

SECTION 2.1

PAGE 49/62

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

FIG-6.2.1.5 APRP 2A EN BC ET BF PRESSIONS TOTALE ET PARTIELLE DE VAPEUR DE L'ENCEINTE (24 HEURES)

□

**FIG-6.2.1.6 APRP 2A EN BC ET BF TEMPÉRATURES DE
L'ATMOSPHÈRE ET DE ROSÉE (24 HEURES)**

□



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 6

SECTION 2.1

PAGE 51/62

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

**FIG-6.2.1.7 RUPTURE DE TUYAUTERIE VAPEUR PRESSIONS
TOTALE ET PARTIELLE DE VAPEUR DE L'ENCEINTE (24 HEURES)**

□

**FIG-6.2.1.8 RUPTURE DE TUYAUTERIE VAPEUR TEMPÉRATURES
DE L'ATMOSPHERE ET DE ROSÉE (24 HEURES)**

□



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 6

SECTION 2.1

PAGE 53/62

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

**FIG-6.2.1.9 APRP 2A EN BC TEMPÉRATURES DE L'ATMOSPHÈRE,
DE ROSÉE ET DE LA PEAU MÉTALLIQUE**

□

**FIG-6.2.1.10 RUPTURE DE TUYAUTERIE VAPEUR TEMPÉRATURES
DE L'ATMOSPHÈRE, DE ROSÉE ET DE LA PEAU MÉTALLIQUE**

□

**FIG-6.2.1.11 APRP □ SANS ISBP (100 HEURES) PRESSIONS
TOTALE ET PARTIELLE DE VAPEUR DE L'ENCEINTE ET
TEMPÉRATURES DE L'ATMOSPHÈRE ENCEINTE ET DE ROSÉE**

□

FIG-6.2.1.12 MDTG + BJPP EN ÉTAT A SUR 24 H ET PERTE DE LA STATION DE POMPAGE SUR 100 H + BJPP PRESSIONS TOTALE ET PARTIELLE DE VAPEUR DE L'ENCEINTE ET TEMPÉRATURES DE L'ATMOSPHÈRE ENCEINTE ET DE ROSÉE

□

**FIG-6.2.1.13 PERTE DE LA STATION DE POMPAGE EN ÉTATS CB2
À D ET EN ÉTAT E (100 HEURES) PRESSIONS TOTALE ET
PARTIELLE DE VAPEUR DE L'ENCEINTE ET TEMPÉRATURES DE
L'ATMOSPHÈRE ENCEINTE ET DE ROSÉE**

□

FIG-6.2.1.14 MDTG EN ÉTAT CB2 (24 HEURES), EN ÉTAT D ET EN ÉTAT E (100 HEURES) PRESSIONS TOTALE ET PARTIELLE DE VAPEUR DE L'ENCEINTE ET TEMPÉRATURES DE L'ATMOSPHÈRE ENCEINTE ET DE ROSÉE

□

FIG-6.2.1.15 ACCIDENTS ENVELOPPES EN APRP ET EN RTV
PRESSION ENCEINTE COMPAREE A LA COURBE
CARACTERISTIQUE

□

FIG-6.2.1.16 ACCIDENTS ENVELOPPES EN APRP ET EN RTV
TEMPÉRATURE DE ROSÉE ET ENCEINTE COMPARÉE À LA
COURBE CARACTÉRISTIQUE

□

**FIG-6.2.1.17 ACCIDENTS ENVELOPPES RRC-A PRESSION
ENCEINTE COMPARÉE À LA COURBE CARACTÉRISTIQUE**

□

FIG-6.2.1.18 ACCIDENTS ENVELOPPES RRC-A TEMPÉRATURES ENCEINTE COMPARÉES À LA COURBE CARACTERISTIQUE



SOMMAIRE

.6.2.2	SYSTÈME DE MISE EN DÉPRESSION DE L'ESPACE ENTRE ENCEINTES (EDE)	5
0.	EXIGENCES DE SÛRETÉ	5
0.1.	FONCTIONS DE SÛRETÉ	5
0.1.1.	CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	5
0.1.2.	ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	5
0.1.3.	CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	5
0.1.4.	CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ	5
0.1.5.	CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES À LA PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS	5
0.1.6.	CONTRIBUTIONS À L'ÉLIMINATION PRATIQUE	5
0.2.	CRITÈRES FONCTIONNELS	5
0.2.1.	CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	5
0.2.2.	ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	6
0.2.3.	CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	6
0.2.4.	CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX TROIS FONCTIONS DE SÛRETÉ	6
0.2.5.	CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES À LA PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS	6
0.3.	EXIGENCES RELATIVES À LA CONCEPTION	6
0.3.1.	EXIGENCES ISSUES DU CLASSEMENT DE SÛRETÉ	6
0.3.2.	EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES	7
0.3.3.	AGRESSIONS	8
0.3.4.	DIVERSIFICATION	9
0.3.5.	RADIOPROTECTION	9
0.3.6.	EXIGENCES LIÉES AU FONCTIONNEMENT, À LA MAINTENANCE ET À L'ACCESSIBILITÉ LONG TERME	9
0.4.	ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE	9
0.4.1.	ESSAIS DE DÉMARRAGE	9
0.4.2.	SURVEILLANCE EN EXPLOITATION	9
0.4.3.	ESSAIS PÉRIODIQUES	9

0.4.4. MAINTENANCE	9
1. RÔLE DU SYSTÈME	9
1.1. RÔLE DU SYSTÈME PENDANT L'EXPLOITATION NORMALE DE LA TRANCHE	9
1.2. RÔLE DU SYSTÈME DANS DES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT PCC-2 A PCC-4, RRC-A, EN ACCIDENT GRAVE ET SITUATIONS AGRESSIONS	9
2. BASES DE CONCEPTION	10
2.1. HYPOTHÈSES GÉNÉRALES DE FONCTIONNEMENT	10
2.2. HYPOTHÈSES DE DIMENSIONNEMENT	10
2.2.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	10
2.2.2. EVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	10
2.2.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	10
2.2.4. CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ	12
2.2.5. CONTRIBUTIONS À LA PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS	12
2.3. AUTRES HYPOTHÈSES	12
3. DESCRIPTION - FONCTIONNEMENT	13
3.1. DESCRIPTION	13
3.1.1. DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SYSTÈME	13
3.1.2. DESCRIPTION DES MATÉRIELS PRINCIPAUX	13
3.1.3. DESCRIPTION DES DISPOSITIONS D'INSTALLATIONS PRINCIPALES	14
3.2. FONCTIONNEMENT	14
3.2.1. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME NORMAL DE LA TRANCHE .	14
3.2.2. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME PERMANENT DU SYSTÈME	14
3.2.3. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME TRANSITOIRE	15
3.2.4. AUTRES RÉGIMES DE FONCTIONNEMENT DU SYSTÈME . .	16
4. ANALYSE DE SURETÉ	16
4.1. CONFORMITÉ À LA REGLEMENTATION	16
4.2. RESPECT DES CRITÈRES FONCTIONNELS	16
4.2.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	16
4.2.2. EVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	16
4.2.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	16

4.2.4. CONTRIBUTION INDIRECTE À L'ACCOMPLISSEMENT DES FONCTIONS DE SÛRETÉ	16
4.2.5. CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES À LA PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS	16
4.3. CONFORMITÉ AUX EXIGENCES DE CONCEPTION	17
4.3.1. EXIGENCES ISSUES DU CLASSEMENT DE SÛRETÉ	17
4.3.2. EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES	18
4.3.3. AGRESSIONS	19
4.3.4. DIVERSIFICATION	19
4.3.5. RADIOPROTECTION	19
4.3.6. FONCTIONNEMENT, MAINTENANCE ET ACCESSIBILITÉ LONG TERME	19
4.3.7. SYSTÈME TEL QUE RÉALISÉ	19
4.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE	19
4.4.1. ESSAIS DE DÉMARRAGE	19
4.4.2. SURVEILLANCE EN EXPLOITATION	20
4.4.3. ESSAIS PÉRIODIQUES	20
4.4.4. MAINTENANCE	20
5. SCHÉMA DE PRINCIPE	21
LISTE DE REFERENCES	22



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 6

SECTION 2.2

PAGE 4/23

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

FIGURES :

**FIG-6.2.2.1 SCHÉMA DE PRINCIPE DU SYSTÈME DE MISE EN
DÉPRESSION DE L'ESPACE ENTRE ENCEINTES (EDE) 23**

.6.2.2 SYSTÈME DE MISE EN DÉPRESSION DE L'ESPACE ENTRE ENCEINTES (EDE)

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

0.1. FONCTIONS DE SÛRETÉ

0.1.1. Contrôle de la réactivité

Le système de mise en dépression de l'espace entre enceintes (EDE) ne contribue pas directement au contrôle de la réactivité.

0.1.2. Évacuation de la puissance résiduelle

Le système de mise en dépression de l'espace entre enceintes (EDE) ne contribue pas directement à l'évacuation de la puissance résiduelle.

0.1.3. Confinement des substances radioactives

La contribution du système de mise en dépression de l'espace entre enceintes (EDE) au confinement des substances radioactive doit être la suivante :

Vis-à-vis de la troisième barrière de confinement, en situations PCC, RRC-A ou Accident Grave entraînant un dégagement radioactif dans l'enceinte, le système de mise en dépression de l'espace entre enceintes (EDE) doit assurer le confinement des substances radioactives.

0.1.4. Contributions indirectes aux fonctions de sûreté

Le système EDE doit contribuer indirectement à l'accomplissement des trois fonctions de sûreté dans les situations PCCou RRC-A, en maintenant des conditions ambiantes acceptables pour les équipements classés de sûreté situés dans l'espace entre enceintes (EEE) (notamment les tuyauteries bore RIS, EVU, PTR et RCV).

0.1.5. Contributions spécifiques à la protection contre les agressions

Les contributions du système à la protection contre les agressions doivent être les suivantes :

- le système EDE doit contribuer au confinement et à la limitation d'un incendie dans l'EEE et dans le BK (exigences définies à la section 9.5.1.4) ;
- le système EDE doit contribuer au maintien des conditions d'ambiance compatibles avec le fonctionnement des équipements classés de sûreté situés dans l'EEE en cas d'agression Grand Froid (notamment les tuyauteries bore des systèmes RIS, EVU, PTR et RCV).

0.1.6. Contributions à l'élimination pratique

Le système EDE ne contribue pas directement à l'élimination pratique.

0.2. CRITÈRES FONCTIONNELS

Au titre de ses contributions à l'accomplissement des fonctions de sûreté, le système doit satisfaire les critères fonctionnels suivants :

0.2.1. Contrôle de la réactivité

Sans objet.

0.2.2. Évacuation de la puissance résiduelle

Sans objet.

0.2.3. Confinement des substances radioactives

- Maintien en dépression de l'espace entre enceintes

Le système EDE doit assurer une dépression suffisante dans l'EEE afin de collecter les fuites de l'enceinte interne, y compris les fuites collectées par le système EPP (étanchéité et contrôle des fuites de l'enceinte) dans les situations PCC, RRC-A ou Accident Grave.

En particulier, ce niveau de dépression doit être tel qu'en cas de perte du système EDE initiée par un MDTG ou une PTAE, la période de grâce (durée pendant laquelle la dépression passe de la valeur initiale à la valeur minimale requise en cas d'accident) soit compatible avec le temps nécessaire au redémarrage du système EDE.

- Limitation des conséquences radiologiques

Le système EDE doit assurer une filtration suffisante des fuites de l'enceinte interne vers l'espace entre enceintes en cas d'accident avec rejets dans le BR (PCC, RRC-A, Accident Grave) afin de limiter les conséquences radiologiques (cf. chapitre 15.3).

0.2.4. Contributions indirectes aux trois fonctions de sûreté

Le système EDE doit assurer une température supérieure à la température minimale requise pour le fonctionnement des équipements classés de sûreté situés dans l'EEE dans les situations PCC ou RRC-A.

0.2.5. Contributions spécifiques à la protection contre les agressions

Au titre de sa contribution spécifique à la protection contre les agressions, le système EDE doit satisfaire les critères fonctionnels suivants :

- Incendie

Le système EDE doit participer à la lutte contre l'incendie dans l'EEE et dans le BK par la fermeture de ses clapets coupe-feu afin d'assurer les objectifs de confinement et de limitation de l'incendie définis à la section 9.5.1.4.

- Grand Froid

Le système EDE doit participer au maintien d'une température minimale dans l'espace entre enceintes compatible avec le fonctionnement des équipements classés de sûreté requis lors de l'agression Grand Froid.

0.3. EXIGENCES RELATIVES À LA CONCEPTION

0.3.1. Exigences issues du classement de sûreté

0.3.1.1. Classement de sûreté

Les parties du système EDE jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté doivent faire l'objet d'un classement de sûreté conformément aux règles de classement indiquées à la section 3.2.1.

0.3.1.2. Critère de Défaillance Unique (active et passive)

Les fonctions du système EDE classées F1 doivent être robustes à l'application du critère de défaillance unique.

Les fonctions du système EDE classées F2 au titre de la protection de l'installation contre les agressions internes doivent être robustes à l'application de la défaillance aléatoire conformément aux règles du paragraphe 2.3 de la section 3.4.0.

0.3.1.3. Alimentation électrique de secours

L'alimentation électrique des composants du système EDE nécessaire à l'accomplissement des fonctions classées F1 doit être secourue par les groupes diesels principaux.

0.3.1.4. Séparation physique / géographique

Les fonctions classées F1 du système EDE doivent être conçues conformément à l'exigence de séparation physique/géographique de leurs équipements redondants constitutifs.

0.3.1.5. Qualification aux conditions accidentelles

Les équipements classés du système EDE doivent être qualifiés en fonction des conditions de fonctionnement dans lesquelles ils sont sollicités au titre de leur contribution à l'accomplissement des fonctions de sûreté, conformément aux règles du sous-chapitre 3.7.

0.3.1.6. Classement ESPN, mécanique, électrique, Contrôle-Commande et sismique

Les équipements du système EDE redevables d'un classement mécanique, électrique, contrôle-commande et sismique doivent être classés conformément aux règles de classement présentées dans la section 3.2.1.

Le système EDE n'est pas concerné par le classement ESPN en tant que système de ventilation.

0.3.2. Exigences réglementaires

0.3.2.1. Textes réglementaires

0.3.2.1.1. Textes officiels

Parmi l'ensemble des exigences issues des textes réglementaires présentés dans la section 1.7.0 du Rapport de Sûreté, le système EDE est concerné par le décret n° 2007-534 modifié du 10/04/2007 autorisant la création de l'installation nucléaire de base dénommée Flamanville 3.

Les articles III-3.3. a et III-3.3. c de ce Décret d'Autorisation de Création sont spécifiquement applicables au système EDE :

- III-3.3.a : La cuve du réacteur est placée dans une enceinte de confinement comprenant :
 - une paroi interne en béton précontraint revêtue sur sa face intérieure d'une peau d'étanchéité ;
 - un espace annulaire maintenu à une pression inférieure à la pression extérieure ;
 - une paroi externe de protection en béton armé.
- III-3.3.c : Toute fuite de la paroi interne de l'enceinte de confinement est collectée et filtrée avant rejet dans l'environnement. L'activité de ces rejets collectés et filtrés fait l'objet d'une surveillance permanente et d'une comptabilisation.

0.3.2.1.2. Prescriptions techniques

Le système EDE est concerné spécifiquement par la prescription [INB167–41] relative aux cas de charge de températures basses de l'air à retenir à la conception vis-à-vis des situations de grands froids (voir paragraphe 2 de la section 1.7.0).

Le système EDE appartient au noyau dur Fukushima (cf. chapitre 21). A ce titre, il doit respecter les décisions n° 2012-DC-0283 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 26 juin 2012 et n° 2014-DC-0403 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 21 janvier 2014 (voir section 1.7.0).

0.3.2.1.3. Réglementations internationales

Le système EDE n'est pas concerné par une réglementation internationale spécifique.

0.3.2.2. Textes para-réglementaires

0.3.2.2.1. Règles fondamentales de sûreté

Le système EDE n'est pas concerné par une règle fondamentale spécifique.

0.3.2.2.2. Directives techniques

Le système EDE est concerné par les sections suivantes des Directives Techniques :

- B.1.4.1. — Exigences de conception pour l'enceinte de confinement et les bâtiments périphériques
"Ces objectifs peuvent être atteints par l'utilisation d'un concept d'enceinte de confinement à double paroi comprenant une paroi intérieure en béton précontraint, une paroi externe en béton armé, avec l'espace annulaire entre les parois interne et externe maintenu à une pression inférieure à la pression atmosphérique de manière à collecter toutes les fuites possibles à travers la paroi interne et à les filtrer avant leur rejet dans l'environnement par la cheminée" ;
- G.2. — Efficacité de l'étanchéité de l'enceinte de confinement
 - "les hypothèses relatives à la condensation de vapeur dans le béton de la paroi interne de l'enceinte de confinement doivent être définies après une évaluation appropriée des résultats expérimentaux disponibles ; le système de ventilation de l'espace entre enceintes doit être dimensionné en conséquence" ;
 - "la durée pendant laquelle l'espace entre enceintes serait maintenu en dépression après l'arrêt du système de ventilation de cet espace doit être précisée et justifiée" ;
 - "la conception du système de ventilation de l'espace entre enceintes doit aussi tenir compte de façon appropriée des fuites ou ruptures possibles de composants implantés sur la paroi externe du bâtiment de confinement" ;
 - "l'absence de secours électrique des ventilateurs du système de ventilation de l'espace entre enceintes par les petits groupes électrogènes doit être justifiée" ;
 - "l'intérêt d'une mesure permanente et enregistrée de l'iode et des aérosols dans les tuyauteries de la ventilation de l'espace entre enceintes en aval des filtres doit être examiné" ;
 - "une information détaillée doit aussi être fournie sur les moyens de confinement associés aux locaux du système de ventilation de l'espace entre enceintes, avec le classement des équipements correspondants".
- G.4. — Utilisation de codes techniques : "une méthode doit être présentée concernant la définition des conditions atmosphériques de base et extrêmes (température, humidité, durée,...) de même que les exigences à appliquer, notamment aux systèmes de ventilation pour faire face à ces conditions".

0.3.2.3. Textes EPR spécifiques

Le système EDE n'est pas concerné par un texte spécifique EPR.

0.3.3. Agressions

0.3.3.1. Agressions internes

Les fonctions du système EDE doivent être protégées vis-à-vis des conséquences des agressions internes si leur perte remet en cause l'atteinte des objectifs de sûreté du sous-chapitre 3.4.

0.3.3.2. Agressions externes

Les fonctions du système EDE doivent être protégées vis-à-vis des conséquences des agressions externes si leur perte remet en cause l'atteinte des objectifs de sûreté du sous-chapitre 3.3.

0.3.4. Diversification

Le système ne fait pas l'objet d'une exigence de diversification.

0.3.5. Radioprotection

Le système EDE n'est pas concerné par une exigence de radioprotection.

0.3.6. Exigences liées au fonctionnement, à la maintenance et à l'accessibilité long terme

Les équipements du système EDE nécessaires au maintien de la centrale en état sûr dans la gestion long terme après un accident doivent être accessibles aux opérateurs pour la maintenance et la réparation des équipements à long terme. Cette accessibilité est conditionnée par la dose maximale que peut recevoir un intervenant au cours de sa mission (cf. sous-chapitre 12.5).

0.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE

0.4.1. Essais de démarrage

Le système EDE doit être conçu pour permettre la réalisation d'essais de démarrage permettant de s'assurer de sa conception adéquate et de ses performances, et notamment du respect des critères fonctionnels qui lui sont assignés au [§ 0.2.](#)

0.4.2. Surveillance en Exploitation

Le système EDE doit être conçu pour permettre une surveillance en exploitation normale des caractéristiques du système nécessaires à l'accomplissement de ses missions de sûreté afin d'assurer le bon comportement de ses composants et leur disponibilité.

0.4.3. Essais Périodiques

Les parties classées du système EDE doivent être conçues pour permettre la réalisation d'essais périodiques conformément aux règles définies dans le chapitre IX des Règles Générales d'Exploitation.

0.4.4. Maintenance

Le système EDE doit être conçu pour permettre la mise en oeuvre d'un programme de maintenance conformément au chapitre VIII des RGE.

1. RÔLE DU SYSTÈME

Le système EDE assure les fonctions opérationnelles suivantes dans les différentes conditions de fonctionnement de l'installation dans lesquelles il est sollicité :

1.1. RÔLE DU SYSTÈME PENDANT L'EXPLOITATION NORMALE DE LA TRANCHE

Le système de mise en dépression de l'espace entre enceintes (EDE) a pour rôle de :

- maintenir les conditions ambiantes dans les limites prescrites pour le fonctionnement des équipements présents dans l'EEE,
- maintenir l'EEE en dépression par rapport à l'extérieur.

1.2. RÔLE DU SYSTÈME DANS DES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT PCC-2 A PCC-4, RRC-A, EN ACCIDENT GRAVE ET SITUATIONS AGRESSIONS

Les rôles du système EDE sont de :

- limiter les rejets de radioactivité dans l'environnement en assurant l'isolement de la file de contournement sur isolement enceinte phase 1 et la mise en service d'une filtration iode,
- maintenir une température supérieure à la température minimale requise pour le bon fonctionnement des équipements classés présents dans l'EEE. En particulier, des aérothermes sont installés dans l'espace entre enceintes pour maintenir la température minimale requise notamment en cas de Grand Froid,
- confiner dynamiquement l'EEE sur le long terme en cas d'accident grave.
- contribuer au confinement et à la limitation d'un incendie dans l'EEE et dans le BK.

2. BASES DE CONCEPTION

2.1. HYPOTHÈSES GÉNÉRALES DE FONCTIONNEMENT

Le système EDE assure le maintien en dépression de l'EEE. A ce titre :

- en cas de défaillance du ventilateur de la file de contournement, l'extraction de l'air est assurée par la file iode 1 par basculement automatique en normal-secours. De même, si la file de contournement n'assure pas une dépression minimum dans l'EEE, la file iode 1 est démarrée automatiquement en normal-secours de la première sur signal minimum de dépression.
- les files de filtration iode sont redondantes \square . En cas de défaillance d'une file, la seconde démarre en normal-secours.
- la mise en service manuelle d'une file de filtration iode est également possible en Accident Grave.

En fonctionnement normal ainsi que dans les situations accidentelles, le maintien en dépression de l'EEE est donc assuré dans les états A à D.

2.2. HYPOTHÈSES DE DIMENSIONNEMENT

2.2.1. Contrôle de la réactivité

Sans objet.

2.2.2. Evacuation de la puissance résiduelle

Sans objet

2.2.3. Confinement des substances radioactives

2.2.3.1. Maintien en dépression de l'espace entre enceintes

Dépression à maintenir dans l'espace entre enceintes

- Au cours d'un PCC-2 à PCC-4 ou d'un RRC-A, la valeur minimale de la dépression à maintenir est de \square Pa. Elle correspond à la dépression induite par un vent de \square m/s sur la paroi externe de l'enceinte du bâtiment réacteur.
La vitesse de vent de \square m/s est une valeur de découplage conservative qui correspond à un vent fort, dont la probabilité est inférieure à \square du temps pour tous les sites potentiels en France.
De plus, retenir un vent d'une vitesse supérieure à \square m/s conduirait à majorer les rejets si la situation accidentelle survient alors que la vitesse de vent est inférieure à cette valeur (probabilité supérieure à \square %). La valeur de vitesse de vent retenue est donc un compromis entre l'objectif d'éviter des rejets non filtrés par vents forts et celui d'accroître la durée de séjour des rejets dans l'espace entre enceintes (favorable au dépôt et à la décroissance radioactive).
- Au cours d'un accident grave, la valeur minimale de la dépression à maintenir est de \square Pa. Elle correspond à la dépression induite par un vent de \square m/s sur la paroi externe de l'enceinte du bâtiment réacteur.

La vitesse de vent de V m/s est une valeur de découplage pour tous les sites potentiels en France qui correspond à une vitesse de vent V_0 telle que la probabilité $P = P_0$.

- En régime normal, le système EDE doit maintenir une dépression minimale de P Pa dans l'EEE. Cette valeur absolue de dépression est supérieure à celle requise pendant un accident, car cette dépression initiale doit permettre de conserver une dépression minimale dans l'EEE de P Pa en situation PCC et RRC-A, et de P Pa en situation d'accident grave.

Période de grâce

La période de grâce est une durée pendant laquelle la dépression de l'EEE est maintenue supérieure à la valeur minimale requise pour l'accident considéré, malgré le non fonctionnement de tous les ventilateurs EDE. La durée de la période de grâce est de T .

Fuites des enceintes

Le taux de fuite du mélange air/vapeur de l'enceinte interne vers l'EEE est de F % du volume intérieur de retenue par jour, sous une pression de P bars abs et une température de T °C. Ce taux de fuite correspond au taux de fuite maximal réglementaire de l'enceinte interne.

Ces fuites incluent les fuites collectées par le système d'étanchéité et de contrôle de fuite de l'enceinte (EPP) et dirigées vers l'EEE (phase gazeuse). Le système EPP est présenté à la section 6.2.5.

Le taux de fuite maximal de l'enceinte externe vers l'EEE considéré pour le dimensionnement de l'EDE est de F % du gaz contenu dans le volume délimité par l'enceinte externe par jour, avec une dépression de P Pa dans l'EEE.

En régime normal, le système EDE compense les fuites venant de l'enceinte externe. Les fuites depuis l'enceinte interne sont négligeables.

En situations accidentelles, le système compense toutes les fuites, celles de l'enceinte interne, qui est alors en surpression, et également les fuites normales de l'enceinte externe.

Débit EDE

La conception du système doit respecter un débit nominal maximum de Q m³/h, valeur considérée dans le calcul des conséquences radiologiques (cf. sous-chapitres 15.3 et 19.2).

2.2.3.2. Limitation des conséquences radiologiques

Filtres THE et pièges à iode

Les efficacités requises pour les filtres THE et les pièges à iode sont les suivantes (cf. sous-chapitres 15.3 et 19.2) :

- pour les filtres THE : F vis-à-vis de l'uranine,
- pour les pièges à iode : F vis-à-vis de l'iodure de méthyle.

Compte-tenu de ces efficacités requises, le dimensionnement des systèmes de filtration du système EDE a été effectué avec les hypothèses suivantes :

- **filtre THE**

En Accident Grave, assurer une filtration avec une efficacité d'au moins F vis-à-vis de l'uranine en considérant :

F

- **piège à iode**

En Accident Grave, assurer une filtration de l'iode avec une efficacité de F vis-à-vis de l'iodure de méthyle en considérant :

□

Réchauffeurs

Les réchauffeurs des files iode du système EDE ont été dimensionnés pour maintenir une humidité relative inférieure à □% en amont des pièges à iode en considérant les hypothèses suivantes :

□

2.2.4. Contributions indirectes aux fonctions de sûreté

Température minimale à assurer dans l'EEE

La température minimale à maintenir dans l'EEE afin d'empêcher le gel du bore dans les circuits d'eau borée est de □°C.

Le dimensionnement du système EDE a été réalisé en considérant les hypothèses suivantes :

□

2.2.5. Contributions à la protection contre les agressions

Grand Froid

La température minimale à maintenir dans l'EEE afin d'empêcher le gel du bore dans les circuits d'eau borée est de □°C.

Le dimensionnement du système EDE, afin d'assurer la température minimale pour les équipements en cas de Grand Froid, a été réalisé en considérant les conditions hiver suivantes : □ °C, □% d'humidité relative pendant une période de □ jours.

2.3. AUTRES HYPOTHÈSES

Étanchéité des équipements

DÉFINITION DE L'ÉTANCHÉITÉ DES COMPOSANTS DU SYSTEME EDE

□

* M3 au titre de la prévention de la contamination du milieu environnant.

** Au sens de la norme EN1751.

Note : Un équipement situé sur une file de ventilation ayant un requis d'étanchéité renforcée peut être dimensionné avec une étanchéité normale sous réserve que le critère d'étanchéité renforcée soit satisfait en moyenne sur l'ensemble de la file de ventilation.

Registres d'isolement

Les registres d'isolement de la file de contournement possèdent une étanchéité renforcée (cf. tableau ci-dessus) et sont à fermeture rapide.

Efficacité du préfiltre métallique

Le préfiltre métallique est utilisé dans les situations Accident Grave. L'efficacité de ce préfiltre métallique est de \square pour les aérosols solides.

Humidité relative dans l'espace entre enceintes

Les équipements du système EDE situés dans l'EEE sont \square % d'humidité.

3. DESCRIPTION - FONCTIONNEMENT

3.1. DESCRIPTION

3.1.1. Description générale du système

Le schéma de principe du système EDE est donné en figure [FIG-6.2.2.1](#).

Le système EDE est composé de :

\square

Les files iode ainsi que la gaine reliant la file de contournement et la file iode 1 sont calorifugées en amont des réchauffeurs électriques.

Le train opérationnel fonctionne en continu lorsque la tranche est en régime normal de manière à ce que la dépression dans l'EEE soit déjà présente en cas d'accident.

En cas d'accident, un basculement intervient vers l'une des \square files de filtration iode, préférentiellement vers la file iode 1 ; le train opérationnel est isolé.

Par ailleurs, \square aérothermes sont également disposés dans les niveaux bas de l'EEE, là où sont situées les traversées d'eau borée.

3.1.2. Description des matériels principaux

Le système EDE est constitué des matériels principaux suivants :

3.1.2.1. File de contournement

- Registres d'isolement

Les registres d'isolement de la file de contournement du système EDE sont à étanchéité renforcée (cf. [§ 2.3.](#)).

- Ventilateur

Le débit nominal du ventilateur est de \square m³/h.
La puissance du ventilateur est de \square kW.

- Filtre THE

Le filtre THE de la file de contournement du système EDE possède une efficacité minimum de \square .

3.1.2.2. Files de filtration iode

- Préfiltres non radiosensibles

Les préfiltres non radiosensibles présents dans l'espace entre-enceintes sur chacune des files iodes du système EDE sont prévus pour assurer un pré filtrage en cas d'accident grave. Leur présence permet de diminuer les débits de dose sur les équipements du système EDE en cas d'accident grave.

- Réchauffeurs électriques

Les réchauffeurs de piège à iode sont situés en amont des pièges à iode afin de limiter l'humidité relative (cf. [§ 2.2.3.2.](#)).

La puissance de chauffage nominale de ces réchauffeurs est de \square kW.

- Filtres THE
Les filtres THE des files iode classés de sûreté du système EDE possèdent une efficacité minimale définie au § 2.2.3.2..
- Pièges à iode
Les pièges à iode sont utilisés dans les différents systèmes de ventilation pour absorber l'iode radioactif en suspension dans le flux d'air. L'efficacité minimale des pièges à iode est définie au § 2.2.3.2..
- Ventilateurs
Le débit nominal du ventilateur est de \square m³/h.
La puissance du ventilateur est de \square kW.

3.1.2.3. Aérothermes

\square aérothermes sont répartis dans l'espace entre enceintes. La puissance nominale de chaque aérotherme est de \square kW.

3.1.3. Description des dispositions d'installations principales

Les deux files d'extraction iode du système EDE sont situées dans \square .

3.2. FONCTIONNEMENT

3.2.1. Fonctionnement en régime normal de la tranche

3.2.1.1. Etats de tranche A (RP), B (AN/GV avec T°RCP \square °C), C (AN/RIS-RA, T°RCP \square °C) et D (API, T°RCP \square °C)

Dans les états A, B, C et D, le système EDE fonctionne en continu sur le train opérationnel de manière à assurer une dépression de l'EEE permettant de respecter le délai de grâce. L'air extrait est entièrement traité par un train de filtration sans piège à iode avant d'être rejeté à la cheminée du BAN.

Les aérothermes assurent une température minimale dans l'EEE. Ils sont mis en service sur un seuil minimum de température (12° C), et arrêtés sur un seuil maximum (17° C). Une protection est également prévue en cas de surchauffe de la résistance.

3.2.1.2. Etats de tranche E (APR) et F (RCD)

Dans les états E et F, la dépression dans l'EEE n'est plus requise : la fonction de mise en dépression de l'EEE est arrêtée. Le ventilateur de la file de contournement est arrêté et les registres d'isolement sont fermés.

Lors du démarrage du système, l'opérateur a la possibilité de mettre en service la file de contournement et la file iode 1 simultanément afin d'atteindre plus rapidement la dépression requise dans les états A à D.

La fonction chauffage de l'EEE par les aérothermes est requise en état E mais peut être mise à l'arrêt en état F.

3.2.2. Fonctionnement en régime permanent du système

3.2.2.1. Accident de Perte de Réfrigérant Primaire (APRP)

Sur ordre d'isolement enceinte phase 1, la file de contournement est automatiquement isolée par les registres d'isolement motorisés \square et le ventilateur \square est arrêté. Le ventilateur \square et le réchauffeur \square de la file iode 1 sont démarrés préférentiellement, maintenant ainsi la dépression dans l'EEE.

En cas de non-démarrage de la file iode 1, une reprise automatique en normal/secours sur la file iode 2 est effectuée.

3.2.2.2. Manque De Tension Externe (MDTE)

Les deux files d'extraction iode sont alimentées par des tableaux secourus dédiés à l'îlot nucléaire de la manière suivante : une file sur un tableau de la division 1 et une file sur un tableau de la division 4.

Les registres d'isolement de la file de contournement sont alimentés par deux divisions électriques différentes (division 1 et division 4).

En cas de MDTE, les deux registres d'isolement de la file de contournement sont fermés et une file iode est démarrée.

Les aérothermes de l'EEE sont secourus par les diesels principaux.

3.2.2.3. Manque De Tension Généralisé (MDTG)

Suite à la perte des alimentations électriques externes cumulée à la défaillance des diesels de secours, le système EDE est arrêté et les registres d'isolement de la file de contournement sont fermés. Une dépression minimale de Pa est alors assurée dans l'EEE pendant h. Les files iode EDE étant secourues par les diesels d'ultime secours, une file iode EDE est ensuite démarrée manuellement avant l'expiration du délai de grâce.

3.2.2.4. Accident Grave initié par un APRP

En cas d'accident grave, le lignage du préfiltre non radiosensible de la file iode 1 (fermeture de la vanne et ouverture de la vanne) sera demandé, la vanne servant à l'isolement du préfiltre pour maintenance étant condamnée ouverte.

3.2.2.5. Accident grave initié par une Perte Totale Alimentation Electrique (PTAE)

Suite à la perte totale des alimentations électriques, le système EDE est arrêté et une dépression minimale de Pa est assurée dans l'EEE. L'opérateur dispose de pour ligner une file iode sur les batteries accident grave (lignage local initié dès la perte des diesels principaux). Ce délai est compatible avec l'expiration de la période de grâce de . Le fonctionnement du système EDE est assuré par le secours des batteries Accident Grave pendant heures. Dans cette situation, le préfiltre non radiosensible de la file iode 1 est ligné depuis le pupitre accident grave.

Après récupération d'une source électrique, la file iode EDE est secourue par les diesels d'ultime secours.

3.2.2.6. Fonctionnement long terme du système EDE en cas d'accident grave

Afin d'assurer la fonction de confinement dynamique sur le long terme en cas d'accident grave, des actions de conduite long terme sur le système EDE sont à prévoir pour intervenir sur une file de filtration défaillante. Cela nécessite d'isoler la file iode de service pour qu'elle fasse l'objet d'opérations de maintenance et de réparations, et donc de basculer la filtration iode sur la deuxième file.

3.2.3. Fonctionnement en régime transitoire

Incendie

En cas de détection d'incendie, les clapets coupe-feu en frontière des volumes de feu de sûreté sont automatiquement fermés afin d'empêcher la propagation de l'incendie ; le ventilateur et le réchauffeur électrique associés sont arrêtés, et l'extraction est basculée sur la deuxième file iode. Une alarme est envoyée en salle de commande ainsi qu'au superviseur incendie par le système JDT.

Des rampes d'aspersions intégrées au piège à iode et raccordées au système JPI assurent l'aspersion du piège à iode en cas d'incendie. La mise en eau de ces rampes se fait manuellement.

3.2.4. Autres régimes de fonctionnement du système

Sans objet.

4. ANALYSE DE SURETÉ

4.1. CONFORMITÉ À LA REGLEMENTATION

Le système est conforme à la réglementation générale en vigueur (voir sous-chapitre 1.7) et ne fait pas l'objet de dérogations particulières.

4.2. RESPECT DES CRITÈRES FONCTIONNELS

4.2.1. Contrôle de la réactivité

Sans objet.

4.2.2. Evacuation de la puissance résiduelle

Sans objet.

4.2.3. Confinement des substances radioactives

Les études de transitoires incidentels/accidentels des chapitres 15.3 et 19.2 faisant intervenir les fonctions du système EDE correspondant aux critères énoncés au [§ 0.2.3.](#) sont réalisées en considérant, pour les paramètres suivants, des valeurs cohérentes avec les hypothèses de dimensionnement énoncées au [§ 2.2.](#) (cf. sous-chapitres 15.3, 19.1 et 19.2) :

- la valeur maximale de débit d'extraction d'activité de l'EEE par le système EDE,
- les efficacités des systèmes de filtration du système EDE (filtres THE et pièges à iode).

Ces éléments permettent d'assurer le respect des critères fonctionnels énoncés au [§ 0.2.](#)

4.2.4. Contribution indirecte à l'accomplissement des fonctions de sûreté

Les cibles de température dans l'EEE assurées par le système EDE énoncées au [§ 2.2.](#) sont cohérentes avec les requis des équipements présents dans l'EEE et notamment ceux des systèmes RIS, EVU, RCV et PTR.

De plus, les hypothèses de dimensionnement définies au [§ 2.2.](#) sont cohérentes avec les hypothèses considérées pour définir les critères d'essais définis aux [§ 4.4.1.](#) et [§ 4.4.3.](#)

Ces éléments permettent d'assurer le respect des critères fonctionnels énoncés au [§ 0.2.](#)

4.2.5. Contributions spécifiques à la protection contre les agressions

Les études agressions relatives au Grand Froid du chapitre 3.3 faisant intervenir les fonctions du système EDE sont réalisées en considérant, pour la température minimale à maintenir dans l'EEE une valeur cohérente avec l'hypothèse de dimensionnement énoncée au [§ 2.2.](#)

Les études d'agression du sous-chapitre 3.4 relatives à l'incendie faisant intervenir les fonctions du système EDE sont réalisées en considérant la mise en place des clapets coupe-feu en limite de SFS dans le bâtiment combustible afin d'assurer le respect du critère fonctionnel énoncé au [§ 0.2.5.](#) pour la protection de l'installation contre l'incendie.

Pour chaque étude d'agression concernée, ces études montrent que le dimensionnement de ces fonctions est tel qu'il permet de respecter leur critère d'acceptabilité.

Ces éléments permettent d'assurer le respect des critères fonctionnels énoncés au [§ 0.2.](#)

4.3. CONFORMITÉ AUX EXIGENCES DE CONCEPTION

4.3.1. Exigences issues du classement de sûreté

4.3.1.1. Classement de sûreté

Le classement des équipements du système EDE jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté sont présentés dans la section 3.2.2.

4.3.1.2. Critère de défaillance unique (active ou passive)

Défaillance unique active

La conception du système EDE est conforme à l'exigence de robustesse au critère de défaillance unique active énoncée au [§ 0.3.](#), notamment sur les points suivants :

- la filtration iode est composée de . Ces files sont alimentées par électriques différents ;
- les registres d'isolement de la file de contournement sont redondants et alimentés par électriques différents ;
- le nombre d'aérothermes de l'EEE et leur puissance ont été calculés de façon à pallier un dysfonctionnement d'un des aérothermes en cas hiver.

Défaillance unique passive

Le système EDE n'est pas concerné par la défaillance unique passive.

Défaillance aléatoire

La conception du système EDE est conforme à l'exigence de robustesse à la défaillance aléatoire énoncée au [§ 0.3.](#). Les clapets coupe-feu sont doublés entre deux secteurs de feu de sûreté (SFS).

4.3.1.3. Alimentation électrique de secours

La conception du système EDE est conforme à l'exigence de secours électrique énoncée au [§ 0.3.](#), notamment sur les points suivants :

en cas de Manque De Tension Externe (MDTE)

- Les registres d'isolement de la file de contournement et les sont alimentés par des tableaux secourus par des diesels principaux dédiés à l'îlot nucléaire de la manière suivante : .
- Les aérothermes de l'EEE sont secourus par les diesels principaux.

en cas de Manque De Tension Généralisé (MDTG), les files iode EDE sont secourues par les diesels d'ultime secours et par l'alimentation sans coupure dédiée accident grave.

en cas de Perte Totale des Alimentations Electriques (PTAE), les files iode EDE sont secourues par les batteries Accident Grave pendant heures et par les diesels d'ultime secours.

4.3.1.4. Séparation physique / géographique

La conception du système EDE est conforme à l'exigence de séparation physique/géographique. En effet, les files de filtration iode du système EDE classées F1B sont géographiquement séparées.

Les aérothermes du système EDE sont répartis dans l'EEE de sorte à être robustes face aux agressions.

4.3.1.5. Qualification aux conditions accidentelles

Les équipements du système EDE relevant d'une qualification aux conditions accidentelles sont présentés dans la section 3.7.1.1.2.

4.3.1.6. Classement ESPN, mécanique, électrique, Contrôle-Commande et sismique

La conformité des classements mécanique, électrique, contrôle-commande et sismique des équipements du système EDE jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté aux exigences énoncées au [§ 0.3.](#) est détaillée dans la section 3.2.2.

4.3.2. Exigences réglementaires

4.3.2.1. Textes réglementaires

La conformité aux textes réglementaires est portée de manière générale par la section 1.7.1 du rapport de Sûreté.

4.3.2.1.1. Textes officiels

La conformité au texte officiel spécifiquement applicable au système EDE, cité au [§ 0.3.2.](#), est présentée aux [§ 2.1.](#) et [§ 2.2.](#).

4.3.2.1.2. Prescriptions techniques

La conformité à la prescription technique spécifiquement applicable au système, listée dans le [§ 0.3.2.](#), est assurée par le dimensionnement du système EDE aux conditions extérieures en cas de froid de dimensionnement et en cas de Grand Froid (cf. [§ 2.2.4.](#) et [§ 2.2.5.](#)).

La conformité du système EDE aux décisions n°2012–DC-0283 du 26 juin 2012 et n°2014–DC-0403 du 21 janvier 2014 est démontrée dans le chapitre 21.

4.3.2.1.3. Réglementations internationales

Sans objet.

4.3.2.2. Textes para-réglementaires

La conformité aux textes para-réglementaires est portée de manière générale par la section 1.7.1 du Rapport de Sûreté.

4.3.2.2.1. Règles fondamentales de sûreté

Sans objet.

4.3.2.2.2. Directives techniques

La conformité aux directives techniques spécifiquement applicables au système EDE, listées dans le [§ 0.3.2.](#), est assurée par :

- B.1.4.1.
Les [§ 2.1.](#) et [§ 2.2.](#) présentent les bases de conception du système EDE et en particulier le maintien en dépression permettant la collecte de toutes les fuites de l'enceinte interne et leur filtration avant rejet. ;
- G.2.
 - Le paragraphe 2.3 présente le dimensionnement du système EDE à l'humidité relative dans l'espace entre enceintes. [□](#)
 - la durée pendant laquelle l'espace entre enceintes est maintenu en dépression après l'arrêt du système EDE est précisée et justifiée au [§ 2.2.3.](#) ;
 - les dispositions décrites au [§ 4.3.3.](#) démontrent la prise en compte à la conception du système EDE de fuites ou ruptures possibles de composants implantés sur la paroi externe du BR ;
 - l'intérêt d'une mesure permanente et enregistrée de l'iode et des aérosols dans les tuyauteries de la ventilation de l'espace entre enceintes en aval des filtres est examiné à la section 9.5.7.1 ;
 - les moyens de confinement associés aux [□](#) sont décrits dans les sections 9.4.2 et 9.4.5 compte-tenu de la localisation des équipements EDE dans le BK ;

- G4 : Les méthodes de définition des conditions atmosphériques de base et extrêmes sont définies au sous-chapitre 3.3 et sont rappelées dans le [§ 2.2.4](#) de cette section.

4.3.2.3. Textes EPR spécifiques

Sans objet.

4.3.3. Agressions

4.3.3.1. Agressions internes

La démonstration de la robustesse de l'installation aux agressions internes relève du sous-chapitre 3.4.

4.3.3.2. Agressions externes

La démonstration de la robustesse de l'installation aux agressions externes relève du sous-chapitre 3.3.

4.3.4. Diversification

Sans objet.

4.3.5. Radioprotection

Sans objet.

4.3.6. Fonctionnement, maintenance et accessibilité long terme

Les équipements du système EDE nécessaires au maintien de la centrale en état sûr dans la gestion long terme après un accident sont accessibles aux opérateurs pour la maintenance et la réparation des équipements à long terme.

Les analyses relatives à l'accessibilité pour maintenance à long terme en phase post-accidentelle sont présentées au sous-chapitre 12.5.

Ce chapitre identifie les principaux composants du système EDE faisant l'objet d'un requis d'accessibilité à long terme en phase post-accidentelle et indique les conditions d'accessibilités associées permettant de respecter la dose maximale que peut recevoir un intervenant au cours de sa mission.

4.3.7. Système tel que réalisé

A ce stade de la fabrication, de l'installation et du déroulement des essais, aucun écart n'impacte les requis de sûreté spécifiés dans le Rapport de Sûreté.

4.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE

4.4.1. Essais de démarrage

Le système EDE fait l'objet d'un programme d'essais de démarrage conformément aux modalités présentées au chapitre 14 permettant notamment de vérifier le respect des critères suivants :

- l'efficacité des filtres THE des files iode,
- l'efficacité des pièges à iode des files iode,
- le contrôle de la manoeuvrabilité à la fermeture des registres d'isolement de la file de contournement,
- la puissance électrique des réchauffeurs des files iode,

- la fermeture des clapets coupe-feu,
- les valeurs de dépression dans l'EEE en situations accidentelles.

La vérification du débit des files iode en situations accidentelles, la valeur de dépression dans l'EEE ainsi que de la température dans l'espace entre enceintes n'étant pas possible de façon directe du fait que les conditions d'essais diffèrent des conditions de fonctionnement accidentelles dans lesquelles ces derniers doivent être satisfaits, leur vérification est réalisée de façon transposée comme suit :

- le débit des files iode en situations accidentelles : une transposition du débit aux conditions accidentelles non simulées en essais est nécessaire. Le débit mesuré devra être inférieur à 280 m³/h [Réf \[2\]](#),
- la dépression dans l'EEE : La dépression mesurée en fonctionnement normal devra être supérieure à $1512 + 508 \times (T_{EEE} - 10) / 27,5$ Pa, avec T_{EEE} la température dans l'espace entre-enceintes pendant l'essai en °C [Réf \[2\]](#),
- la température dans l'espace entre enceinte : une extrapolation aux conditions hivernales est réalisée. La puissance nécessaire pour chaque aérotherme est de 12 kW [Réf \[1\]](#).

4.4.2. Surveillance en exploitation

Les fonctions du système EDE suivantes sont surveillées en exploitation normale par des dispositifs de surveillance en continu : la surveillance du chauffage de l'espace entre enceintes et le maintien de la dépression dans l'espace entre enceintes en fonctionnement normal par la remontée d'alarme en salle de commande.

La surveillance de la disponibilité de ces fonctions est donc réalisée dans ce cadre.

4.4.3. Essais périodiques

Les parties classées du système EDE font l'objet d'essais périodiques conformément au chapitre IX des Règles Générales d'Exploitation permettant notamment de vérifier les critères suivants :

- l'efficacité des filtres THE des files iode,
- l'efficacité des pièges à iode des files iode,
- le contrôle de la manoeuvrabilité à la fermeture des registres d'isolement de la file de contournement,
- la puissance électrique des réchauffeurs des files iode,
- la fermeture des clapets coupe-feu,
- l'enclenchement des aérothermes situés dans l'EEE.

La vérification du débit des files iode et la dépression à maintenir en situations accidentelles n'étant pas possible de façon directe du fait que les conditions d'essais diffèrent des conditions de fonctionnement accidentelles dans lesquelles ces derniers doivent être satisfaits, leur vérification est réalisée de façon transposée comme suit :

- le débit des files iode en situations accidentelles : une transposition du débit aux conditions accidentelles est nécessaire. Le débit mesuré en fonctionnement normal devra être inférieur à $273 - 33,5 \times (273 + T_{EEE}) / 273$ m³/h avec T_{EEE} la température dans l'espace entre-enceintes pendant l'essai en °C [Réf \[2\]](#),
- la dépression dans l'EEE en situations accidentelles n'étant pas accessible en fonctionnement normal, seule la dépression en fonctionnement normal est surveillée. La pression mesurée en fonctionnement normal devra être supérieure à $1512 + 508 \times (T_{EEE} - 10) / 27,5$ Pa, avec T_{EEE} la température dans l'espace entre-enceintes pendant l'essai en °C [Réf \[2\]](#).

4.4.4. Maintenance

Le système EDE fait l'objet d'un programme de maintenance conformément au chapitre VIII des RGE.

5. SCHÉMA DE PRINCIPE

Le schéma de principe du système EDE est présenté en [FIG-6.2.2.1](#).



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 6

SECTION 2.2

PAGE 22/23

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

LISTE DE REFERENCES

[1] Définition des critères transposés du système EDE associés au conditionnement thermique de l'espace entre-enceintes (FA3-ESY-2016-FR-0165 A)

[2] Note de transposition EDE (EYTS-2012-FR-0038 E)

FIG-6.2.2.1 SCHÉMA DE PRINCIPE DU SYSTÈME DE MISE EN DÉPRESSION DE L'ESPACE ENTRE ENCEINTES (EDE)



SOMMAIRE

.6.2.3	ISOLEMENT DE L'ENCEINTE	4
0.	EXIGENCES DE SÛRETÉ	4
0.1.	FONCTIONS DE SÛRETÉ	4
0.1.1.	CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	4
0.1.2.	EVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	4
0.1.3.	CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	4
0.1.4.	CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ	4
0.1.5.	CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES À LA PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS	4
0.1.6.	CONTRIBUTION À L'ÉLIMINATION PRATIQUE	4
0.2.	CRITÈRES FONCTIONNELS	4
0.2.1.	CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	4
0.2.2.	EVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	4
0.2.3.	CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	5
0.2.4.	CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ	5
0.2.5.	CONTRIBUTIONS À L'ÉLIMINATION PRATIQUE	5
0.3.	EXIGENCES RELATIVES À LA CONCEPTION	5
0.3.1.	EXIGENCES ISSUES DU CLASSEMENT DE SÛRETÉ	5
0.3.2.	EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES	6
0.3.3.	AGRESSIONS	7
0.3.4.	DIVERSIFICATION	7
0.3.5.	RADIOPROTECTION	7
0.3.6.	EXIGENCES LIEES AU FONCTIONNEMENT, A LA MAINTENANCE ET A L'ACCESSIBILITE LONG TERME	7
0.4.	ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE	7
0.4.1.	ESSAIS DE DÉMARRAGE	7
0.4.2.	SURVEILLANCE EN EXPLOITATION	7
0.4.3.	ESSAIS PÉRIODIQUES	8
0.4.4.	MAINTENANCE	8
1.	RÔLE DE L'ISOLEMENT ENCEINTE	8

1.1. RÔLE DE L'ISOLEMENT ENCEINTE PENDANT L'EXPLOITATION NORMALE DE LA TRANCHE	8
1.2. RÔLE DE L'ISOLEMENT ENCEINTE PENDANT LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT PCC-2 À PCC-4, RRC-A, EN ACCIDENT GRAVE ET SITUATIONS AGRESSIONS	8
1.2.1. ISOLEMENT ENCEINTE PHASE 1	8
1.2.2. ISOLEMENT ENCEINTE PHASE 2	8
1.2.3. ISOLEMENT ENCEINTE EN ACCIDENT GRAVE	8
1.2.4. ISOLEMENT HAUTE ACTIVITÉ PRIMAIRE	9
2. BASES DE CONCEPTION	9
2.1. HYPOTHÈSES GÉNÉRALES DE FONCTIONNEMENT	9
2.2. HYPOTHÈSES DE DIMENSIONNEMENT	9
2.2.1. OPÉRABILITÉ	9
2.2.2. ETANCHÉITÉ	9
2.2.3. PRINCIPES D'ISOLEMENT	9
2.3. AUTRES HYPOTHÈSES	12
3. DESCRIPTION — FONCTIONNEMENT	13
3.1. DESCRIPTION	13
3.2. FONCTIONNEMENT	13
3.2.1. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME NORMAL DE LA TRANCHE .	13
3.2.2. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME PERMANENT	13
3.2.3. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME TRANSITOIRE	13
3.2.4. AUTRES RÉGIMES DE FONCTIONNEMENT	13
4. ANALYSE DE SURETÉ	13
4.1. CONFORMITÉ À LA RÉGLEMENTATION	13
4.2. RESPECT DES CRITÈRES FONCTIONNELS	13
4.2.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	13
4.2.2. EVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	14
4.2.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	14
4.2.4. CONTRIBUTIONS INDIRECTES À L'ACCOMPLISSEMENT DES FONCTIONS DE SÛRETÉ	14
4.2.5. CONTRIBUTIONS À L'ÉLIMINATION PRATIQUE	14
4.3. CONFORMITÉ AUX EXIGENCES DE CONCEPTION	14
4.3.1. EXIGENCES ISSUES DU CLASSEMENT DE SÛRETÉ	14

4.3.2. EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES	15
4.3.3. AGRESSIONS	16
4.3.4. DIVERSIFICATION	16
4.3.5. RADIOPROTECTION	16
4.3.6. FONCTIONNEMENT, MAINTENANCE ET ACCESSIBILITÉ LONG TERME	17
4.3.7. FONCTION TELLE QUE RÉALISÉE	17
4.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE	17
4.4.1. ESSAIS DE DÉMARRAGE	17
4.4.2. SURVEILLANCE EN EXPLOITATION	17
4.4.3. ESSAIS PÉRIODIQUES	17
4.4.4. MAINTENANCE	17
5. SCHÉMA DE PRINCIPE	17

.6.2.3 ISOLEMENT DE L'ENCEINTE

Cette section décrit le concept et fournit les exigences de dimensionnement relatives à la fonction "isolement de l'enceinte" qui participe, dans certaines situations, à la fonction confinement de l'enceinte développée dans la section 6.2.1.

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

0.1. FONCTIONS DE SÛRETÉ

0.1.1. Contrôle de la réactivité

La fonction « isolement enceinte » ne contribue pas directement au contrôle de la réactivité.

0.1.2. Evacuation de la puissance résiduelle

La fonction « isolement enceinte » ne contribue pas directement à l'évacuation de la puissance résiduelle.

0.1.3. Confinement des substances radioactives

La fonction « isolement enceinte » contribue au confinement des substances radioactives dans les situations PCC-2 à 4, RRC-A et accidents graves (voir section 6.2.1 « Confinement »). Elle doit permettre de minimiser le relâchement de radioactivité au niveau des traversées fluides vers l'extérieur de l'enceinte en cas d'accident avec dégagements radioactifs.

0.1.4. Contributions indirectes aux fonctions de sûreté

Sans objet.

0.1.5. Contributions spécifiques à la protection contre les agressions

La fonction « isolement enceinte » ne contribue pas spécifiquement à la protection contre les agressions.

0.1.6. Contribution à l'élimination pratique

Les contributions de l'isolement enceinte à l'élimination pratique doivent être les suivantes :

- Isolement automatique de la décharge RCV (au titre la fonction de sûreté « Isolement enceinte phase 1 ») ;
- Isolement passif des lignes d'injection ISBP et ISMP (au titre de la fonction de sûreté « Isolement enceinte en AG »).

0.2. CRITÈRES FONCTIONNELS

0.2.1. Contrôle de la réactivité

Sans objet.

0.2.2. Evacuation de la puissance résiduelle

Sans objet.

0.2.3. Confinement des substances radioactives

Afin de garantir le confinement de l'enceinte, la fonction d'isolement est assurée au niveau des traversées fluides de l'enceinte des systèmes élémentaires de l'îlot nucléaire, par l'action d'organes d'isolement (robinet(s) et/ou clapet(s)) qui doivent pouvoir :

- se fermer au début de l'accident ;
- rester étanches lors de la phase post-accidentelle ;
- rester opérables lors de la phase post-accidentelle.

La fonction d'isolement enceinte doit assurer la réalisation de ces fonctions spécifiques.

0.2.4. Contributions indirectes aux fonctions de sûreté

Sans objet.

0.2.5. Contributions à l'élimination pratique

Au titre de sa contribution spécifique à l'élimination pratique, l'isolement enceinte doit satisfaire les critères fonctionnels suivants :

Critère relatif à l'isolement automatique de la décharge RCV :

- Fermeture automatique des vannes motorisées relatives à la décharge RCV sur signal d'IS ;

Critère relatif à l'isolement passif des lignes d'injection ISBP et ISMP :

- Fermeture des clapets RIS relatifs aux lignes d'injection ISBP et ISMP.

0.3. EXIGENCES RELATIVES À LA CONCEPTION

0.3.1. Exigences issues du classement de sûreté

0.3.1.1. Classement de sûreté

Les organes d'isolement de l'enceinte doivent faire l'objet d'un classement de sûreté conformément aux règles de classement indiquées à la section 3.2.1.

0.3.1.2. Critère de Défaillance Unique (active et passive)

Le critère de défaillance unique doit être appliqué à la conception des organes d'isolement des systèmes classés F1.

0.3.1.3. Alimentation électrique de secours

L'alimentation électrique des organes d'isolement classés F1 doit être secourue par les groupes diesels principaux.

0.3.1.4. Séparation physique/géographique

Les organes d'isolement classés F1 des systèmes doivent être conçus conformément à l'exigence de séparation physique/géographique de leurs équipements redondants.

0.3.1.5. Qualification aux conditions accidentelles

Les équipements classés des systèmes doivent être qualifiés en fonction des conditions de fonctionnement dans lesquelles ils sont sollicités au titre de leur contribution à la fonction « isolement enceinte », conformément aux règles du sous-chapitre 3.7.

0.3.1.6. Classement ESPN, mécanique, électrique, contrôle-commande et sismique

Les organes d'isolement de l'enceinte doivent faire l'objet d'un classement mécanique, électrique, contrôle-commande et sismique conforme aux règles de classement présentées dans la section 3.2.1.

0.3.2. Exigences réglementaires

0.3.2.1. Textes réglementaires

0.3.2.1.1. Textes officiels

L'isolement enceinte est concerné par le Décret n°2007-534 du 10 avril 2007 autorisant la création de l'installation nucléaire de base dénommée Flamanville 3, comportant un réacteur nucléaire de type EPR, sur le site de Flamanville (Manche) (voir section 1.7.1) :

- Les traversées de l'enceinte de confinement véhiculant des fluides disposent d'organes d'isolement permettant de limiter le relâchement de radioactivité dans les bâtiments périphériques. Exceptés ceux qui sont placés sur des systèmes requis pour la gestion accidentelle des accidents, ces organes d'isolement soit permettent d'assurer une fonction de fermeture automatique en cas d'accident, soit sont en position fermée tant que du combustible nucléaire est présent dans la cuve (III-3.3.e).
- L'exploitant doit, tout au long de la vie de l'installation, veiller à la fiabilité des organes actifs et à la performance globale des dispositifs de confinement qui permettent :
 - en cas de situation d'accident sans fusion du cœur, d'éviter la mise en place de mesures de protection de la population vivant dans le voisinage de la centrale ;
 - en cas de situation d'accident avec fusion du cœur à basse pression, de n'avoir recours qu'à des mesures de protection de la population très limitées en étendue et en durée.
- A cette fin, l'étanchéité de chacune des parois de l'enceinte de confinement et de leurs traversées est testée avant le premier chargement du combustible dans la cuve du réacteur, puis contrôlée périodiquement. Les contrôles de l'étanchéité de la paroi interne sont notamment effectués au moyen d'essais réalisés à la pression de dimensionnement (III-3.3.h).

0.3.2.1.2. Prescriptions techniques

Les organes d'isolement appartiennent au noyau dur Fukushima (Voir chapitre 21). A ce titre, elles doivent respecter la décision n°2012-DC-0283 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 26 juin 2012 et la décision n°2014-DC-0403 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 21 janvier 2014 (Voir section 1.7.0).

0.3.2.1.3. Réglementations Internationales

L'isolement enceinte n'est pas concerné par une réglementation internationale spécifique.

0.3.2.2. Textes para-réglementaires

0.3.2.2.1. Règles fondamentales de sûreté

L'isolement enceinte n'est pas concerné par une règle fondamentale de sûreté spécifique.

0.3.2.2.2. Directives techniques

L'isolement enceinte est concerné par les sections suivantes des Directives Techniques (voir section 1.7.0) :

- A.1.3.a : "Les séquences accidentelles avec bypass du confinement (par les générateurs de vapeur ou par des circuits connectés au système primaire qui sortent de l'enceinte de confinement) doivent être "pratiquement éliminées" par des dispositions de conception (telles qu'une pression de conception adéquate des tuyauteries) et des dispositions d'exploitation dans le but d'assurer un isolement fiable et aussi prévenir les défaillances".
- B.1.4.2.b : "Pour les circuits connectés au système primaire, le concepteur doit étudier l'utilisation de moyens d'isolement diversifiés, les possibilités de défaillances de ces moyens et les équipements de suivi associés, de même que l'utilisation de tuyauteries conçues pour résister à la pression primaire dans les situations correspondantes. De plus, le risque de bypass de l'enceinte

de confinement par les tuyauteries équipées seulement de vannes manuelles doit être étudié par le concepteur .

- B.2.1.b : “Une attention spécifique doit être portée au classement des barrières et aux exigences associées pour les vannes d'isolement de l'enceinte de confinement, pour les traversées du système de collecte des fuites et pour le tube de transfert de même que pour les équipements actifs et passifs, les structures et autres dispositifs liés au confinement de la piscine combustible usé”.

0.3.2.2.3. Textes EPR spécifiques

L'isolement enceinte n'est pas concerné par un texte spécifique EPR.

0.3.3. Agressions

0.3.3.1. Agressions internes

Les organes d'isolement doivent être protégés vis-à-vis des conséquences des agressions internes si leur perte remet en cause l'attente des objectifs de sûreté du sous-chapitre 3.4.

0.3.3.2. Agressions externes

Les organes d'isolement doivent être protégés vis-à-vis des conséquences des agressions externes si leur perte remet en cause l'atteinte des objectifs de sûreté du sous-chapitre 3.3.

0.3.4. Diversification

La fonction ne fait pas l'objet d'une diversification.

0.3.5. Radioprotection

La fonction n'est pas concernée par une exigence de radioprotection. Les organes d'isolement doivent être conçus pour limiter l'exposition des opérateurs aux rayonnements dus aux sources contenues dans le fluide véhiculé.

0.3.6. EXIGENCES LIEES AU FONCTIONNEMENT, A LA MAINTENANCE ET A L'ACCESSIBILITE LONG TERME

Les organes d'isolement des systèmes nécessaires au maintien de la centrale en état sûr dans la gestion long terme après un accident doivent être accessibles aux opérateurs pour la maintenance et la réparation des matériels à long terme.

Cette accessibilité est conditionnée par la dose maximale que peut recevoir un intervenant au cours de sa mission (cf. sous-chapitre 12.5).

0.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE

0.4.1. Essais de démarrage

Les systèmes participant, via leurs organes d'isolement, à la fonction isolement enceinte doivent être conçus pour permettre la réalisation d'essais de démarrage permettant de s'assurer de leur conception adéquate et de leurs performances, et notamment du respect des critères fonctionnels décrits au paragraphe 0.2.

0.4.2. Surveillance en exploitation

Les systèmes doivent être conçus pour permettre une surveillance en exploitation normale des caractéristiques des organes nécessaires à l'accomplissement de l'isolement enceinte afin d'assurer le bon comportement de leurs composants et leur disponibilité en fonctionnement normal, incidentel et accidentel.

0.4.3. Essais périodiques

Les parties classées des systèmes participant à l'isolement de l'enceinte doivent être conçues pour permettre la réalisation d'essais périodiques conformément aux règles définies dans le chapitre IX des Règles Générales d'Exploitation.

0.4.4. Maintenance

Les systèmes participant à l'isolement de l'enceinte doivent être conçus pour permettre la mise en oeuvre d'un programme de maintenance conformément au chapitre VIII des RGE.

1. RÔLE DE L'ISOLEMENT ENCEINTE

1.1. RÔLE DE L'ISOLEMENT ENCEINTE PENDANT L'EXPLOITATION NORMALE DE LA TRANCHE

La fonction d'isolement n'a pas de rôle particulier lorsque le réacteur est en régime normal, les robinets d'isolement prennent la position demandée par le système auquel ils appartiennent.

1.2. RÔLE DE L'ISOLEMENT ENCEINTE PENDANT LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT PCC-2 À PCC-4, RRC-A, EN ACCIDENT GRAVE ET SITUATIONS AGRESSIONS

Toutes les lignes traversant l'enceinte doivent être isolées, à l'exception des lignes des systèmes de sûreté utilisées pour la gestion post-accidentelle (voir section 6.2.1).

1.2.1. Isolement Enceinte Phase 1

L'isolement enceinte phase 1 est requis dans tous les transitoires avec mise en service automatique de l'injection de sécurité afin de confiner à l'intérieur du bâtiment réacteur les substances radioactives potentiellement émises.

Les systèmes concernés par l'isolement enceinte phase 1 sont APG, DER, EBA, EPP, EVU, JPI, KRT, PTR, la décharge RCV, REN (échantillonnage des accumulateurs RIS), RPE, les communs classés F2 du BR alimentés par RRI, SED, SGN, TEG, et la file opérationnelle de l'EDE.

1.2.2. Isolement Enceinte Phase 2

L'isolement enceinte phase 2 est requis dans tous les transitoires avec mise en pression de l'enceinte. Il nécessite l'isolement :

- du système RBS,
- de la charge du système RCV,
- de la ligne d'injection aux joints et de retour des joints par le RCV,
- des lignes d'échantillonnage RES des GV et des lignes d'échantillonnage REN du circuit primaire RCP,
- des autres communs du BR alimentés par le système RRI excepté les barrières thermiques des GMPP.

1.2.3. Isolement Enceinte en accident grave

Certaines traversées enceinte peuvent ne pas avoir été isolées avant l'entrée en AG :

- Traversées dé-isolées en conduite post-accidentelle,
- Traversées qui ne reçoivent que l'ordre isolement enceinte phase 2,
- Traversées des systèmes de sauvegarde RIS et ASG, des systèmes ARE et VVP, du système RRI sur les barrières thermiques des GMPP qui ne reçoivent pas d'ordre d'isolement enceinte.

Ces traversées sont donc à isoler en début d'AG.

1.2.4. Isolement Haute Activité Primaire

L'isolement haute activité primaire est requis pour couvrir des situations PCC conduisant potentiellement à des ruptures de gaines sans déclenchement du signal Isolement enceinte phase 1. Il requiert d'isoler les circuits suivants :

- EBA : lignes petit débit extraction/soufflage,
- EPP : ligne de gonflage/dégonflage,
- EVU : lignes de purification de l'IRWST,
- REN : échantillonnage BC1, BF3, PZR,
- RCV : décharge, retour des joints, charges, injections aux joints,
- RPE : ligne d'effluents,
- PTR : purification de l'IRWST et compartiments des lances,
- TEG : ligne aval soupape PZR et RDP.

2. BASES DE CONCEPTION

2.1. HYPOTHÈSES GÉNÉRALES DE FONCTIONNEMENT

Les traversées assurant la continuité des circuits fluides et électriques et les accès de part et d'autre de l'enceinte sont de plusieurs types (voir section 3.5.2).

Le concept d'isolement enceinte concerne uniquement les traversées fluides. Les autres types de traversées (tampon matériel, sas, tube de transfert, traversées électriques) sont portés par la section 6.2.1 du RDS.

2.2. HYPOTHÈSES DE DIMENSIONNEMENT

2.2.1. Opérabilité

Le respect de l'exigence d'opérabilité des organes d'isolement est portée par les chapitres systèmes du RDS.

2.2.2. Etanchéité

Le critère retenu pour le taux de fuite maximal admissible dans les conditions accidentelles est de \square %/jour de la masse de gaz contenu dans le volume libre de l'enceinte interne.


Les fuites via les traversées de type B (traversées équipées de tapes et double joint d'étanchéité) et de type C (traversées équipées d'organes de robinetterie) ne doivent pas dépasser \square % du taux de fuite global de l'enceinte.

2.2.3. Principes d'isolement

Un double isolement est réalisé au niveau des traversées fluide qui traversent l'enceinte de confinement.

Les portions de traversées fluide, à condition qu'elles soient à l'abri des projectiles internes, sont délimitées par :

- la paroi métallique des tuyauteries, réservoirs, corps d'organes de sectionnement, dont la pression et la température de calcul sont au moins égales aux conditions enveloppes des accidents PCC, RRC-A et accidents graves pouvant survenir dans le bâtiment réacteur ;

- un robinet d'isolement dont la fermeture est commandée depuis la salle de commande, de manière automatique ou sur action d'un opérateur ;
- un robinet d'isolement  ; la position de ce robinet fait l'objet de consignes ou est contrôlée par un verrouillage mécanique ;
- un clapet anti-retour simple, sur une tuyauterie entrant dans l'enceinte, véhiculant un fluide liquide, à condition qu'il vienne en complément d'un robinet d'isolement et qu'il soit situé à l'intérieur de l'enceinte de confinement.

2.2.3.1. Lignes traversant les parois internes et externes de l'enceinte

Les organes d'isolement sont disposés conformément aux règles suivantes :

2.2.3.1.1. Lignes reliées au Circuit Primaire Principal ou lignes directement reliées à l'atmosphère de l'enceinte

Ces lignes sont chacune équipées d'un ou deux organes d'isolement (l'un en dehors et l'autre, si nécessaire, dans l'enceinte) qui, avec les tuyauteries correspondantes, constituent une double barrière d'isolement au droit des traversées d'enceinte.

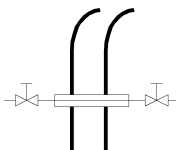
Ceci permet de répondre au critère de défaillance unique.

Afin de garantir une parfaite étanchéité des organes d'isolement enceinte, les technologies retenues pour les robinets d'isolement sont les suivantes :



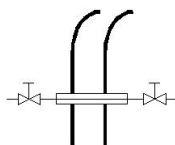
Nota : Certains robinets à soupape, situés dans le BR, ne sont pas à soufflet mais seulement avec presse-garniture. Dans ce cas, ils sont de plus équipés d'un tube de reprise des fuites.

- Pour les petites robinetteries de $DN \leq 50$:
Robinet à soupape (avec ou sans soufflet, selon que le fluide véhiculé est radioactif ou non).
En règle générale, ces organes d'isolement sont :
 - a) Pour les systèmes qui sont uniquement utilisés à l'arrêt :

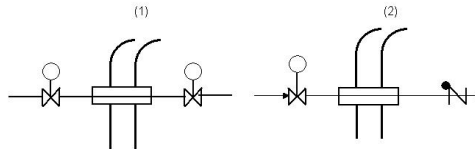


Deux robinets non motorisés à fermeture manuelle ou deux robinets motorisés à fermeture commandée depuis la salle de commande.

- b) Pour les systèmes utilisés en régime normal ou en régime accidentel, lorsque la partie du système en dehors de l'enceinte constitue une limite fermée :
Le tuyau fermé en dehors de l'enceinte est conçu pour résister à la pression de dimensionnement de l'enceinte.
En outre, un robinet d'isolement automatique situé en dehors de l'enceinte complète le dispositif à chaque traversée.



- c) Pour les autres systèmes utilisés en régime normal ou en régime accidentel :
Deux robinets d'isolement automatiques de l'enceinte, l'un à l'intérieur et l'autre à l'extérieur de l'enceinte (1), ou bien, pour les lignes transportant du fluide en direction de l'enceinte (2), un robinet automatique et un clapet anti-retour, le clapet étant placé à l'intérieur de l'enceinte.



- d) En outre, des dispositions spéciales sont prévues pour les traversées de tuyauteries des lignes de re-circulation d'eau de l'IRWST vers les pompes des systèmes RIS et EVU. Chacune de ces lignes contient uniquement un robinet d'isolement à fermeture commandée depuis la salle de commande, situé en dehors de l'enceinte, sans isolement automatique dans l'enceinte. La section de tuyauterie située entre le puisard et le robinet est contenue dans une enveloppe étanche (fourreau de protection) fournissant donc une barrière de traversée doublement étanche.

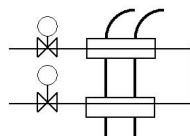


2.2.3.1.2. Lignes non directement reliées à l'atmosphère de l'enceinte, hors Circuit Secondaire Principal

Les lignes qui traversent l'enceinte et qui ne sont reliées ni au circuit primaire, ni à l'atmosphère et ne faisant pas partie du circuit secondaire :

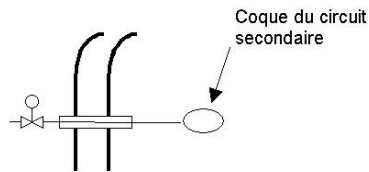
- Conservent au moins leur intégrité après des évènements requérant l'isolement de l'enceinte
- Ont un classement fonctionnel F1A et un classement sismique SC1 (voir sous-chapitre 3.2).

Ces lignes sont équipées d'un organe d'isolement à l'extérieur de chaque traversée, fournissant ainsi une double barrière au niveau de la traversée (système fermé à l'intérieur et robinet d'isolement à l'extérieur).



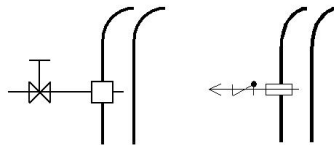
2.2.3.1.3. Lignes faisant partie du Circuit Secondaire

Tant que les tubes GV sont intègres, les traversées de ligne vapeur et d'eau alimentaire n'ont pas de fonction de confinement, rôle alors assuré par les limites du circuit primaire (Voir section 6.2.1).



2.2.3.2. Ligne traversant uniquement la paroi externe de l'enceinte et ouverte vers l'atmosphère de l'espace entre enceintes

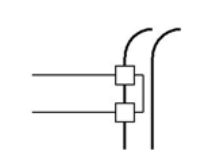
Ces lignes sont équipées d'un robinet d'isolement ou d'un clapet anti-retour à l'extérieur de l'enceinte.



Nota : La configuration avec clapet anti-retour est satisfaisante dans la mesure où l'espace entre enceintes est en dépression.

2.2.3.3. Ligne traversant uniquement la paroi externe de l'enceinte et fermée sur l'espace entre enceintes

Il n'y a pas d'organe d'isolement pour ces lignes.



La partie de tuyauterie dans l'espace entre enceintes requiert le même classement que les autres traversées.

2.3. AUTRES HYPOTHÈSES

Agencement

Les tuyauteries des traversées sont courtes, avec les organes d'isolement placés le plus près possible de l'enceinte. Les supports de tuyauteries pour les traversées sont conçus pour absorber les efforts apportés par une défaillance de la ligne en dehors des traversées, sans créer d'importantes contraintes sur la traversée elle-même.

Effet de la température

En cas de surpression excessive à cause de la dilatation du fluide entre deux organes d'isolement, des dispositions de dimensionnement visant à limiter cette surpression sont mises en oeuvre (protection contre l'effet chaudière). Ces dispositions de dimensionnement consistent à dépressuriser l'espace situé entre les deux organes d'isolement et équilibrer les pressions amont/aval. L'équilibrage se fait par une ligne de by-pass munie d'un clapet.

3. DESCRIPTION — FONCTIONNEMENT

3.1. DESCRIPTION

Une liste des traversées de l'enceinte du bâtiment réacteur est fournie à la section 3.5.2.

La description matérielle des traversées fluides, des traversées électriques, du tampon matériel, des sas personnel et de secours et du tube de transfert, ainsi que les dispositions prises pour garantir l'étanchéité de ces traversées, sont détaillées dans la section 3.5.2 « Traversées de l'enceinte ».

Un plan indiquant l'emplacement des traversées d'enceinte dans le bâtiment réacteur est également fourni au sous-chapitre 3.5.

3.2. FONCTIONNEMENT

3.2.1. Fonctionnement en régime normal de la tranche

Sans objet.

3.2.2. Fonctionnement en régime permanent

Les robinets qui isolent l'enceinte se ferment lorsqu'un signal d'isolement de l'enceinte est reçu (IE1, IE2, IAG ou IHAP), excepté pour certains robinets des systèmes de sûreté nécessaires pour la gestion post-accidentelle, qui ne reçoivent pas de signaux de fermeture automatique..

Les robinets d'isolement peuvent être réouverts uniquement après une fermeture complète et un acquittement du signal d'isolement.

Les robinets d'isolement automatique de l'enceinte doivent pouvoir être commandés par des opérateurs depuis la salle de commande.

Ce sont des robinets motorisés secourus par des alimentations électriques de secours ou des robinets conçus pour prendre leur position de sûreté en cas de défaillance de l'alimentation (en général, la position de sûreté est fermée, sauf pour les systèmes de sûreté nécessaires à la gestion post-accidentelle).

Les informations sur la position de ces robinets et la disponibilité de leur alimentation sont fournies en salle de commande.

3.2.3. Fonctionnement en régime transitoire

Sans objet.

3.2.4. Autres régimes de fonctionnement

Sans objet.

4. ANALYSE DE SURETÉ

4.1. CONFORMITÉ À LA RÉGLEMENTATION

La fonction "isolement de l'enceinte" est conforme à la réglementation générale en vigueur (voir la section 1.7.0) et ne fait pas l'objet de dérogation.

4.2. RESPECT DES CRITÈRES FONCTIONNELS

4.2.1. Contrôle de la réactivité

Sans objet.

4.2.2. Evacuation de la puissance résiduelle

Sans objet.

4.2.3. Confinement des substances radioactives

Les études de transitoires incidentels/accidentels des sous-chapitres 15.3, 19.1 et 19.2 faisant intervenir la fonction de limitation des conséquences radiologiques de l'isolement enceinte correspondant aux critères énoncés au paragraphe 0.2.3 sont réalisées en considérant les hypothèses de dimensionnement énoncées au paragraphe 2.2 (cf. chapitre 15.3 et sections 19.1.4 et 19.2.3) :

- La fermeture des organes d'isolement enceinte,
- L'étanchéité des organes d'isolement enceinte,
- Les principes d'isolement des organes.

4.2.4. Contributions indirectes à l'accomplissement des fonctions de sûreté

Sans objet.

4.2.5. Contributions à l'élimination pratique

Pour chaque transitoire concerné, les études de la section 19.2.4 montrent que le dimensionnement des équipements participant à l'isolement enceinte est tel qu'il permet d'éliminer pratiquement les situations concernées. Les éléments suivants permettent d'assurer le respect des critères fonctionnels énoncés au paragraphe 0.2 :

- Le compte-rendu de fermeture des vannes motorisées présentes sur la décharge RCV permet de s'assurer que la décharge est isolée automatiquement en cas d'IS ;
- La fermeture d'une partie des clapets RIS participant à l'isolement passif des lignes d'injection ISBP et ISMP est vérifiée en EP. La fermeture de l'autre partie des clapets est vérifiée au travers de la fonction de surveillance du niveau des accumulateurs RIS [] qui pressurisent les lignes.

4.3. CONFORMITÉ AUX EXIGENCES DE CONCEPTION

4.3.1. Exigences issues du classement de sûreté

4.3.1.1. Classement de sûreté

Le classement des équipements des systèmes jouant un rôle vis-à-vis de la fonction « isolement enceinte » est présenté dans la section 3.2.2.

4.3.1.2. Critère de défaillance unique (active et passive)

Le dispositif d'isolement des traversées fluides de l'enceinte, constitué d'un organe d'isolement à l'intérieur du BR et d'un organe d'isolement à l'extérieur dans un bâtiment périphérique, est redondant.

La défaillance unique est postulée pour l'ensemble des traversées si la défaillance unique passive n'est pas prise en compte dans les zones de traversées de l'enceinte lorsque la fonction d'isolement est sollicitée (Voir sous-chapitre 15.0).

La conception des dispositifs d'isolement des systèmes est conforme à l'exigence de robustesse au critère de défaillance unique énoncée au paragraphe 0.3.

4.3.1.3. Alimentation électrique de secours

La conception des dispositifs d'isolement des systèmes participant à la fonction « isolement enceinte » est conforme à l'exigence de secours électrique énoncée au paragraphe 0.3, notamment sur les points suivants :

- Les robinets motorisés intérieurs à l'enceinte sont secourus par des batteries [] et les diesels principaux.
- Les robinets motorisés extérieurs à l'enceinte sont secourus par les diesels principaux.
- Les robinets à commande pneumatique se ferment si l'alimentation électrique ou pneumatique est perdue.

En situation d'accident grave avec perte totale des alimentations électriques externes cumulée à la perte des 6 diesels, pour assurer l'isolement enceinte, les vannes d'isolement extérieures à l'enceinte sont alimentées par les batteries [].

4.3.1.4. Séparation physique/géographique

La conception des dispositifs d'isolement des systèmes participant à la fonction « isolement enceinte » est conforme à l'exigence de séparation physique/géographique.

Les deux organes d'isolement de chaque traversée enceinte des systèmes participant à l'isolement, sont séparés physiquement du fait de leur installation, un à l'intérieur du bâtiment réacteur, l'autre à l'extérieur dans un bâtiment périphérique.

4.3.1.5. Qualification aux conditions accidentelles

Les équipements des systèmes participant à la fonction isolement de l'enceinte relevant d'une qualification aux conditions accidentelles sont présentés dans la section 3.7.1.1.2.

4.3.1.6. Classement ESPN, mécanique, électrique, contrôle-commande et sismique

La conformité des classements ESPN, mécanique, électrique, contrôle-commande et sismique des équipements des systèmes jouant un rôle vis-à-vis de la fonction "isolement de l'enceinte" aux exigences énoncées au paragraphe 0.3 est détaillée dans la section 3.2.2.

4.3.2. Exigences réglementaires

4.3.2.1. Textes réglementaires

4.3.2.1.1. Textes officiels

La conformité aux textes réglementaires est portée de manière générale par la section 1.7.1 du Rapport de Sûreté.

La conformité aux textes EPR spécifiques applicables à l'isolement enceinte, listés dans le paragraphe 0.3.2, est assurée par :

- La description des organes d'isolement participant à l'isolement de l'enceinte de confinement est présentée au paragraphe 2.2 ainsi que dans les chapitres RDS des systèmes concernés (III-3.3.e),
- Les tests permettant de s'assurer de la fiabilité des moyens d'isolement avant le premier chargement du combustible et tout au long de l'exploitation sont présentés au paragraphe 4.4 (III-3.3.h).

4.3.2.1.2. Prescriptions techniques

La conformité des organes d'isolement aux décisions n° 2012-DC-0283 du 26 juin 2012 et n° 2014-DC-0403 du 21 janvier 2014 est démontrée dans le chapitre 21.

4.3.2.1.3. Réglementation internationale

Sans objet.

4.3.2.2. Textes para-réglementaires

La conformité aux textes para-réglementaires est portée de manière générale par la section 1.7.1 du Rapport de Sûreté.

4.3.2.2.1. Règles fondamentales de sûreté

Sans objet.

4.3.2.2.2. Directives techniques

La conformité aux directives techniques spécifiquement applicables à la fonction « isolement enceinte », listées dans le paragraphe 0.3.2, est présentée aux sections 6.2.1 et 6.2.5 (B.2.1.b), aux paragraphes 1.2, 2,4.3 et 4.4 (A.1.3.a et B.1.4.2.b).

- Les dispositions de conception et d'exploitation permettant d'assurer un isolement fiable de l'enceinte sont présentées aux paragraphes 2 et 4.3 (A.1.3.a),
- L'utilisation de moyens d'isolement diversifiés et les possibilités de défaillance de ces moyens sont présentées au paragraphe 1.2 (B.1.4.2.b),
- Les équipements de suivi associé à l'isolement sont présentés au paragraphe 4.4.2 (B.1.4.2.b),
- L'utilisation de tuyauteries conçues pour résister à la pression primaire est présentée au paragraphe 1.2 (B.1.4.2.b),
- La conception des tuyauteries équipées seulement de vannes □ est présentée au paragraphe 1.2 (B.1.4.2.b),
- Le classement des barrières est présentée dans la section 6.2.1 (B.2.1.b),
- Les exigences associées aux vannes d'isolement enceinte sont présentées dans le paragraphe 0. Leur respect est détaillé au paragraphe 4.4 (B.2.1.b),
- Les exigences associées aux traversées du système de collecte des fuites et au tube transfert sont présentées dans la section 6.2.5 (B.2.1.b).

4.3.2.3. Textes EPR spécifiques

Sans objet.

4.3.3. Agressions

4.3.3.1. Agressions internes

La démonstration de la robustesse de l'installation aux agressions internes relève du sous-chapitre 3.4.

4.3.3.2. Agressions externes

La démonstration de la robustesse de l'installation aux agressions internes relève du sous-chapitre 3.3.

4.3.4. Diversification

Sans objet.

4.3.5. Radioprotection

De façon générale, les dispositions de conception de l'installation prises pour limiter l'exposition du personnel au rayonnement et à la contamination dus aux produits de fission et de corrosion activés relèvent du chapitre 12.

4.3.6. Fonctionnement, maintenance et accessibilité long terme

Les équipements des systèmes nécessaires au maintien de la centrale en état sûr dans la gestion long terme après un accident sont accessibles aux opérateurs pour la maintenance et la réparation des matériels à long terme.

4.3.7. Fonction telle que réalisée

A ce stade de la fabrication, de l'installation et du déroulement des essais, aucun écart n'impacte les requis de sûreté spécifiés dans le Rapport de Sûreté.

4.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE

4.4.1. Essais de démarrage

Les systèmes participant à la fonction d'isolement de l'enceinte font l'objet d'un programme d'essais de démarrage conformément aux modalités présentées au chapitre 14, permettant notamment de vérifier le respect des critères suivants :

- La fermeture des organes d'isolement enceinte (Voir paragraphe 4.4.1 des chapitres RDS des systèmes concernés),
- La démonstration de l'étanchéité de l'enceinte (Voir la section 6.2.5 du RDS).

4.4.2. Surveillance en exploitation

La disponibilité de la fonction « isolement enceinte » est surveillée en exploitation normale par des dispositifs de surveillance en continu.

4.4.3. Essais périodiques

Les parties classées des systèmes participant à la fonction « isolement enceinte » font l'objet d'essais périodiques conformément au chapitre IX des Règles Générales d'Exploitation, permettant notamment de vérifier le respect des critères suivants :

- La fermeture des organes d'isolement enceinte (Voir paragraphe 4.4.3 des chapitres RDS des systèmes concernés),
- La démonstration de l'étanchéité de l'enceinte (Voir la section 6.2.5 du RDS).

4.4.4. Maintenance

Les organes d'isolement des systèmes participant à la fonction « isolement enceinte » font l'objet d'un programme de maintenance au chapitre III des Règles Générales d'Exploitation.

5. SCHÉMA DE PRINCIPE

Sans objet.

SOMMAIRE

.6.2.4	CONTRÔLE DES GAZ COMBUSTIBLES (ETY)	5
0.	EXIGENCES DE SÛRETÉ	5
0.1.	FONCTIONS DE SÛRETÉ	5
0.1.1.	CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	5
0.1.2.	ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	5
0.1.3.	CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	5
0.1.4.	CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ	5
0.1.5.	CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES À LA PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS	5
0.1.6.	CONTRIBUTIONS À L'ÉLIMINATION PRATIQUE	5
0.2.	CRITÈRES FONCTIONNELS	5
0.2.1.	CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	5
0.2.2.	ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	5
0.2.3.	CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	5
0.2.4.	CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ	6
0.2.5.	CONTRIBUTIONS À L'ÉLIMINATION PRATIQUE	6
0.3.	EXIGENCES RELATIVES À LA CONCEPTION	6
0.3.1.	EXIGENCES ISSUES DU CLASSEMENT DE SÛRETÉ	6
0.3.2.	EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES	7
0.3.3.	AGRESSIONS	8
0.3.4.	DIVERSIFICATION	8
0.3.5.	RADIOPROTECTION	8
0.3.6.	EXIGENCES LIÉES AU FONCTIONNEMENT, À LA MAINTENANCE ET À L'ACCESSIBILITÉ LONG TERME	8
0.4.	ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE	8
0.4.1.	ESSAIS DE DÉMARRAGE	8
0.4.2.	SURVEILLANCE EN EXPLOITATION	8
0.4.3.	ESSAIS PÉRIODIQUES	8
0.4.4.	MAINTENANCE	9
1.	RÔLE DU SYSTÈME	9

1.1. RÔLE DU SYSTÈME PENDANT L'EXPLOITATION NORMALE DE LA TRANCHE	9
1.2. RÔLE DU SYSTÈME DANS LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT PCC-2 À PCC-4, RRC-A, EN ACCIDENT GRAVE ET SITUATIONS D'AGRESSIONS	9
2. BASES DE CONCEPTION	9
2.1. HYPOTHÈSES GÉNÉRALES DE FONCTIONNEMENT	9
2.2. HYPOTHÈSES DE DIMENSIONNEMENT	9
2.2.1. CONTÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	9
2.2.2. ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	9
2.2.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	10
2.3. AUTRES HYPOTHÈSES	10
3. DESCRIPTION - FONCTIONNEMENT	11
3.1. DESCRIPTION	11
3.1.1. DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SYSTÈME	11
3.1.2. DESCRIPTION DES MATÉRIELS PRINCIPAUX	11
3.1.3. DESCRIPTION DES DISPOSITIONS D'INSTALLATIONS PRINCIPALES	12
3.2. FONCTIONNEMENT	12
3.2.1. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME NORMAL DE LA TRANCHE	12
3.2.2. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME PERMANENT DU SYSTÈME	12
3.2.3. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME TRANSITOIRE	13
3.2.4. AUTRES RÉGIMES DE FONCTIONNEMENT DU SYSTÈME	13
4. ANALYSE DE SURETÉ	13
4.1. CONFORMITÉ À LA RÉGLEMENTATION	13
4.2. RESPECT DES CRITÈRES FONCTIONNELS	13
4.2.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	13
4.2.2. ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	13
4.2.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	13
4.2.4. CONTRIBUTIONS INDIRECTES À L'ACCOMPLISSEMENT DES FONCTIONS DE SÛRETÉ	13
4.2.5. CONTRIBUTIONS À L'ÉLIMINATION PRATIQUE	13
4.3. CONFORMITÉ AUX EXIGENCES DE CONCEPTION	14
4.3.1. EXIGENCES ISSUES DU CLASSEMENT DE SÛRETÉ	14

4.3.2. EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES	15
4.3.3. AGRESSIONS	15
4.3.4. DIVERSIFICATION	16
4.3.5. RADIOPROTECTION	16
4.3.6. FONCTIONNEMENT, MAINTENANCE ET ACCESSIBILITÉ LONG TERME	16
4.3.7. SYSTÈME TEL QUE RÉALISÉ	16
4.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE	16
4.4.1. ESSAIS DE DÉMARRAGE	16
4.4.2. SURVEILLANCE EN EXPLOITATION	16
4.4.3. ESSAIS PÉRIODIQUES	16
4.4.4. MAINTENANCE	16
5. SCHÉMA DE PRINCIPE	17



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 6

SECTION 2.4

PAGE 4/18

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

FIGURES :

FIG-6.2.4.1 SCHÉMA DE PRINCIPE DU SYSTÈME ETY 18

6.2.4 CONTRÔLE DES GAZ COMBUSTIBLES (ETY)

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

0.1. FONCTIONS DE SÛRETÉ

0.1.1. Contrôle de la réactivité

Le système de contrôle des gaz combustibles (ETY) ne contribue pas directement au contrôle de la réactivité.

0.1.2. Évacuation de la puissance résiduelle

Le système de contrôle des gaz combustibles (ETY) ne contribue pas directement à l'évacuation de la puissance résiduelle.

0.1.3. Confinement des substances radioactives

Le système ETY doit permettre d'assurer le confinement des substances radioactives :

- en effectuant la recombinaison catalytique de l'hydrogène produit lors d'un accident grave ou en cas d'APRP long terme (PCC-4) ;
- en homogénéisant l'atmosphère de l'enceinte lors d'un accident grave ;
- en limitant les charges sur les structures internes de l'enceinte en cas d'APRP ou RTV (PCC-3/ PCC-4).

0.1.4. Contributions indirectes aux fonctions de sûreté

Sans objet.

0.1.5. Contributions spécifiques à la protection contre les agressions

Le système ne contribue pas spécifiquement à la protection contre les agressions.

0.1.6. Contributions à l'élimination pratique

Le système ETY contribue à l'élimination pratique via la prévention de la détonation d'hydrogène. En cas d'APRP long terme (PCC-4), le contrôle et la gestion de l'hydrogène produit reposent sur le système ETY via la recombinaison de l'hydrogène. Lors d'un accident grave, le contrôle et la gestion de l'hydrogène produit reposent sur le système ETY via la recombinaison de l'hydrogène et l'homogénéisation de l'atmosphère de l'enceinte.

0.2. CRITÈRES FONCTIONNELS

0.2.1. Contrôle de la réactivité

Sans objet.

0.2.2. Évacuation de la puissance résiduelle

Sans objet.

0.2.3. Confinement des substances radioactives

Afin de permettre d'assurer le confinement des substances radioactives, le système ETY doit :

- assurer la recombinaison catalytique de l'hydrogène afin de limiter la quantité d'hydrogène totale présente dans le bâtiment réacteur et ramener en [] heures la fraction molaire en hydrogène globale en-dessous de la limite d'inflammabilité lors d'un accident grave ou en cas d'APRP long terme (PCC-4) ;
- assurer l'homogénéisation de l'atmosphère de l'enceinte afin d'éviter une concentration d'hydrogène supérieure à une valeur définie en tout point du bâtiment réacteur susceptible de compromettre l'intégrité de l'enceinte lors d'un accident grave ;
- assurer la limitation des charges sur les structures internes de l'enceinte afin de garantir la tenue mécanique de celles-ci en cas d'APRP ou RTV (PCC-3/PCC-4).

0.2.4. Contributions indirectes aux fonctions de sûreté

Sans objet.

0.2.5. Contributions à l'élimination pratique

Au titre de sa contribution spécifique à l'élimination pratique vis-à-vis de la détonation d'hydrogène susceptible de mettre en danger la tenue du confinement, le système ETY doit satisfaire les critères fonctionnels suivants :

- assurer la recombinaison catalytique de l'hydrogène afin de limiter la quantité d'hydrogène totale présente dans le bâtiment réacteur et ramener en [] heures la fraction molaire en hydrogène globale en-dessous de la limite d'inflammabilité ;
- assurer l'homogénéisation de l'atmosphère de l'enceinte afin d'éviter une concentration d'hydrogène susceptible de compromettre l'intégrité de l'enceinte.

0.3. EXIGENCES RELATIVES À LA CONCEPTION

0.3.1. Exigences issues du classement de sûreté

0.3.1.1. Classement de sûreté

Les parties du système ETY jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté doivent faire l'objet d'un classement de sûreté conformément aux règles de classement indiquées à la section 3.2.1.

0.3.1.2. Critère de Défaillance Unique (active et passive)

Les fonctions du système ETY classées F1 doivent être robustes à l'application du critère de défaillance unique.

0.3.1.3. Alimentation électrique de secours

L'alimentation des composants du système ETY nécessaire à l'accomplissement des fonctions classées F2 doit être secourue au cas par cas afin que cette dernière soit assurée si nécessaire en cas de perte des alimentations électriques extérieures.

0.3.1.4. Séparation physique / géographique

Les fonctions classées F1 du système ETY doivent être conçues conformément à l'exigence de séparation physique/géographique de leurs équipements redondants constitutifs.

0.3.1.5. Qualification aux conditions Accidentelles

Les équipements classés du système ETY doivent être qualifiés en fonction des conditions de fonctionnement dans lesquelles ils sont sollicités au titre de leur contribution à l'accomplissement des fonctions de sûreté, conformément aux règles du sous-chapitre 3.7.

0.3.1.6. Classement ESPN, mécanique, électrique, Contrôle-Commande et sismique

Les équipements du système ETY redevables d'un classement mécanique, électrique, contrôle-commande et sismique doivent être classés conformément aux règles de classement présentées dans la section 3.2.1.

Le système ETY n'est pas concerné par le classement ESPN.

0.3.2. Exigences réglementaires

0.3.2.1. Textes réglementaires

0.3.2.1.1. Textes officiels

Le système ETY n'est pas concerné par un texte officiel spécifique.

0.3.2.1.2. Prescriptions techniques

Le système ETY est concerné spécifiquement par la prescription technique INB167-20 de la décision ASN n°2008-DC-0114 : « Compte tenu du volume de l'enceinte de confinement, le nombre et la disposition de recombineurs d'hydrogène dans le bâtiment réacteur sont définis de façon à empêcher la possibilité d'une détonation globale d'hydrogène ».

Le système ETY appartient au noyau dur Fukushima (cf. chapitre 21). A ce titre, il doit respecter la décision n°2012-DC-0283 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 26 juin 2012 et la décision n°2014-DC-0403 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 21 janvier 2014 (voir sous chapitre 1.7.0)

0.3.2.1.3. Réglementations internationales

Le système ETY n'est pas concerné par une réglementation internationale spécifique.

0.3.2.2. textes para-réglementaires

0.3.2.2.1. Règles fondamentales de sûreté

Le système ETY n'est pas concerné par une Règle Fondamentale de Sûreté spécifique.

0.3.2.2.2. Directives techniques

Le système ETY est concerné par les sections suivantes des Directives Techniques (voir paragraphe 3.1 de la section 1.7.0) :

- A1.3 :
 - La limitation des concentrations de gaz combustibles par la conception des structures internes et l'utilisation de recombineurs catalytiques doivent notamment être considérées ;
 - Les détonations globales d'hydrogène [...] mettant en danger l'intégrité de l'enceinte de confinement doivent être "pratiquement éliminées" ;
- B1.4.1 : Il peut être supposé que cette quantité d'hydrogène n'est pas produite et relâchée instantanément dans l'enceinte de confinement, mais selon une fonction du temps dépendant des séquences représentatives des accidents graves ; des recombineurs catalytiques peuvent être utilisés pour réduire de manière substantielle la quantité d'hydrogène dans l'enceinte de confinement et les concentrations d'hydrogène en fonction du temps. Ainsi, la quantité d'hydrogène à considérer pour la conception de la paroi interne de l'enceinte de confinement dépend notamment de paramètres tels que les caractéristiques du coeur, les relâchement d'hydrogène dans l'enceinte en fonction du temps, l'efficacité des recombineurs catalytiques ;
- E2.2.4 : Les possibilités de concentrations locales élevées d'hydrogène doivent être empêchées autant que raisonnablement possible par la conception des structures internes de l'enceinte de confinement. Quand il n'est pas possible de démontrer que la concentration locale d'hydrogène reste en dessous de 10%, des critères spécifiques pourraient être utilisés, pour autant qu'ils soient complètement justifiés et validés, pour démontrer l'absence de transitions déflagration-détonation et de déflagrations rapides ; dans le cas contraire, des dispositions adéquates doivent

être mises en place telles que des parois renforcées des compartiments correspondants et de l'enceinte de confinement ;

- E2.4 : Pour la paroi interne de l'enceinte de confinement, il doit aussi être démontré qu'en tenant compte des moyens de limitation des conséquences, et quel que soit le scénario choisi, le chargement de pression résultant d'une combustion d'hydrogène complète, adiabatique et isochoire ne dépasse la pression de dimensionnement de l'enceinte de confinement à aucun moment.

0.3.2.3. Textes EPR spécifiques

Le système ETY n'est pas concerné par un texte spécifique EPR.

0.3.3. Agressions

0.3.3.1. Agressions internes

Les fonctions du système ETY doivent être protégées vis-à-vis des conséquences des agressions internes si leur perte remet en cause l'atteinte des objectifs de sûreté du sous-chapitre 3.4.

0.3.3.2. Agressions externes

Les fonctions du système ETY doivent être protégées vis-à-vis des conséquences des agressions externes si leur perte remet en cause l'atteinte des objectifs de sûreté du sous-chapitre 3.3.

0.3.4. Diversification

Le système ne fait pas l'objet d'une exigence de diversification.

0.3.5. Radioprotection

Le système ETY doit être conçu pour limiter l'exposition du personnel au rayonnement et à la contamination dus aux produits de fission et aux produits de corrosion activés contenus dans le circuit primaire.

0.3.6. Exigences liées au fonctionnement, à la maintenance et à l'accessibilité long terme

Le système ETY n'est pas concerné par une exigence liée au fonctionnement, à la maintenance et à l'accessibilité long terme dans la gestion long terme après l'accident.

0.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE

0.4.1. Essais de démarrage

Le système ETY doit être conçu pour permettre la réalisation d'essais de démarrage permettant de s'assurer de sa conception adéquate et de ses performances, et notamment du respect des critères fonctionnels qui lui sont assignés au paragraphe 0.2.

0.4.2. Surveillance en exploitation

Le système ETY doit être conçu pour permettre une surveillance en exploitation normale des caractéristiques du système nécessaires à l'accomplissement de ses missions de sûreté afin d'assurer le bon comportement de ses composants et leur disponibilité.

0.4.3. Essais périodiques

Les parties classées du système ETY doivent être conçues pour permettre la réalisation d'essais périodiques conformément aux règles définies dans le chapitre IX des Règles Générales d'Exploitation.

0.4.4. Maintenance

Le système ETY doit être conçu pour permettre la mise en oeuvre d'un programme de maintenance conformément au chapitre VIII des RGE.

1. RÔLE DU SYSTÈME

Le système ETY assure les fonctions opérationnelles suivantes dans les différentes conditions de fonctionnement de l'installation dans lesquelles il est sollicité :

1.1. RÔLE DU SYSTÈME PENDANT L'EXPLOITATION NORMALE DE LA TRANCHE

En fonctionnement normal, le système ETY doit contribuer à la limitation de la propagation de la contamination du compartiment équipements vers l'espace de service et contribuer à la séparation en « 2 zones » du BR.

1.2. RÔLE DU SYSTÈME DANS LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT PCC-2 À PCC-4, RRC-A, EN ACCIDENT GRAVE ET SITUATIONS D'AGRESSIONS

En accident grave et en situation de gestion à long terme d'un APRP (PCC-4), le système ETY assure la réduction de l'hydrogène pour limiter sa concentration globale et éviter son accumulation dans les casemates.

En accident grave, le système ETY favorise l'homogénéisation de l'hydrogène par convection dans l'atmosphère de l'enceinte.

En situation d'APRP ou de RTV (PCC-3/PCC-4), le système ETY permet de limiter les charges sur les structures internes de l'enceinte par ouverture quasi-immédiate de dispositifs permettant de rompre la séparation en « 2 zones » du bâtiment réacteur.

2. BASES DE CONCEPTION

2.1. HYPOTHÈSES GÉNÉRALES DE FONCTIONNEMENT

Dans le cadre de ses missions de sûreté, la conception du système ETY intègre les hypothèses générales de fonctionnement suivantes :

- recombinaison de l'hydrogène en situation d'accident grave et d'APRP long terme (par des Recombineurs Autocatalytiques Passifs d'hydrogène) ;
- homogénéisation de l'atmosphère de l'enceinte en situation d'accident grave par rupture du dispositif de séparation en « 2 zones » (ouverture des volets de mélange d'hydrogène et ouverture des disques de rupture et de convection) ;
- égalisation de la pression dans le BR en situation d'APRP ou de RTV (PCC-3/PCC-4) pour limiter les charges sur les structures internes de l'enceinte (ouverture des disques de rupture et de convection).

2.2. HYPOTHÈSES DE DIMENSIONNEMENT

2.2.1. Contrôle de la réactivité

Sans objet.

2.2.2. Evacuation de la puissance résiduelle

Sans objet.

2.2.3. Confinement des substances radioactives

Afin de permettre d'assurer le confinement des substances radioactives, le système ETY :

- Assure la recombinaison de l'hydrogène dans le BR :

La concentration moyenne en hydrogène est ramenée en [] heures dans le BR, de manière passive, en dessous de la limite d'inflamabilité qui est de []% en volume dans les conditions d'accident grave ou en cas d'APRP long terme (PCC-4). De plus, la pression AICC (Adiabatic Isochoric Complete Combustion pressure) reste inférieure à la pression de dimensionnement de l'enceinte pour les scénarios accidentels représentatifs. La concentration moyenne d'hydrogène est réduite grâce à des Recombineurs Autocatalytiques Passifs (RAP). []

[]

- Assure l'homogénéisation de l'atmosphère de l'enceinte :

L'hydrogène est dilué, par rupture de la séparation entre l'espace de service et l'espace équipement (« 2 zones »), dans le BR afin d'éviter une concentration supérieure à []% en volume susceptible de compromettre l'intégrité de l'enceinte en cas d'accident grave. Cette séparation s'effectue par :

- l'ouverture des volets de mélange d'hydrogène [] ;
- l'éclatement des disques de rupture [] ;
- l'éclatement des disques de convection [] .

- Assure la limitation des charges sur les structures internes de l'enceinte :

Une pression identique est obtenue entre la zone équipement et la zone de service afin d'éviter le pic de pression causé par une RTV ou en cas d'APRP (PCC-3/PCC-4) par l'ouverture quasi immédiate des dispositifs permettant de rompre la séparation en deux zones de l'enceinte. Cette rupture est effectuée grâce à :

- l'éclatement des disques de rupture [] ;
- l'éclatement des disques de convection [] .

2.3. AUTRES HYPOTHÈSES

Principes et règles de dimensionnement des recombineurs

Le dimensionnement des recombineurs et leur répartition dans l'enceinte sont définis avec l'objectif de limiter et de réduire les concentrations globales et locales d'hydrogène.

Ainsi les recombineurs sont installés en prenant en compte :

- les zones de dégagement d'hydrogène ;
- l'amélioration de l'homogénéisation gazeuse dans l'atmosphère de l'enceinte ;
- l'installation de sorte à favoriser la convection globale ;
- la réduction efficace de l'hydrogène tout en évitant les pics élevés de concentration.

Les recombineurs sont conçus pour fonctionner dans les conditions de pression, température, humidité, et ambiance radioactive correspondant aux conditions en accident grave. []

[]

3. DESCRIPTION - FONCTIONNEMENT

3.1. DESCRIPTION

3.1.1. Description générale du système

Le schéma de principe du système ETY est donné en figure [FIG-6.2.4.1](#).

Le système de contrôle des gaz combustibles (ETY) est composé de dispositifs de recombinaison d'hydrogène, d'un dispositif d'homogénéisation de l'atmosphère de l'enceinte et d'un dispositif de limitation des charges sur la structure interne de l'enceinte.

Le dispositif de recombinaison d'hydrogène est composé des éléments suivants :

- recombineurs autocatalytiques passifs d'hydrogène de petite taille ;
- recombineurs autocatalytiques passifs d'hydrogène de grande taille .

Le dispositif d'homogénéisation de l'atmosphère de l'enceinte (aussi appelé "système CONVECT") est composé des éléments suivants :

- volets de mélange d'hydrogène ;
- disques de rupture passifs ;
- disques de convection passifs .

Le dispositif de limitation des charges sur la structure interne de l'enceinte est composé des éléments suivants :

- disques de rupture passifs (communs au dispositif d'homogénéisation d'hydrogène) ;
- disques de convection passifs (communs au dispositif d'homogénéisation d'hydrogène).

3.1.2. Description des matériels principaux

Le système ETY est constitué des matériels principaux suivants :

3.1.2.1. Recombineurs

Les recombineurs de type sont conçus pour :

Les recombineurs de type sont conçus pour :

3.1.2.2. Volets de mélange d'hydrogène

Les volets de mélange d'hydrogène sont conçus pour :

3.1.2.3. Disques de rupture

Les disques de rupture sont conçus pour :

3.1.2.4. Disques de convection

Les disques de convection sont conçus pour :

□

3.1.3. Description des dispositions d'installations principales

Les recombineurs sont installés de manière à ce qu'un accès aisé soit possible pour faciliter leur maintenance. Ils sont positionnés avec une distance suffisante au dessus du sol pour assurer un tirage d'air suffisant. Ils sont également positionnés à une distance suffisante des matériels ayant une fonction de sûreté (en particulier les matériels électriques et tout spécialement les câbles) de façon à éviter l'endommagement de ces derniers par le panache de gaz chauds sortant du recombineur.

Les recombineurs sont principalement disposés à l'intérieur des locaux □ pour favoriser la convection globale et ainsi homogénéiser l'atmosphère et réduire les pics de concentrations locales d'hydrogène.

□.

3.2. FONCTIONNEMENT

3.2.1. Fonctionnement en régime normal de la tranche

En régime normal, lorsque la tranche est en fonctionnement normal, le système ETY n'est pas sollicité et ne fonctionne donc pas. Les volets de mélange d'hydrogène ainsi que les disques de rupture et de convection restent fermés et les recombineurs d'hydrogène ne fonctionnent pas.

3.2.2. Fonctionnement en régime permanent du système

En cas d'accident, la séparation entre la zone d'équipements et la zone de service du BR peut être supprimée rapidement sur critère d'ouverture (pression et température) après le début de l'accident, avant même une évolution vers un accident grave, pour ne former qu'un seul volume.

3.2.2.1. Accident grave

En situation d'accident grave, dès que la pression absolue de l'enceinte dépasse une valeur définie (□) ou si la pression différentielle entre le compartiment équipement et l'espace de service dépasse une valeur définie (□), les volets de mélange d'hydrogène sont ouverts pour homogénéiser l'atmosphère de l'enceinte. Les disques de rupture et de convection s'ouvrent si la pression différentielle entre l'espace de service et l'espace équipement dépasse une valeur définie (□). Les disques de convection s'ouvrent aussi si la température dépasse une valeur définie (□). Une fois que les disques de rupture et de convection et/ou les volets de mélange d'hydrogène ont été ouverts, ils restent ouverts. Les recombineurs fonctionnent en continu si le taux d'hydrogène et la température dépassent des valeurs définies (□).

3.2.2.2. APRP long terme (PCC-4)

En cas d'APRP long terme (PCC-4), les disques de rupture et de convection s'ouvrent si la pression différentielle entre l'espace de service et l'espace équipement dépasse une valeur définie (□). Les disques de convection s'ouvrent aussi si la température dépasse une valeur définie (□). Les volets de mélange d'hydrogène sont ouverts du fait de la conception du système (ouverture sur une pression différentielle inférieure à celle des disques de rupture et de convection). Une fois que les disques de rupture et de convection et/ou les volets de mélange d'hydrogène ont été ouverts, ils restent ouverts. Les recombineurs fonctionnent en continu si le taux d'hydrogène et la température dépassent des valeurs définies (□).

3.2.2.3. APRP ou RTV (PCC-3/PCC-4)

En cas d'APRP ou de RTV (PCC-3/PCC4), afin de limiter les charges sur les structures internes de l'enceinte, les disques de rupture et de convection s'ouvrent si la pression différentielle entre l'espace de service et l'espace équipement dépasse une valeur définie (□). Les disques de convection

s'ouvrent aussisi la température dépasse une valeur définie (□). Les volets de mélange d'hydrogène sont ouverts du fait de la conception du système (ouverture sur une pression différentielle inférieure à celle des disques de rupture et de convection). Une fois que les disques de rupture et de convection et/ou les volets de mélange d'hydrogène ont été ouverts, ils restent ouverts. Les recombineurs fonctionnent en continu si le taux d'hydrogène et la température dépassent des valeurs définies (□).

3.2.3. Fonctionnement en régime transitoire

Sans objet.

3.2.4. Autres régimes de fonctionnement du système

Sans objet.

4. ANALYSE DE SURETÉ

4.1. CONFORMITÉ À LA RÉGLEMENTATION

Le système est conforme à la réglementation générale en vigueur (voir le sous-chapitre 1.7) et ne fait pas l'objet de dérogations particulières.

4.2. RESPECT DES CRITÈRES FONCTIONNELS

4.2.1. Contrôle de la réactivité

Sans objet.

4.2.2. Évacuation de la puissance résiduelle

Sans objet.

4.2.3. Confinement des substances radioactives

Les études d'évaluation de la mitigation du risque hydrogène de la section 19.2.2.3 faisant intervenir les fonctions du système ETY correspondant aux critères fonctionnels énoncés au paragraphe 0.2.3 sont réalisées en considérant, pour les paramètres suivants, des valeurs cohérentes avec les hypothèses de dimensionnement énoncées au paragraphe 2.2 :

- taux de recombinaison d'hydrogène des recombineurs ;
- dilution suffisante de l'atmosphère de l'enceinte.

La conception et le fonctionnement du système ETY permettent, grâce à l'installation et au comportement des disques de rupture et de convection, d'assurer leur ouverture quasi immédiate et la rupture de la séparation entre la zone de service et l'espace équipement lorsque le différentiel de pression entre ces deux zones augmente jusqu'à la valeur requise définie au paragraphe 2.2.3.

4.2.4. Contributions indirectes à l'accomplissement des fonctions de sûreté

Sans objet.

4.2.5. Contributions à l'élimination pratique

Les études d'élimination pratique de la section 19.2.4 faisant intervenir des fonctions du système ETY sont réalisées en considérant, pour les paramètres suivants, des valeurs cohérentes avec les hypothèses de dimensionnement énoncées au paragraphe 2.2 :

- taux de recombinaison d'hydrogène des recombineurs ;
- dilution suffisante de l'atmosphère de l'enceinte.

Pour chaque transitoire concerné, ces études montrent que le dimensionnement de ces fonctions est tel qu'il permet d'éliminer pratiquement les situations concernées.

Ces éléments permettent d'assurer le respect des critères fonctionnels énoncés au paragraphe 0.2.

4.3. CONFORMITÉ AUX EXIGENCES DE CONCEPTION

4.3.1. Exigences issues du classement de sûreté

4.3.1.1. Classement de sûreté

Les classements des équipements du système ETY jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté sont présentés dans la section 3.2.2.

4.3.1.2. Critère de défaillance unique (active et passive)

La conception du système ETY est conforme à l'exigence de robustesse au critère de défaillance unique énoncée au paragraphe 0.3. Les dispositifs nécessaires à l'accomplissement de la fonction classée F1 sont redondants compte tenu du nombre et de la technologie des équipements. En effet, pour assurer leur fonction de limitation de charge sur les structures internes de l'enceinte, les disques de rupture et de convection sont nombreux et de technologie différente en haut des casemates GV.

Par ailleurs, bien que non redevable de l'application du Critère de Défaillance Unique, les fonctions de recombinaison catalytique de l'hydrogène et d'homogénéisation de l'atmosphère de l'enceinte du système ETY bénéficient d'une redondance au titre de la disponibilité et de la fiabilité qui se traduit par un nombre important de recombineurs d'hydrogène et de volets de mélange d'hydrogène.

4.3.1.3. Alimentation électrique de secours

Les disques de rupture et de convection nécessaires à l'accomplissement d'une fonction classée F1 sont passifs, ils ne nécessitent pas d'alimentation électrique.

La recombinaison de l'hydrogène effectuée par des plaques catalytiques ne requiert aucune énergie électrique.

Les volets de mélange d'hydrogène possèdent une position de sécurité ouverte en cas de MDTG.

4.3.1.4. Séparation physique / géographique

La conception du système ETY est conforme à l'exigence de séparation physique/géographique. Les disques de rupture et de convection nécessaires à l'accomplissement de la limitation des charges sur les structures internes de l'enceinte sont répartis géographiquement sur la totalité du plafond de la séparation de l'espace équipement et de l'espace de service.

4.3.1.5. Qualification aux conditions accidentelles

Les équipements du système ETY relevant d'une qualification aux conditions accidentelles sont présentés dans la section 3.7.1.1.2.

4.3.1.6. Classement ESPN, mécanique, électrique, contrôle-commande et sismique

La conformité des classements mécanique, électrique, contrôle-commande et sismique des équipements du système ETY jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté aux exigences énoncées au paragraphe 0.3 est détaillée dans la section 3.2.2.

4.3.2. Exigences réglementaires

4.3.2.1. Textes réglementaires

La conformité aux textes réglementaires est portée de manière générale par la section 1.7.1 du Rapport de Sûreté.

4.3.2.1.1. Textes officiels

Sans objet.

4.3.2.1.2. Prescriptions techniques

La conformité aux prescriptions techniques spécifiquement applicables au système, listées dans le paragraphe 0.3.2, est portée par les études d'évaluation de la mitigation du risque hydrogène de la section 19.2.2.3 et est assurée par la conception du système. En effet, les recombineurs sont nombreux et disposés de façon la plus homogène possible dans le BR, ce qui permet d'empêcher la possibilité d'une détonation globale d'hydrogène.

La conformité du système ETY aux décisions n°2012-DC-0283 du 26 juin 2012 et n°2014-DC-0403 du 21 janvier 2014 est démontrée dans le chapitre 21.

4.3.2.1.3. Réglementations internationales

Sans objet.

4.3.2.2. Textes para-réglementaires

La conformité aux textes para-réglementaires est portée de manière générale par la section 1.7.1 du Rapport de Sûreté.

4.3.2.2.1. Règles fondamentales de sûreté

Sans objet.

4.3.2.2.2. Directives techniques

La conformité aux directives techniques spécifiquement applicables au système, listées dans le paragraphe 0.3.2 est assurée par :

- les sections 19.2.2.3, 19.2.4.4 et le dimensionnement du système ETY pour la section A1.3, permettant la limitation des gaz combustibles via le système CONVECT et le fonctionnement des recombineurs d'hydrogène ;
- la section 19.2.2.3 et l'efficacité des recombineurs définie au §2.2 pour la section B1.4.1, permettant d'obtenir des quantités d'hydrogène acceptables ;
- la section 19.2.4.4 et la conception du système pour la section E2.2.4, permettant d'éviter les concentrations locales d'hydrogène via le système CONVECT et le fonctionnement des recombineurs d'hydrogène ;
- les caractéristiques du système ETY définies au paragraphe 2.2 pour la section E2.4, permettant de limiter les chargements sur les parois internes de l'enceinte.

4.3.2.3. Textes EPR spécifiques

Sans objet.

4.3.3. Agressions

4.3.3.1. Agressions internes

La démonstration de la robustesse de l'installation aux agressions internes relève du sous-chapitre 3.4.

4.3.3.2. Agressions externes

La démonstration de la robustesse de l'installation aux agressions externes relève du sous-chapitre 3.3.

4.3.4. Diversification

La conception du système ETY fait l'objet d'une diversification notamment pour les dispositifs de limitation des charges sur les structures internes de l'enclaustrée. Il existe ainsi à la fois des disques de rupture et des disques de convection pour assurer cette fonction.

4.3.5. Radioprotection

De façon générale, les dispositions de conception de l'installation prises pour limiter l'exposition du personnel au rayonnement et à la contamination due aux produits de fission et de corrosion activés relèvent du chapitre 12.

La conception du système ETY contribue au respect de cet objectif.

En fonctionnement normal les volets de mélange d'hydrogène du système ETY sont fermés et les disques de rupture et de convection sont intègres, ce qui permet de limiter la propagation de la contamination du compartiment équipements vers la zone de service et contribue à la séparation en « 2 zones » du BR.

4.3.6. Fonctionnement, maintenance et accessibilité long terme

Sans objet.

4.3.7. Système tel que réalisé

A ce stade de la fabrication de l'installation et du déroulement des essais, aucun écart n'impacte les requis de sûreté spécifiés dans le rapport de sûreté.

4.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE

4.4.1. Essais de démarrage

Le système ETY fait l'objet d'un programme d'essais de démarrage conformément aux modalités présentées au chapitre 14 permettant notamment de vérifier le respect des critères suivants :

- l'ouverture des volets de mélange d'hydrogène ;
- le bon fonctionnement des recombineurs.

4.4.2. Surveillance en exploitation

Sans objet.

4.4.3. Essais périodiques

Les parties classées du système ETY font l'objet d'essais périodiques conformément au chapitre IX des règles Générales d'Exploitation permettant notamment de vérifier le respect des critères suivants :

- l'ouverture des volets de mélange d'hydrogène ;
- le bon fonctionnement des recombineurs.

4.4.4. Maintenance

Le système ETY fait l'objet d'un programme de maintenance conformément au chapitre VIII des RGE.

5. SCHÉMA DE PRINCIPE

Le schéma de principe du système ETY est présenté en [FIG-6.2.4.1](#).

FIG-6.2.4.1 SCHÉMA DE PRINCIPE DU SYSTÈME ETY

□

SOMMAIRE

.6.2.5	CONTRÔLE DU DÉBIT DE FUITE ET ESSAIS	5
0.	EXIGENCES DE SÛRETÉ	5
0.1.	FONCTIONS DE SÛRETÉ	5
0.1.1.	CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	5
0.1.2.	ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	5
0.1.3.	CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	5
0.1.4.	CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ	5
0.1.5.	CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES À LA PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS	5
0.1.6.	CONTRIBUTION À L'ÉLIMINATION PRATIQUE	5
0.2.	CRITÈRES FONCTIONNELS	5
0.2.1.	CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	5
0.2.2.	ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	5
0.2.3.	CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	5
0.2.4.	CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ	6
0.2.5.	CONTRIBUTION À L'ÉLIMINATION PRATIQUE	6
0.3.	EXIGENCES RELATIVES À LA CONCEPTION	6
0.3.1.	EXIGENCES ISSUES DU CLASSEMENT DE SÛRETÉ	6
0.3.2.	EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES	6
0.3.3.	AGRESSIONS	8
0.3.4.	DIVERSIFICATION	8
0.3.5.	RADIOPROTECTION	8
0.3.6.	EXIGENCES LIÉES AU FONCTIONNEMENT, À LA MAINTENANCE ET À L'ACCESSIBILITÉ LONG TERME	8
0.4.	ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION	8
0.4.1.	ESSAIS DE DÉMARRAGE	8
0.4.2.	SURVEILLANCE EN EXPLOITATION	8
0.4.3.	ESSAIS PÉRIODIQUES	8
0.4.4.	MAINTENANCE	8
1.	RÔLE DU SYSTÈME	8

1.1. RÔLE DU SYSTÈME PENDANT L'EXPLOITATION NORMALE DE LA TRANCHE	8
1.2. RÔLE DU SYSTÈME DANS LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT PCC-2 A PCC-4, RRC-A, EN ACCIDENT GRAVE ET SITUATIONS D'AGRESSIONS	9
2. BASES DE CONCEPTION	9
2.1. HYPOTHÈSES GÉNÉRALES DE FONCTIONNEMENT	9
2.2. HYPOTHÈSES DE DIMENSIONNEMENT	9
2.3. AUTRES HYPOTHÈSES	10
3. DESCRIPTION - FONCTIONNEMENT	10
3.1. DESCRIPTION	10
3.1.1. DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SYSTÈME	10
3.1.2. DESCRIPTION DES MATÉRIELS PRINCIPAUX	12
3.1.3. DESCRIPTION DES DISPOSITIONS D'INSTALLATIONS PRINCIPALES	12
3.2. FONCTIONNEMENT	12
3.2.1. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME NORMAL DE LA TRANCHE	12
3.2.2. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME PERMANENT DU SYSTÈME	12
3.2.3. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME TRANSITOIRE	12
3.2.4. AUTRES RÉGIMES DE FONCTIONNEMENT DU SYSTÈME	13
4. ANALYSE DE SÛRETÉ	14
4.1. CONFORMITÉ À LA RÉGLEMENTATION	14
4.2. RESPECT DES CRITÈRES FONCTIONNELS	14
4.2.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	14
4.2.2. EVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	14
4.2.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	14
4.2.4. CONTRIBUTIONS INDIRECTES À L'ACCOMPLISSEMENT DES FONCTIONS DE SÛRETÉ	14
4.2.5. CONTRIBUTIONS À L'ÉLIMINATION PRATIQUE	14
4.3. CONFORMITÉ AUX EXIGENCES DE CONCEPTION	15
4.3.1. EXIGENCES ISSUES DU CLASSEMENT DE SÛRETÉ	15
4.3.2. EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES	15
4.3.3. AGRESSIONS	17
4.3.4. DIVERSIFICATION	17



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 6

SECTION 2.5

PAGE 3/20

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

4.3.5. RADIOPROTECTION	17
4.3.6. FONCTIONNEMENT, MAINTENANCE ET ACCESSIBILITÉ LONG TERME	17
4.3.7. SYSTÈME TEL QUE RÉALISÉ	17
4.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE	17
4.4.1. ESSAIS DE DÉMARRAGE	17
4.4.2. SURVEILLANCE EN EXPLOITATION	17
4.4.3. ESSAIS PÉRIODIQUES	17
4.4.4. MAINTENANCE	17
5. SCHÉMAS DE PRINCIPE	18



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 6

SECTION 2.5

PAGE 4/20

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

FIGURES :

FIG-6.2.5.1 SCHÉMA DE PRINCIPE “GONFLAGE/DÉGONFLAGE DE L'ENCEINTE”	19
FIG-6.2.5.2 SCHÉMA DE PRINCIPE “COLLECTE DES FUITES DE L'ENCEINTE”	20

.6.2.5 CONTRÔLE DU DÉBIT DE FUITE ET ESSAIS

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

0.1. FONCTIONS DE SÛRETÉ

0.1.1. Contrôle de la réactivité

Le système EPP ne contribue pas directement au contrôle de la réactivité.

0.1.2. Évacuation de la puissance résiduelle

Le système EPP ne contribue pas directement à l'évacuation de la puissance résiduelle.

0.1.3. Confinement des substances radioactives

Les contributions du système au confinement des substances radioactives doivent être les suivantes :

- Le système EPP doit assurer le confinement des substances radioactives dans les situations PCC, RRC-A ou d'accident grave entraînant un dégagement radioactif dans l'enceinte ;
- Les vannes d'isolement enceinte du système EPP appartiennent à la troisième barrière telle que définie au sous-chapitre 3.1.

0.1.4. Contributions indirectes aux fonctions de sûreté

Sans objet.

0.1.5. Contributions spécifiques à la protection contre les agressions

Le système EPP ne contribue pas spécifiquement à la protection contre les agressions.

0.1.6. Contribution à l'élimination pratique

Le système EPP contribue indirectement à l'élimination pratique.

0.2. CRITÈRES FONCTIONNELS

0.2.1. Contrôle de la réactivité

Sans objet.

0.2.2. Évacuation de la puissance résiduelle

Sans objet.

0.2.3. Confinement des substances radioactives

Afin de limiter les conséquences radiologiques dans les situations PCC, RRC-A et d'accident grave avec dégagement d'activité dans le BR, le système EPP doit assurer les critères suivants :

- Assurer la collecte des fuites des traversées enceinte suivantes : TAM, SAS personnel, SAS de secours, tube de transfert, vannes EBA, vannes EPP ainsi que des robinets et vannes PTR et JPI, afin d'éviter un bypass de l'enceinte,
- Les vannes d'isolement enceinte du système EPP constituent des composants de la troisième barrière et doivent jouer le rôle de barrière de confinement.

0.2.4. Contributions indirectes aux fonctions de sûreté

Sans objet.

0.2.5. Contribution à l'élimination pratique

Le système EPP doit contribuer indirectement à l'élimination pratique des séquences de bipasse du confinement avec fusion du coeur.

0.3. EXIGENCES RELATIVES À LA CONCEPTION

0.3.1. Exigences issues du classement de sûreté

0.3.1.1. Classement de sûreté

Les parties du système EPP jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté doivent faire l'objet d'un classement de sûreté conformément aux règles de classement indiquées à la section 3.2.1.

0.3.1.2. Critère de défaillance unique (active et passive)

Les parties du système EPP classées F1 doivent être robustes à l'application du critère de défaillance unique.

0.3.1.3. Alimentation électrique de secours

L'alimentation des composants du système EPP nécessaires à l'accomplissement des fonctions classées F1 doit être secourue par les groupes diesels principaux.

0.3.1.4. Séparation physique / géographique

Les fonctions classées F1 du système EPP doivent être conçues conformément à l'exigence de séparation physique/géographique de leurs équipements redondants constitutifs.

0.3.1.5. Qualification aux conditions accidentelles

Les équipements classés du système EPP doivent être qualifiés en fonction des conditions de fonctionnement dans lesquelles ils sont sollicités au titre de leur contribution à l'accomplissement des fonctions de sûreté, conformément aux règles du sous-chapitre 3.7.

0.3.1.6. Classement ESPN, mécanique, électrique, contrôle-commande et sismique

Les équipements du système EPP redevables d'un classement mécanique, électrique, contrôle-commande et sismique du système EPP doivent être classés conformément aux règles de classement présentées dans la section 3.2.1.

0.3.2. Exigences réglementaires

0.3.2.1. Textes réglementaires

0.3.2.1.1. Textes officiels

Le système EPP est concerné spécifiquement par le Décret d'Autorisation de Création de Flamanville 3 :

- III-3.3.h "L'exploitant doit, tout au long de la vie de l'installation, veiller à la fiabilité des organes actifs et à la performance globale des dispositifs de confinement qui permettent :
 - en cas de situation d'accident sans fusion du coeur, d'éviter la mise en place de mesures de protection de la population vivant dans le voisinage de la centrale,

- en cas de situation d'accident avec fusion du coeur à basse pression, de n'avoir recours qu'à des mesures de protection de la population très limitées en étendue et en durée.

A cette fin, l'étanchéité de chacune des parois de l'enceinte de confinement et de leurs traversées est testée avant le premier chargement du combustible dans la cuve du réacteur, puis contrôlée périodiquement. Les contrôles de l'étanchéité de la paroi interne sont notamment effectués au moyen d'essais réalisés à la pression de dimensionnement."

0.3.2.1.2. Prescriptions techniques

La prescription technique [INB167–26] "Conception de l'enceinte de confinement" est applicable au système EPP.

Le système EPP appartient au noyau dur Fukushima (cf chapitre 21). A ce titre, il doit respecter la décision n°2012–DC-0283 du 26 juin 2012 et n°2014–DC-0403 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 21 janvier 2014 (cf section 1.7.0).

0.3.2.1.3. Réglementations internationales

Le système EPP n'est pas concerné par une réglementation internationale spécifique.

0.3.2.2. Textes para-réglementaires

0.3.2.2.1. Règles fondamentales de sûreté

Le système EPP n'est pas concerné par une Règle Fondamentale de Sûreté spécifique.

0.3.2.2.2. Directives techniques

Le système EPP est concerné par les sections suivantes des Directives Techniques (voir paragraphe 3.1 de la section 1.7.0) :

- A.1.3.b " Pour ce qui concerne les fuites de l'enceinte de confinement, il ne doit pas y avoir de chemin de fuite directe de l'enceinte de confinement à l'extérieur. Les tuyauteries susceptibles de transporter des substances radioactives à l'extérieur de l'enceinte de confinement doivent conduire à des bâtiments périphériques présentant des capacités de confinement adéquates. Des améliorations de la surveillance permanente de l'étanchéité de l'enceinte de confinement doivent être recherchées. Les traversées de l'enceinte résistant à la pression doivent supporter les chargements résultant des séquences avec fusion du coeur. "
- B.1.4.1 "Des tests périodiques d'étanchéité de l'enceinte de confinement doivent pouvoir être réalisés à la pression de dimensionnement de ce bâtiment."
"Des dispositifs spécifiques doivent être mis en place pour collecter les fuites possibles associées aux différents types de traversées."
"Une information détaillée doit être fournie par le concepteur sur le système de recueil des fuites de l'enceinte de confinement et de suivi de l'étanchéité de celle-ci : critères de conception et d'exploitation (étanchéité, tests périodiques...), qualification des vannes aux conditions ambiantes correspondantes, protection contre les agressions (telles que définies dans les sections A.2.4 et A.2.5) qui pourraient endommager les équipements du système."
- G2 "Des informations doivent également être fournies par le concepteur concernant les dispositions mises en place pour éviter les fuites non collectées de l'enceinte de confinement pendant toute la vie de l'installation. En tout état de cause, la validité devra en être prouvée par des essais appropriées."
- G4 "Des dispositions doivent être mises en place pour assurer l'étanchéité de la paroi interne du bâtiment de confinement et de ses traversées pour une rupture de la tuyauterie d'expansion du pressuriseur combinée avec le séisme de dimensionnement ; pour autant qu'ils soient justifiés, les critères correspondants pourraient être moins sévères que ceux appliqués pour l'étanchéité dans les conditions d'un accident grave."

0.3.2.2.3. Textes EPR spécifiques

Le système EPP n'est pas concerné par un texte EPR spécifique.

0.3.3. Agressions

0.3.3.1. Agressions internes

Les fonctions du système EPP doivent être protégées vis-à-vis des conséquences des agressions internes si leur perte remet en cause l'atteinte des objectifs de sûreté du sous-chapitre 3.4.

0.3.3.2. Agressions externes

Les fonctions du système EPP doivent être protégées vis-à-vis des conséquences des agressions externes si leur perte remet en cause l'atteinte des objectifs de sûreté du sous-chapitre 3.3.

0.3.4. Diversification

Le système EPP ne fait pas l'objet d'une exigence de diversification.

0.3.5. Radioprotection

Le système EPP n'est pas concerné par une exigence de radioprotection.

0.3.6. Exigences liées au fonctionnement, à la maintenance et à l'accessibilité long terme

Le système EPP n'est pas concerné par une exigence liée au fonctionnement, à la maintenance et à l'accessibilité long terme dans la gestion long terme après accident.

0.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION

0.4.1. Essais de démarrage

Le système EPP doit être conçu pour permettre la réalisation d'essais de démarrage permettant de s'assurer de sa conception adéquate et de ses performances, et notamment du respect des critères fonctionnels qui lui sont assignés au paragraphe 0.2.

0.4.2. Surveillance en exploitation

Le système EPP doit être conçu pour permettre une surveillance en exploitation normale des caractéristiques du système nécessaires à l'accomplissement de ses missions de sûreté afin d'assurer le bon comportement de ses composants et leur disponibilité.

0.4.3. Essais périodiques

Les parties classées du système EPP doivent être conçues pour permettre la réalisation d'essais périodiques conformément aux règles définies dans le chapitre IX des Règles Générales d'Exploitation.

0.4.4. Maintenance

Le système EPP doit être conçu pour permettre la mise en oeuvre d'un programme de maintenance conformément au chapitre VIII des Règles Générales d'Exploitation.

1. RÔLE DU SYSTÈME

Le système EPP assure les fonctions opérationnelles suivantes dans les différentes conditions de fonctionnement de l'installation dans lesquelles il est sollicité :

1.1. RÔLE DU SYSTÈME PENDANT L'EXPLOITATION NORMALE DE LA TRANCHE

Le système EPP remplit les fonctions suivantes :

- mesure du taux de fuite de l'enceinte lors des épreuves enceinte ;
- essai de résistance de l'enceinte lors de l'épreuve pré-opérationnelle de l'enceinte ;
- pressurisation et dépressurisation de l'enceinte lors de l'épreuve enceinte périodique et de l'essai de résistance ;
- mesure locale du taux de fuite au niveau des traversées et des organes d'isolement ;
- surveillance de l'étanchéité de l'enceinte en exploitation (SEXTEN).

Le système EPP assure l'accessibilité au bâtiment réacteur :

- via les sas personnel et de secours, au personnel et petit matériel, pour tout état de tranche, sans affecter la fonction de confinement de l'enceinte, lorsque le réacteur est en fonctionnement ;
- via le tampon matériel, au gros matériel, lors d'un arrêt complet du réacteur.

1.2. RÔLE DU SYSTÈME DANS LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT PCC-2 A PCC-4, RRC-A, EN ACCIDENT GRAVE ET SITUATIONS D'AGRESSIONS

Pour les situations de catégorie PCC-2 à PCC-4 et en situations RRC-A et d'accident grave, le système EPP :

- assure la vérification du respect du taux de fuite maximum pour l'enceinte n'entraînant pas de dépassement des conséquences radiologiques admissibles pour l'environnement ;
- assure la collecte et la récupération des fuites potentielles au niveau des traversées qui constituent un risque de bipasse de l'enceinte de confinement.

En cas d'événement entraînant un dégagement d'activité dans l'enceinte (PCC, RRC-A et accident grave) ou plus généralement d'augmentation de la radioactivité, les vannes d'isolement enceinte du système EPP doivent être fermées

2. BASES DE CONCEPTION

2.1. HYPOTHÈSES GÉNÉRALES DE FONCTIONNEMENT

Collecte des fuites :

Afin d'éliminer les fuites potentielles directes vers l'environnement, un système de récupération des fuites est mis en œuvre sur les traversées suivantes :

- traversées de ventilation (EBA) ;
- accès des matériels, sas personnel et de secours, tube de transfert ;
- traversées en lien direct avec l'atmosphère (EPP, JPI, PTR).

2.2. HYPOTHÈSES DE DIMENSIONNEMENT

Isolement enceinte :

Les vannes d'isolement enceinte du système EPP appartiennent à la troisième barrière. A ce titre, les hypothèses de dimensionnement de ces vannes sont décrites à la section 6.2.3. Ces vannes possèdent une étanchéité permettant de vérifier le critère global du taux de fuite de l'enceinte (voir section 6.2.3).

Collecte des fuites :

La robinetterie et la tuyauterie du système de collecte de fuites doivent être dimensionnées à la température de calcul de \square °C de l'enceinte interne.

TAM et SAS :

Les hypothèses de dimensionnement du TAM et des SAS sont données au sous-chapitre 3.5 du RDS.

2.3. AUTRES HYPOTHÈSES

Les épreuves d'étanchéité et de résistance et les critères associés sont définis dans l'ETC-C partie III.

Les vannes d'isolement enceinte et la robinetterie et la tuyauterie du circuit de collecte de fuites du système EPP doivent résister à une pression de calcul de \square bar abs du système SAT.

3. DESCRIPTION - FONCTIONNEMENT

3.1. DESCRIPTION

3.1.1. Description générale du système

3.1.1.1. Système d'extraction de fuites :

Afin d'éviter tout bipasse de l'enceinte, un système d'extraction de fuites équipe les traversées de l'enceinte en lien direct avec l'atmosphère.

Les fuites gazeuses vers l'atmosphère sont collectées par le système EPP et rejetées dans l'espace entre enceintes. Le débit fluide dans le système d'extraction de fuites est directement induit par la dépression créée et maintenue par le système EDE dans l'espace entre enceintes.

Le système d'extraction de fuites est prévu pour les traversées suivantes :

- L'accès des matériels, les sas personnel et de secours, le tube de transfert
Les fuites potentielles via les doubles joints sont collectées et transmises vers l'espace entre enceintes par le système d'extraction de fuites.
- Traversées de ventilation
Les fuites potentielles vers l'atmosphère de la vanne d'isolement externe sont collectées et transmises vers l'espace entre enceintes par le système d'extraction de fuites.
- Traversées pour lesquelles la vanne d'isolement interne est directement reliée à l'atmosphère enceinte ou des traversées véhiculant du fluide primaire de refroidissement à température supérieure à 100°C.
Les fuites potentielles vers l'atmosphère de la vanne d'isolement externe sont collectées et transmises vers l'espace entre enceintes par le système d'extraction de fuites.

3.1.1.2. Système de surveillance de l'étanchéité de l'enceinte

Pour la surveillance de l'étanchéité de l'enceinte en régime normal, un système non classé est mis en place (SEXTEN). Il est composé de :

- capteurs de température,
- hygromètres,
- capteurs de pression.

Ce système de surveillance et de mesure est un sous-système du système de surveillance spécifique mis en place pendant les essais d'étanchéité de type A.

3.1.1.3. Essais d'étanchéité et de résistance

3.1.1.3.1. Définition des différents types d'essais

Le système EPP permet de vérifier le taux de fuite de l'enceinte. Le critère à appliquer est donné à la section 6.2.3. Trois types d'essais sont mis en œuvre pour évaluer l'étanchéité de l'enceinte munie d'une peau métallique et de ses traversées :

- L'essai global de type A qui détermine les débits de fuite globaux de l'enceinte interne,
- Les essais partiels de type B qui déterminent les débits de fuite locaux via les traversées spécifiques de l'enceinte munies de joints,
- Les essais partiels de type C qui déterminent les débits de fuite locaux via les vannes d'isolement de l'enceinte.

Avant la mise en service de l'installation, l'enceinte interne est testée une fois à la pression d'essai maximale afin de démontrer la bonne conception de l'enceinte tant en terme d'étanchéité (type A) que de résistance à la pression.

3.1.1.3.2. Description des différents types d'essais

Essai global de type A

L'essai global de type A est mis au point pour évaluer l'étanchéité de l'enceinte et il prend la forme d'une pressurisation graduelle de l'enceinte avec une succession de paliers de pression accompagnés de mesures.

Le taux de fuite est évalué selon la méthode absolue.

Les essais de type A sont réalisés :

- avant la mise en service,
- lors du premier arrêt pour rechargement du combustible,
- puis périodiquement comme défini dans les Règles Générales d'Exploitation.

Essais partiels de type B et C

L'objet de ces essais est de détecter et de mesurer les fuites dans la barrière formée par ses traversées. Le débit de fuite est évalué selon la méthode différentielle ou toute autre méthode adaptée.

Les essais d'étanchéité partiels sont divisés en essais de type B et de type C :

- Les essais de type B déterminent les fuites locales via les joints d'étanchéité des traversées spécifiques de l'enceinte :
 - L'accès des matériels,
 - Le sas personnel,
 - Le sas de secours,
 - Le tube de transfert, et les autres traversées équipées d'une fermeture par tape amovible et joint d'étanchéité,
 - La traversée SNL.
- Les essais de type C déterminent les fuites locales via les organes d'isolement de l'enceinte (voir section 6.2.3).

Les fuites directes via les traversées (essais de types B et C) ne doivent pas représenter plus de 60% des fuites maximum admissibles de l'enceinte. Le critère à retenir (voir section 6.2.3) doit tenir compte par ailleurs d'une provision pour vieillissement entre deux essais successifs (facteur 0,75).

Les joints des traversées de l'enceinte et les organes d'isolement de l'enceinte sont testés en essais de démarrage après le montage et le nettoyage des circuits, puis périodiquement.

3.1.2. Description des matériels principaux

Le système EPP est constitué des matériels principaux suivants :

- Vannes d'isolement enceinte :
Les hypothèses de dimensionnement des vannes d'isolement enceinte du système EPP sont décrites aux paragraphes 2.2 et 2.3.
- Système de collecte de fuites :
La collecte de fuites par le système EPP est décrite au paragraphe 3.1.1.1.
- TAM et SAS :
Le TAM et les SAS sont décrits au sous-chapitre 3.5 du RDS.

3.1.3. Description des dispositions d'installations principales

Aucune disposition particulière n'a été prise pour l'installation du système EPP.

3.2. FONCTIONNEMENT

3.2.1. Fonctionnement en régime normal de la tranche

3.2.1.1. Collecte des fuites des traversées enceinte

Le système de collecte des fuites est requis disponible dans les états standards A, B et C, et prêt à collecter les éventuelles fuites provenant de l'enceinte lors d'un accident (voir figure [FIG-6.2.5.2](#)) :

- Toutes les vannes de collecte sur les organes drainés sont ouvertes,
- La vanne d'isolement général de chaque réseau de collecte est ouverte.

Les fuites sont extraites par la dépression créée dans l'espace entre enceintes par le système EDE.

- Les condensats sont récupérés dans le puisard RPE de l'espace entre enceintes,
- Les gaz sont traités par filtration du système EDE avant rejet à l'atmosphère.

3.2.1.2. Surveillance de l'étanchéité de l'enceinte

La surveillance de l'étanchéité de l'enceinte et le gonflage de l'enceinte en air SAT sont réalisés lorsque la tranche est en fonctionnement normal hors fonctionnement de l'EBA petit débit. Les cycles de pression dans le bâtiment réacteur sont commandés depuis la salle de commande par les seuils des capteurs de pression enceinte et par les alarmes associées.

La mise en service du gonflage est .

3.2.2. Fonctionnement en régime permanent du système

En situations accidentelles, le système EPP collecte les fuites (voir paragraphe 3.2.1).

3.2.3. Fonctionnement en régime transitoire

Les vannes d'isolement enceinte du système EPP sont fermées automatiquement sur ordre d'isolement enceinte.

3.2.4. Autres régimes de fonctionnement du système

3.2.4.1. Essais de mise en service

En complément des différents contrôles d'étanchéité menés en usine ou sur site lors de la construction de l'enceinte, tels que :

- le contrôle des soudures des tôles du liner et des traversées ;
- les contrôles d'étanchéité des corps des sas personnel et de secours ;
- les contrôles d'étanchéité des traversées électriques (canisters) et des vannes d'isolement enceinte ;

on procède aux essais pré-opérationnels suivants :

- essais partiels de type B à la pression de dimensionnement (débits de fuite locaux via les traversées spécifiques de l'enceinte munies de joints) ;
- essais partiels de type C à la pression de dimensionnement (débits de fuite locaux via les traversées munies de vannes d'isolement) ;
- essai global de type A à la pression de dimensionnement ;
- essai de résistance à la pression de dimensionnement majorée de 10% ;
- évaluation du débit de fuite à travers l'enceinte externe.

L'essai global de type A ainsi que l'essai de résistance sont réalisés lors de l'épreuve pré-opérationnelle.

3.2.4.1.1. Déroulement de l'épreuve enceinte pré-opérationnelle

La pression dans la paroi interne de l'enceinte est augmentée progressivement par paliers successifs jusqu'à la pression nominale d'épreuve.

Les mesures d'auscultation EAU sont réalisées de façon continue pendant l'épreuve. Seule la mesure à la pression de dimensionnement majorée de 10% fait l'objet d'un court palier spécifique et donc propre à l'épreuve pré-opérationnelle. Les paliers de pression retenus pour cette épreuve sont les suivants :

□

Il n'est pas envisagé de palier à la descente. En phase de dégonflage, plusieurs mesures sont réalisées (déplacement différentiel béton/virole TAM, mesures EAU, nivellement dans les galeries de précontrainte, déformation de la virole TAM...), mais ces mesures peuvent se faire sans interruption du dégonflage.

3.2.4.1.2. Critères d'acceptation

Le taux de fuite de l'enceinte interne de 0,3 %/jour de la masse de gaz contenu dans le volume libre de l'enceinte dans les conditions d'accident grave correspond pour l'essai pré-opérationnel d'étanchéité et compte-tenu d'une provision pour vieillissement (coefficient de 0,75), à un critère d'essai à 0,155 %/jour de la masse d'air contenu dans le volume libre de l'enceinte (à 20°C sous une pression de 5,5 bar abs). Ce critère d'essai est déterminé conformément à la méthode décrite au 3.3.1.1.5 de la partie III de l'ETC-C.

L'essai de résistance est réputé satisfaisant si :

- aucune dégradation significative du revêtement d'étanchéité n'est constatée après l'essai (examen visuel de la peau),
- les mesures d'auscultation effectuées démontrent un comportement élastique et conforme aux calculs de la structure ; on vérifie, en particulier, la linéarité et la réversibilité des déformations aux divers paliers.

3.2.4.2. Epreuves enceinte

Le système de gonflage est assuré par des unités de compression d'essai externes.

3.2.4.2.1. Validation de la mesure de débit de fuite de l'enceinte

La vérification de la performance de la mesure de débit de fuite de l'enceinte s'effectue à l'issue du pallier de 5,5 bar abs de l'essai d'étanchéité, en superposant au débit de fuite de l'enceinte un débit calibré.

3.2.4.2.2. Essai d'étanchéité des traversées enceinte

On procède périodiquement aux essais suivants :

- essais partiels de type B (débits de fuite locaux via les traversées spécifiques de l'enceinte munies de joints) ;
- essais partiels de type C (débits de fuite locaux via les traversées munies de vannes d'isolement de l'enceinte).

Les essais sont effectués dans un état de tranche défini par chaque système élémentaire et suivant un planning défini par l'exploitant.

4. ANALYSE DE SÛRETÉ

4.1. CONFORMITÉ À LA RÉGLEMENTATION

Le système est conforme à la réglementation générale en vigueur (voir sous-chapitre 1.7) et ne fait pas l'objet de dérogation particulière.

4.2. RESPECT DES CRITÈRES FONCTIONNELS

4.2.1. Contrôle de la réactivité

Sans objet.

4.2.2. Evacuation de la puissance résiduelle

Sans objet.

4.2.3. Confinement des substances radioactives

Les études de transitoire incidentels/accidentels du sous-chapitre 15.3 faisant intervenir les fonctions du système EPP correspondant aux critères fonctionnels énoncés au paragraphe 0.2.2 sont réalisées en considérant les hypothèses de dimensionnement énoncées au paragraphe 2.2 (Cf. sous-chapitres 15.3, 19.1 et 19.2) :

- La collecte des fuites aux traversées présentant un risque de bypasse de l'enceinte de confinement est décrite dans le paragraphe 3.1.
- La fermeture et l'étanchéité des vannes d'isolement enceinte.

4.2.4. Contributions indirectes à l'accomplissement des fonctions de sûreté

Sans objet.

4.2.5. Contributions à l'élimination pratique

L'étanchéité du TAM et des SAS contribue à l'élimination pratique des séquences de bypasse avec fusion du cœur.

4.3. CONFORMITÉ AUX EXIGENCES DE CONCEPTION

4.3.1. Exigences issues du classement de sûreté

4.3.1.1. Classement de sûreté

Les classements des équipements du système EPP jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté sont présentés dans la section 3.2.2.

4.3.1.2. Critère de défaillance unique (active et passive)

Compte tenu de leur classement F1, les vannes d'isolement enceinte du système EPP répondent au critère de défaillance unique et sont redondantes. En cas de défaillance d'une vanne d'isolement, une autre vanne placée en série assure le confinement de l'enceinte, en cas d'ordre d'isolement enceinte.

De même, les portes et vannes d'équilibrage des pressions des sas répondent au critère de défaillance unique. En cas de défaillance d'une porte ou d'une vanne d'équilibrage sur la barrière d'un sas, l'autre barrière du sas placée en série assure le confinement de l'enceinte, en cas d'accident et l'autre sas l'évacuation du personnel.

4.3.1.3. Alimentation électrique de secours

Les vannes d'isolement enceinte dont l'opérabilité est requise en cas d'ordre d'isolement enceinte sont motorisées et alimentées électriquement par des divisions différentes et secourues par diesels principaux et batteries [] afin de permettre le confinement du bâtiment réacteur.

En cas de manque de tension extérieure, la manœuvre des deux portes de chaque sas s'effectue [], le bâtiment réacteur et le bâtiment périphérique.

4.3.1.4. Séparation physique / géographique

Les deux organes d'isolement de chaque traversée enceinte du système EPP sont séparés physiquement du fait de leur installation, l'un à l'intérieur du bâtiment réacteur, l'autre à l'extérieur dans un bâtiment périphérique.

4.3.1.5. Qualification aux conditions accidentelles

Les équipements du système EPP relevant d'une qualification aux conditions accidentelles sont présentés dans la section 3.7.1.1.2.

4.3.1.6. Classement ESPN, mécanique, électrique, contrôle-commande et sismique

La conformité des classements mécanique, électrique, contrôle-commande et sismique des équipements du système EPP jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté aux exigences énoncées au paragraphe 0.3 est détaillée dans la section 3.2.2.

La conformité du classement ESPN des équipements du système EPP aux exigences énoncées au paragraphe 0.3 est détaillée dans la section 3.2.2.

4.3.2. Exigences réglementaires

4.3.2.1. Textes réglementaires

La conformité aux textes réglementaires est portée de manière générale par la section 1.7.1 du Rapport de Sûreté.

4.3.2.1.1. Textes officiels

La conformité aux textes officiels spécifiquement applicables au système, listés dans le paragraphe 0.3.2 est assurée par :

- III-3.3.h :

- Les tests périodiques d'étanchéité de l'enceinte de confinement sont présentés au paragraphe 3.1.1.3,
- Les moyens mis en oeuvre pour établir le taux de fuite de l'enceinte externe sont présentés au paragraphe 3.2.4.1 (essai de mise en service) et dans la section 6.2.2 (essais périodiques).

4.3.2.1.2. Prescriptions techniques

La conformité à la prescription technique [INB167–26] spécifiquement applicable au système EPP est assurée par (Voir paragraphe 4.2.3) :

- L'épreuve initiale de réception réalisée à la pression max de 6 bar abs,
- L'épreuve d'étanchéité de l'enceinte de confinement réalisée périodiquement à température ambiante et à la pression de 5,5 bar abs.

La conformité du système EPP aux décisions n°2012–DC-0283 du 26 juin 2012 et n°2014–DC-0403 du 21 janvier 2014 est démontrée dans le chapitre 21.

4.3.2.1.3. Réglementations internationales

Sans objet.

4.3.2.2. Textes para-réglementaires

La conformité aux textes para-réglementaires est portée de manière générale par le chapitre 1.7.1 du Rapport de Sûreté.

4.3.2.2.1. Règles fondamentales de sûreté

Sans objet.

4.3.2.2.2. Directives techniques

La conformité aux Directives Techniques spécifiquement applicables au système EPP, listées dans le paragraphe 0.3.2, est assurée par :

- A.1.3.b : La surveillance permanente de l'étanchéité de l'enceinte est présentée au paragraphe 3.1.1.2,
- B.1.4.1 :
 - Les tests périodiques d'étanchéité de l'enceinte de confinement sont présentés au paragraphe 3.1.1.3,
 - Les moyens mis en oeuvre pour établir le taux de fuite de l'enceinte externe sont présentés au paragraphe 3.2.4.1 (essai de mise en service) et dans la section 6.2.2 (essais périodiques),
 - Les dispositifs spécifiques mis en place pour collecter les fuites possibles associées aux différents types de traversées sont décrits au paragraphe 3.1.1.1,
 - La section 6.2.3 présente les critères de conception des traversées enceinte.
- G2 : Les dispositions mises en place pour éviter les fuites non collectées de l'enceinte de confinement sont présentées au paragraphe 3.1.1.1,
- G4 : Les dispositions mises en place pour assurer l'étanchéité de l'enceinte interne sont présentées au sous-chapitre 3.5 et à la section 6.2.3.

4.3.2.3. Textes EPR spécifiques

Sans objet.

4.3.3. Agressions**4.3.3.1. Agressions internes**

La démonstration de la robustesse de l'installation aux agressions internes relève du sous-chapitre 3.4.

4.3.3.2. Agressions externes

La démonstration de la robustesse de l'installation aux agressions externes relève du sous-chapitre 3.3.

4.3.4. Diversification

Sans objet.

4.3.5. Radioprotection

Sans objet.

4.3.6. Fonctionnement, maintenance et accessibilité long terme

Sans objet.

4.3.7. Système tel que réalisé

A ce stade de la fabrication de l'installation et du déroulement des essais, aucun écart n'impacte les requis de sûreté spécifiés dans le Rapport de Sûreté.

4.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE**4.4.1. Essais de démarrage**

Le système EPP fait l'objet d'un programme d'essais de démarrage conformément aux modalités présentées au chapitre 14 permettant notamment de vérifier le respect de la manoeuvrabilité et de l'étanchéité des vannes d'isolement enceinte.

4.4.2. Surveillance en exploitation

Le système EPP est conçu de manière à permettre la surveillance en exploitation conformément aux programmes de maintenance, afin de vérifier le bon fonctionnement des matériels.

Les fonctions du système EPP suivantes sont surveillées en exploitation normale par des dispositifs de surveillance en continu :

- Isolement enceinte,
- Disponibilité du système de collecte de fuites.

La surveillance de la disponibilité de cette fonction est donc réalisée au titre de cette surveillance continue.

4.4.3. Essais périodiques

Les parties classées du système EPP font l'objet d'essais périodiques conformément au chapitre IX des Règles Générales d'Exploitation permettant notamment de vérifier le respect de la manoeuvrabilité et de l'étanchéité des vannes d'isolement enceinte.

4.4.4. Maintenance

Le système EPP fait l'objet d'un programme de maintenance conformément au chapitre VIII des RGE.

5. SCHÉMAS DE PRINCIPE

Les schémas de principe sont présentés en figures [FIG-6.2.5.1](#) et [FIG-6.2.5.2](#).

FIG-6.2.5.1 SCHÉMA DE PRINCIPE “GONFLAGE/DÉGONFLAGE DE L'ENCEINTE”



edf	FLAMANVILLE3	Palier EPR	Version Publique — Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE			SECTION	2.5
				CHAPITRE	6	PAGE	20/20

FIG-6.2.5.2 SCHÉMA DE PRINCIPE “COLLECTE DES FUITES DE L'ENCEINTE”

□

SOMMAIRE

.6.2.6 PROTECTION DU RADIER	3
0. EXIGENCES DE SÛRETÉ	3
0.1. FONCTIONS DE SÛRETÉ	3
0.2. CRITÈRES FONCTIONNELS	3
0.3. EXIGENCES DE CONCEPTION	3
0.3.1. CLASSEMENT DE SÛRETÉ	3
0.3.2. CLASSEMENT SISMIQUE	3
0.3.3. EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES	3
0.3.4. PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS INTERNES ET EXTERNES	4
0.3.5. AUTRES EXIGENCES DE CONCEPTION	4
1. ROLE DU SYSTÈME DE RÉCUPÉRATION DU CORIUM	4
2. BASE DE CONCEPTION	5
2.1. EXIGENCES DE L'ENSEMBLE Puits DE CUVE, TRAPPE FUSIBLE ET CANAL DE DÉCHARGE	5
2.2. EXIGENCES DE LA CHAMBRE D'ÉTALEMENT	6
3. DESCRIPTION — FONCTIONNEMENT	6
3.1. DESCRIPTION ET CONCEPTION DU Puits DE CUVE	6
3.2. DESCRIPTION ET CONCEPTION DE LA TRAPPE FUSIBLE	8
3.3. DESCRIPTION ET CONCEPTION DU CANAL DE DÉCHARGE	8
3.4. DESCRIPTION ET CONCEPTION DE LA CHAMBRE D'ÉTALEMENT	9
4. ANALYSE DE SÛRETÉ	10
4.1. CONFORMITÉ À LA RÉGLEMENTATION	10
4.2. RESPECT DES CRITÈRES FONCTIONNELS	11
4.3. CONFORMITÉ AUX EXIGENCES DE CONCEPTION	11
4.4. TEL QUE RÉALISÉ	11

FIGURES :

FIG–6.2.6.1 PRINCIPAUX COMPOSANTS DU CONCEPT EPR DE RÉTENTION DU CORIUM	12
FIG–6.2.6.2 VUE GÉNÉRALE DE LA TRAPPE FUSIBLE	13
FIG–6.2.6.3 VUE DU DESSUS DE LA TRAPPE FUSIBLE ET DU CADRE SUPPORT	14
FIG–6.2.6.4 VUE DU DESSUS DE LA CHAMBRE D'ÉTALEMENT.....	15
FIG–6.2.6.5 VUE GÉNÉRALE DE LA STRUCTURE DE REFROIDISSEMENT (EN HAUT) ET SCHÉMA DES ÉLÉMENTS COMPOSANT LA PARTIE INFÉRIEURE DE LA STRUCTURE (EN BAS)	16
FIG–6.2.6.6 REFROIDISSEMENT PASSIF DU CORIUM – ÉQUILIBRE DES NIVEAUX D'EAU ENTRE LE Puits DE CUVE, LA CHAMBRE D'ÉTALEMENT ET L'IRWST	17
FIG–6.2.6.7 CANAL DE DÉCHARGE	18

.6.2.6 PROTECTION DU RADIER

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

0.1. FONCTIONS DE SÛRETÉ

En situation d'accident grave, la protection du radier participe à la fonction confinement.

0.2. CRITÈRES FONCTIONNELS

Les moyens assurant la protection du radier doivent être conçus de manière à éviter l'agression des structures internes par le corium en situation d'accident grave. Ils doivent garantir l'intégrité du radier en évitant son agression et son percement par le corium.

Les moyens assurant la protection du radier en situation d'accident grave doivent être 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,
- collecter, canaliser et étaler le corium de manière à ce que ses caractéristiques soient le plus uniformes possible, et permettre sa stabilisation, en tenant compte des chargements résultant d'une rupture de la cuve,
- 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.

0.3. EXIGENCES DE CONCEPTION

Les exigences de conception applicables aux structures internes du bâtiment réacteur s'appliquent aux moyens mis en œuvre pour la protection du radier.

0.3.1. Classement de sûreté

Les structures internes du BR sont classées conformément aux éléments présentés dans le sous-chapitre 3.2.

0.3.2. Classement sismique

Les structures internes du BR sont classées conformément aux éléments présentés dans le sous-chapitre 3.2.

0.3.3. Exigences réglementaires

L'article III-3.3 du décret n° 2007-534 du 10 avril 2007 autorisant la création de l'installation nucléaire s'applique à la protection du radier.

Prescriptions techniques : les prescriptions techniques INB 167-21 et INB 167-29 s'appliquent à la protection du radier.

Directives techniques : les moyens de protection du radier sont concernés par les directives techniques ci-dessous :

- A.1.3 : La pénétration du radier de l'enceinte de confinement par un « corium » doit être évitée, étant donné que ce phénomène pourrait conduire à des rejets significatifs et à une contamination durable des nappes phréatiques et du sous-sol. De plus, des dispositions adéquates doivent être

mises en oeuvre pour empêcher les fuites d'eau et de gaz contaminés dans le sous-sol à travers des fissures dans le radier.

- B.1.4.1 : Concernant le radier, les objectifs indiqués dans la section A.1.3 relatifs aux situations de fusion du coeur à basse pression peuvent être atteints par la mise en place d'un grand compartiment d'étalement du corium refroidi de manière adéquate.
- E.2.2.1 : De plus, des dispositions de conception doivent être prises pour limiter la dispersion du corium dans l'atmosphère de l'enceinte de confinement dans le cas de la traversée de la cuve du réacteur, pour éviter « l'échauffement direct de l'enceinte de confinement ». Ces dispositions de conception sont relatives au puits de cuve et à sa ventilation ainsi qu'aux mesures neutroniques hors coeur, de façon à assurer que de grandes quantités de corium provenant de la cuve du réacteur ne pourront pas être transportées hors du puits de cuve.
- E.2.3.1 : Concernant le radier de l'enceinte de confinement, les objectifs indiqués dans la section A.1.3 pour les situations avec fusion du coeur à basse pression peuvent, comme mentionné dans le paragraphe B.1.4.1, être atteints par la mise en place d'une grande chambre d'étalement en impasse avec refroidissement du corium quand il est étalé sur cette grande surface. La grande chambre d'étalement serait séparée géographiquement du puits de cuve et protégée à l'égard des chargements thermomécaniques consécutifs à la défaillance de la cuve du réacteur. Des dispositions de conception empêcheraient l'arrivée dans cette chambre d'eau de condensation provenant de quelque partie que ce soit de l'enceinte de confinement. De plus, une porte d'acier séparerait physiquement le puits de cuve de la chambre d'étalement.
- E.2.3.2.c) : la fiabilité à long terme du refroidissement du corium dans la chambre d'étalement.

0.3.4. Protection contre les agressions internes et externes

Les moyens de protection du radier sont dimensionnés pour résister aux agressions internes et externes en tant que structures internes du bâtiment réacteur conformément à leur classement présentés dans le sous-chapitre 3.2.

Le dispositif de protection du radier doit notamment être protégé contre l'inondation interne afin de maintenir le puits de cuve et la chambre d'étalement secs avant l'arrivée du corium.

0.3.5. Autres exigences de conception

Les exigences de conception de chacun des composants du système de protection du radier sont détaillées dans les [§ 2.1.](#) et [§ 2.2.](#).

1. ROLE DU SYSTÈME DE RÉCUPÉRATION DU CORIUM

En situation d'accident grave conduisant à une rupture de la cuve et à l'éjection du corium dans le puits de cuve, le processus de stabilisation du corium hors cuve est fondé sur le concept de rétention du corium. Il s'agit d'étaler le corium sur une surface importante dans le but de rendre le refroidissement plus efficace en augmentant le rapport surface / volume.

Le récupérateur de corium, aussi nommé chambre d'étalement, est situé dans un compartiment dédié en périphérie du puits de cuve. Il est ainsi destiné à récupérer le corium, le refroidir et le stabiliser, afin notamment d'éviter l'agression ou l'érosion du radier.

La connexion entre le puits de cuve et la chambre d'étalement est réalisée via un canal dit canal de décharge. En fonctionnement normal, cette connexion est fermée par une trappe fusible située en fond de puits de cuve et s'ouvre sous l'action du corium uniquement en cas d'accident grave (voir [FIG-6.2.6.1](#)).

Pour favoriser l'étalement du corium dans le récupérateur, le concept EPR s'appuie sur une étape de rétention temporaire du corium dans le puits de cuve. En effet, le déversement du corium hors de la cuve ne se fera probablement pas en une seule fois, mais en plusieurs coulées. La phase de rétention permet donc de garantir que le corium issu de la cuve sera déversé quasi intégralement dans le récupérateur.

En outre, le concept de rétention temporaire du corium s'appuie sur l'interaction du corium avec la couche de béton sacrificiel (phénomène d'interaction corium-béton ou ICB) pour uniformiser le spectre des différentes caractéristiques possibles du corium à l'issue du processus de rétention. Cette étape est nécessaire pour que le processus d'étalement et l'ensemble des mesures prévues pour la stabilisation du corium soient indépendants des incertitudes liées à la formation du bain de corium en cuve et des conditions de rupture de la cuve.

Dans le récupérateur, le corium étalé est stabilisé sous l'effet d'un refroidissement passif. La structure du récupérateur de corium intègre en effet un circuit de refroidissement activé à l'arrivée du corium dans le récupérateur et alimenté de façon passive par l'eau de l'IRWST. Après avoir rempli les canaux situés dans le fond du récupérateur, l'eau pénètre l'espace latéral de la structure et finit par noyer la surface du corium.

Une interaction du corium avec le béton de structure est ainsi évitée, considérant que ce type de sollicitation pourrait entraîner :

- une fragilisation des structures porteuses et une atteinte de l'intégrité de la peau métallique,
- un échauffement à long terme et une déformation mécanique du radier et de l'enceinte de confinement,
- un relâchement prolongé de gaz incondensables dans l'atmosphère de l'enceinte.

En résumé, le concept EPR de stabilisation du corium est caractérisé par les étapes suivantes :

- la rupture de la cuve et consécutivement le déversement du corium dans le puits de cuve,
- la rétention temporaire du corium dans le puits de cuve,
- l'ouverture de la trappe fusible et l'acheminement du corium accumulé dans le récupérateur via le canal de décharge,
- le noyage passif et la trempe du corium étalé,
- le refroidissement et l'évacuation de la chaleur sur le long terme.

Le détail des différentes étapes mentionnées ci-dessus, les dispositifs associés et leurs principes de fonctionnement sont fournis dans la section 19.2.2.

2. BASE DE CONCEPTION

2.1. EXIGENCES DE L'ENSEMBLE PUIITS DE CUVE, TRAPPE FUSIBLE ET CANAL DE DÉCHARGE

Les critères de conception de l'ensemble puits de cuve/trappe fusible sont les suivants :

- absorber les chargements en pression et température, résultant d'une rupture de cuve jusqu'à une pression de 20 bar : ces chargements couvrent les jets de corium et l'éventuel impact mécanique du fond de cuve éjecté,
- retenir provisoirement le corium dans le puits de cuve : l'objectif étant que l'intégralité du corium se déverse en une étape dans le canal de décharge après la destruction de la porte fusible et que les caractéristiques du corium soient les plus uniformes possibles (ablation de la couche de béton sacrificiel) quel que soit le scénario,
- empêcher l'agression des structures internes par le corium y compris en cas d'ablation locale de la couche de béton sacrificiel,
- assurer l'absence de chemins de fuite autres que le canal de décharge,
- canaliser l'écoulement du corium vers la zone d'étalement,
- assurer l'absence d'eau dans le puits de cuve au moment où le corium commence à s'écouler hors de la cuve,

- permettre l'accès au puits de cuve pour l'inspection du fond de cuve via la trappe fusible amovible.

2.2. EXIGENCES DE LA CHAMBRE D'ÉTALEMENT

Les critères de conception de la chambre d'étalement sont les suivants :

- assurer l'absence d'eau au début de l'étalement du corium,
- protéger de l'agression du corium les structures latérales du compartiment. Cependant, la ruine d'une faible épaisseur du béton de structure en partie supérieure, due aux effets thermiques, est tolérée,
- refroidir de façon passive le corium.

3. DESCRIPTION — FONCTIONNEMENT

3.1. DESCRIPTION ET CONCEPTION DU PUIS DE CUVE

Description du puits de cuve

Le puits de cuve est un cylindre doté d'une partie tronconique en partie inférieure.

En partie basse, [] m, sa surface est recouverte d'une couche de briques de zircon de [] elle-même recouverte d'une couche de béton sacrificiel de [], dans la zone susceptible d'être soumise aux effets du corium (voir [FIG-6.2.6.1](#)).

La couche de zircon, appelée couche de protection repose sur un mortier réfractaire, appliqué sur le béton structurel afin de rattraper les éventuels défauts (planéité, verticalité, ...) du parement. Cette couche est formée de briques de zircon emboîtées les unes dans les autres, et jointes à l'aide d'un autre mortier réfractaire. Trois mortiers de granulométries différentes sont appliqués.

Le béton sacrificiel, utilisé dans le puits de cuve est un béton ferreux avec hématite (voir section 19.2.2). Ce béton armé est composé de deux parties :

- un cylindre doté d'une partie tronconique en partie inférieure [] et qui recouvre les briques de zircon,
- 6 plots répartis au tour du puits de cuve tous les 45° hormis dans l'axe du canal de décharge.

Chargement mécanique

Le puits de cuve est conçu pour résister aux chargements résultant d'une rupture de cuve à [] bar. Ces chargements couvrent les jets de corium, le chargement résultant du poids du corium qui peut atteindre [] t après ablation de la couche de béton sacrificiel et l'impact mécanique potentiel du fond de cuve éjecté. Ce dernier est absorbé par les six plots amortisseurs, située autour du puits de cuve, qui protègent également la trappe fusible à l'entrée du canal de transfert entre le puits de cuve et la chambre d'étalement.

Comme indiqué précédemment, la couche de béton sacrificiel est renforcée par une protection supplémentaire en zircon (voir [FIG-6.2.6.1](#)) qui confine en dernier recours le corium, protège le béton structurel des effets de température et du contact direct avec le corium en cas d'ablation locale de la couche de béton sacrificiel. La zircon est un matériau réfractaire dont la stabilité thermomécanique a été prouvée expérimentalement.

Rétention temporaire du corium

Outre la fonction d'accumulation du corium déversé hors de la cuve, la rétention temporaire du corium et l'interaction avec le béton sacrificiel au cours de l'ICB sont destinées à unifier le spectre des

caractéristiques physico-chimiques du corium afin le rendre moins agressif (par oxydation des métaux Zr et U par exemple) et de faciliter son étalement dans le récupérateur.

Le délai correspondant à l'érosion de la couche de béton sacrificiel et à la destruction de la trappe fusible garantit que toute la quantité de corium est collecté dans le puits de cuve avant la décharge vers le récupérateur, ce quel que soit le scénario de relâchement du corium hors de la cuve. L'épaisseur de béton sacrificiel de \square cm contribue à garantir une marge suffisante vis-à-vis de cette fonction d'accumulation.

La composition du corium, sa température ainsi que la température de liquidus, sa viscosité sont les principaux paramètres d'intérêt analysés qui ont permis de vérifier, pour différentes configurations du bain de corium dans le puits de cuve (stratifié ou mélangé, différentes masses...), la capacité d'étalement du corium. En outre, le béton sacrificiel du puits de cuve est de type siliceux mais comprend également de l'oxyde de fer (Fe_2O_3). Cette composition facilite l'oxydation du Zr et réduit ainsi la quantité d'hydrogène dégagé. Elle permet également de diminuer la température de liquidus du corium et donc de favoriser son étalement.

La durée de la phase de rétention est déterminée par le temps nécessaire au corium pour éroder la couche de béton sacrificiel et détruire la trappe fusible.

Les phénomènes décrits ci-dessus sont détaillés dans la section 19.2.2.

Ventilation du puits de cuve

La ventilation de la totalité de la cavité entre la cuve et la paroi du puits de cuve (fond du puits de cuve et espace latéral le long de la cuve) est assurée par :

- 1 canal circulaire situé à l'extérieur du puits de cuve, sous le plancher \square m,
- 16 canaux de répartition (\square) qui traversent les parois en béton du puits de cuve au même niveau que le canal circulaire,
- 8 boîtes verticales qui amène l'air soufflé au niveau du puits de cuve.

L'extrémité basse de ces boîtes verticales échappe à la hauteur atteinte par le corium dans le puits de cuve en cas de rupture du fond de la cuve. Aucune fuite de corium ne peut donc avoir lieu via ce réseau de ventilation.

La ventilation décrite ci-dessus est détaillée dans la section 9.4.3.

Puits de cuve sec

Compte tenu de l'état des connaissances sur le phénomène d'explosion de vapeur hors cuve et afin d'éviter toute analyse dans ce domaine, la conception du puits de cuve doit assurer l'absence d'eau au moment de la décharge du corium hors de la cuve. Des mesures de conception spécifiques ne sont pas requises, l'objectif étant satisfait par d'autres mesures, qui sont les suivantes :

- l'étanchéité entre la piscine et le puits de cuve,
- l'absence de tuyauteries en partie inférieure de la cuve.

L'étanchéité entre la piscine et le puits de cuve est assurée par un anneau métallique ancré sur une structure en béton armé reposant sur un coffrage métallique. Cette structure qui comble l'espace entre le puits de cuve et la cuve est nommée l'anneau limonier (voir [FIG-6.2.6.1](#)).

Dispersion du corium

Le risque de dispersion du corium dans l'enceinte doit être envisagé. Il est possible via des chemins d'écoulement existants entre le puits de cuve et l'enceinte. Il est particulièrement tangible en cas d'éjections de corium à haute pression. Dans ce contexte, même si l'analyse a montré que la pression

de \square bar n'est jamais dépassée pour les principaux scénarios, une valeur de découplage pour la pression de rupture de cuve est fixée à \square bar.

Aucune mesure de conception supplémentaire n'est prise en compte pour le puits de cuve considérant que l'espace libre pour la dispersion potentielle du corium est très réduit et qu'une dispersion directe dans le dôme de l'enceinte est évitée grâce aux dalles en béton requises pour renforcer le puits de cuve. En outre, la structure support de cuve restreint le passage et constitue une surface de dépôt pour les particules de corium, réduisant considérablement la quantité de corium pouvant être dispersée dans l'enceinte.

3.2. DESCRIPTION ET CONCEPTION DE LA TRAPPE FUSIBLE

La trappe fusible entre le puits de cuve et le canal de décharge est située au centre de la partie conique inférieure du puits de cuve. En situation d'accident grave, la trappe fusible doit d'abord résister, pendant la phase de rétention du corium, aux chargements résultant d'une pressurisation du puits de cuve jusqu'à \square bar et au poids du corium accumulé (\square). Ensuite, sous l'action du corium, la trappe doit se rompre suffisamment rapidement et présenter une section de passage suffisamment large pour permettre un étalement complet du corium avant le début du noyage passif du récupérateur.

La trappe présente une section totale d'environ \square m² (voir [FIG-6.2.6.3](#)) et se compose globalement de trois parties : une couche de béton sacrificiel de \square surmontant une plaque d'aluminium de \square et une structure support qui maintient la trappe en place en fonctionnement normal (voir [FIG-6.2.6.2](#)). La couverture de béton sacrificiel fait partie intégrante de la couche de béton du puits de cuve, elle est donc de même composition. La couche de béton sacrificiel de la trappe n'étant pas renforcée par une couche protectrice, la trappe constitue naturellement le point faible du puits de cuve pendant la phase de rétention.

Le processus d'ouverture de la trappe consiste d'abord en l'ablation par le corium de la couche de béton sacrificiel (interaction corium-béton) puis en l'attaque thermique de la plaque métallique par le corium jusqu'à pénétration.

Une analyse détaillée du processus de rupture de la porte considérant des conditions limites très conservatives en termes de flux thermiques imposés, de taille du point de contact initial entre le corium et la porte, de type de corium en contact (oxyde ou métallique) a conduit à préciser la conception de la trappe fusible de façon à garantir une section de passage suffisante et un délai de rupture suffisamment court pour éviter des effets négatifs sur l'intégrité du puits de cuve et des supports de cuve d'un temps de rétention trop long (voir dans la section 19.2.2).

En situation d'accident grave, la pression dans le puits de cuve, qui peut atteindre \square bar, est reprise par une structure dédiée en sous-face de la trappe, un châssis support en acier appuyé sur les briques de zircone, qui absorbe et distribue dans la couche de zircone voisine, le chargement mécanique auquel est soumise la trappe.

Enfin, la trappe peut être verrouillée au châssis par un système de boulons en acier qui s'insèrent simultanément dans les trous correspondants dans le châssis. Les boulons et le mécanisme d'ouverture associé sont montés sous la plaque d'aluminium.

Afin de permettre un contrôle par ultrasons du fond de cuve et de rendre accessible le puits de cuve, la trappe est amovible et peut être déplacée en situation d'arrêt, vers une zone de stockage dans l'aire d'étalement via le canal de décharge.

3.3. DESCRIPTION ET CONCEPTION DU CANAL DE DÉCHARGE

Le canal de décharge permet le transit du corium du puits de cuve vers la chambre d'étalement.

Le canal est construit en béton structurel ordinaire. Il est recouvert d'une peau métallique ancrée par goujons dans le béton des structures internes. L'épaisseur de la peau d'acier des parois et du fond du canal est de \square mm, celle du plafond est de \square mm en partie courante et de \square mm près de l'ouverture du puits de cuve (voir [FIG-6.2.6.7](#)).

Le fond et les parois du canal sont protégés par une couche de briques de zircone, d'environ \square cm d'épaisseur (voir [FIG-6.2.6.7](#)), ayant les mêmes caractéristiques que les briques qui protègent le puits de cuve. Leur épaisseur n'est cependant que de \square cm sur le plafond car l'écoulement de corium provenant du puits de cuve ne peut pas obstruer complètement la section droite du canal et le corium \square . Le flux de chaleur vers le plafond provient uniquement du rayonnement issu du corium. Les briques de zircone, ancrées à la peau métallique du canal résistent au chargement imposé par le corium, même au point d'impact directement à l'aplomb de la porte du puits de cuve. Elles constituent aussi un isolant thermique et permettent de maintenir la température du béton structurel voisin à un niveau suffisamment bas.

Enfin, une peau métallique de \square protège les briques de zircone positionnées sur les parois du canal (voir [FIG-6.2.6.7](#)). Une plaque en acier de \square protège aussi le fond du canal de tout dommage lors des opérations normales. Sur cette plaque est monté le système de rails nécessaire au chariot qui transporte le bouchon lors de l'inspection de la cuve. La connexion de la peau métallique avec la zone d'étalement est libre dans le sens axial du canal et a pour finalité de permettre les mouvements de dilatation thermique.

La section du canal de déchargement est \square . Un résidu de corium peut éventuellement rester dans le canal à la fin du déversement dans la zone d'étalement. Néanmoins, la viscosité du corium étant faible, la hauteur du corium résiduel sera très limitée. Par ailleurs, le corium résiduel sera refroidi par l'inondation ultérieure du canal.

3.4. DESCRIPTION ET CONCEPTION DE LA CHAMBRE D'ÉTALEMENT

Description

Le récupérateur de corium, destiné à recueillir en dernier lieu le corium, est un creuset de faible profondeur, de surface environ \square m², ce qui permet d'obtenir une couche de corium peu épaisse, facilitant la stabilisation et le refroidissement (voir [FIG-6.2.6.4](#)).

Il est constitué en parties basse et périphériques d'éléments en fonte clipsés les uns aux autres. Ils visent en cas d'accident grave à protéger le béton structurel et refroidir le corium : c'est la structure de refroidissement (voir [FIG-6.2.6.5](#)). Les jonctions mécaniques entre les éléments étant flexibles, la structure ainsi constituée est insensible à la dilatation thermique et à la déformation provoquées par les forts gradients thermiques locaux.

La base des éléments en fonte a pour dimension moyenne \square cm², leur épaisseur est de \square cm pour les éléments qui tapissent le fond du récupérateur et \square cm pour les éléments latéraux (voir [FIG-6.2.6.5](#)). Les éléments sont fixés par des profilés métalliques en T soudés sur des platines pré-scellées. Au niveau le plus bas, les éléments latéraux s'insèrent dans les éléments horizontaux par l'intermédiaire de rainures. Au niveau supérieur, l'espace entre le béton structurel et la paroi latérale de la zone d'étalement est protégé de l'intrusion potentielle du corium, dispersé localement par le contact avec l'eau, par un chapeau métallique. Cette couverture d'acier de \square cm d'épaisseur a des ouvertures permettant l'échappement de l'eau et de la vapeur provenant des canaux de la structure de refroidissement.

Pour favoriser le transfert thermique, les éléments inférieurs sont composés d'ailettes de \square qui forment des canaux d'écoulement pour l'eau de refroidissement. La longueur des canaux peut atteindre \square m. Les canaux présentent une inclinaison de \square % pour faciliter l'écoulement de la vapeur. Ces canaux relient le canal central d'alimentation en eau à l'espace latéral, situé derrière la paroi verticale du récupérateur.

Les éléments de la structure de refroidissement métallique sont recouverts de béton sacrificiel de type siliceux standard (voir section 19.2.2). L'objectif de cette couche de béton est de protéger la structure de refroidissement des potentielles charges thermiques et mécaniques transitoires liées à l'étalement du corium et de modifier les caractéristiques physico-chimiques de ce dernier. L'épaisseur moyenne de la couche de béton sacrificiel est de \square cm au fond de l'aire d'étalement et près de \square cm au niveau des voiles. L'inclinaison des canaux de refroidissement conduit en effet à une épaisseur plus importante au centre (de l'ordre de \square cm) qu'en périphérie (\square).

Refroidissement

En situation d'accident grave, l'arrivée du corium dans la chambre d'étalement déclenche l'ouverture de deux vannes de noyage et initie l'écoulement gravitaire de l'eau de l'IRWST vers le récupérateur. L'eau remplit d'abord la conduite centrale d'où elle est distribuée dans les canaux horizontaux de refroidissement puis remonte dans les canaux verticaux de la structure de refroidissement des parois latérales. Ce processus de remplissage dure environ 10 minutes (débit initial de l'eau de 100 kg/s). L'eau déborde des canaux verticaux et submerge la surface du corium étalé depuis la périphérie vers le centre. L'écoulement se poursuit jusqu'à ce que les niveaux de pression hydrostatique entre l'IRWST et la chambre d'étalement soient équilibrés ; le canal de décharge et la partie inférieure du puits de cuve sont alors noyés (voir [FIG-6.2.6.6](#)).

Au début du noyage, l'eau qui arrive sur le corium s'évapore complètement. La puissance résiduelle dégagée par le corium entraîne une ébullition superficielle. Un bain d'eau saturée finit par se former à la surface d'une croûte en formation au-dessus du corium, l'échange thermique est réalisé par ébullition et la vapeur formée est relâchée dans l'enceinte. Quand le récupérateur est entièrement noyé, la quantité de vapeur dégagée correspond à la puissance résiduelle totale du corium.

Des expériences ont permis de montrer que la structure de refroidissement est apte à évacuer des flux de chaleur très élevés (jusqu'à 100 kW/m²), supérieurs aux valeurs estimées par des analyses paramétriques notamment pour différents types de corium (répartition des couches oxyde et métal) qui atteignent au plus 100 kW/m². En outre, la formation d'une couche de vapeur en partie supérieure des canaux ne dégrade pas le refroidissement global. Ainsi, le transfert thermique avec l'eau circulant dans les canaux de refroidissement est suffisamment efficace pour évacuer la chaleur dégagée par le corium et ce avec suffisamment de marge vis-à-vis des flux thermiques maximums attendus (voir section 19.2.2).

Interaction corium-béton

Parallèlement à la progression de l'eau dans le récupérateur, le corium étalé interagit avec le béton sacrificiel recouvrant la structure de refroidissement. Ce processus est destiné à protéger la structure de refroidissement de l'agression potentielle du corium lors de son étalement et à réduire la température du corium avant son contact avec la structure métallique. Ainsi, l'interaction corium-béton garantit un délai largement suffisant pour que la structure soit totalement inondée avant que le corium ne vienne en contact direct avec elle (il faut environ 10 min pour éroder une couche de béton de 10 cm et 100 pour inonder la partie inférieure de la structure de refroidissement). En outre, l'incorporation de béton siliceux réduit le terme source radiologique en diminuant la quantité d'aérosols radioactifs dans l'atmosphère de l'enceinte (voir section 19.2.2).

Chambre d'étalement sèche

Afin de garantir l'absence d'eau dans la chambre d'étalement avant l'arrivée du corium, les dispositions suivantes sont prévues :

- l'espace de la chambre d'étalement alloué à l'échappement de la vapeur est protégé par des murs de sorte à empêcher tout jet d'eau, résultant d'une rupture de tuyauterie, de pénétrer directement dans le récupérateur,
- l'eau de condensation générée sur les parois internes de l'enceinte suite à un APRP est dirigée vers l'IRWST,
- la condensation à l'intérieur de la chambre d'étalement est très faible et peut donc être tolérée vis-à-vis des effets de l'interaction corium-eau.

4. ANALYSE DE SÛRETÉ

4.1. CONFORMITÉ À LA RÉGLEMENTATION

Le système de récupération de corium est conforme à la réglementation générale en vigueur et ne fait pas l'objet de dérogations particulières.

4.2. RESPECT DES CRITÈRES FONCTIONNELS

La conception du récupérateur de corium décrite dans le [§ 3.](#) garantit le respect des critères fonctionnels définis dans le [§ 0.2.](#)

4.3. CONFORMITÉ AUX EXIGENCES DE CONCEPTION

La conception du récupérateur de corium décrite dans le [§ 3.](#) est conforme aux exigences définies dans le [§ 0.3.](#)

4.4. TEL QUE RÉALISÉ

A ce stade de la fabrication, de l'installation et du déroulement des essais, aucun écart n'impacte les requis de sûreté spécifiés dans le Rapport de Sûreté.

FIG-6.2.6.1 PRINCIPAUX COMPOSANTS DU CONCEPT EPR DE RÉTENTION DU CORIUM

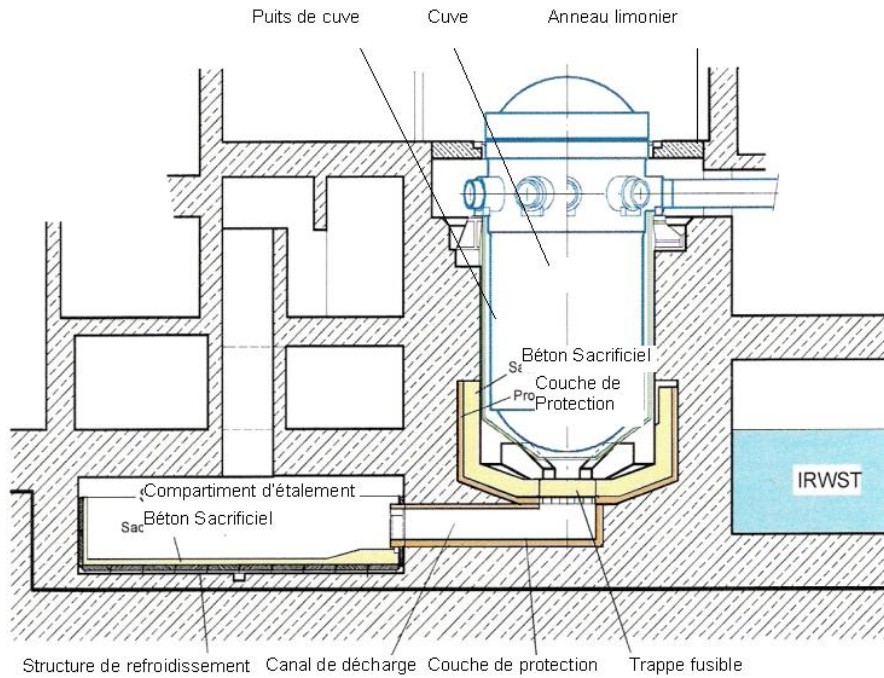
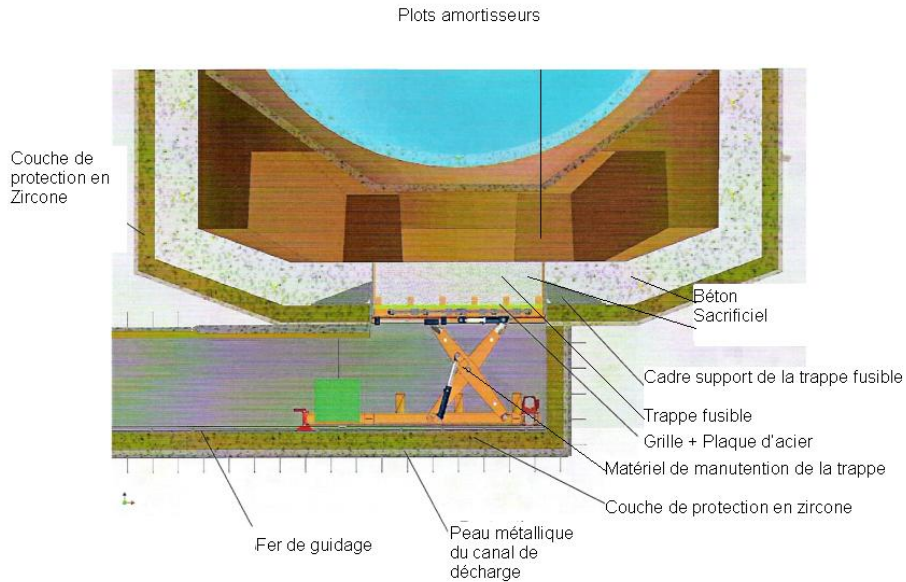


FIG-6.2.6.2 VUE GÉNÉRALE DE LA TRAPPE FUSIBLE



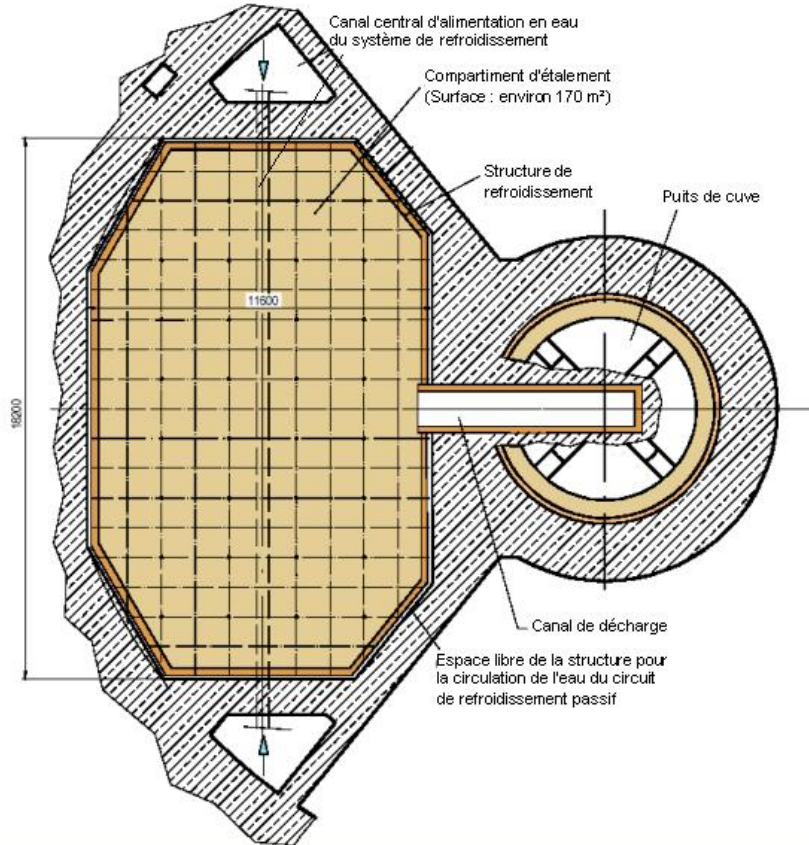
Couche de protection en Zircone (□)

Grille + Plaque d'acier (□)

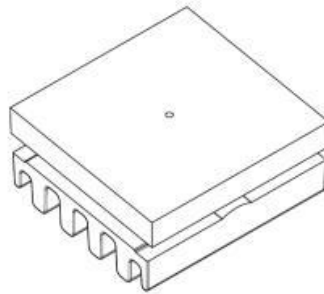
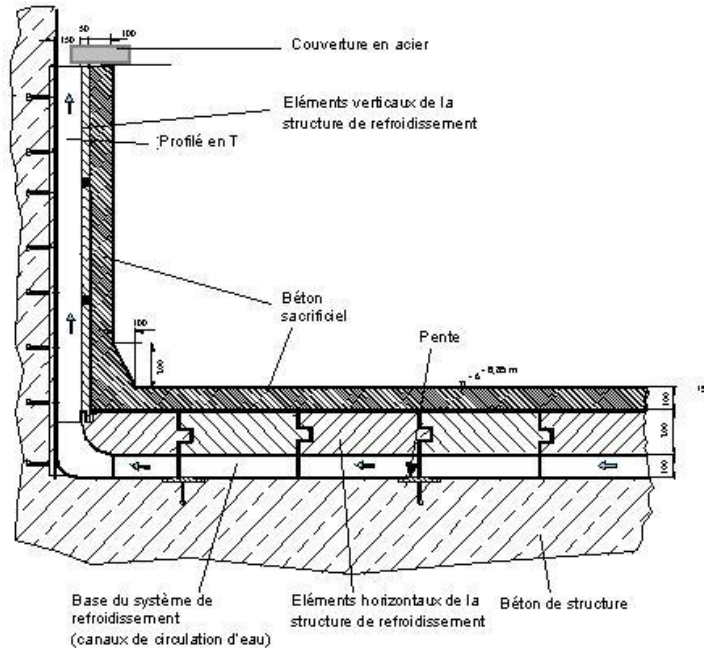
Béton Sacrificiel (□)

FIG-6.2.6.3 VUE DU DESSUS DE LA TRAPPE FUSIBLE ET DU CADRE SUPPORT

FIG-6.2.6.4 VUE DU DESSUS DE LA CHAMBRE D'ÉTALEMENT



**FIG-6.2.6.5 VUE GÉNÉRALE DE LA STRUCTURE DE
REFROIDISSEMENT (EN HAUT) ET SCHÉMA DES ÉLÉMENTS
COMPOSANT LA PARTIE INFÉRIEURE DE LA STRUCTURE (EN
BAS)**



□

FIG-6.2.6.6 REFROIDISSEMENT PASSIF DU CORIUM – ÉQUILIBRE DES NIVEAUX D'EAU ENTRE LE Puits DE CUVE, LA CHAMBRE D'ÉTALEMENT ET L'IRWST

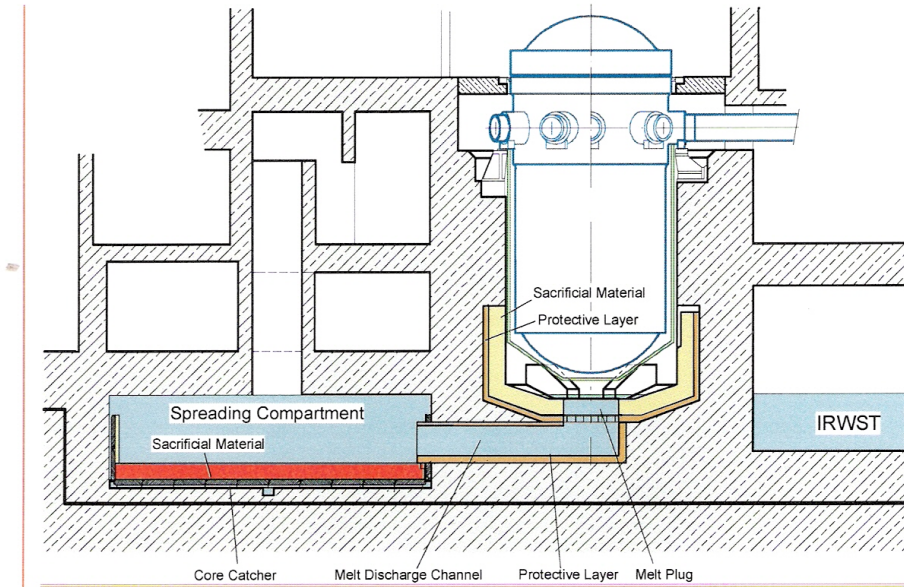
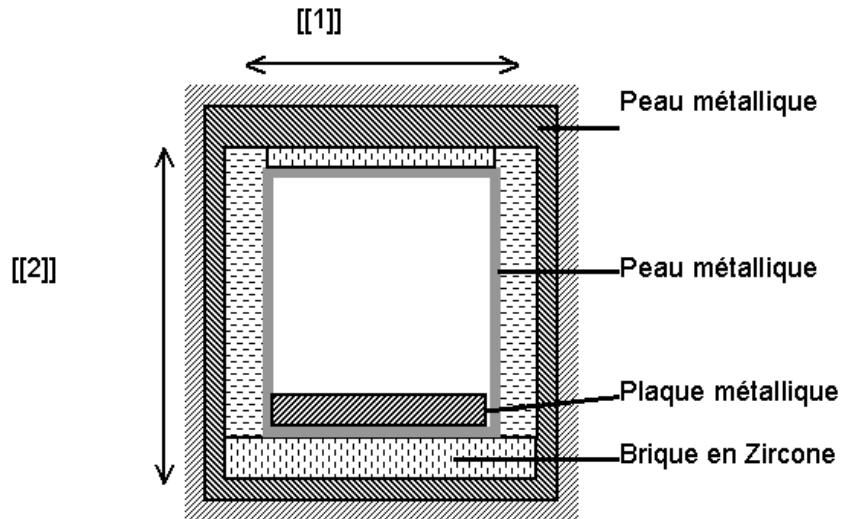


FIG-6.2.6.7 CANAL DE DÉCHARGE



□

SOMMAIRE

.6.2.7	CIRCUIT D'ÉVACUATION DE PUISSANCE DE L'ENCEINTE (EVU)	5
0.	EXIGENCES DE SÛRETÉ	5
0.1.	FONCTIONS DE SÛRETÉ	5
0.1.1.	CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	5
0.1.2.	ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	5
0.1.3.	CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	5
0.1.4.	CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ	6
0.1.5.	CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES À LA PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS	6
0.1.6.	CONTRIBUTIONS À L'ÉLIMINATION PRATIQUE	6
0.2.	CRITÈRES FONCTIONNELS	7
0.2.1.	CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	7
0.2.2.	ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	7
0.2.3.	CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	7
0.2.4.	CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ	8
0.2.5.	CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES À LA PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS	8
0.2.6.	CONTRIBUTIONS À L'ÉLIMINATION PRATIQUE	8
0.3.	EXIGENCES RELATIVES À LA CONCEPTION	9
0.3.1.	EXIGENCES ISSUES DU CLASSEMENT DE SÛRETÉ	9
0.3.2.	EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES	9
0.3.3.	AGRESSIONS	12
0.3.4.	DIVERSIFICATION	12
0.3.5.	RADIOPROTECTION	12
0.3.6.	EXIGENCES LIÉES AU FONCTIONNEMENT, À LA MAINTENANCE ET À L'ACCESSIBILITÉ LONG TERME	12
0.4.	ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE	13
0.4.1.	ESSAIS DE DÉMARRAGE	13
0.4.2.	SURVEILLANCE EN EXPLOITATION	13
0.4.3.	ESSAIS PÉRIODIQUES	13
0.4.4.	MAINTENANCE	13

1. RÔLE DU SYSTÈME	13
1.1. RÔLE DU SYSTÈME PENDANT L'EXPLOITATION NORMALE DE LA TRANCHE	13
1.2. RÔLE DU SYSTÈME DANS LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT PCC-2 À PCC-4, RRC-A, EN ACCIDENT GRAVE ET SITUATIONS AGRESSIONS	13
2. BASES DE CONCEPTION	14
2.1. HYPOTHÈSES GÉNÉRALES DE FONCTIONNEMENT	14
2.2. HYPOTHÈSES DE DIMENSIONNEMENT	14
2.2.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	14
2.2.2. ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	14
2.2.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	15
2.2.4. CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ	16
2.3. AUTRES HYPOTHÈSES	17
3. DESCRIPTION — FONCTIONNEMENT	18
3.1. DESCRIPTION	18
3.1.1. DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SYSTÈME	18
3.1.2. DESCRIPTION DES MATÉRIELS PRINCIPAUX	19
3.1.3. DESCRIPTION DES DISPOSITIONS D'INSTALLATIONS PRINCIPALES	20
3.2. FONCTIONNEMENT	20
3.2.1. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME NORMAL DE LA TRANCHE	20
3.2.2. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME PERMANENT DU SYSTÈME	20
3.2.3. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME TRANSITOIRE	21
3.2.4. AUTRES RÉGIMES DE FONCTIONNEMENT DU SYSTÈME	21
4. ANALYSE DE SÛRETÉ	21
4.1. CONFORMITÉ À LA RÉGLEMENTATION	21
4.2. RESPECT DES CRITÈRES FONCTIONNELS	22
4.2.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	22
4.2.2. ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	22
4.2.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	22
4.2.4. CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ	23
4.2.5. CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES À LA PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS	25

4.2.6. CONTRIBUTIONS À L'ÉLIMINATION PRATIQUE	25
4.3. CONFORMITÉ AUX EXIGENCES DE CONCEPTION	25
4.3.1. EXIGENCES ISSUES DU CLASSEMENT DE SÛRETÉ	25
4.3.2. EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES	26
4.3.3. AGRESSIONS	28
4.3.4. DIVERSIFICATION	29
4.3.5. RADIOPROTECTION	29
4.3.6. FONCTIONNEMENT, MAINTENANCE ET ACCESSIBILITÉ À LONG TERME	29
4.3.7. SYSTÈME TEL QUE RÉALISÉ	29
4.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE	29
4.4.1. ESSAIS DE DÉMARRAGE	29
4.4.2. SURVEILLANCE EN EXPLOITATION	30
4.4.3. ESSAIS PÉRIODIQUES	30
4.4.4. MAINTENANCE	31
5. SCHÉMAS DE PRINCIPE	31



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 6

SECTION 2.7

PAGE 4/35

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

FIGURES :

FIG-6.2.7.1 SCHÉMA DE PRINCIPE [] EVU	32
FIG-6.2.7.2 SCHÉMA DE PRINCIPE [] EVU	33
FIG-6.2.7.3 SCHÉMA DE PRINCIPE DE L'INJECTION DE SOUDE [] EVU.....	34
FIG-6.2.7.4 SCHÉMA DE PRINCIPE DE L'INJECTION DE SOUDE [] EVU	35

.6.2.7 CIRCUIT D'ÉVACUATION DE PUISSANCE DE L'ENCEINTE (EVU)

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

0.1. FONCTIONS DE SÛRETÉ

0.1.1. Contrôle de la réactivité

Le système EVU ne contribue pas directement au contrôle de la réactivité.

0.1.2. Évacuation de la puissance résiduelle

Les contributions du système à l'évacuation de la puissance résiduelle doivent être les suivantes :

- Le système EVU doit assurer le transfert de la chaleur résiduelle de l'enceinte vers la source froide ultime (SRU) via une chaîne de refroidissement dédiée dans les cas suivants :
 - lors d'un accident grave ;
 - lors de certaines séquences RRC-A.
- La chaîne intermédiaire de la file 1 de l'EVU doit assurer également le refroidissement de la troisième file PTR lors du fonctionnement de cette dernière (PCC2, PCC4 ou RRC-A).

0.1.3. Confinement des substances radioactives

Les contributions du système au confinement des substances radioactives doivent être les suivantes :

3^{ème} barrière de confinement

- le système EVU doit assurer le transfert de la chaleur de l'atmosphère de l'enceinte vers l'IRWST au cours d'un accident grave et lors de certaines situations RRC-A, afin de maintenir la pression et la température de l'enceinte à des valeurs compatibles avec le maintien de son intégrité et des profils de qualification des matériels dans le bâtiment réacteur ;
- en cas d'isolement Enceinte phase 1, d'isolement Haute Activité Primaire ou en début d'Accident Grave, le système EVU doit jouer le rôle de 3^{ème} barrière de confinement au niveau de ses traversées enceinte ;
- en conditions accidentelles, les parties extérieures au bâtiment réacteur faisant partie de la chaîne principale du système EVU dans sa fonction d'aspersion de l'enceinte, doivent constituer des extensions de la 3^{ème} barrière de confinement ;
- le système EVU doit pouvoir détecter et isoler une fuite susceptible d'intervenir sur les tuyauteries EVU situées dans les B.A.S. afin d'éviter des rejets inacceptables du fait de l'étalement d'une grande quantité d'eau contaminée en cas de fonctionnement long terme (à partir de 15 jours).

Injection de soude

Le système EVU doit injecter de la soude dans la cuve via le RIS et le circuit primaire en cas de brèche primaire conduisant à une dégradation du combustible (lors de certaines situations PCC-3, PCC-4 et RRC-A) ou directement dans l'IRWST via l'EVU et le système RPE (cf. section 11.1.3.1) en situation d'accident grave RRC-B et dans certains scénarios RRC-A.

Cela permet de limiter la production d'iode volatile depuis la phase aqueuse vers l'atmosphère en cas de brèche primaire conduisant à une dégradation de la gaine du combustible.

De plus, pour l'injection via EVU, cela permet d'alcaliniser l'IRWST et donc de garantir une aspersion de l'enceinte basique dans les situations RRC-A et RRC-B nécessitant l'EVU en aspersion.

Noyage passif

Le système EVU doit, lors d'un accident grave (cf. section 6.2.6) :

- réaliser le noyage passif de la zone d'étalement du corium par l'eau de l'IRWST lorsque le corium s'est étalé ;
- assurer l'isolation thermique du radier du bâtiment réacteur afin de garantir son intégrité en évitant son agression et son percement par le corium.

0.1.4. Contributions indirectes aux fonctions de sûreté

Le système EVU doit contribuer indirectement au confinement des substances radioactives en assurant une surpression entre le circuit intermédiaire et le circuit principal afin de prévenir d'éventuelles fuites d'eau contaminée dans le circuit intermédiaire EVU.

Au titre de sa contribution indirecte aux fonctions principales de l'EVU, le système EVU doit assurer :

- le refroidissement des pompes principales de l'EVU dans tous les cas de fonctionnement du circuit principal ;
- le refroidissement des pompes intermédiaires de l'EVU dans tous les cas de fonctionnement du circuit intermédiaire ;
- le rinçage des tuyauteries de l'EVU pour permettre des actions de maintenance ou de réparation dans le cas d'une file défaillante ;
- la réinjection des effluents vers le BR suite à une fuite afin d'accéder aux locaux impactés ;
- la pressurisation des bâches d'injection aux garnitures mécaniques de la pompe principale afin d'assurer l'étanchéité de la pompe et son fonctionnement à long terme dans tous les cas de fonctionnement.

Le système EVU doit contribuer indirectement au contrôle de la réactivité en tant que support de la fonction de mise à l'arrêt du 3^{ème} train du système PTR. La mise à l'arrêt du circuit intermédiaire du train 1 de l'EVU permet de maintenir la concentration en bore dans la piscine de désactivation lors de certaines situations RRC-A.

Le système EVU doit contribuer indirectement aux trois fonctions fondamentales de sûreté en assurant une aspersion de l'enceinte basique dans les situations nécessitant l'EVU en aspersion (RRC-A ou en accident grave), afin de ne pas remettre en cause la qualification des matériels du bâtiment réacteur.

0.1.5. Contributions spécifiques à la protection contre les agressions

La contribution du système à la protection contre les agressions doit être la suivante :

- limiter les effets d'une inondation interne en isolant une rupture ou fuite sur le système RCV du BK sur la ligne de charge, ou sur la ligne d'injection aux joints ; et du BAN sur la ligne d'injection aux joints en aval des pompes de charge,
- limiter les effets d'une inondation interne en isolant une rupture ou fuite sur les lignes de purification PTR du BK ou du BAN (configuration tube transfert fermé) lors de la purification de l'IRWST, lors du remplissage de la piscine réacteur avec le système PTR,
- limiter les effets d'une inondation interne en isolant une rupture ou fuite sur le système SRU dans l'ouvrage de rejet.

0.1.6. Contributions à l'élimination pratique

Les contributions du système à l'élimination pratique doivent être les suivantes :

- éviter la vidange de l'IRWST en dehors de l'enceinte en cas de fuite ou rupture de tuyauterie EVU lors de sa mise en service durant un accident. Conformément à la section 18.1.3, le système EVU participe à l'élimination du risque de bipasse de confinement.

0.2. CRITÈRES FONCTIONNELS

Au titre de ses contributions à l'accomplissement des fonctions de sûreté, le système doit satisfaire les critères fonctionnels suivants :

0.2.1. Contrôle de la réactivité

Sans objet.

0.2.2. Évacuation de la puissance résiduelle

- Refroidissement de la chaîne principale EVU par la chaîne intermédiaire EVU
Les capacités de refroidissement des chaînes principale et intermédiaire du système EVU doivent être suffisantes pour permettre d'évacuer la chaleur résiduelle de l'IRWST jusqu'à la source froide ultime SRU (cf. section 9.2.6) dans le respect des profils de pression et de température de l'enceinte et des profils de qualification des matériels du bâtiment réacteur définis pour les situations d'accident grave et lors de certains transitoires RRC-A.
- Refroidissement de la 3^{ème} file PTR
Pour le train 1 du système EVU, la capacité de refroidissement de la chaîne intermédiaire doit être suffisante pour permettre d'évacuer la puissance de la 3^{ème} file PTR en PCC2, PCC4 et lors de certains transitoires RRC-A.

0.2.3. Confinement des substances radioactives

3^{ème} barrière de confinement

- la capacité d'aspersion du système EVU doit être suffisante pour assurer le transfert de chaleur de l'atmosphère de l'enceinte vers l'IRWST, afin d'assurer des conditions de pression et de température compatibles avec l'intégrité de l'enceinte ;
- en cas d'Isolément Enceinte Phase 1, d'Isolément Haute Activité Primaire ou en début d'Accident Grave, le système EVU doit permettre l'isolement de l'enceinte de confinement au niveau de ses traversées enceinte ;
- en conditions accidentelles, les parties du système EVU constituant des extensions de la 3^{ème} barrière de confinement doivent jouer le rôle de barrière de confinement vis-à-vis du fluide véhiculé ;
- en cas de fuite sur les tuyauteries EVU situées dans les BAS, les vannes du système EVU en amont des pompes principales doivent être disponibles à la fermeture afin d'assurer l'isolement de la fuite.

Injection de soude

Le système EVU doit injecter un volume de soude dans une plage de concentration prévue dans un temps donné afin de pouvoir alcaliniser l'IRWST en cas de brèche primaire conduisant à une dégradation du combustible (lors de certaines situations PCC-3, PCC-4 et RRC-A), ou dans certaines situations RRC-A et RRC-B.

Noyage passif

- le débit de noyage passif d'un train du système EVU doit être suffisant pour refroidir le corium (pendant la phase de trempe du corium) puis pour assurer l'évacuation de la puissance résiduelle du corium en Accident Grave ;

- au début du processus de noyage passif, le délai avant l'arrivée de l'eau dans la zone d'étalement du corium doit être suffisant pour garantir un bon étalement du corium dans la zone d'étalement avant l'arrivée d'eau.

0.2.4. Contributions indirectes aux fonctions de sûreté

Au titre de sa contribution indirecte au confinement des substances radioactives, le système EVU doit assurer une pression minimale dans le circuit intermédiaire et un niveau d'eau minimum dans le ballon de pressurisation de la chaîne intermédiaire afin d'éviter d'éventuelles fuites d'eau contaminée dans le circuit intermédiaire. Le niveau minimal doit être assuré pendant une certaine durée malgré les fuites normales du circuit, afin que le système dispose d'une autonomie de fonctionnement sans appoint en eau. Au-delà de cette autonomie, un appoint en eau doit pouvoir être réalisé.

Au titre de sa contribution indirecte aux fonctions principales de l'EVU, le système EVU doit assurer :

- Refroidissement des pompes principales de l'EVU
Le système EVU doit fournir un débit d'eau de refroidissement minimal à une température maximale au palier et moteur de la pompe afin d'assurer son fonctionnement.
- Refroidissement des pompes intermédiaires de l'EVU
Le système EVU doit fournir un débit d'eau de refroidissement minimal à une température maximale au moteur de la pompe afin d'assurer son fonctionnement.
- Rinçage des tuyauteries de l'EVU
Le système EVU doit pouvoir injecter de l'eau propre dans les tuyauteries principales EVU avec un débit non nul afin de limiter le débit de dose en cas d'intervention (maintenance, réparation).
- Réinjection des effluents
Le système EVU doit pouvoir réinjecter les effluents des locaux EVU vers le BR avec un débit non nul afin de limiter le débit de dose en cas d'intervention (maintenance, réparation).
- Pressurisation des ballons d'injection aux garnitures mécaniques de la pompe principale
Le système EVU doit assurer une pression minimale et un niveau d'eau minimal dans le ballon d'injection aux garnitures mécaniques de la pompe principale afin d'assurer son fonctionnement. Le niveau minimal doit être assuré pendant une certaine durée malgré les fuites normales du circuit, afin que le système dispose d'une autonomie de fonctionnement sans appoint en eau. Au-delà de cette autonomie, un appoint en eau doit pouvoir être réalisé.
- Mise à l'arrêt du 3^{ème} train PTR
Au titre de sa contribution indirecte au contrôle de la réactivité, le système EVU doit être mis à l'arrêt dans certaines situations de perte du refroidissement de la piscine de désactivation (RRC-A) afin d'assurer une température de l'eau dans la piscine de désactivation acceptable vis-à-vis du risque de cristallisation du bore.
- Injection de soude préalable à l'aspersion de l'enceinte
Au titre de sa contribution indirecte aux trois fonctions fondamentales de sûreté, le système EVU doit injecter un volume de soude dans une plage de concentration prévue dans un temps donné afin de pouvoir alcaliniser l'IRWST dans les situations RRC-A et d'accident grave nécessitant l'EVU en aspersion.

0.2.5. Contributions spécifiques à la protection contre les agressions

Au titre de sa contribution spécifique à la protection contre les agressions, le système EVU doit satisfaire les critères fonctionnels d'isolement suivants :

- Fermeture des vannes de liaison RCV/EVU ;
- Fermeture des vannes d'isolement à l'aspiration des pompes ;
- Fermeture de la vanne d'isolement à l'aval de l'échangeur EVU/SRU du train 1.

0.2.6. Contributions à l'élimination pratique

Au titre de sa contribution spécifique à l'élimination pratique :

- le système EVU doit permettre la manoeuvrabilité des vannes en amont des pompes du circuit principal EVU en cas de fuite ou rupture de tuyauterie EVU pour éviter la vidange de l'IRWST en dehors de l'enceinte.

0.3. EXIGENCES RELATIVES À LA CONCEPTION

0.3.1. Exigences issues du classement de sûreté

0.3.1.1. Classement de sûreté

Les parties du système EVU jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté doivent faire l'objet d'un classement de sûreté conformément aux règles de classement indiquées à la section 3.2.1.

0.3.1.2. Critère de Défaillance Unique (active et passive)

Les fonctions du système EVU classées F1 doivent être robustes à l'application du critère de défaillance unique.

Les fonctions du système EVU classées F2 au titre de la protection de l'installation contre les agressions internes doivent être robustes à l'application de la défaillance aléatoire conformément aux règles du paragraphe 2.3 de la section 3.4.0.

0.3.1.3. Alimentation électrique de secours

L'alimentation électrique des composants du système EVU nécessaire à l'accomplissement des fonctions classées F1 doit être secourue par les groupes diesels principaux.

L'alimentation des composants du système EVU nécessaire à l'accomplissement des fonctions classées F2 doit être secourue au cas par cas afin que cette dernière soit assurée si nécessaire en cas de perte des alimentations électriques extérieures.

0.3.1.4. Séparation physique / géographique

Les fonctions classées F1 du système EVU doivent être conçues conformément à l'exigence de séparation physique/géographique de leurs équipements redondants constitutifs.

0.3.1.5. Qualification aux conditions accidentelles

Les équipements classés du système EVU doivent être qualifiés en fonction des conditions de fonctionnement dans lesquelles ils sont sollicités au titre de leur contribution à l'accomplissement des fonctions de sûreté, conformément aux règles du sous chapitre 3.7.

0.3.1.6. Classement ESPN, mécanique, électrique, Contrôle-Commande et sismique

Les classements ESPN du système EVU doivent être définis conformément aux règles de classement présentées dans le sous-chapitre 1.7.

Les équipements du système EVU redevables d'un classement mécanique, électrique, contrôle-commande et sismique doivent être classés conformément aux règles de classement présentées dans la section 3.2.1.

Les équipements du système EVU redevables d'un classement ESPN doivent être classés conformément à la réglementation applicable (cf. section 3.6.2).

0.3.2. Exigences réglementaires

La réglementation sur les équipements sous pression présentée au sous-chapitre 1.7 s'applique au système EVU.

0.3.2.1. Textes réglementaires

0.3.2.1.1. Textes Officiels

Le système EVU n'est pas concerné spécifiquement par un texte officiel.

0.3.2.1.2. Prescriptions techniques

Le système EVU est concerné spécifiquement par les prescriptions techniques suivantes (cf. paragraphe 2.2 de la section 1.7.0) :

- INB-167-16 relatif au refroidissement de la 3^{ème} file PTR ;
- INB-167-25 relatif à la chaîne de filtration RIS/EVU.

Le système EVU appartient au noyau dur Fukushima (cf. chapitre 21). A ce titre, il doit respecter la décision n° 2012-DC-0283 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 26 juin 2012 et décision n° 2014-DC-0403 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 21 janvier 2014 (voir section 1.7.0).

0.3.2.1.3. Réglementations internationales

Le système EVU n'est pas concerné par une réglementation internationale spécifique.

0.3.2.2. Textes para-réglementaires

0.3.2.2.1. Règles fondamentales de sûreté

Le système EVU n'est pas concerné par une règle fondamentale de sûreté spécifique.

0.3.2.2.2. Directives techniques

Le système EVU est concerné par les sections suivantes des Directives Techniques (voir section 1.7.0) :

- Section A.1.3 : Stratégie générale relative aux accidents graves :
 - Il est nécessaire de considérer de façon appropriée les différents aspects d'un système d'aspersion à l'intérieur de l'enceinte de confinement pour les situations d'accident grave. Un tel système permet de réduire à la fois la pression et les concentrations d'aérosols radioactifs dans l'enceinte de confinement ; cependant un système d'aspersion réduit l'inertage par la vapeur et accroît la vitesse de flamme d'une combustion d'hydrogène. La chaleur résiduelle doit être extraite de l'enceinte de confinement sans dispositif d'éventage ; pour cette fonction, un système ultime d'évacuation de la puissance résiduelle doit être installé.
 - La pénétration du radier de l'enceinte de confinement par un « corium » doit être évitée, étant donné que ce phénomène pourrait conduire à des rejets significatifs et à une contamination durable des nappes phréatiques et du sous-sol. De plus, des dispositions adéquates doivent être mises en oeuvre pour empêcher les fuites d'eau et de gaz contaminés dans le sous-sol à travers des fissures dans le radier.
- Section B.1.4.2 : Prévention des bipses du confinement :
 - Des exigences strictes doivent être appliquées aux moyens mis en place pour détecter les fuites primaires dans les bâtiments périphériques et éviter leurs conséquences.
- Section B.2.3.5 : Fonction d'évacuation de puissance de l'enceinte :
 - La fonction d'évacuation de la chaleur de l'enceinte de confinement dans les conditions d'une fusion du coeur à basse pression peut être réalisée par un système accomplissant une aspersion dans l'enceinte et un refroidissement du corium, divisé en deux trains, un train étant suffisant au bout de 15 jours pour maintenir la pression dans l'enceinte en dessous de la pression de dimensionnement. Ces trains seraient refroidis par une chaîne dédiée diversifiée par rapport au système de refroidissement intermédiaire des équipements utilisé par les systèmes liés à la prévention de la fusion du coeur. Les deux trains de cette chaîne de refroidissement dédiée seraient secourus électriquement par les petits diesels tels que décrits au paragraphe B.2.4.1.

- Il est souligné qu'un système d'évacuation de la chaleur de l'enceinte de confinement avec une recirculation de fluide radioactif en dehors de cette enceinte implique de traiter les défaillances possibles des tuyauteries correspondantes et les conséquences radiologiques associées.
- Section E.1.2.2 : Investigation de séquences spécifiques concernant la perte totale du système de refroidissement de la piscine du combustible usé :
Des investigations détaillées sont particulièrement nécessaires concernant la perte totale du système de refroidissement de la piscine du combustible usé, pour laquelle les conditions ambiantes dans le bâtiment correspondant et leur impact sur les structures et systèmes situés dans ce bâtiment, de même que les possibilités de fournir un appoint d'eau ou de réparer les composants défaillants doivent être complètement analysés. Des dispositions complémentaires doivent être mises en place autant que nécessaire notamment pour ce qui concerne les systèmes supports.
- Section E.2.3.1 : Refroidissement du coeur fondu en dehors de la cuve :
 - Concernant le radier de l'enceinte de confinement, les objectifs indiqués dans la section A.1.3 pour les situations avec fusion du coeur à basse pression peuvent, comme mentionné dans le paragraphe B.1.4.1, être atteints par la mise en place d'une grande chambre d'étalement en impasse avec refroidissement du corium quand il est étalé sur cette grande surface. La grande chambre d'étalement serait séparée géographiquement du puits de cuve et protégée à l'égard des chargements thermomécaniques consécutifs à la défaillance de la cuve du réacteur. Des dispositions de conception empêcheraient l'arrivée dans cette chambre d'eau de condensation provenant de quelque partie que ce soit de l'enceinte de confinement. De plus, une porte d'acier séparerait physiquement le puits de cuve de la chambre d'étalement.
 - Dans ce concept, des couches de béton sacrificiel seraient mises en place dans le puits de cuve et dans la chambre d'étalement pour obtenir des caractéristiques adéquates du mélange fondu. La pénétration du radier serait évitée par une couche protectrice réfractaire recouverte d'une couche d'acier. Le refroidissement du mélange fondu serait assuré par le noyage de ce mélange par le dessus par de l'eau provenant du réservoir d'eau interne à l'enceinte de confinement. Les chargements thermiques sur le radier seraient limités par une épaisse plaque d'acier placée sous une couche protectrice (ZrO₂ réfractaire), avec des canaux de refroidissement reliés au système d'évacuation de la puissance hors de l'enceinte de confinement.
- Section E.2.3.2 : Evacuation de la puissance de l'enceinte sans éventage ;
 - La fonction de refroidissement de l'enceinte de confinement dans les conditions de fusion du coeur à basse pression peut être réalisée par un système assurant une aspersion dans l'enceinte de confinement et le refroidissement du corium, divisé en deux trains comme décrit dans le paragraphe B.2.3.5, avec une chaîne de refroidissement dédiée assurant une diversification par rapport au système de refroidissement intermédiaire utilisé pour les systèmes relatifs à la prévention de la fusion du coeur. La pressurisation de la chaîne de refroidissement dédiée au dessus de la pression de fonctionnement du système de refroidissement de l'enceinte assurerait l'absence de fuite de ce système vers la chaîne de refroidissement dédiée.
 - Une attention appropriée doit être portée aux sujets suivants :
 - les fuites possibles du système, notamment :
 - la conception de la double enveloppe de la partie non isolable de la ligne d'aspiration du système d'évacuation de la chaleur de l'enceinte de confinement ainsi que la surveillance de cette ligne et de cette double enveloppe, en tenant compte des possibles effets de corrosion ;
 - la conception des parties du système d'évacuation de la chaleur de l'enceinte de confinement qui sont installées en dehors de cette enceinte et des locaux dédiés correspondants, en relation avec la fiabilité des dispositifs de détection de fuite et d'isolement d'un train défectueux ;

- les conséquences d'une fuite dans les compartiments du système d'évacuation de la chaleur de l'enceinte de confinement (pression, température, humidité relative, irradiation, 1/4) avec le classement des équipements correspondants.
- les possibilités de défaillances de cause commune du système d'évacuation de la chaleur de l'enceinte de confinement et des systèmes nécessaires pour prévenir la fusion du coeur, notamment :
 - la perte de systèmes support communs : comme la fiabilité de la fonction d'évacuation de la chaleur pourrait être limitée par la fiabilité des systèmes supports, notamment les alimentations électriques et la source froide ultime, le concepteur doit, autant que nécessaire, étudier des améliorations dans le cadre des études spécifiques aux sites ;
 - le bouchage des filtres du réservoir d'eau interne à l'enceinte de confinement : une information détaillée doit être fournie par le concepteur : caractéristiques de débit, volume et comportement des débris...

0.3.2.3. Textes EPR spécifiques

Le système EVU n'est pas concerné par un texte spécifique EPR.

0.3.3. Agressions

0.3.3.1. Agressions internes

Les fonctions du système EVU doivent être protégées vis-à-vis des conséquences des agressions internes si leur perte remet en cause l'atteinte des objectifs de sûreté du sous-chapitre 3.4.

0.3.3.2. Agressions externes

Les fonctions du système EVU doivent être protégées vis-à-vis des conséquences des agressions externes si leur perte remet en cause l'atteinte des objectifs de sûreté du sous-chapitre 3.3.

0.3.4. Diversification

Afin de limiter les risques de défaillance de mode commun, la chaîne de refroidissement EVU/SRU doit être diversifiée de la chaîne de refroidissement RRI/SEC.

0.3.5. Radioprotection

Le système doit être conçu pour limiter l'exposition du personnel au rayonnement et à la contamination dus aux produits de fission et aux produits de corrosion activés contenus dans le fluide véhiculé par le système EVU au niveau de la chaîne principale.

0.3.6. Exigences liées au fonctionnement, à la maintenance et à l'accessibilité long terme

Les équipements du système EVU nécessaires au maintien de la centrale en état final dans la gestion long terme après un accident doivent être accessibles aux opérateurs pour la maintenance et la réparation des matériels à long terme.

Cette accessibilité est conditionnée par la dose maximale que peut recevoir un intervenant au cours de sa mission (cf. sous-chapitre 12.5).

0.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE**0.4.1. Essais de démarrage**

Le système EVU doit être conçu pour permettre la réalisation d'essais de démarrage permettant de s'assurer de sa conception adéquate et de ses performances, et notamment du respect des critères fonctionnels qui lui sont assignés au paragraphe 0.2.

0.4.2. Surveillance en Exploitation

Le système EVU doit être conçu pour permettre une surveillance en exploitation normale des caractéristiques du système nécessaires à l'accomplissement de ses missions de sûreté afin d'assurer le bon comportement de ses composants et leur disponibilité.

0.4.3. Essais Périodiques

Les parties classées du système EVU doivent être conçues pour permettre la réalisation d'essais périodiques conformément aux règles définies dans le chapitre IX des Règles Générales d'Exploitation.

0.4.4. Maintenance

Le système EVU doit être conçu pour permettre la mise en oeuvre d'un programme de maintenance conformément au chapitre VIII des RGE.

1. RÔLE DU SYSTÈME

Le système EVU assure les fonctions opérationnelles suivantes dans les différentes conditions de fonctionnement de l'installation dans lesquelles il est sollicité :

1.1. RÔLE DU SYSTÈME PENDANT L'EXPLOITATION NORMALE DE LA TRANCHE

En cas de maintenance sur un des deux trains principaux du système PTR ou sur un de leurs systèmes support, la 3^{ème} file PTR est démarrée préventivement. Le train 1 du système EVU est alors mis en service afin d'assurer le refroidissement du troisième train PTR.

1.2. RÔLE DU SYSTÈME DANS LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT PCC-2 À PCC-4, RRC-A, EN ACCIDENT GRAVE ET SITUATIONS AGRESSIONS

La principale fonction du système EVU est de limiter la pression dans l'enceinte et d'assurer l'évacuation de la puissance résiduelle hors de l'enceinte en situation d'accident grave ou lors de certaines situations RRC-A.

Le système EVU assure également le transfert de la chaleur résiduelle de l'enceinte vers la source froide ultime (SRU) via une chaîne de refroidissement dédiée dans certaines situations RRC-A.

La chaîne intermédiaire de la file 1 de l'EVU assure le refroidissement de la troisième file PTR lors du fonctionnement de cette dernière (PCC ou RRC-A).

En outre, le système EVU contribue à limiter la production et les relâchements d'iode volatil depuis la phase aqueuse vers l'atmosphère de l'enceinte par l'injection d'une base (de la soude) dans la cuve via le RIS en cas de brèche primaire conduisant à une dégradation du combustible (lors de certaines situations PCC-3, PCC-4 et RRC-A) ou dans l'IRWST via l'EVU et RPE en situations RRC-A et RRC-B.

Enfin, le système EVU permet de limiter les effets d'une inondation interne dans le BK, le BAN et l'ouvrage de rejet.

2. BASES DE CONCEPTION

2.1. HYPOTHÈSES GÉNÉRALES DE FONCTIONNEMENT

Le système EVU est constitué de deux files identiques et indépendantes (files 1 et 4), assurant la même fonction (excepté le refroidissement de la troisième file PTR assuré par la file 1).

Fonctionnement en PCC

Seule la chaîne intermédiaire de la file 1 de l'EVU peut être utilisée dans des situations PCC2 et PCC4, pour le refroidissement de la 3^{ème} file PTR (voir section 9.1.3).

Fonctionnement en RRC-A

La chaîne intermédiaire de la file 1 de l'EVU peut être utilisée dans des situations RRC-A, pour le refroidissement de la 3^{ème} file PTR. Il s'agit alors d'une utilisation en cas de perte de source froide et en RCD en cas de MDTG.

Les deux files de l'EVU peuvent être utilisées lors de certaines séquences RRC-A afin d'évacuer la puissance résiduelle hors du bâtiment réacteur, notamment en cas de perte de source froide. Afin de limiter la montée en pression dans l'enceinte, l'EVU est utilisé en mode aspersion.

Fonctionnement en Accident Grave

Le rôle principal de l'EVU est d'évacuer la puissance résiduelle hors de l'enceinte en accident grave. Il permet de noyer et refroidir le corium par sa fonction noyage passif, ce qui entraîne une forte production de vapeur. Afin de limiter la montée en pression dans l'enceinte, l'EVU est utilisé en mode aspersion. Dans ces situations d'accident grave, deux files EVU en mode aspersion sont requises sur le court terme (<15 jours). A long terme (>15 jours), une seule file EVU est nécessaire pour évacuer la puissance et maintenir des conditions de pression et température conformes avec l'intégrité de l'enceinte et le profil de qualification des matériels dans le bâtiment réacteur.

2.2. HYPOTHÈSES DE DIMENSIONNEMENT

La conception de l'EVU est basée sur une puissance thermique de la chaudière de \square MWth.

L'EVU est dimensionné pour les conditions les plus pénalisantes du couple puissance résiduelle à évacuer / température de l'IRWST, quelles que soient les conditions de fonctionnement du système (RRC-A, Accident Grave) et de la source froide ultime SRU (voir section 9.2.6).

Les matériels de l'EVU fonctionnant en conditions accidentelles, ils sont conçus pour tenir aux profils de pression et température correspondant aux situations RRC-A et Accident Grave, ainsi qu'à l'irradiation et à la présence de particules dans l'eau de l'IRWST notamment.

Le jeu d'hypothèses de dimensionnement utilisé lors de la conception du système EVU peut être différent de celui utilisé dans les chapitres des études d'accident.

2.2.1. Contrôle de la réactivité

Sans objet.

2.2.2. Evacuation de la puissance résiduelle

Refroidissement de la chaîne principale EVU par la chaîne intermédiaire EVU

Fonctionnement en Accident Grave

Lorsque l'EVU est utilisé en Accident Grave, il doit pouvoir évacuer la puissance résiduelle de \square MW, soit \square MW par file hors de l'enceinte avec une température de la source froide considérée de \square °C. Cette température correspond à la température de la source froide en RRC-A (\square) majorée de \square °C pour tenir compte du lignage du SRU sur l'ouvrage de rejet, tranche en puissance (cf. section 9.1.3).

La capacité d'échange de l'échangeur EVU/EVU est dimensionnée à partir du régime de dimensionnement thermique suivant :

\square

La capacité d'échange requise de sûreté de l'échangeur EVU/EVU est de \square MW/°C.
La capacité d'échange de l'échangeur EVU/SRU est dimensionnée à partir du régime de dimensionnement thermique suivant :

\square

La capacité d'échange requise de sûreté de l'échangeur EVU/SRU est de \square MW/°C.

- Fonctionnement en RRC-A nécessitant le fonctionnement de la chaîne principale en mode aspersion

La capacité d'échange de l'échangeur EVU/EVU est dimensionnée à partir du régime de dimensionnement thermique suivant :

\square

La capacité d'échange requise de sûreté de l'échangeur EVU/EVU est de \square MW/°C.
La capacité d'échange de l'échangeur EVU/SRU est dimensionnée à partir du régime de dimensionnement thermique suivant :

\square

La capacité d'échange requise de sûreté de l'échangeur EVU/SRU est de \square MW/°C.

- Refroidissement de la 3^{ème} file PTR

- Fonctionnement en PCC2
Dans le cas du refroidissement de la 3^{ème} file PTR en puissance (situations PCC2), la chaîne intermédiaire de la file 1 de l'EVU doit permettre d'évacuer la puissance résiduelle dans la piscine combustible de \square MW (Cf. RDS 15.2.2x) avec une température de la source froide SRU de \square °C (voir section 9.1.3). Ce cas n'est pas dimensionnant par rapport à l'utilisation en RRC-A.
- Fonctionnement en PCC4
Dans le cas du refroidissement de la 3^{ème} file PTR en PCC4, la chaîne intermédiaire de la file 1 de l'EVU doit permettre d'évacuer la puissance résiduelle dans la piscine combustible de \square MW (Cf. RDS 15.2.4t) avec une température de la source froide SRU de \square °C.
- Fonctionnement en RRC-A
Dans le cas du refroidissement de la troisième file PTR en situations RRC-A, la chaîne intermédiaire de la file 1 de l'EVU doit permettre d'évacuer la puissance résiduelle dans la piscine combustible de \square MW (Cf. RDS 19.1.3Fs01) avec une température de la source froide SRU de \square °C. Cette température correspond à la température de la source froide en RRC-A (\square) majorée de \square °C pour tenir compte du lignage du SRU sur l'ouvrage de rejet, en APR-RCD (voir section 9.2.6). Ce cas est le plus enveloppe et a permis de dimensionner l'échangeur SRU/EVU intermédiaire de la file 1. Les deux trains sont identiques, bien que la file 4 ne soit pas requise pour le refroidissement de la troisième file PTR.
Seul l'échangeur EVU/SRU est valorisé dans ce cas. La capacité d'échange requise de sûreté de l'échangeur EVU/SRU dans le cas du refroidissement de la troisième file PTR est de \square MW/°C.
Le transitoire RRC-A dimensionnant est la perte des deux trains principaux du système de refroidissement de la piscine de désactivation dans les états E & F, notamment par perte de la station de pompage : Fso.1 (cf. section 19.1.3).

2.2.3. Confinement des substances radioactives

A court terme

Conformément aux études d'accident RRC-A et Accident Grave, la mise en service de deux trains EVU après une période de grâce de 12 heures doit réduire la pression depuis la valeur dans l'enceinte au moment de sa mise en service jusqu'à une valeur inférieure à \square bar abs en 12 heures. Au titre de la robustesse, la mise en service d'un train EVU après une période de grâce de 12 heures doit permettre de maintenir la pression de l'enceinte sous la pression de dimensionnement (\square).

A long terme

Un train EVU doit permettre de maintenir des conditions de pression et température conformes avec l'intégrité de l'enceinte et le profil de qualification des matériels dans le bâtiment réacteur.

- 3^{ème} barrière de confinement

La pompe de la chaîne principale de l'EVU doit permettre d'assurer un débit minimum de \square m³/h dans une file pour permettre une aspersion efficace en cas de fonctionnement en mode aspersion.

Les vannes d'isolement enceinte du système EVU appartiennent à la troisième barrière. A ce titre, les hypothèses de dimensionnement de ces vannes sont décrites dans les sections 6.2.3 et 6.2.5.

- Injection de soude

Le dimensionnement de la fonction d'injection de soude est défini de manière à minimiser le relâchement d'iode dans l'environnement. L'alcalinisation de l'IRWST permet de diminuer fortement ces rejets :

• **PCC-3, PCC-4 et RRC-A (Injection de soude via RIS)**

- L'injection de soude doit permettre d'assurer un pH basique dans l'IRWST. Pour cela, chaque train EVU dispose d'une bache contenant \square litres de soude à une concentration \square %. Le volume total de soude requis pour atteindre un pH basique est de 870 L. On considère donc que l'injection d'une seule bache est requise. Le débit du moyen d'injection de soude doit être suffisant de manière à injecter \square litres de soude dans un délai inférieur ou égal à \square heures, à partir de sa mise en service. La soude est injectée dans la cuve via des éjecteurs placés à l'aspiration et au refoulement des pompes RIS (basse pression).

• **RRC-A et RRC-B (injection de soude via EVU)**

- L'injection de soude doit permettre d'assurer un pH basique dans l'IRWST. Pour cela :

- chaque train EVU dispose d'une bache contenant \square litres de soude à une concentration \square %. Le volume total de soude requis pour atteindre un pH basique est de 3000 L. On considère donc que l'injection de deux bâches est requise. Le débit du moyen d'injection de soude doit être suffisant de manière à injecter \square litres de soude dans un délai inférieur ou égal à \square heures, à partir de sa mise en service. La soude est injectée dans l'IRWST par les pompes de soude EVU via la ligne RPE de réinjection des effluents RIS vers le BR (cf. section 11.1.3.1). Cette hypothèse n'est pas dimensionnante par rapport à l'exigence de réaliser l'injection de soude en préalable à l'aspersion de l'enceinte (cf. paragraphe 2.2.4).

- des moyens mobiles EVU (pompes, flexibles notamment) permettent d'injecter \square m³ de soude complémentaires à une concentration \square % dans l'IRWST. La soude est injectée par un des deux trains EVU via la ligne de rinçage des tuyauteries EVU, depuis la Zone Non Contrôlée, dans les \square h après le début de l'Accident Grave.

- Noyage passif

Pendant la trempe du corium, le débit de noyage passif doit être suffisant pour refroidir le corium avant érosion de la totalité du béton sacrificiel. Après la trempe du corium, le débit de noyage passif minimal doit être supérieur ou égal au débit d'évaporation dû au refroidissement du corium. Le délai avant que l'eau de l'IRWST arrive dans la Zone d'Étalement du Corium (ZEC) doit être a minima de \square secondes. Ce délai, défini entre la rupture des câbles qui maintiennent les vannes de noyage fermées, et le début du noyage par les côtés de la ZEC permet de satisfaire la bonne distribution du corium dans la zone d'étalement et ainsi de faciliter son refroidissement.

2.2.4. Contributions indirectes aux fonctions de sûreté

- Pressurisation de la chaîne intermédiaire

La pression dans la chaîne intermédiaire de l'EVU doit être supérieure a minima de \square bar par rapport à la pression de la chaîne principale de l'EVU. Le ballon de pressurisation de la chaîne intermédiaire permet de satisfaire cette surpression pour tous les cas de fonctionnement en assurant une pression minimum de \square bar abs en permanence. Par conséquent, et afin d'assurer l'inventaire en eau de la chaîne intermédiaire, un niveau d'eau minimum de \square m dans ce ballon est requis en permanence. L'autonomie du ballon de pressurisation doit être a minima de 15 jours sans appoint en eau en exploitation normale. Pour cela, un niveau d'eau minimum de \square m est

requis en exploitation normale. Le moyen d'appoint en eau doit permettre d'assurer un débit non nul dans un délai supérieur à 15 jours après l'accident grave.

- Refroidissement des pompes principales de l'EVU
Un débit minimum fourni au palier et moteur de la pompe par la chaîne intermédiaire de \square m³/h est requis à une température maximale du fluide de refroidissement de \square °C.
- Refroidissement des pompes intermédiaires de l'EVU
Un débit minimum fourni à la pompe par la chaîne intermédiaire de \square m³/h est requis à une température maximale du fluide de refroidissement de \square °C.
- Rinçage des tuyauteries de l'EVU
Le moyen d'injection d'eau permettant de rincer les tuyauteries EVU doit assurer un débit \square en prenant en compte une pression enveloppe dans l'enceinte de \square bar abs, cette fonction étant postulée dans un délai supérieur à 15 jours après l'accident grave.
- Réinjection des effluents
Le moyen de réinjection des effluents permettant de vider les puisards des locaux du système EVU doit assurer un débit non nul en prenant en compte une pression enveloppe dans l'enceinte de \square bar abs, cette fonction étant postulée dans un délai supérieur à 15 jours après l'accident grave.
- Pressurisation des ballons d'injection aux garnitures mécaniques de la pompe principale
Le système EVU doit assurer une pression minimale d'injection aux garnitures mécaniques de la pompe principale de \square bar abs. Par conséquent, un niveau d'eau minimum dans le ballon d'injection aux garnitures mécaniques de \square m est requis. L'autonomie du ballon de pressurisation doit être a minima de 15 jours sans appoint en eau en exploitation normale. Pour cela, un niveau d'eau minimum de \square m est requis en exploitation normale. Le moyen d'appoint en eau doit permettre d'assurer un débit non nul dans un délai supérieur à 15 jours après l'accident grave.
- Mise à l'arrêt du troisième train PTR
La mise à l'arrêt du système EVU peut être réalisée \square . Ceci permet de satisfaire aux requis de température minimale de l'eau dans la piscine de désactivation du système PTR (cf. paragraphe 2.2 de la section 9.1.3).
- Injection de soude préalable à l'aspersion de l'enceinte
Le dimensionnement de la fonction d'injection de soude doit permettre de garantir une aspersion de l'enceinte basique dans les situations RRC-A et d'accident grave nécessitant l'EVU en aspersion. Pour cela, chaque train EVU dispose d'une bache contenant au minimum \square litres de soude à une concentration \square %. Le volume total de soude requis pour atteindre un pH basique est de 3000 L. On considère donc que l'injection de deux bâches est requise.
Le débit du moyen d'injection de soude doit être suffisant de manière à injecter \square litres de soude dans l'IRWST dans un délai \square minutes, à partir de sa mise en service. La soude est injectée dans l'IRWST par les pompes de soude EVU via la ligne RPE de réinjection des effluents RIS vers le BR (cf. section 11.1.3.1).

2.3. AUTRES HYPOTHÈSES

Redondance

L'application du critère de défaillance unique n'est pas requise pour les parties du système EVU non classées F1 (hors isolement enceinte et injection de soude via RIS). Cependant, l'EVU est composé de deux trains distincts de manière à ce que la défaillance à long terme d'un train n'empêche pas le système de remplir sa mission. La redondance du système EVU est effective à long terme (après 15 jours).

Exigences de filtration

Le système de filtration a pour rôle de filtrer les débris entraînés dans l'IRWST en situation accidentelle et en accident grave afin d'assurer le bon fonctionnement des composants du système EVU et d'éviter leur obstruction. En conséquence, le système satisfait les exigences fonctionnelles suivantes :

- un terme source débris (TSD) en aval des filtres compatibles avec le fonctionnement des équipements EVU (pompe principale notamment) : \square ;

Nota : une perte de charge la plus faible possible permettant d'assurer l'absence de cavitation de la pompe EVU (marge suffisante entre NPSHrequis et NPSHdisponible) et le fonctionnement du noyage passif de la ZEC pendant les 15 premiers jours lors d'un accident grave (pendant cette phase, les deux trains EVU sont requis en aspersion) :

- filtre nu : perte de charge < \square mCE ;
- avant 15 jours : perte de charge < \square mCE ;
- après 15 jours : perte de charge < \square mCE.

3. DESCRIPTION — FONCTIONNEMENT

3.1. DESCRIPTION

3.1.1. Description générale du système

L'EVU est composé de deux trains (voir figures [FIG-6.2.7.1](#) et [FIG-6.2.7.2](#)) refroidis par le SRU (cf section 9.2.6) un système de refroidissement dédié. Chaque train comprend :

- 1) Une chaîne principale, avec :
 - une ligne d'aspiration dans l'IRWST à travers un filtre dédié pour l'EVU appartenant au système RIS ;
 - une pompe et un échangeur de chaleur situés dans un local dédié dans les bâtiments de sauvegarde 1 et 4. L'échangeur de chaleur, utilisé pour évacuer la puissance résiduelle en dehors de l'enceinte, est alimenté par une chaîne de refroidissement intermédiaire dédiée ;
 - un système d'aspersion composé d'un anneau muni de buses d'aspersion pour réduire la pression et la température dans l'enceinte ;
 - un dispositif de noyage passif situé dans un compartiment distinct de la zone d'étalement et de l'IRWST. Ce dispositif est composé notamment d'une vanne de noyage maintenue fermée par un dispositif de câbles. En cas de fusion du cœur conduisant à la rupture de la cuve, le corium fait fondre les câbles et la vanne s'ouvre ;
 - un système de refroidissement des structures du radier et du corium situé sous la couche de béton sacrificiel de la zone d'étalement permettant le déversement de l'eau au-dessus de la zone d'étalement. Le système de refroidissement des structures du radier et du corium est connecté à l'IRWST via les vannes de noyage ;
 - une ligne de retour vers l'IRWST permettant la réalisation des essais sur la pompe de la chaîne principale ;
 - une connexion vers le système RCV, sur la ligne d'aspiration des deux files, et au refoulement, sur la ligne retournant à l'IRWST de la file 2 (train 4).
- 2) Une chaîne de refroidissement intermédiaire dédiée située dans les bâtiments de sauvegarde 1 et 4, comprenant :
 - une pompe utilisée pour alimenter l'échangeur de chaleur de la chaîne principale de l'EVU et, pour un train uniquement (celui qui est situé dans le bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 1), pour alimenter l'échangeur de chaleur de la troisième file PTR ;
 - un échangeur de chaleur alimenté par le système de réfrigération dédié de l'EVU (SRU) ;
 - deux bâches d'expansion maintenues sous pression par des moyens dédiés et un système d'alimentation en eau de la chaîne intermédiaire pour couvrir les besoins en appoint.
- 3) Un système de refroidissement dédié, le SRU (voir section 9.2.6).
- 4) Un circuit d'injection de soude comprenant une bâche avec un volume utile à injecter de \square m³.

3.1.2. Description des matériels principaux

Le système EVU est constitué des matériels principaux suivants :

3.1.2.1. Pompes principales EVU

La pompe principale EVU de chaque train est une pompe centrifuge à axe horizontal. Le moteur et le palier de la pompe sont refroidis par de l'eau de la chaîne intermédiaire associée. L'étanchéité est assurée par une double garniture mécanique. Une ligne d'injection d'eau pressurisée assure une barrière au niveau de la garniture pour éviter les fuites du fluide radioactif. Ce fluide d'étanchéité refroidit les joints et est lui-même refroidi par la file EVU intermédiaire. Les caractéristiques principales des pompes principales sont :

□

Les pompes EVU principales sont secourues par les diesels principaux et d'ultime secours.

3.1.2.2. Echangeurs principaux EVU/EVU

Les échangeurs principaux EVU/EVU sont des échangeurs à tubes installés horizontalement. L'eau de la chaîne principale EVU circule à l'intérieur des tubes tandis que l'eau de la chaîne intermédiaire EVU circule à l'extérieur des tubes. Les caractéristiques principales des échangeurs principaux sont :

□

3.1.2.3. Pompes des chaînes intermédiaires EVU

La pompe intermédiaire EVU de chaque train est une pompe centrifuge à axe horizontal. Le moteur de la pompe est refroidi par de l'eau de la chaîne intermédiaire. Les caractéristiques principales des pompes intermédiaires sont :

□

Les pompes de la chaîne intermédiaire EVU sont secourues par les diesels principaux et d'ultime secours.

3.1.2.4. Echangeurs des chaînes intermédiaires EVU/SRU

Les échangeurs des chaînes intermédiaires EVU/SRU sont des échangeurs à tubes installés horizontalement. L'eau de la chaîne intermédiaire EVU circule à l'extérieur des tubes tandis que l'eau de la source froide SRU circule à l'intérieur des tubes. Les caractéristiques principales des échangeurs des chaînes intermédiaires sont :

□

3.1.2.5. Réservoirs des chaînes intermédiaires EVU

Pour chaque train, deux ballons communiquant permettent de pressuriser la chaîne intermédiaire. Les deux ballons ont les mêmes caractéristiques mais l'un d'eux est entièrement rempli d'air tandis que le deuxième ballon est partiellement rempli d'eau. Les caractéristiques principales de chacun de ces ballons sont :

□

3.1.2.6. Réservoirs pour l'injection de soude EVU

Les deux réservoirs d'injection de soude (un par train) peuvent contenir un volume utile de soude à injecter de 1000 m^3 . Les deux réservoirs ont les caractéristiques suivantes :

□

3.1.3. Description des dispositions d'installations principales

Les deux trains EVU sont situés dans les Bâtiments des Auxiliaires de Sauvegarde (BAS 1 et 4 à l'exception des circuits d'injection de soude situés en BAS 2 et 3) et dans le Bâtiment Réacteur (BR), et rattachés à 2 divisions électriques indépendantes séparées géographiquement.

3.2. FONCTIONNEMENT

3.2.1. Fonctionnement en régime normal de la tranche

Lorsque la tranche est en fonctionnement normal, le système EVU n'est pas en service :

- les pompes sont à l'arrêt,
- les vannes de noyage sont fermées,
- les vannes d'isolement enceinte sont fermées,
- les chaînes de refroidissement intermédiaires sont sous pression.

Cependant, le troisième train du PTR peut être démarré de manière préventive lors de la maintenance préventive du PTR ou des systèmes supports du PTR. La file 1 du système SRU et la chaîne intermédiaire de la file 1 du système EVU sont en service lors du démarrage du troisième train PTR.

Dans tous les cas, le système EVU reste disponible.

3.2.2. Fonctionnement en régime permanent du système

3.2.2.1. Accident grave

Le système est conçu pour fonctionner en cas d'accident avec fusion du cœur (Accident Grave).

Noyage passif du corium

A son arrivée dans la zone d'étalement, le corium fait fondre les câbles reliés aux vannes de noyage passif. Les câbles ne retiennent alors plus les poids qui maintiennent en position fermée les vannes de noyage situées dans des compartiments distincts entre la zone d'étalement et l'IRWST. Ces dernières s'ouvrent sous l'action de la chute du poids ainsi relâché. Via le canal de passage qui est maintenant ouvert, l'eau de l'IRWST circule de manière passive dans les canaux de refroidissement situés dans le radier. Une fois que ces canaux sont remplis d'eau, l'eau se déverse par le haut sur le corium et ce dernier est noyé (voir section 6.2.6).

Aspersion

Au contact du corium, l'eau provenant de l'IRWST se vaporise et le corium est refroidi. La vaporisation de l'eau entraîne une augmentation de la pression et de la température dans le bâtiment réacteur.

Au plus tard 12 heures après le début d'un accident grave (fin de la période de grâce), l'opérateur démarre les deux trains du système afin de maintenir la pression et la température de l'enceinte à des valeurs compatibles avec le maintien de son intégrité et le respect des profils de qualification des matériels dans le bâtiment réacteur.

Nota : Etant données les caractéristiques de l'enceinte (volume, conception, inertie thermique des structures de l'enceinte) et celles de l'IRWST, une période de grâce de 12 heures est en effet disponible après le début de l'accident grave (pendant cette période, aucun système n'est nécessaire pour maintenir la pression de l'enceinte à une valeur inférieure à la pression de dimensionnement). Ce délai de 12 heures n'est pas le critère de démarrage du système EVU retenu dans la conduite des accidents graves, mais seulement une valeur de conception pour le dimensionnement des capacités du système.

Le démarrage est [] et la décision de mise en service de l'EVU se fonde principalement sur un critère de pression enceinte.

L'eau est aspirée dans l'IRWST, puis elle est refroidie dans les échangeurs de chaleur avant d'être aspergée dans l'enceinte par les buses d'aspersion en haut du dôme du bâtiment réacteur.

Une fois que la pression a baissé en dessous de sa limite nominale à long terme ([]) et après au moins 15 jours (utilisation de combustible MOX), un seul train est suffisant pour maintenir la pression en dessous de [] bar.

3.2.2.2. RRC-A

L'analyse des transitoires indique que l'EVU est également nécessaire dans certaines situations RRC-A . Dans ces cas, l'EVU est utilisé en mode aspersion pour diminuer la pression dans l'enceinte et pour assurer l'évacuation de la puissance résiduelle de l'IRWST.

La chaîne intermédiaire du système EVU peut également être utilisée en PCC2, en PCC4 et lors de certains transitoires RRC-A pour le refroidissement de la 3^{ème} file PTR.

3.2.3. Fonctionnement en régime transitoire

Le système EVU est conçu pour réaliser l'alcalinisation de l'IRWST dans les scénarios suivants :

- PCC-3, PCC-4 et RRC-A
Sur chaque train EVU, [] éjecteurs connectés à l'aspiration et au refoulement de [] pompes RIS-BP permettent d'injecter la soude via le RIS. L'injection de soude est réalisée en moins de [] heures.
- Accident Grave et situations RRC-A nécessitant l'EVU en aspersion
Sur chaque train EVU, une pompe permet d'injecter la soude via EVU et la ligne de réinjection des effluents RIS du système RPE. Cette injection de soude est réalisée en moins de [] minutes (critère dimensionnant en situations RRC-A). L'injection de soude complémentaire est réalisée dans les [] heures après le début de l'Accident Grave via l'acheminement de la soude et d'une des deux pompes mobiles EVU au niveau de la connexion prévue pour le rinçage d'un des deux trains EVU.

3.2.4. Autres régimes de fonctionnement du système

Sans objet.

4. ANALYSE DE SÛRETÉ

4.1. CONFORMITÉ À LA RÉGLEMENTATION

Le système EVU est conforme à la réglementation générale en vigueur (voir le sous-chapitre 1.7) et ne fait pas l'objet de dérogations particulières.

4.2. RESPECT DES CRITÈRES FONCTIONNELS

4.2.1. Contrôle de la réactivité

Sans objet.

4.2.2. Évacuation de la puissance résiduelle

- Refroidissement de la chaîne principale EVU par la chaîne intermédiaire EVU
Les études de transitoires incidentels/accidentels des sous-chapitres 19.1 et 19.2 (respectivement relatifs aux situations RRC-A et Accident Grave) concernant la chaîne de refroidissement comprenant la chaîne principale et faisant intervenir les fonctions du système EVU correspondant aux critères fonctionnels énoncés au paragraphe 0.2.2 sont réalisées en considérant, pour les paramètres suivants, des valeurs cohérentes avec les hypothèses de dimensionnement énoncées au paragraphe 2.2 :

□

Les situations RRC-A concernées sont celles relatives au bâtiment réacteur : Fsg, Fsj.1, Fsj.2 (cf. section 19.1.3).

Pour chaque transitoire concerné, ces études (cf. sous-chapitres 19.1 et 19.2) :

- présentent les effets, sur le déroulement du transitoire, des paramètres ci-dessus liés aux performances de la chaîne de refroidissement EVU/SRU ;
- montrent que le dimensionnement du système EVU est tel qu'il permet de respecter les critères d'acceptabilité en termes de pression et de température dans l'enceinte (cf. paragraphe 3 de la section 6.2.1 et sous-chapitre 3.7).

- Refroidissement de la 3^{ème} file PTR

Les études de transitoires incidentels/accidentels des sous-chapitres 15.2.2, 15.2.4 et 19.1 (respectivement relatifs aux situations PCC2, PCC4 et RRC-A) concernant le refroidissement de la 3^{ème} file PTR et faisant intervenir les fonctions du système EVU correspondant aux critères fonctionnels énoncés au paragraphe 0.2.2 sont réalisées en considérant, pour les paramètres suivants, des valeurs cohérentes avec les hypothèses de dimensionnement énoncées au paragraphe 2.2 :

□

Les situations PCC2, PCC4 et RRC-A concernées sont celles relatives à la piscine de désactivation : PCC2x (cf. section 15.2.2x), PCC4 (Cf. Section 15.2.4t), Fsn, Fso.1 (cf. section 19.1.3) ;

Pour chaque transitoire concerné, ces études (cf. sous-chapitres 15.2 et 19.1) :

- présentent les effets, sur le déroulement du transitoire, des paramètres ci-dessus liés aux performances de la chaîne de refroidissement EVU/SRU de la file 1 de l'EVU ;
- montrent que le dimensionnement du système EVU est tel qu'il permet de respecter les critères d'acceptabilité en termes de capacité de refroidissement de la 3^{ème} file PTR.

4.2.3. Confinement des substances radioactives

- Aspersion

Les études de transitoires incidentels/accidentels des sous-chapitres 19.1 et 19.2 (respectivement relatifs aux situations RRC-A et Accident Grave) faisant intervenir les fonctions du système EVU correspondant aux critères fonctionnels énoncés au paragraphe 0.2.3 sont réalisées en considérant, pour le débit minimum d'aspersion du système EVU, des valeurs cohérentes avec les hypothèses de dimensionnement énoncées au paragraphe 2.2.

Pour chaque transitoires concernés, ces études :

- présentent les effets, sur le déroulement du transitoire, des paramètres liés à la fonction d'aspersion enceinte ;

- montrent que le dimensionnement du système EVU est tel qu'il permet de respecter les critères d'acceptabilité en termes de pression et de température dans l'enceinte (cf. paragraphe 3 de la section 6.2.1 et sous-chapitre 3.7).

- Injection de soude

Les études de transitoires incidentels/accidentels du sous-chapitre 15.3 et des sections 19.1.4 et 19.2.3 (respectivement relatifs aux situations PCC, RRC-A et Accident Grave) faisant intervenir les fonctions du système EVU correspondant aux critères fonctionnels énoncés au paragraphe 0.2.3 sont réalisées en considérant des valeurs cohérentes avec les hypothèses de dimensionnement énoncées au paragraphe 2.2 :

- Volume de soude minimum injecté ;
- Plage de concentration de la soude à injecter dans l'enceinte ;
- Temps d'injection maximum.

Pour chaque transitoires concernés, ces études (cf. sous-chapitre 15.3 et sections 19.1.4 et 19.2.3) :

- présentent les effets, sur le déroulement du transitoire, des paramètres ci-dessus liés à la fonction d'alcalinisation de l'IRWST ;
- montrent que le dimensionnement du système EVU est tel qu'il permet de respecter les critères d'acceptabilité en termes de conséquences radiologiques.

- Noyage passif

Les études de transitoires incidentels/accidentels des sous-chapitres 19.1 et 19.2 (respectivement relatifs aux situations RRC-A et Accident Grave) faisant intervenir les fonctions du système EVU correspondant aux critères fonctionnels énoncés au paragraphe 0.2.3 sont réalisées en considérant des valeurs cohérentes avec les hypothèses de dimensionnement énoncées au paragraphe 2.2 :

□

Pour chaque transitoires concernés, ces études (cf. sous-chapitres 19.1 et 19.2) :

- présentent les effets, sur le déroulement du transitoire, des paramètres ci-dessus liés à la fonction de noyage passif du corium ;
- montrent que le dimensionnement du système EVU est tel qu'il permet de respecter les critères d'acceptabilité en termes d'évacuation de la puissance résiduelle du corium.

En conditions accidentelles, les lignes du système EVU traversant l'enceinte du bâtiment réacteur sont équipées de 2 organes d'isolement enceinte : les vannes d'isolement de l'enceinte de l'EVU et les vannes à double enveloppe de l'IRWST (cf. paragraphe 2 du sous-chapitre 6.3).

Le rôle de barrière de confinement vis-à-vis du fluide véhiculé est assuré par les exigences de conception propres à l'extension 3^{ème} barrière précisées au sous-chapitre 3.7.

L'isolement d'une fuite apparaissant sur les tuyauteries EVU situées dans les B.A.S. à long terme (à partir de 15 jours) est assuré par la fermeture des vannes en amont et en aval de la pompe principale EVU permettant d'isoler les B.A.S.

4.2.4. Contributions indirectes aux fonctions de sûreté

Les hypothèses de dimensionnement du système EVU énoncées au paragraphe 2.2 sont cohérentes avec les requis des équipements servis correspondants aux fonctions :

- de pressurisation des chaînes intermédiaires du système EVU ;
- de refroidissement des pompes principales EVU ;

- de refroidissement des pompes des chaînes intermédiaires EVU ;
- du rinçage des tuyauteries EVU pour maintenance (cf. sous-chapitre 12.5) ;
- de la réinjection des effluents EVU dans le bâtiment réacteur (cf. sous-chapitre 12.5) ;
- de la pressurisation des ballons d'injections aux garnitures mécaniques des pompes principales EVU ;
- de la mise à l'arrêt du 3^{ème} train PTR ;
- de l'injection de soude préalable à l'aspersion de l'enceinte.

Fuites potentielles du système

Au cours d'un accident grave, du fluide contaminé circule dans les chaînes principales de l'EVU. Afin de limiter les conséquences radiologiques en Accident Grave, les précautions suivantes sont prises :

- 1) Les composants de la chaîne principale de l'EVU situés en dehors de l'enceinte sont classés conformément au classement présenté au sous-chapitre 3.2 et surdimensionnés.
- 2) Les matériels de la chaîne principale situés en dehors de l'enceinte sont étanches :
 - vannes à soufflets ou à reprise de fuite,
 - échangeurs de chaleur tubulaires,
 - pompe à double garniture mécanique avec un système d'injection aux joints pour en assurer l'étanchéité.
- 3) Des capteurs placés sur la chaîne principale de l'EVU permettent de détecter rapidement une éventuelle fuite.
- 4) Une instrumentation appropriée est installée (activité, débit de dose, niveau d'eau).
- 5) Les composants des chaînes principales de l'EVU situés en dehors de l'enceinte (vannes, traversées, pompes, échangeurs de chaleur ...) sont installés dans des compartiments dédiés avec une protection spécifique (sas, murs épais, etc.).
- 6) Une ventilation filtrée avant rejet à la cheminée permet de confiner les locaux dédiés. Simultanément à la mise en service de l'EVU, l'alimentation spécifique en air des compartiments de l'EVU est isolée par des registres étanches. En cas de mise en service de l'EVU, l'air des locaux EVU est extrait et filtré par la filtration iode DWL (cf. section 9.4.6). Ceci maintient une dépression continue et évite la propagation de la contamination. L'air extrait passe dans des filtres à haute efficacité et des pièges à iode avant d'être relâché à la cheminée.
- 7) Chaque train de l'EVU peut être isolé en cas de détection de fuite dans son local par les capteurs de niveau d'eau dans le local.
- 8) La pression de la chaîne de refroidissement intermédiaire dédiée de l'EVU est supérieure à la pression de fonctionnement de la chaîne principale de l'EVU, afin d'assurer l'absence de fuites depuis la chaîne principale vers la chaîne de refroidissement, à travers l'échangeur de chaleur principal. Cette pressurisation est maintenue pendant le fonctionnement normal du réacteur afin d'assurer la disponibilité du système EVU en cas de sollicitation. En outre, un dispositif dédié permet de maintenir l'inventaire en eau (petites fuites) dans la chaîne de refroidissement sans avoir à dépressuriser.
- 9) Des moyens de détection sont prévus (appoint d'eau fréquent, baisse de niveau dans le ballon) afin d'isoler la chaîne de refroidissement intermédiaire dédiée en cas de fuite.
- 10) Etant donné qu'une seule vanne d'isolement est montée sur chacune des lignes entre l'IRWST et une pompe principale EVU, ces vannes d'isolement (en dehors de l'enceinte) sont conçues avec un dispositif étanche spécial et la section de la conduite située entre l'IRWST et la vanne est contenue dans une enveloppe étanche offrant ainsi une double barrière de traversée anti-fuites. Ce point est détaillé dans le paragraphe 2 du sous-chapitre 6.3.

Nota : Seules les fuites goutte à goutte au-delà de 15 jours (lorsque la température de l'EVU est inférieure à []° C) sont prises en compte, pas les fuites qui pourraient entraîner une pressurisation du [] dédié.

4.2.5. Contributions spécifiques à la protection contre les agressions

Les études d'agressions du sous-chapitre 3.4 qui concernent les études d'inondation interne dans le BK, le BAN et l'ouvrage de rejet qui font intervenir le système EVU sont réalisées en considérant respectivement la fonction de limitation des effets d'une inondation interne dans le BK, le BAN et l'ouvrage de rejet telle que décrite au paragraphe 0.2.5.

4.2.6. Contributions à l'élimination pratique

Les études des situations pratiquement éliminées (cf. section 19.2.4) faisant intervenir des fonctions du système EVU sont réalisées en considérant des dispositions cohérentes avec la conception du système, à savoir la manoeuvrabilité des vannes en amont des pompes du circuit principal EVU.

4.3. CONFORMITÉ AUX EXIGENCES DE CONCEPTION

Le système EVU est conforme aux exigences de conception évoquées au paragraphe 0.3, notamment pour ce qui concerne :

4.3.1. Exigences issues du classement de sûreté

4.3.1.1. Classement de sûreté

Les classements des équipements du système EVU jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté sont présentés dans la section 3.2.2.

4.3.1.2. Critère de Défaillance Unique (active ou passive)

Défaillance unique active

La conception du système EVU est conforme à l'exigence de robustesse au critère de défaillance unique active énoncée au paragraphe 0.3, notamment sur les points suivants :

- Les deux trains d'injection de soude via le RIS concernés par la fonction d'alcalinisation de l'IRWST sont séparés géographiquement []. La maintenance préventive sur les parties du circuit concernées par la fonction d'alcalinisation de l'IRWST via le RIS n'est par ailleurs pas autorisée dans les domaines RP à AN/RIS-RA.
- Le dispositif d'isolement des traversées de l'enceinte du système EVU, constitué d'un organe d'isolement à l'intérieur BR et d'un organe situé à l'extérieur dans un bâtiment périphérique, est redondant.

Par ailleurs, bien que non redevables de l'application du Critère de Défaillance Unique, les autres fonctions du système EVU (aspersion, noyage passif, chaîne de refroidissement sauf 3^{ème} file PTR...) bénéficient d'une redondance au titre de la disponibilité à long terme, qui se traduit par une conception en deux trains distincts identiques (divisions 1 et 4), mise à part la 3^{ème} file PTR.

- La conception du système EVU est conforme à l'exigence de robustesse à la défaillance aléatoire énoncée au paragraphe 0.3, notamment sur l'isolement des bâtiments BK et BAN et de l'ouvrage de rejet à travers les vannes d'isolement à l'aspiration des pompes, de la liaison RCV/EVU, ou de la vanne d'isolement à l'aval de l'échangeur EVU/SRU du train 1.

4.3.1.3. Alimentation électrique de secours

La conception du système EVU est conforme à l'exigence de secours électrique énoncée au paragraphe 0.3, notamment en cas de Manque De Tension Electrique (MDTE), les vannes motorisées du circuit d'injection de soude associées aux pompes RIS sont secourues par les diesels principaux.

Au titre de leur valorisation en cas de Manque De Tension Généralisé (MDTG), les autres fonctions de l'EVU (trains principaux et intermédiaires) bénéficient d'une alimentation électrique secourue (diesels principaux et diesels d'ultime secours SBO).

4.3.1.4. Séparation physique / géographique

La conception du système EVU est conforme à l'exigence de séparation physique/géographique notamment sur les points suivants :

- chacun des trains EVU relatifs à l'injection de soude est installé dans un bâtiment distinct (BAS 2 et 3) ;
- les deux organes d'isolement de chaque traversée enceinte du système EVU sont séparés physiquement du fait de leur installation, un étant à l'intérieur du bâtiment réacteur, l'autre à l'extérieur dans un bâtiment périphérique.

Bien que non redevables d'une exigence de séparation physique/géographique, les autres fonctions de l'EVU (trains principaux et intermédiaires) sont installées dans des divisions différentes (1 et 4).

4.3.1.5. Qualification aux conditions accidentelles

Les équipements du système EVU relevant d'une qualification aux conditions accidentelles sont présentés dans la section 3.7.1.1.2.

4.3.1.6. Classement ESPN, mécanique, électrique, Contrôle-Commande et sismique

La conformité des classements mécanique, électrique, contrôle-commande et sismique des équipements du système EVU jouant le rôle vis-à-vis de la sûreté aux exigences énoncées au paragraphe 0.3 est détaillée dans la section 3.2.2.

La conformité du classement ESPN des équipements du système EVU aux exigences énoncées au paragraphe 0.3 est détaillée dans la section 3.2.2.

4.3.2. Exigences réglementaires

4.3.2.1. Textes réglementaires

La conformité aux textes réglementaires est portée de manière générale par la section 1.7.1 du Rapport de Sûreté.

4.3.2.1.1. Textes officiels

Sans objet.

4.3.2.1.2. Prescriptions techniques

La conformité aux prescriptions techniques spécifiquement applicables au système, listées dans le paragraphe 0.3.2 est assurée par :

- la qualification des équipements, composants et matériels du système EVU situés à l'intérieur de l'enceinte de confinement ainsi que les vannes d'isolement enceinte (cf. sous-chapitre 3.7).
- La chaîne de filtration EVU est conçue et qualifiée pour garantir des pertes de charge compatibles avec la réalisation des fonctions de sûreté du système EVU (Cf. section 2.3) au regard du terme de débris induit par les produits et matériaux du BR susceptibles de colmater les filtres.
- Le circuit EVU intermédiaire du train 1 assure le refroidissement de la troisième file de refroidissement du système PTR assurant ainsi un refroidissement diversifié de la piscine de désactivation.

La conformité du système EVU aux décisions n°2012-DC-0283 du 26 juin 2012 et n°2014-DC-0403 du 21 janvier 2014 est démontrée dans le chapitre 21.

4.3.2.1.3. Réglementations internationales

Sans objet.

4.3.2.2. Textes para-réglementaires

La conformité aux textes para-réglementaires est portée de manière générale par la section 1.7.1 du Rapport de Sûreté.

4.3.2.2.1. Règles fondamentales de sûreté

Sans objet.

4.3.2.2.2. Directives techniques

La conformité aux directives techniques spécifiquement applicables au système, listées dans la section 0.3.2, est assurée par :

- Section A.1.3 : Stratégie générale relative aux accidents graves :
 - Le système EVU assure le transfert de la chaleur de l'atmosphère de l'enceinte vers l'IRWST au cours d'un accident grave, afin de maintenir la pression de l'enceinte à des valeurs compatibles avec le maintien de son intégrité.
Le système EVU contribue à limiter la production et les relâchements d'iode volatil depuis la phase aqueuse vers l'atmosphère de l'enceinte par l'injection d'une base (de la soude) dans l'IRWST via le RIS en situation d'APRP (PCC-4) ou via l'EVU en situation d'accident grave.
 - Le système EVU assure l'isolation thermique du radier du bâtiment réacteur lors d'un accident grave. Le récupérateur de corium (section 6.2.6), aussi nommé chambre d'étalement, est situé dans un compartiment dédié en périphérie du puits de cuve. Il est ainsi destiné à récupérer le corium, le refroidir et le stabiliser, afin notamment d'éviter l'agression ou l'érosion du radier.
Le prolongement du liner métallique de l'enceinte, sous le récupérateur de corium et les puisards IRWST, garantit l'étanchéité vis à vis des fuites d'eau et de gaz contaminés (voir paragraphe 1.3 de la section 3.5.1).
- Section B.1.4.2 : Prévention des bypasses du confinement :
 - La conformité à la directive technique B.1.4.2 est assurée par la conception des capteurs de niveau dans les puisards des locaux EVU et en particulier par leur niveau de classement.
- Section B.2.3.5 : Fonction d'évacuation de puissance de l'enceinte :
 - Le dimensionnement du système EVU permet d'évacuer la puissance de l'enceinte vers la source froide ultime dans tous les cas de fonctionnement incidentels/accidentels ; une seule file EVU est nécessaire 15 jours après la survenue de l'accident (voir paragraphe 2.2).
 - La partie de l'EVU (chaîne principale) située en dehors de l'enceinte constitue une barrière de confinement (maintenir l'intégrité de l'enceinte et confiner les substances radioactives) lors d'un accident nécessitant sa mise en service (voir paragraphe 4.3.1.2).
Les calculs correspondants à une rupture de ligne transportant un réfrigérant primaire hors enceinte sont présentés dans le sous-chapitre 15.3 « Conséquences radiologiques » (voir paragraphe 3.13 du sous-chapitre 15.3).
- Section E.1.2.2 : Investigation de séquences spécifiques concernant la perte totale du système de refroidissement de la piscine du combustible usé :
 - Les dispositions décrites au paragraphe 4.2.2 démontrent la prise en compte de la perte totale du système de refroidissement de la piscine du combustible usé.
- Section E.2.3.1 : Refroidissement du cœur fondu en dehors de la cuve :
 - Le récupérateur de corium, aussi nommé chambre d'étalement, est situé dans un compartiment dédié en périphérie du puits de cuve. Il est ainsi destiné à récupérer le corium, le refroidir et le stabiliser, afin notamment d'éviter l'agression ou l'érosion du radier. La connexion entre le puits de cuve et la chambre d'étalement est réalisée via un canal dit canal

de décharge. En fonctionnement normal, cette connexion est fermée par une trappe fusible située en fond de puits de cuve et s'ouvre sous l'action du corium uniquement en cas d'accident grave (voir 6.2.6 FIG 1).

Le puits de cuve est conçu pour résister aux chargements résultant d'une rupture de cuve à 1 bar. La conception du puits de cuve doit assurer l'absence d'eau au moment de la décharge du corium hors de la cuve.

L'objectif est satisfait par les mesures suivantes :

- l'étanchéité entre la piscine et le puits de cuve,
- l'absence de tuyauteries en partie inférieure de la cuve.

- Le chapitre 6.2.6 « Protection du radier » décrit précisément le design retenu pour atteindre les objectifs de refroidissement et confinement du corium.

- Section E.2.3.2 : Evacuation de la puissance de l'enceinte sans éventage ;

- Le système EVU assure le transfert de la chaleur résiduelle de l'IRWST vers la source froide ultime via une chaîne de refroidissement dédiée dans les cas suivants :

- lors d'un accident grave,
- dans les situations RRC-A de brèches avec perte de l'ISBP,
- transitoirement dans certaines situations PCC-4 de brèches sur le RIS en mode RA.

La pression de la chaîne de refroidissement intermédiaire dédiée de l'EVU est supérieure à la pression de fonctionnement de la chaîne principale de l'EVU.

- Le RIS et l'EVU transportent de l'eau contaminée à l'extérieur de l'enceinte en cas d'accident. Cet aspect est abordé au paragraphe 2.2 de la section 6.2.1.

- Les causes communes de défaillance de l'EVU avec d'autres systèmes comme la perte de l'IRWST RIS (suite à une perte d'eau ou une obturation des prises d'eau) ou la perte de fonctions auxiliaires communes (source froide, alimentation électrique) sont détaillés au paragraphe 4.3.6 "Exigences réglementaires" du sous-chapitre 6.3. L'alimentation électrique des parties du système EVU participant à des fonctions F1 est secourue. Bien qu'elle ne soit pas exigée pour les éléments à fonction non F1, une alimentation secourue (diesels principaux et diesels d'ultime secours SBO) permet d'alimenter le système EVU.

Le critère de défaillance unique ne s'applique pas au système SRU (voir paragraphe 4.3.2 de la section 9.2.6). Cependant, le système est divisé en 2 files identiques de façon à ce que, à long terme, la défaillance d'un train ou des opérations de maintenance ne remettent pas en cause la fonction.

4.3.2.3. Textes EPR spécifiques

Sans objet.

4.3.3. Agressions

4.3.3.1. Agressions internes

La démonstration de la robustesse de l'installation aux agressions internes relève du sous-chapitre 3.4.

4.3.3.2. Agressions externes

La démonstration de la robustesse de l'installation aux agressions externes relève du sous-chapitre 3.3.

4.3.4. Diversification

La conception du système EVU est conforme à l'exigence de diversification énoncée au paragraphe 0.3.4, notamment sur la fonction d'alcalinisation de l'IRWST pouvant être réalisée par les [] via EVU et RPE.

4.3.5. Radioprotection

De façon générale, les dispositions de conception de l'installation prises pour limiter l'exposition du personnel au rayonnement et à la contamination due aux produits de fission et de corrosion activés relèvent du chapitre 12.

La conception du système EVU contribue au respect de cet objectif, notamment sur les points suivants :

- prise en compte des fuites potentielles lors d'un accident grave (voir paragraphe 4.2.4) ;
- possibilité de réinjecter les effluents et de rincer les tuyauteries pour permettre des actions [] en accident grave (voir paragraphe 0.1.4).

4.3.6. Fonctionnement, maintenance et accessibilité à long terme

Les analyses relatives à l'accessibilité pour maintenance à long terme en phase post-accidentelle sont présentées au sous-chapitre 12.5.

Ce chapitre identifie les principaux composants du système EVU faisant l'objet d'un requis d'accessibilité à long terme en phase post-accidentelle et indique les conditions d'accessibilités associées permettant de respecter la dose maximale que peut recevoir un intervenant au cours de sa mission.

4.3.7. Système tel que réalisé

A ce stade de la fabrication, de l'installation et du déroulement des essais, aucun écart n'impacte les requis de sûreté spécifiés dans le Rapport de Sûreté.

La chaîne PTR3/EVU/SRU fait l'objet d'une exception aux règles de classement au titre de son fonctionnement en PCC4 et ne respecte pas le Critère de Défaillance Unique.

4.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE

4.4.1. Essais de démarrage

Le système EVU fait l'objet d'un programme d'essais de démarrage conformément aux modalités présentées au chapitre 14 permettant notamment de vérifier le respect des critères suivants :

- débit minimum EVU principal ;
- capacité d'échange minimum des échangeurs principaux ;
- débit minimum pompe intermédiaire EVU ;
- débit minimum chaîne intermédiaire EVU alimentant l'échangeur principal ;
- capacité d'échange minimum des échangeurs chaîne intermédiaire (transposée aux deux configurations RRC-A et Accident Grave) ;
- débit minimum pompe injection de soude ;
- débit minimum éjecteurs de soude ;
- débit non-nul d'injection de soude via les moyens mobiles et non-perturbation du débit sur la ligne principale ;
- débit non-nul d'appoint aux ballons de pressurisation de la chaîne intermédiaire et d'injection aux garnitures mécaniques de la pompe principale ;

- débit non-nul de rinçage des tuyauteries EVU et de réinjection des effluents.

La vérification des critères fonctionnels de débit EVU principal (lié à l'aspersion enceinte), de capacité d'échange minimum des échangeurs de chaleur, de débits d'injection de soude (pompe et éjecteurs) et de débit de rinçage des tuyauteries EVU n'étant pas possible de façon directe du fait que les conditions d'essais diffèrent des conditions de fonctionnement incidentelles ou accidentelles dans lesquelles ces derniers doivent être satisfaits, leur vérification doit être faite de façon transposée. La vérification du critère fonctionnel de débit EVU intermédiaire alimentant l'échangeur principal est réalisée de façon indirecte.

Au titre de leur contribution au critère global de fuite de l'enceinte, les tests d'étanchéité des vannes d'isolement enceinte sont décrits à la section 6.2.5.

4.4.2. Surveillance en exploitation

Les fonctions suivantes du système EVU sont surveillées en exploitation normale par des dispositifs de surveillance en continu :

- Surveillance de l'alcalinisation de l'IRWST : une alarme apparaît sur bas niveau dans les bâches contenant la soude ;
- Surveillance de la pression dans les ballons de pressurisation de la chaîne intermédiaire : une alarme apparaît sur basse pression dans ces ballons ;
- Surveillance des niveaux dans les ballons de pressurisation de la chaîne intermédiaire : une alarme apparaît sur bas niveau dans ces ballons ;
- Surveillance de la pression dans les ballons d'injection aux garnitures mécaniques des pompes principales : une alarme apparaît sur basse pression dans la ligne d'injection aux garnitures mécaniques ;
- Surveillance des niveaux dans les ballons d'injection aux garnitures mécaniques des pompes principales : une alarme apparaît sur bas niveau dans ces ballons.

La surveillance de la disponibilité de ces fonctions est donc réalisée au titre de cette surveillance en continue.

4.4.3. Essais périodiques

Les parties classées du système EVU font l'objet d'essais périodiques conformément au chapitre IX des Règles Générales d'Exploitation permettant notamment de vérifier le respect des critères suivants :

- débit minimum pompe intermédiaire EVU ;
- débit minimum chaîne intermédiaire EVU alimentant l'échangeur principal ;
- débit non-nul d'appoint aux ballons de pressurisation de la chaîne intermédiaire et d'injection aux garnitures mécaniques de la pompe principale ;
- débit non-nul de rinçage des tuyauteries EVU et de réinjection des effluents.

La vérification des critères fonctionnels de débit EVU principal (lié à l'aspersion enceinte), de débits d'injection de soude (pompe et éjecteurs) et de débit de rinçage des tuyauteries EVU n'étant pas possible de façon directe du fait que les conditions d'essais diffèrent des conditions de fonctionnement incidentelles ou accidentelles dans lesquelles ces derniers doivent être satisfaits, leur vérification doit être faite de façon transposée. La vérification du critère fonctionnel de débit EVU intermédiaire alimentant l'échangeur principal est réalisée de façon indirecte.

- débit minimum EVU principal (fonction d'aspersion) à partir d'une mesure de HMT ;
- débit minimum pompe injection de soude ;
- débit minimum éjecteurs de soude ;

- débit non-nul d'injection de soude via les moyens mobiles et non-perturbation du débit sur la ligne principale.

Au titre de leur contribution au critère global de fuite de l'enceinte, les tests d'étanchéité des vannes d'isolement enceinte sont décrits à la section 6.2.5.

4.4.4. Maintenance

Le système EVU fait l'objet d'un programme de maintenance conformément au chapitre VIII des RGE.

Maintenance préventive

La maintenance préventive est possible pendant le fonctionnement de la tranche.

Maintenance à long terme

La maintenance à long terme est possible après un accident grave.

5. SCHÉMAS DE PRINCIPE

Le schéma de principe du système EVU est présenté en figures [FIG-6.2.7.1](#) à [FIG-6.2.7.2](#) ci-après.

FIG-6.2.7.1 SCHÉMA DE PRINCIPE □ EVU

□

FIG-6.2.7.2 SCHÉMA DE PRINCIPE □ EVU

□

FIG-6.2.7.3 SCHÉMA DE PRINCIPE DE L'INJECTION DE SOUDE □
EVU□

FIG-6.2.7.4 SCHÉMA DE PRINCIPE DE L'INJECTION DE SOUDE □
EVU

□

SOMMAIRE

.6.3	SYSTÈME D'INJECTION DE SÉCURITÉ ET DE REFROIDISSEMENT DU RÉACTEUR À L'ARRÊT (RIS-RA)	5
0.	EXIGENCES DE SÛRETÉ	5
0.1.	FONCTIONS DE SÛRETÉ	5
0.1.1.	CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	5
0.1.2.	ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	5
0.1.3.	CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	6
0.1.4.	CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ	7
0.1.5.	CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES À LA PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS	7
0.1.6.	CONTRIBUTIONS À L'ÉLIMINATION PRATIQUE	7
0.2.	CRITÈRES FONCTIONNELS	8
0.2.1.	CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	8
0.2.2.	ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	8
0.2.3.	CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	10
0.2.4.	CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ	10
0.2.5.	CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES À LA PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS	10
0.2.6.	CONTRIBUTIONS À L'ÉLIMINATION PRATIQUE	11
0.3.	EXIGENCES RELATIVES À LA CONCEPTION	11
0.3.1.	EXIGENCES ISSUES DU CLASSEMENT DE SÛRETÉ	11
0.3.2.	EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES	12
0.3.3.	AGRESSIONS	16
0.3.4.	DIVERSIFICATION	16
0.3.5.	RADIOPROTECTION	16
0.3.6.	EXIGENCES LIÉES AU FONCTIONNEMENT, À LA MAINTENANCE ET À L'ACCESSIBILITÉ LONG TERME	16
0.4.	ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE	16
0.4.1.	ESSAIS DE DÉMARRAGE	16
0.4.2.	SURVEILLANCE EN EXPLOITATION	16
0.4.3.	ESSAIS PÉRIODIQUES	17

0.4.4. MAINTENANCE	17
1. RÔLE DU SYSTÈME	17
1.1. RÔLE DU SYSTÈME PENDANT L'EXPLOITATION NORMALE DE LA TRANCHE	17
1.2. RÔLE DU SYSTÈME DANS LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT PCC-2 À PCC-4, RRC-A, EN ACCIDENT GRAVE ET SITUATIONS AGRESSIONS	18
2. BASES DE CONCEPTION	20
2.1. HYPOTHÈSES GÉNÉRALES DE FONCTIONNEMENT	20
2.2. HYPOTHÈSES DE DIMENSIONNEMENT	20
2.2.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	20
2.2.2. ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	21
2.2.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	23
2.2.4. CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ	24
2.2.5. CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES À LA PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS	24
2.2.6. CONTRIBUTIONS À L'ÉLIMINATION PRATIQUE	24
2.3. AUTRES HYPOTHÈSES	24
2.3.1. CONCEPTION DU SYSTÈME DE FILTRATION	24
2.3.2. PRISE EN COMPTE DES CONSÉQUENCES D'UNE BRÈCHE SUR LE SYSTÈME RIS-RA	25
2.3.3. PROTECTION DES POMPES ISBP	25
2.3.4. ATTEINTE DES CONDITIONS DE CONNEXION DU SYSTÈME RIS- RA EN MODE RA	25
3. DESCRIPTION – FONCTIONNEMENT	25
3.1. DESCRIPTION	25
3.1.1. DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SYSTÈME	25
3.1.2. DESCRIPTION DES MATÉRIELS PRINCIPAUX	28
3.1.3. DESCRIPTION DES DISPOSITIONS D'INSTALLATIONS PRINCIPALES	30
3.2. FONCTIONNEMENT	30
3.2.1. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME NORMAL DE LA TRANCHE	30
3.2.2. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME PERMANENT DU SYSTÈME	31
3.2.3. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME TRANSITOIRE	35

3.2.4. AUTRES RÉGIMES DE FONCTIONNEMENT DU SYSTÈME . . .	44
4. ANALYSE DE SÛRETÉ	46
4.1. CONFORMITÉ A LA RÉGLEMENTATION	46
4.2. RESPECT DES CRITÈRES FONCTIONNELS	46
4.2.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	46
4.2.2. ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	46
4.2.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	47
4.2.4. CONTRIBUTIONS INDIRECTES À L'ACCOMPLISSEMENT DES FONCTIONS DE SÛRETÉ	48
4.2.5. CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES À LA PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS	48
4.2.6. CONTRIBUTIONS À L'ÉLIMINATION PRATIQUE	48
4.3. CONFORMITÉ AUX EXIGENCES DE CONCEPTION	48
4.3.1. EXIGENCES ISSUES DU CLASSEMENT DE SÛRETÉ	48
4.3.2. EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES	50
4.3.3. AGRESSIONS	52
4.3.4. DIVERSIFICATION	53
4.3.5. RADIOPROTECTION	53
4.3.6. FONCTIONNEMENT, MAINTENANCE ET ACCESSIBILITÉ LONG TERME	53
4.3.7. SYSTÈME TEL QUE RÉALISÉ	53
4.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE	54
4.4.1. ESSAIS DE DÉMARRAGE	54
4.4.2. SURVEILLANCE EN EXPLOITATION	54
4.4.3. ESSAIS PÉRIODIQUES	55
4.4.4. MAINTENANCE	56
5. SCHÉMA DE PRINCIPE	56
LISTE DES RÉFÉRENCES.	57

FIGURES :

FIG-6.3.1 SCHÉMA DE PRINCIPE DU SYSTEME RIS-RA TRAIN 4	58
FIG-6.3.2 GRILLES AU-DESSUS DES ORIFICES DANS LE PLANCHER LOURD	59
FIG-6.3.3 FILTRES RIS (SCHÉMA DE PRINCIPE)	60
FIG-6.3.4 CONCEPT DES PANIERS DE RÉTENTION (SCHÉMA DE PRINCIPE)	61
FIG-6.3.5 DÉCOLMATAGE DES FILTRES RIS (SCHÉMA DE PRINCIPE)	62

.6.3 SYSTÈME D'INJECTION DE SÉCURITÉ ET DE REFROIDISSEMENT DU RÉACTEUR À L'ARRÊT (RIS-RA)

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

0.1. FONCTIONS DE SÛRETÉ

0.1.1. Contrôle de la réactivité

Les contributions du système au contrôle de la réactivité doivent être les suivantes :

- assurer l'injection d'eau borée dans le circuit primaire afin de contrôler la réactivité du cœur en situations de PCC-2, PCC-3, PCC-4 ou RRC-A,
- assurer un volume minimal et une concentration en bore minimale de l'eau de l'IRWST afin d'assurer la sous-criticité du cœur en situations de PCC-2, PCC-3, PCC-4 ou RRC-A,
- éviter la cristallisation du bore dans le cœur afin d'empêcher tout retour en criticité provoqué, soit par une trop forte concentration en bore ou une trop faible température dans l'IRWST, soit par une vaporisation excessive du circuit primaire dans certaines situations de PCC-2, PCC-3, PCC-4 ou RRC-A.

0.1.2. Évacuation de la puissance résiduelle

Les contributions du système à l'évacuation de la puissance résiduelle doivent être les suivantes :

- Pour le système RIS en mode RA :
 - assurer une homogénéisation du fluide primaire, une circulation forcée et un refroidissement du circuit primaire afin de permettre l'évacuation de la puissance résiduelle dans les situations de PCC-2, PCC-3, PCC-4 ou RRC-A,
 - éviter la vidange du circuit primaire en cas de brèches sur un train RIS-RA dans le BAS, par l'isolement de la ligne d'aspiration RIS-RA,
 - permettre le redémarrage d'un train RIS-RA en mode RA en cas de brèche isolable sur un train RIS en mode RA. Afin de s'affranchir du critère de sous-saturation, le train RIS-RA doit être mis en service en mode RA réduit.
- Pour le système RIS en mode IS :
 - injecter de l'eau dans le circuit primaire afin d'arrêter ou d'éviter le dénoyage du cœur en situation de PCC-2, PCC-3, PCC-4 ou RRC-A,
 - injecter de l'eau dans le circuit primaire à long terme en cas de petite brèche du circuit primaire ou de fuite incontrôlée afin de maintenir les conditions de fonctionnement du système RIS-RA. Une mise en service de l'injection ISMP avec grande ligne à débit minimum ouverte doit être également réalisée en cas de petite brèche primaire afin de garantir la dépressurisation progressive en fonction de l'inventaire en eau et de la marge à la saturation du circuit primaire,
 - injecter de l'eau dans le circuit primaire lorsque les moyens assurant le refroidissement normal par le circuit secondaire sont indisponibles, afin d'extraire la puissance résiduelle en mode gavé-ouvert en conjonction avec la décharge par les vannes dédiées gavé-ouvert,
 - éviter la vidange du fluide primaire en cas de perte de l'inventaire en eau du circuit primaire ou de contraction importante du fluide primaire, par l'isolement du CPP et des soutirages vers le système RCV,
 - assurer l'inventaire en eau du circuit primaire en cas de perte totale du système RRI/SEC en états Cb2, Cb3 et D, ainsi qu'en cas de MDTG en états Cb2 et D. Dans ces situations, le

débit injecté en mode ISBP doit être réduit et adapté aux capacités de recirculation entre le circuit primaire et l'IRWST via les piscines du BR,

- permettre l'arrêt de l'injection par les pompes RIS (mise en service du RIS-RA en mode RA, basculement du mode IS au mode RA, identification d'un train rupté lors de la réalisation des Tests d'Intégrité Primaire et limitation des conséquences radiologiques par la présence de fuites à long terme sur le système RIS-RA en Accident Grave).
- Dans toutes les situations :
- assurer le refroidissement et l'inventaire en eau de l'IRWST en cas de brèche primaire afin d'assurer l'évacuation de la puissance résiduelle,
 - filtrer les débris éventuels présents dans l'IRWST afin d'assurer le bon fonctionnement des pompes RIS et des pompes EVU dans les situations de PCC et RRC-A.

0.1.3. Confinement des substances radioactives

Les contributions du système au confinement des substances radioactives doivent être les suivantes :

- 1^{ère} barrière de confinement :
En cas d'accidents pouvant conduire au dénoyage du cœur et donc à l'augmentation de température des gaines combustible (première barrière), le système RIS-RA participe à la fonction de confinement car il assure le recouvrement du cœur par injection d'eau borée dans le circuit primaire.
- 2^{ème} barrière de confinement :
Le système RIS-RA participe au confinement des substances radioactives en assurant l'intégrité de la deuxième barrière :
 - En mode RA, la partie du système RIS-RA située à l'extérieur de l'enceinte de confinement constitue une extension du circuit primaire. En cas de perte de l'inventaire en eau du circuit primaire, les soutirages du système RIS doivent être isolés.
 - En cas de brèche sur le système RIS-RA à l'extérieur de l'enceinte de confinement, le système RIS-RA doit isoler les lignes RIS connectées au circuit primaire afin de confiner le fluide primaire et d'éviter les rejets en dehors de l'enceinte de confinement.
 - Pendant les transitoires de surpression, le système RIS-RA doit permettre de limiter suffisamment la pressurisation du circuit primaire afin de ne pas dépasser sa pression de dimensionnement.
- 3^{ème} barrière de confinement :
Le système RIS-RA participe au confinement des substances radioactives en assurant l'intégrité de la troisième barrière :
 - En conditions accidentelles, le système RIS-RA doit jouer le rôle de 3^{ème} barrière de confinement au niveau de ses traversées enceinte.
 - En conditions accidentelles et lorsque le train fonctionne en mode RA, la partie du système RIS-RA située à l'extérieur du bâtiment réacteur doit constituer une extension de la troisième barrière.
 - En cas de brèches primaires, le système RIS-RA doit permettre de limiter suffisamment la production de vapeur afin de limiter la pression maximale dans l'enceinte de confinement.

Dans toutes les situations PCC et RRC-A, le système RIS-RA doit garantir un volume suffisant de l'IRWST afin de limiter la montée en température et en pression dans l'enceinte de confinement, d'assurer une protection biologique lors du chargement/déchargement des combustibles du cœur et d'alimenter le système EVU.

Dans les situations d'accident grave, l'IRWST doit assurer le noyage de la zone d'étalement du corium et évacuer la chaleur résiduelle issue du cœur en fusion pour éviter l'endommagement du radier par le corium.

0.1.4. Contributions indirectes aux fonctions de sûreté

Sans objet.

0.1.5. Contributions spécifiques à la protection contre les agressions

Les contributions du système à la protection contre les agressions doivent être les suivantes :

- RTHE/inondation interne : limitation des effets d'une inondation interne dans les Bâtiments des Auxiliaires de Sauvegarde (BAS), le Bâtiment Combustible (BK) et le Bâtiment des Auxiliaires Nucléaires (BAN) en cas de fuite ou rupture d'une tuyauterie REN lors de l'échantillonnage,
- RTHE/inondation interne : limitation des effets d'une inondation interne dans le Bâtiment Réacteur (BR) et le BK en cas de fuite ou rupture d'une tuyauterie du système RCV,
- RTHE/inondation interne : détection d'une inondation interne dans le BR,
- inondation interne : détection d'une inondation interne dans le BK et le BAN,
- séisme : limitation des effets d'une inondation dans le BAN suite à un séisme.

0.1.6. Contributions à l'élimination pratique

Les contributions du système à l'élimination pratique des biphases de l'enceinte de confinement doivent être les suivantes :

- assurer une surveillance effective de l'étanchéité des clapets d'isolement de l'enceinte de confinement en cas d'APRP extérieurs enceinte et non-isolables du système RIS-RA,
- assurer la robustesse de l'isolement de la branche froide en cas d'APRP extérieurs enceinte et non-isolables du système RIS-RA,
- réduire le risque de débordement en eau des GV en cas de RTGV,
- limiter le risque de fusion avec échec de l'isolement enceinte de confinement,
- limiter le risque de fusion en cas de fuite interne du clapet d'isolement □,
- limiter le risque de fusion en cas de mise en service de l'ISMP, suivi de son arrêt et de l'échec de son isolement,
- limiter le risque de fusion en cas de rupture sur les lignes d'injection RIS-BP lors de la mise en service de l'ISMP,
- limiter le risque de fusion en cas de fuite du circuit RCP (pressurisé) dans le circuit RIS-RA.

Les contributions du système à l'élimination pratique du risque de dilution hétérogène doivent être les suivantes :

- limiter le risque de fusion en cas de perte des alimentations électriques, durant des opérations normales de dilution,
- limiter le risque de fusion en cas d'erreur opérateur du réglage du point de consigne de la Cb du REA,
- limiter le risque de fusion en cas de dysfonctionnement de la régulation du débit REA,
- limiter le risque de fusion en cas de mauvaise concentration en bore dans le réservoir REA,
- limiter le risque de fusion en cas de rupture de tube(s) dans un échangeur REA bore,
- limiter le risque de fusion en cas de non respect des procédures de remplacement de la résine,

- limiter le risque de fusion en cas de non respect des procédures de mise en service d'un déminéraliseur,
- limiter le risque de fusion en cas de rupture de tube(s) dans le condenseur ou le "gas-cooler" du dégazeur,
- limiter le risque de fusion en cas de résidu d'eau claire dans le circuit RCV, après maintenance,
- limiter le risque de fusion en cas de fuite du circuit RCP (pressurisé) dans le circuit ISMP,
- limiter le risque de fusion en cas de fuite du circuit RCP (pressurisé) dans les accumulateurs RIS.

0.2. CRITÈRES FONCTIONNELS

Au titre de ses contributions à l'accomplissement des fonctions de sûreté, le système doit satisfaire les critères fonctionnels suivants :

0.2.1. Contrôle de la réactivité

Injection d'eau borée dans le circuit primaire :

Le système RIS-RA doit fournir une quantité suffisante de bore au circuit primaire en cas d'événements PCC ou en situation RRC-A, pour lesquels une injection de sécurité est requise, afin d'apporter l'antiréactivité nécessaire au cœur pour atteindre l'état sûr ou l'état final.

Assurer le volume minimal et la concentration en bore de l'IRWST :

Le système RIS-RA doit assurer un volume minimal et une concentration en bore dans toutes les situations de PCC et RRC-A. De plus, le système RIS-RA doit isoler les sources de dilution provenant du système RCV suffisamment rapidement en cas de défaillance du système RCV conduisant à une diminution de la concentration en bore du circuit primaire afin d'atteindre l'état contrôlé.

Eviter la cristallisation du bore :

Le système RIS-RA doit pouvoir permettre de basculer le débit injecté par l'ISBP de la branche froide vers la branche chaude, c'est-à-dire assurer un débit minimal d'injection en branche chaude à différentes pressions primaires afin d'éviter la cristallisation du bore dans le cœur en cas d'APRP BI ou GB en branche froide. De même, le système RIS-RA doit assurer une température minimale de l'IRWST afin de garantir l'absence de cristallisation du bore dans le système RIS-RA dans toutes les situations des PCC et RRC-A.

0.2.2. Évacuation de la puissance résiduelle

- Lorsque le système RIS-RA est en mode RA pour évacuer la puissance résiduelle, il doit :
Assurer l'homogénéisation, la circulation forcée et le refroidissement du fluide primaire :
Le système RIS-RA doit assurer une capacité de refroidissement du fluide véhiculé lorsqu'il est en mode RA suffisante pour atteindre et maintenir l'état d'arrêt sûr ou l'état final dans les cas d'évènement PCC-2 à PCC-4 ou RRC-A.
Permettre le redémarrage d'un train RIS-RA en mode RA :
En cas de brèche isolable sur un train RIS en mode RA, et afin de s'affranchir du critère de sous-saturation, le système RIS-RA en mode RA doit garantir un débit réduit suffisant et une capacité de refroidissement du fluide véhiculé suffisante.
Permettre l'arrêt des pompes RIS-RA en mode RA :
En cas d'APRP PB en états d'arrêt et en cas de brèche sur un train RIS en mode RA en états d'arrêt, l'arrêt des pompes ISBP initialement en service en mode RA doit permettre de les protéger de phénomènes de vortex ou de cavitation pouvant résulter d'une chute importante du niveau d'eau ou d'une diminution de la marge à la saturation, et donc de pouvoir les redémarrer ultérieurement pour gérer la fin de l'accident.
- Lorsque le système RIS-RA est nécessaire pour le maintien de l'inventaire en eau, il est en mode IS et doit :

Assurer l'injection de sécurité à un débit minimal :

Le système RIS-RA doit injecter de l'eau dans le circuit primaire à un débit suffisant, suivant la pression primaire et en un temps suffisamment court afin d'éviter ou d'arrêter le dénoyage du cœur et respecter les critères spécifiques définis au paragraphe 1 de la section 15.0.2, lors d'événements PCC ou de séquences RRC-A conduisant à la perte d'inventaire en eau du circuit primaire ou à la contraction du fluide primaire.

De même, le système RIS-RA doit injecter de l'eau dans le circuit primaire à un débit suffisant, suivant la pression primaire et en un temps suffisamment court, afin de maintenir les conditions de fonctionnement du système RIS-RA en mode RA, en cas de petite brèche du circuit primaire (APRP-PB) ou de fuite incontrôlée. En cas d'APRP PB, en états A et B, le basculement de la pompe ISMP sur sa grande ligne à débit minimum ouverte doit permettre d'atteindre les conditions de connexion du système RIS-RA en mode RA.

En cas de perte totale RRI/SEC en états Cb2, Cb3 et D, ainsi qu'en cas de MDTG en états Cb3 et D, le débit minimal assuré doit être réduit et adapté aux capacités de recirculation entre le circuit primaire et l'IRWST via les piscines BR. En cas de perte totale de l'alimentation en eau des GV, le débit minimal assuré doit permettre l'extraction de la puissance résiduelle en mode gavé-ouvert.

Assurer la décharge des accumulateurs :

Le système RIS-RA doit injecter un volume d'eau suffisant des accumulateurs dans le circuit primaire afin de garantir l'inventaire en eau du circuit primaire dans certaines situations de PCC et de RRC-A, en considérant une résistance de la ligne de décharge des accumulateurs satisfaisante, une pression, une température et une concentration en bore dans les accumulateurs suffisantes et un temps de lignage suffisamment court.

Assurer l'isolement des soutirages du système RIS-RA :

Le système RIS-RA doit isoler suffisamment rapidement le CPP et les soutirages vers le système RCV par deux organes d'isolement en série en cas de perte de l'inventaire en eau du circuit primaire ou de contraction importante du fluide primaire afin d'assurer l'efficacité de l'IS. De même, le système RIS-RA doit isoler suffisamment rapidement la ligne d'aspiration RIS-RA par deux organes d'isolement en série, en cas de brèches sur un train RIS-RA dans le BAS afin d'assurer l'inventaire en eau du primaire.

Permettre l'arrêt de l'injection de sécurité par les pompes RIS :

La mise hors service d'un train ISMP est requise pour abaisser la pression primaire et permettre la mise en service du système RIS-RA en mode RA.

La mise hors service d'un train ISBP en mode IS permet de connecter les trains RIS-RA en mode RA suite à des transitoires ayant sollicité l'injection de sécurité.

La mise hors service des pompes RIS permet :

- d'identifier le train rupté lors de la réalisation des T.I.P,
- de limiter les conséquences radiologiques dues à la présence de fuites à long terme sur le système RIS-RA en accident grave.

- Dans toutes les situations d'injection de l'eau de l'IRWST, le système RIS-RA doit :

Assurer la température de l'eau de l'IRWST :

Le système RIS-RA doit assurer une capacité de refroidissement de l'IRWST via les échangeurs dans les cas d'événement PCC-2 à PCC-4 ou RRC-A.

De plus, la température de l'eau de l'IRWST doit rester inférieure aux températures de dimensionnement des pompes d'injection basse et moyenne pression du système RIS-RA. Cette valeur est calculée en considérant un débit maximum pour les pompes ISBP.

Assurer l'inventaire en eau du circuit primaire via l'IRWST :

La hauteur d'eau de l'IRWST doit être suffisante pour garantir la pression suffisante à l'aspiration des pompes qui lui sont connectées.

En cas de perte totale du système RRI/SEC en états Cb2, Cb3, D et E, ainsi qu'en cas de MDTG en états Cb2, D et E, le débit injecté par l'ISBP doit être réduit afin de garantir la recirculation entre la piscine BR et l'IRWST afin d'éviter la vidange de l'IRWST.

Assurer la filtration des débris de l'IRWST :

Le système RIS-RA doit permettre la filtration des débris qui pourraient avoir des conséquences néfastes sur la circulation du fluide autour du combustible.

0.2.3. Confinement des substances radioactives

- 1^{ère} barrière de confinement :
Assurer le recouvrement du cœur :
En cas d'accidents pouvant conduire au dénoyage du cœur et donc à l'augmentation de température des gaines combustible (première barrière), le système RIS-RA participe à la fonction de confinement car il assure le recouvrement du cœur par un débit minimal d'injection d'eau borée dans le circuit primaire.
- 2^{ème} barrière de confinement :
Isolement du circuit primaire principal :
Le système RIS-RA doit pouvoir être isolé suffisamment rapidement du circuit primaire par deux vannes d'isolement en série si nécessaire afin d'assurer le confinement des substances radioactives.
Injection de sécurité à un débit maximal :
Le débit d'injection ISMP du système RIS-RA ne doit pas conduire à dépasser la pression de dimensionnement du circuit primaire et du système RIS-RA dans tous les transitoires de surpression. De plus, en cas de RTGV, la pression d'injection ISMP doit rester inférieure au point de consigne d'ouverture des soupapes de sûreté des générateurs de vapeur afin d'éviter leur sollicitation et ainsi de limiter les rejets radioactifs à l'extérieur de l'enceinte de confinement.
- 3^{ème} barrière de confinement :
Étanchéité des enceintes :
En conditions accidentelles, le système RIS-RA doit permettre l'isolement de l'enceinte de confinement au niveau de ses traversées enceinte si l'injection n'est pas requise, et l'étanchéité de l'IRWST doit être assurée. De plus, en conditions accidentelles, les parties du système RIS-RA constituant des extensions de la 3^{ème} barrière doivent jouer le rôle de barrière de confinement vis-à-vis du fluide véhiculé.
Injection de sécurité en branche chaude à un débit minimal :
En cas d'accident entraînant l'augmentation de la pression dans l'enceinte de confinement, le système RIS-RA doit limiter suffisamment la production de vapeur afin de respecter la pression de dimensionnement de l'enceinte de confinement. A ce titre, le débit minimal d'injection d'eau en branche chaude doit être assuré.
Injection ISMP à un débit maximal :
De plus, en cas de RTGV, la pression d'injection ISMP doit rester suffisamment basse pour ne pas conduire à dépasser la pression de dimensionnement de l'enceinte de confinement au niveau des traversées enceinte et garantir ainsi le confinement des substances radioactives.
Noyage de la zone d'étalement du corium :
En cas d'accident grave, la capacité de l'IRWST et le débit d'écoulement doivent être suffisant pour garantir le refroidissement du corium dans la zone d'étalement et assurer ainsi la protection du radier.

0.2.4. Contributions indirectes aux fonctions de sûreté

Sans objet.

0.2.5. Contributions spécifiques à la protection contre les agressions

Au titre de sa contribution spécifique à la protection contre les agressions, le système RIS-RA doit satisfaire les critères fonctionnels suivants :

- RTHE/inondation interne : En cas de fuite ou de rupture sur une tuyauterie du système REN, dans les BAS, le BK ou le BAN, lors de l'échantillonnage du système RIS, il est nécessaire d'isoler le système RIS afin de limiter les volumes d'eau relâchés dans le bâtiment concerné par l'agression.
- RTHE/inondation interne : En cas de fuite ou de rupture sur une tuyauterie du système RCV dans le BR ou le BK, il est nécessaire d'isoler la liaison RRA – RCV afin de limiter les volumes d'eau relâchés dans le bâtiment concerné par l'agression.
- RTHE/inondation interne : Les mesures de niveau de l'IRWST permettent la détection d'une inondation interne dans le BR (hausse de niveau).

- inondation interne : Les mesures de niveau de l'IRWST permettent la détection d'une inondation interne dans le BK et le BAN en cas de rupture ou de fuite sur le PTR lors de la phase de purification de l'IRWST (baisse de niveau).
- séisme : En cas de détection d'un séisme, il est nécessaire d'isoler préventivement les lignes REN d'échantillonnage du système RIS afin de limiter les volumes relâchés par les ruptures de ces lignes dans le BAN.

0.2.6. Contributions à l'élimination pratique

Au titre de ses contributions spécifiques à l'élimination pratique, le système RIS-RA doit satisfaire les critères fonctionnels suivants :

- mesure de la pression et de la température entre les clapets d'isolement pour assurer une surveillance effective de l'étanchéité de ces clapets en cas d'APRP extérieurs enceinte et non-isolables du système RIS-RA.
- ajout d'un troisième clapet d'isolement sur la branche froide pour assurer la robustesse de cette ligne en cas d'APRP extérieurs enceinte et non-isolables du système RIS-RA.
- dimensionnement de la pression de refoulement des pompes ISMP à une pression inférieure à la pression de tarage des vannes du circuit de décharge à l'atmosphère VDA afin de réduire le risque de débordement en eau des GV en cas de RTGV.
- alimentation par batteries des vannes intérieures et extérieures d'isolement de l'enceinte de confinement afin de limiter le risque de fusion avec échec de l'isolement enceinte.
- isolement automatique des sources de dilution provenant du système RCV sur signal anti-dilution,
- isolement des sources de dilution provenant du circuit RCP par isolement passif des lignes d'injection ISBP, ISMP et lignes des accumulateurs RIS.

0.3. EXIGENCES RELATIVES À LA CONCEPTION

0.3.1. Exigences issues du classement de sûreté

0.3.1.1. Classement de sûreté

Les parties du système RIS-RA jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté doivent faire l'objet d'un classement de sûreté conformément aux règles de classement indiquées à la section 3.2.1.

0.3.1.2. Critère de défaillance unique (active et passive)

Les fonctions du système RIS-RA classées F1 doivent être robustes à l'application du critère de défaillance unique. La défaillance unique d'un clapet anti-retour d'un accumulateur RIS-RA à l'ouverture en cas d'APRP n'a pas à être considérée (voir Directives Techniques C.2.1).

Les fonctions du système RIS-RA classées F2 au titre de la protection de l'installation contre les agressions internes doivent être robustes à l'application de la défaillance aléatoire conformément aux règles du paragraphe 2.3 de la section 3.4.0.

0.3.1.3. Alimentation électrique de secours

L'alimentation électrique des composants du système RIS-RA nécessaire à l'accomplissement des fonctions classées F1 doit être secourue par les groupes diesels principaux.

L'alimentation électrique des composants du système RIS-RA nécessaire à l'accomplissement des fonctions classées F2 doit être secourue au cas par cas, afin que ces dernières soient assurées si nécessaire en cas de perte des alimentations électriques extérieures.

0.3.1.4. Séparation physique/géographique

Les fonctions classées F1 du système RIS-RA doivent être conçues conformément à l'exigence de séparation physique/géographique de leurs équipements redondants constitutifs :

- Les quatre trains RIS-RA doivent être séparés structurellement l'un de l'autre. Aucune connexion ne doit être pourvue entre les quatre trains RIS-RA.
- Le contrôle commande et les sources électriques des 4 trains doivent être totalement indépendants.

0.3.1.5. Qualification aux conditions accidentelles

Les équipements classés du système RIS-RA doivent être qualifiés en fonction des conditions de fonctionnement dans lesquelles ils sont sollicités au titre de leur contribution à l'accomplissement des fonctions de sûreté, conformément aux règles du sous-chapitre 3.7.

0.3.1.6. Classement ESPN, mécanique, électrique, Contrôle-Commande et Sismique

Les équipements du système RIS-RA redevables d'un classement mécanique, électrique, contrôle commande et sismique doivent être classés conformément aux règles de classement présentées dans la section 3.2.1.

Les équipements du système RIS-RA redevables d'un classement ESPN doivent être classés conformément à la réglementation applicable (cf. section 3.6.2).

0.3.2. Exigences réglementaires

0.3.2.1. Textes réglementaires

0.3.2.1.1. Textes officiels

Parmi l'ensemble des exigences issues des textes réglementaires présentés dans la section 1.7.0 du Rapport de Sûreté, le système RIS-RA est concerné par les textes officiels suivants :

- le décret n° 2016-1925 du 28 décembre 2016 relatif au suivi en service des appareils à pression,
- l'arrêté du 20 novembre 2017 relatif au suivi en service des équipements sous pression et des récipients à pression simples,
- l'arrêté du 30/12/2015 modifié relatif aux équipements sous pression nucléaire (ESPN),
- le décret 207-534 du 10/04/2007 modifié autorisant la création de l'installation nucléaire de base dénommée Flamanville 3,
- la lettre "Options de Sûreté du projet de réacteur EPR" (lettre DGSNR 0729/2004).

De plus, parmi l'ensemble des exigences issues des textes réglementaires présentés dans la section 1.7.0 du Rapport De Sûreté, les articles III-2.1.3 b et III-3.2 C du Décret d'Autorisation de Création sont spécifiquement applicable au système RIS :

- III-2.1.3 b : « Des systèmes de refroidissement de secours du cœur doivent permettre, pour tout incident ou accident de référence ainsi que pour les conditions de fonctionnement avec défaillances multiples considérées dans le rapport de sûreté, d'assurer un inventaire en eau suffisant dans le circuit primaire et d'évacuer la puissance résiduelle du cœur. »
- III-3.2 C : « Afin de réduire le risque de rejets en eau du circuit primaire dans l'environnement en cas de rupture d'un ou de plusieurs tubes de générateurs de vapeur, la pression de refoulement du système de refroidissement de secours assurant l'injection d'eau dans le circuit primaire dans ces situations est inférieure au point de consigne d'ouverture des soupapes de protection du circuit secondaire. »

0.3.2.1.2. Prescriptions techniques

Le système RIS-RA est concerné spécifiquement par la prescription technique suivante (voir section 1.7.0) : INB-167-25 relatif à la chaîne de filtration RIS/EVU.

Le système RIS-RA appartient au noyau dur Fukushima (cf. chapitre 21).

A ce titre, il doit respecter la décision n° 2012-DC-0283 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 26 juin 2012 et décision n° 2014-DC-0403 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 21 janvier 2014 (voir section 1.7.0).

0.3.2.1.3. Réglementations internationales

Le système RIS-RA n'est pas concerné par une réglementation internationale spécifique.

0.3.2.2. Textes para-réglementaires

0.3.2.2.1. Règles fondamentales de sûreté

Le système RIS-RA n'est pas concerné par une Règle Fondamentale de Sûreté spécifique.

0.3.2.2.2. Directives Techniques

Le système RIS-RA est concerné par les sections suivantes des Directives Techniques :

- A.1.3 :
 - « Les séquences accidentelles avec bypasse du confinement ([...] par des circuits connectés au système primaire qui sortent de l'enceinte de confinement) doivent être « pratiquement éliminées » par des dispositions de conception (telles qu'une pression de conception adéquate des tuyauteries) et des dispositions d'exploitation dans le but d'assurer un isolement fiable et aussi de prévenir les défaillances. »
 - « Pour ce qui concerne les fuites de l'enceinte de confinement, il ne doit pas y avoir de chemin de fuite direct de l'enceinte de confinement à l'extérieur. Les tuyauteries susceptibles de transporter des substances radioactives à l'extérieur de l'enceinte de confinement doivent conduire à des bâtiments périphériques présentant des capacités de confinement adéquates. Des améliorations de la surveillance permanente de l'étanchéité de l'enceinte de confinement doivent être recherchées. Les traversées de l'enceinte résistant à la pression doivent supporter les chargements résultant des séquences avec fusion du cœur. »
- B.1.4.2 : le RIS-RA étant connecté au circuit primaire et sortant de l'enceinte, il doit être conçu et exploité de façon à ce que le risque que sa défaillance soit à l'origine d'une séquence accidentelle avec by-pass du confinement soit "pratiquement éliminé".
 - « D'une manière générale, concernant les fuites et brèches des circuits connectés au système de refroidissement du réacteur, des dispositions de conception doivent être mises en place pour éviter une surpression dans les parties à basse pression des systèmes connectés ou pour assurer un dimensionnement adéquat de ces parties à l'égard des surpressions. [...] De plus, des exigences strictes doivent être appliquées aux moyens mis en place pour détecter les fuites primaires dans les bâtiments périphériques et éviter leurs conséquences. »
 - « Pour les circuits connectés au système primaire, le concepteur doit étudier l'utilisation de moyens d'isolement diversifiés, les possibilités des défaillances de ces moyens et les équipements de suivi associés, de même que l'utilisation de tuyauteries conçues pour résister à la pression primaire dans les situations correspondantes. »
 - « Pour ce qui concerne le grand réservoir d'eau borée utilisé pour l'injection de sécurité et situé à l'intérieur du bâtiment réacteur, les lignes d'aspiration à l'extérieur de l'enceinte de confinement doivent être équipées jusqu'à la première vanne d'une double enveloppe conçue pour tenir aux conditions accidentelles dans l'enceinte de confinement non seulement au début de l'accident mais aussi à long terme durant l'accident ; les doubles enveloppes doivent être conçues de manière à permettre des inspections périodiques des tuyauteries internes d'aspirations. De plus, les conséquences d'une fuite d'une tuyauterie interne doivent être étudiées. »

- B 2.3.1 :

- « La fonction de contrôle de la réactivité peut être accomplie par des barres de contrôle et des systèmes d'injection d'eau borée [...]. »
- « les accidents de réactivité résultants de l'introduction rapide d'eau froide ou d'eau insuffisamment borée doivent être évités par des dispositions de conception de telle sorte qu'ils puissent être « exclus ». Parmi ces dispositions de conception, des dispositifs automatiques permettant d'éviter la formation intempestive d'un bouchon d'eau diluée, des dispositifs de détection de fuite, le suivi de la concentration en bore des systèmes doivent être considérés autant qu'il est approprié. »

- B 2.3.2 :

- « La fonction d'évacuation de la puissance résiduelle doit être assurée avec une fiabilité élevée. De manière générale, un système à quatre trains conçu pour accomplir la fonction d'évacuation de la puissance résiduelle et la fonction d'injection de sécurité à basse pression peut convenir dans la mesure où des dispositions adéquates sont mises en œuvre pour les parties du système d'évacuation de la puissance résiduelle situées à l'extérieur de bâtiment réacteur, de manière à « pratiquement éliminer » les séquences d'accident grave avec bipasse du confinement. »
- « La puissance résiduelle doit être transportée du système combiné d'évacuation de la puissance résiduelle et d'injection de sécurité basse pression à la source froide ultime par un système de refroidissement intermédiaire. »
- « Une attention particulière doit être portée aux séquences d'événements pour lesquelles un basculement d'un mode d'exploitation à l'autre des trains du système combiné d'évacuation de la puissance résiduelle et d'injection de sécurité à basse pression est nécessaire ainsi qu'aux délais correspondants ; en outre la diversification et l'adéquation des signaux d'injection automatique d'eau ainsi que le caractère suffisant du débit d'appoint doivent être justifiés ; enfin, l'adéquation de l'appoint d'eau manuel prévu pour faire face à une défaillance des moyens automatiques doit être démontrée. »
- « Le retour d'expérience a montré qu'une attention particulière doit être portée à la possibilité d'une perte d'un niveau d'eau adéquat durant les états d'arrêt où le cœur est dans la cuve du réacteur. Des dispositions de conception doivent être mises en œuvre afin de réduire le besoin d'exploitation à mi-boucles quand le cœur est dans la cuve du réacteur et afin de faire face à la perte du système normal d'évacuation de la puissance résiduelle. Les hypothèses relatives à la remise en service des pompes du système d'évacuation de la puissance résiduelle après une baisse du niveau d'eau doivent être clairement justifiées. »

- B 2.3.3 :

- « La fonction de refroidissement de secours du cœur peut être assurée par un concept optimisé comprenant une injection de sécurité à moyenne pression dans les branches froides avec une pression de refoulement inférieure au point de consigne d'ouverture des soupapes de sûreté des générateurs de vapeur, des accumulateurs injectant dans les branches froides et une injection de sécurité à basse pression dans les branches froides, avec basculement à une injection combinée dans les branches froides et chaudes après une période de quelques heures, les systèmes d'injection utilisant l'eau d'un grand réservoir d'eau implanté à l'intérieur du bâtiment de confinement. »
- « La mise en place d'un grand réservoir d'eau borée à l'intérieur du bâtiment du réacteur apporte des avantages significatifs pour faire face aux accidents de perte de réfrigérant primaire. Néanmoins, une attention appropriée doit être portée au bon mélange de l'eau contenue dans le réservoir et à l'accroissement de la température de cette eau (une sous-saturation devrait être maintenue) au cours de tels accidents (en relation avec le volume du réservoir), ainsi qu'à la qualité de l'eau pour la conception des pompes du système de refroidissement de secours du cœur. »

- B.2.3.6 : « Une protection contre les surpressions doit aussi être mise en place pour les circuits connectés au circuit primaire (comme le système conçu pour accomplir la fonction d'évacuation

de la puissance résiduelle et l'injection de sécurité à basse pression, lorsqu'il est connecté au circuit primaire). »

- C.2.1 : « Certaines défaillances actives uniques peuvent être exclues lors de l'application du critère de défaillance unique pour la conception des systèmes ; de telles exclusions doivent être clairement justifiées par des méthodes appropriées en relation avec des dispositions de conception et d'exploitation précises, tenant compte de l'expérience d'exploitation. Les justifications devraient inclure une analyse des conséquences de la défaillance avec des hypothèses réalistes. De telles exceptions pourraient inclure : a) la défaillance à l'ouverture des clapets des accumulateurs [...] »

Cette exigence est générique.

- E.1.2.2 : « Des investigations détaillées sont particulièrement nécessaires concernant [...] la petite brèche primaire combinée à la perte du système d'injection de sécurité à basse pression (sous-criticité à l'arrêt à froid, formation de bouchons d'eau insuffisamment borée, colmatage, évacuation à long terme de la chaleur du réservoir d'eau interne à l'enceinte de confinement) »

- E.2.2.5 :

- « Concernant le système d'injection de sécurité à basse pression et de refroidissement à l'arrêt (ISBP/RRA), le suivi continu de la pression et de la température dans les portions de tuyauteries situées entre les premiers et les seconds clapets d'isolement du circuit primaire qui sont maintenues à la pression des accumulateurs, fournirait une surveillance effective de l'étanchéité de ces clapets. Néanmoins, pour "éliminer pratiquement" les fusions du cœur avec bipasse du confinement dû à une fuite réaliste significative à travers ces deux clapets d'isolement, le concepteur doit justifier la capacité des vannes d'isolement motorisées situées sur les lignes d'injection de sécurité à l'extérieur de l'enceinte de confinement à arrêter un débit inverse (qui pourrait être diphasique). En tout état de cause, les portions de tuyauteries du système ISBP/RRA à l'extérieur de l'enceinte de confinement jusque et y compris les vannes d'isolement motorisées doivent être dimensionnées de telle sorte que leur intégrité soit maintenue dans les conditions du fluide primaire. »
- « L'importance pour la sûreté, pendant le fonctionnement d'un système de refroidissement à l'arrêt, de l'étanchéité du clapet situé à l'aspiration du réservoir d'eau interne à l'enceinte de confinement ainsi que du clapet du système d'injection de sécurité à moyenne pression à l'intérieur de cette enceinte doit être aussi soulignée. Une attention spécifique doit être portée à la fermeture de ces clapets après une séquence de basculement du mode injection de sécurité au mode refroidissement à l'arrêt, en tenant compte de la présence possible de particules dans le débit traversant chacun de ces clapets au cours de l'injection de sécurité. En tout état de cause, des dispositions adéquates doivent être mises en place pour garantir l'intégrité des parties concernées du système d'injection de sécurité à l'extérieur de l'enceinte de confinement en cas de fuite à travers ces clapets. »
- « Des exigences de conception rigoureuses doivent être appliquées aux parties du système de refroidissement à l'arrêt extérieures à l'enceinte de confinement de manière à prévenir des ruptures importantes dans ces parties du système. En outre, la capacité des vannes d'isolement à se fermer doit être prouvée pour toutes les tailles de brèche (jusqu'à la brèche guillotine), y compris avec un débit diphasique. »

- E.2.3.2 :

- « Une attention appropriée doit être portée aux [...] fuites possibles du système, notamment la conception de la double enveloppe de la partie non isolable de la ligne d'aspiration du système d'évacuation de la chaleur de l'enceinte de confinement ainsi que la surveillance de cette ligne et de cette double enveloppe, en tenant compte des effets de corrosion. »
- « Une attention appropriée doit être portée aux [...] possibilités de défaillance de cause commune du système d'évacuation de la chaleur de l'enceinte de confinement et des systèmes nécessaires pour prévenir la fusion du cœur, notamment le bouchage des filtres du réservoir d'eau interne à l'enceinte de confinement : une information détaillée doit être fournie par le concepteur : caractéristiques de débit, volume et comportement des débris... »

0.3.2.2.3. Textes EPR spécifiques

Le système RIS-RA est concerné par le cadre de référence EPR pour les études de filtration des débris en amont des pompes de recirculation.

0.3.3. Agressions

0.3.3.1. Agressions internes

Les fonctions du système RIS-RA doivent être protégées vis-à-vis des conséquences des agressions internes si leur perte remet en cause l'atteinte des objectifs de sûreté du sous-chapitre 3.4.

0.3.3.2. Agressions externes

Les fonctions du système RIS-RA doivent être protégées vis-à-vis des conséquences des agressions externes si leur perte remet en cause l'atteinte des objectifs de sûreté du sous-chapitre 3.3.

0.3.4. Diversification

Afin de limiter les risques de défaillance de mode commun, les équipements suivants du système RIS-RA doivent faire l'objet d'une exigence de diversification :

- Les moteurs des pompes ISBP des trains 1 et 4 doivent être équipés de deux sources de refroidissement diversifiées (systèmes RRI et DEL) afin qu'une chaîne soit toujours disponible pour assurer le refroidissement de la pompe et par conséquent l'appoint à long terme en cas de perte totale de la chaîne de refroidissement.
- Les lignes d'injection ISMP et ISBP à l'intérieur de l'enceinte de confinement doivent posséder trois organes d'isolement (clapets). Les clapets intermédiaires doivent être diversifiés et les lignes instrumentées de manière à suivre en continu la fonction d'étanchéité des deux clapets d'isolement du circuit primaire.

0.3.5. Radioprotection

Le système RIS-RA doit être conçu pour limiter l'exposition du personnel au rayonnement et à la contamination atmosphérique.

0.3.6. Exigences liées au fonctionnement, à la maintenance et à l'accessibilité long terme

Les équipements du système RIS-RA nécessaires au maintien de la centrale en état sûr dans la gestion long terme après un accident doivent être accessibles aux opérateurs pour la maintenance et la réparation des matériels à long terme.

Pour l'accès au personnel (contrôle des soudures, examen des filtres, etc.), le renouvellement de l'atmosphère de l'IRWST est nécessaire. L'atmosphère de l'IRWST est reliée aux installations de traitement de l'air (ventilation continue de l'enceinte de confinement).

0.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE

0.4.1. Essais de démarrage

Le système RIS-RA doit être conçu pour permettre la réalisation d'essais de démarrage permettant de s'assurer de sa conception adéquate et de ses performances, et notamment du respect des critères fonctionnels qui lui sont assignés au [§ 0.2.](#)

0.4.2. Surveillance en Exploitation

Le système RIS-RA doit être conçu pour permettre une surveillance en exploitation normale des caractéristiques du système nécessaires à l'accomplissement de ses missions de sûreté afin d'assurer le bon comportement de ses composants et leur disponibilité en fonctionnement normal, incidentel et accidentel.

0.4.3. Essais Périodiques

Les parties classées du système RIS-RA doivent être conçues pour permettre la réalisation d'essais périodiques conformément aux règles définies dans le chapitre IX des Règles Générales d'Exploitation.

0.4.4. Maintenance

Le système RIS-RA doit être conçu pour permettre la mise en œuvre d'un programme de maintenance conformément au chapitre VIII des RGE.

1. RÔLE DU SYSTÈME

Le système RIS-RA assure les fonctions opérationnelles suivantes, dans les différentes conditions de fonctionnement de l'installation dans lesquelles il est sollicité :

1.1. RÔLE DU SYSTÈME PENDANT L'EXPLOITATION NORMALE DE LA TRANCHE

Pendant l'exploitation normale de la tranche, le système RIS-RA doit assurer les rôles suivants :

Refroidissement normal du fluide primaire :

Le rôle du système RIS-RA en mode RA est d'assurer le refroidissement normal du fluide primaire après le refroidissement par évacuation de la vapeur des GV.

Homogénéisation du fluide primaire pour un arrêt ou un démarrage de la centrale :

Après l'arrêt des groupes motopompes primaires (GMPP), les trains RIS-RA en mode RA ont pour fonction d'assurer l'homogénéisation du fluide primaire dans le système RCP.

Décharge du réfrigérant dans le système RCV :

Pour la purification du réfrigérant, celui-ci est déchargé au moyen des pompes ISBP du système RIS-RA (trains 3 et 4) pour des pressions inférieures à la pression de fonctionnement des vannes de décharge haute pression du système RCV.

Remplissage des piscines pour le déchargement et le rechargement :

Transfert d'eau du réservoir de remplissage des piscines (IRWST) aux piscines du réacteur en préparation des opérations de déchargement et de rechargement.

Refroidissement et homogénéisation de l'IRWST en cas d'appoint par le système REA (compensation de l'évaporation) :

Refroidissement et homogénéisation de l'IRWST (si nécessaire) pendant l'exploitation normale de la centrale.

Remplissage des accumulateurs :

Le remplissage normal d'un accumulateur (par exemple consécutif à un essai périodique) avec de l'eau borée est réalisé par la pompe ISMP du train correspondant. La pompe ISMP aspire l'eau de l'IRWST et remplit l'accumulateur par le biais d'une ligne de remplissage dédiée.

Protection des GMPP lors du fonctionnement en monophasique :

Lors des états d'arrêts à froid (en phase d'arrêt de la tranche), lorsque le circuit primaire est à l'état monophasique, un accumulateur est connecté au circuit primaire pour assurer la protection des joints des GMPP.

Evacuation de la puissance résiduelle en arrêt à froid :

Lors d'un fonctionnement à $\frac{3}{4}$ boucle, les trains RIS-RA en mode RA ont pour fonction d'évacuer la puissance résiduelle.

Contrôle de la température primaire lors d'un arrêt :

Lors des arrêts à froid, les trains RIS-RA ont pour fonction de maintenir le circuit primaire à une température permettant les opérations de déchargement et rechargement du combustible ainsi que les opérations de maintenance.

Rôle de l'IRWST :

L'IRWST est un réservoir dont le principal objectif est de contenir une grande quantité d'eau borée de concentration et température surveillées et homogènes. L'IRWST remplit les fonctions suivantes :

- fournir les volumes d'eau nécessaires pour remplir la piscine réacteur, la piscine de stockage des internes, la piscine de transfert et le circuit primaire lors des arrêts de tranche ;
- assurer une protection biologique lors des périodes de rechargement ;
- assurer l'alimentation en eau des pompes de charge du système RCV en cas de niveau bas dans le réservoir de contrôle volumétrique et après l'isolement de ce réservoir à l'apparition du signal anti-dilution ;
- collecter les retours de plusieurs circuits.

1.2. RÔLE DU SYSTÈME DANS LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT PCC-2 À PCC-4, RRC-A, EN ACCIDENT GRAVE ET SITUATIONS AGRESSIONS

Dans les conditions de PCC-2, PCC-3, PCC-4, RRC-A, Accident Grave et agressions, les rôles du système RIS-RA sont les suivants :

Injection d'eau borée :

En cas d'événements PCC, ainsi qu'en conditions RRC-A, le système RIS-RA injecte de l'eau borée dans le circuit primaire à partir de l'IRWST ou à partir des accumulateurs, afin de contrôler la réactivité du cœur.

Evacuation de la puissance résiduelle :

En cas d'événements PCC-2 à 4 ou RRC-A, après la phase initiale de refroidissement par les générateurs de vapeur ou en états d'arrêt, le système RIS-RA évacue la puissance résiduelle, afin d'atteindre et de maintenir l'état d'arrêt sûr ou afin d'atteindre l'état final. En particulier, en cas de perte totale d'alimentation en eau des GV, le système RIS-RA permet l'extraction de la puissance résiduelle en mode gavé-ouvert en conjonction avec la décharge par les vannes dédiées gavé-ouvert.

Evacuation durable de la puissance résiduelle :

Le système RIS-RA permet la connexion des trains RIS-RA en mode RA afin d'assurer l'évacuation durable de la puissance résiduelle suite à une sollicitation de l'IS. De plus, durant la phase de dépressurisation du circuit primaire, les accumulateurs sont isolés afin de ne pas retarder la dépressurisation pour atteindre les conditions de connexion des trains RIS-RA en mode RA et assurer l'évacuation durable de la puissance résiduelle.

Maintien de l'inventaire en eau du circuit primaire :

Le système RIS-RA maintient l'inventaire en eau du circuit primaire en injectant de l'eau dans le circuit primaire lors d'événements PCC ou de séquences RRC-A conduisant à la perte d'inventaire en eau du circuit primaire ou à la contraction du fluide primaire afin d'éviter ou d'arrêter le dénoyage du cœur et

limiter l'échauffement du cœur, ou à long terme en cas de petite brèche du circuit primaire (APRP-PB) ou de fuite incontrôlée, pour maintenir les conditions de fonctionnement du système RIS-RA.

Arrêt de la vidange du fluide primaire :

Le système RIS-RA participe à la maîtrise de la vidange du circuit primaire par l'isolement du CPP et des soutirages vers le système RCV en cas de perte de l'inventaire en eau du circuit primaire ou de contraction importante du fluide primaire, ou par l'isolement de la ligne d'aspiration RIS-RA en cas de brèches sur un train RIS-RA dans le BAS.

Protection des pompes ISBP :

En cas de perte d'inventaire en eau primaire dans les états d'arrêt (trains RIS-RA en mode RA) chaque file RIS-RA en mode RA est mise hors service afin de protéger les pompes ISBP. En cas de perte du refroidissement normal des pompes ISBP en mode RA, les trains RIS-RA 1 et 4 sont mis hors service afin de protéger les pompes ISBP.

Les pompes ISBP peuvent être requises ultérieurement pour assurer l'évacuation durable de la puissance résiduelle ou le maintien de l'inventaire en eau dans le circuit primaire.

Arrêt de l'injection de sécurité :

La mise hors service d'un train ISMP est requise pour abaisser la pression primaire et permettre la mise en service du RIS-RA en mode RA.

La mise hors service d'un train ISBP en mode IS permet de connecter les trains du système RIS-RA en mode RA suite à des transitoires ayant sollicité l'injection de sécurité.

La mise hors service des pompes RIS permet :

- d'identifier le train rupté lors de la réalisation des T.I.P,
- de limiter les conséquences radiologiques dues à la présence de fuites à long terme sur le système RIS-RA en accident grave.

Refroidissement de l'IRWST :

En cas de brèche primaire, le système RIS-RA assure le refroidissement de l'eau de l'IRWST afin d'assurer l'évacuation de la puissance résiduelle.

Filtration des débris dans l'IRWST :

Dans les situations de PCC-2 à PCC-4 et RRC-A, le système RIS-RA filtre les débris de l'IRWST afin d'assurer le bon fonctionnement des composants des systèmes RIS-RA et éviter l'obstruction des canaux de refroidissement des assemblages combustible.

Maintien de l'inventaire en eau de l'IRWST :

Dans toutes les situations accidentelles, le système RIS-RA assure un niveau suffisant d'eau dans l'IRWST afin de garantir de bonnes conditions à l'aspiration des pompes connectées à l'IRWST en cas d'accident (pompes EVU et RIS).

Confinement des substances radioactives :

Le système RIS-RA participe au confinement des substances radioactives en assurant l'intégrité :

- de la première barrière : En cas d'accidents pouvant conduire au dénoyage du cœur et donc à l'augmentation de température des gaines combustible (première barrière), le RIS-RA participe à la fonction de confinement car il assure le recouvrement du cœur par injection d'eau borée dans le circuit primaire.

- de la deuxième barrière : En mode RA, la partie du système RIS-RA située à l'extérieur de l'enceinte de confinement constitue une extension du circuit primaire et les soutirages du système RIS-RA sont isolés en cas de perte de l'inventaire en eau du circuit primaire. En cas de brèche sur le système RIS-RA à l'extérieur de l'enceinte de confinement, les lignes RIS-RA connectées au circuit primaire et affectées par la brèche sont isolées afin de confiner le fluide primaire et d'éviter les rejets en dehors de l'enceinte de confinement.
- de la troisième barrière : En mode RA, la partie du système RIS-RA située à l'extérieur de l'enceinte de confinement constitue une extension de la troisième barrière. En cas d'accidents de perte de l'inventaire en eau du circuit primaire les traversées enceinte du système RIS-RA sont isolées afin de limiter les rejets en dehors de l'enceinte de confinement. En cas de brèches primaires le système RIS-RA permet de limiter suffisamment la production de vapeur afin de limiter la pression maximale dans l'enceinte de confinement.

Noyage de la zone d'étalement du corium :

En cas d'accident grave, l'IRWST assure le noyage de la zone d'étalement du corium et évacue la chaleur résiduelle issue du cœur en fusion pour éviter l'endommagement du radier par le corium.

Le système RIS-RA permet également de :

- détecter une RTHE/inondation interne dans le BR, le BK et le BAN,
- limiter les effets d'une RTHE/inondation interne dans les BAS, le BK et le BAN en cas de fuite ou de rupture sur le système REN (échantillonnage du RIS),
- limiter les effets d'une RTHE/inondation interne dans le BR et le BK en cas de fuite ou de rupture sur le système RCV,
- limiter les effets d'une inondation interne dans le BAN suite à un séisme.

2. BASES DE CONCEPTION

2.1. HYPOTHÈSES GÉNÉRALES DE FONCTIONNEMENT

Le système RIS-RA participe aux trois fonctions de sûreté principales, dans tous les états de la tranche. Etant également valorisés en cas de MDTG ou perte de la source froide, deux pompes ISBP disposent d'une source de refroidissement diversifiée. De la même façon, les organes d'isolement assurant le confinement des substances radioactives sont redondés et secourus électriquement.

L'IRWST est situé entre le puits de cuve et le mur intérieur de l'enceinte de confinement, au fond du BR, en dessous du niveau du plancher lourd (supportant les composants primaires). La zone entre l'IRWST et le mur d'enceinte de confinement est en grande partie remplie de béton afin d'éviter toute rétention d'eau en cas d'accident, par exemple en cas de condensation. Ce remplissage doit être compatible avec les besoins d'installation et de maintenance des équipements proches de ces zones.

2.2. HYPOTHÈSES DE DIMENSIONNEMENT

2.2.1. Contrôle de la réactivité

Injection d'eau borée dans le circuit primaire :

Le système RIS-RA fournit une quantité suffisante de bore au circuit primaire en cas d'événement PCC ou en situation RRC-A pour lesquels une injection de sécurité est requise, afin d'apporter l'antiréactivité nécessaire au cœur pour atteindre l'état sûr ou l'état final. Le système RIS-RA assure donc des débits d'injection ISMP et ISBP minimum. □

Assurer le volume minimal et la concentration en bore de l'IRWST :

Le système RIS-RA doit assurer un volume minimal et une concentration en bore de l'eau de l'IRWST suffisamment homogène, dans toutes les situations de PCC et RRC-A.

□

La concentration maximale est une condition initiale des études APRP et des études d'alcalinisation de l'IRWST.

Le volume initial minimal est de :

□

De plus, le système RIS-RA isole les sources de dilution provenant du système RCV suffisamment rapidement en cas de défaillance du système RCV conduisant à une diminution de la concentration en bore du circuit primaire afin d'atteindre l'état contrôlé. □

Eviter la cristallisation du bore :

Cette fonction est dimensionnée par les conditions de fonctionnement des accidents d'APRP GB et PB dans le cadre des études MEL. Le système RIS-RA peut basculer le débit injecté par l'ISBP de la branche froide vers la branche chaude, c'est-à-dire assurer un débit minimal d'injection en branche chaude à différentes pressions primaires afin d'éviter la cristallisation du bore dans le cœur en cas d'APRP Brèche Intermédiaire ou Grosse Brèche en branche froide. □

□

De même, le système RIS- RA assure une température minimale de l'IRWST afin de garantir l'absence de cristallisation du bore dans le système RIS-RA dans toutes les situations des PCC et RRC-A. □

2.2.2. Évacuation de la puissance résiduelle

- Lorsque le système RIS-RA est en mode RA, pour évacuer la puissance résiduelle :
Assurer la circulation forcée et le refroidissement du fluide primaire :
Le système RIS-RA assure une capacité de refroidissement du fluide primaire véhiculé en mode RA suffisante pour atteindre et maintenir l'état d'arrêt sûr ou l'état final dans les cas d'évènement PCC-2 à PCC-4 ou RRC-A. Le refroidissement est assuré par un coefficient de l'échangeur RIS-BP suffisamment élevé. Ce critère est le plus limitant pour l'accident de perte d'un train RIS-RA. □
Permettre le redémarrage d'un train RIS-RA en mode RA :
En cas de brèche sur un train RIS-RA en mode RA, et afin de s'affranchir du critère de sous-saturation, le système RIS-RA en mode RA garantit un débit réduit minimal en mode RA. □
Permettre l'arrêt des pompes RIS-RA en mode RA :
En cas d'APRP PB en états d'arrêt ou en cas de brèche sur un train RIS en mode RA en états d'arrêt, conduisant à une chute importante du niveau d'eau ou à une diminution de la marge à la saturation, les pompes ISBP initialement en service en mode RA doivent être arrêtées suffisamment rapidement pour ne pas être endommagées et pouvoir être redémarrées ultérieurement pour gérer la fin de l'accident. □
- Lorsque le système RIS-RA est nécessaire pour le maintien de l'inventaire en eau :
Assurer l'injection de sécurité à un débit minimal :
Le système RIS-RA injecte de l'eau dans le circuit primaire avec un débit suffisant dépendant de la pression primaire et en un temps suffisamment court pour atteindre et maintenir l'état d'arrêt sûr ou l'état final en situations de PCC-2 à PCC-4 ou RRC-A. Ce débit minimal est défini quel que soit le moyen d'injection utilisé (ISMP ou ISBP). Ces fonctions sont dimensionnées sur la base des conditions de fonctionnement des accidents d'APRP et de brèche isolable sur un train RIS-RA en mode RA à l'intérieur ou à l'extérieur de l'enceinte de confinement.

□

Assurer la décharge des accumulateurs :

Les accumulateurs du système RIS-RA injectent un volume d'eau suffisant dans le circuit primaire afin de garantir l'inventaire en eau du circuit primaire dans certaines situations PCC-2 à PCC-4 et RRC-A. Pour ce faire, le système RIS-RA assure également une résistance de la ligne de décharge des accumulateurs suffisante, une pression, une température et une concentration en bore dans les accumulateurs suffisantes et un temps de lignage suffisamment court. Ces fonctions sont dimensionnées sur la base des conditions de fonctionnement des accidents d'APRP.

□

Assurer l'isolement des soutirages du système RIS-RA :

Le système RIS-RA isole suffisamment rapidement le CPP et les soutirages vers le système RCV par deux organes d'isolement en série en cas de perte de l'inventaire en eau du circuit primaire ou de contraction importante du fluide primaire afin d'assurer l'inventaire en eau du circuit primaire. □

De même, le système RIS-RA doit isoler suffisamment rapidement la ligne d'aspiration RIS-RA par deux organes d'isolement en série. en cas de brèches sur un train RIS-RA dans le BAS afin d'assurer l'inventaire en eau du circuit primaire. □

Arrêt de l'injection de sécurité :

Il n'y a pas de critères quantitatifs associés aux critères fonctionnels du [§ 0.2.2.](#)

- Dans toutes les situations d'injection de l'eau de l'IRWST :

Assurer la température de l'eau de l'IRWST :

Le système RIS-RA assure une capacité de refroidissement de l'IRWST suffisante pour atteindre et maintenir l'état d'arrêt sûr ou l'état final dans les cas d'évènement PCC-2 à PCC-4 ou RRC-A. Le refroidissement est assuré par un coefficient de l'échangeur RIS-BP suffisamment élevé. Ce critère est décrit précédemment.

De plus, la température de l'eau de l'IRWST reste inférieure aux températures de dimensionnement des pompes d'injection basse et moyenne pression du système RIS-RA.

□

Cette valeur est calculée en considérant un débit maximum pour les pompes ISBP. □

□

Ces débits maximum ne sont cependant pas des critères de dimensionnement des pompes mais découlent de leurs performances.

Assurer l'inventaire en eau du circuit primaire via l'IRWST :

La hauteur d'eau de l'IRWST est suffisante pour garantir une pression suffisante à l'aspiration des pompes RIS-RA et EVU. □

□

Des mesures de niveau assurent la surveillance du niveau de l'eau de l'IRWST en fonctionnement normal et dans des conditions post-accidentelles.

Le débit d'injection ISBP en mode IS réduit est suffisamment bas pour garantir la recirculation entre la piscine BR et l'IRWST, c'est-à-dire éviter la vidange de l'IRWST, en cas de perte totale RRI/SEC (états Cb2, Cb3 et D) ou en cas de MDTG (états Cb2 et D). □

Permettre la connexion des trains RIS-RA en mode RA :

En cas de brèche isolable sur un train RIS en mode RA, le système RIS-RA permet le redémarrage d'un train RIS-RA en mode RA en s'affranchissant du critère de sous-saturation. Le train RIS-RA est donc mis en service en mode RA réduit. □

Assurer la filtration des débris de l'IRWST :

Le système RIS-RA permet la filtration des débris de l'IRWST afin de garantir le bon fonctionnement des pompes RIS.

Un dispositif de décolmatage est prévu. Ce dispositif représente une ligne supplémentaire de défense en profondeur, il n'est pas requis pour la démonstration de sûreté.

De plus, en états fermés et ouverts avant le début des opérations de remplissage de la piscine BR, un requis de volume max en fonctionnement normal de l'IRWST permet de garantir le bon fonctionnement des différents composants permettant la filtration.

2.2.3. Confinement des substances radioactives

- 1^{ère} barrière de confinement :

Assurer le recouvrement du cœur :

En cas d'accidents pouvant conduire au dénoyage du cœur et donc à l'augmentation de température des gaines combustible (première barrière), le système RIS-RA participe à la fonction de confinement car il assure le recouvrement du cœur par injection d'eau borée dans le circuit primaire. Les débits minimum d'injection respectent donc les critères énoncés au [§ 2.2.1.](#)

- 2^{ème} barrière de confinement :

Isolement du circuit primaire principal :

Le système RIS-RA est isolé suffisamment rapidement du circuit primaire par deux vannes d'isolement en série. En mode RA, la partie située à l'extérieur de l'enceinte de confinement doit être isolée en cas de brèche sur le système RIS-RA à l'extérieur de l'enceinte de confinement, afin d'assurer le confinement des substances radioactives. En cas de perte de l'inventaire en eau du circuit primaire, les soutirages du système RIS-RA sont isolés afin d'assurer l'injection de sécurité.

Injection de sécurité à un débit maximal :

Les débits d'injection ISMP sont suffisamment bas pour ne pas conduire à dépasser la pression de dimensionnement du circuit primaire et du système RIS-RA dans tous les transitoires de surpression. En cas de RTGV, la pression d'injection ISMP reste inférieure au point de consigne d'ouverture des soupapes de sûreté des générateurs de vapeur afin d'éviter leur sollicitation et ainsi de limiter les rejets radioactifs à l'extérieur de l'enceinte de confinement.

Les débits d'injection maximum en fonction de la pression primaire sont donnés dans les tableaux ci-dessous :

- 3^{ème} barrière de confinement :

Étanchéité des enceintes :

En conditions accidentelles, le système RIS-RA permet l'isolement de l'enceinte de confinement au niveau de ses traversées enceinte.

Injection de sécurité en branche chaude à un débit minimal :

En cas d'accident entraînant l'augmentation de la pression dans l'enceinte de confinement, le système RIS-RA limite suffisamment la production de vapeur afin de respecter la pression de dimensionnement de l'enceinte de confinement, c'est-à-dire assurer un débit minimal d'injection d'eau en branche chaude.

Injection ISMP à un débit maximal :

Les débits d'injection de sécurité du système RIS-RA sont suffisamment bas pour ne pas conduire à dépasser la pression de dimensionnement de l'enceinte de confinement au niveau des traversées enceinte et garantir ainsi le confinement des substances radioactives.

Noyage de la zone d'étalement du corium :

L'IRWST se situe à un niveau d'eau supérieur à la zone d'étalement du corium pour permettre un noyage passif par écoulement gravitaire sur cette zone.

La tuyauterie connectant l'IRWST à la zone d'étalement est fermée en fonctionnement normal et dans des conditions accidentelles (tous les PCC et RRC-A) par des vannes munies d'un dispositif passif destiné à être fondu par le corium et à entraîner leur ouverture.

Après fusion du dispositif passif, les vannes s'ouvrent et un écoulement d'eau se fera dans la zone d'étalement. Cet écoulement doit garantir les conditions nécessaires de refroidissement du corium.

Le volume minimal de l'IRWST nécessaire pour assurer le noyage de la zone d'étalement du corium est inférieur au volume minimal défini au [§ 2.2.1.](#)

2.2.4. Contributions indirectes aux fonctions de sûreté

Sans objet.

2.2.5. Contributions spécifiques à la protection contre les agressions

En cas de dépassement de seuils de niveaux mesurés dans l'IRWST permettant la détection de fuites ou de ruptures de tuyauterie sur les systèmes RIS, PTR, RCV ou REN, effectuer les actions associées à ces agressions décrites au [§ 0.2.5.](#)

2.2.6. Contributions à l'élimination pratique

Les critères fonctionnels satisfaits par le système RIS-RA au titre de ses contributions spécifiques à l'élimination pratique sont détaillés dans les [§ 0.1.1.](#), [§ 2.2.2.](#) et [§ 2.2.3.](#)

2.3. AUTRES HYPOTHÈSES

2.3.1. Conception du système de filtration

Voir figures [FIG-6.3.2](#) à [FIG-6.3.5.](#)

Le système de filtration a pour rôle de filtrer les débris entraînés dans l'IRWST en situation accidentelle afin d'assurer le bon fonctionnement des composants des systèmes RIS-RA et EVU et éviter l'obstruction des canaux de refroidissement des assemblages combustible. En conséquence, le système satisfait les exigences suivantes :

- respect de la taille maximum requise des débris passant les filtres[],
- respect de la teneur maximum requise de débris en aval des filtres[],
- la perte de charge dans les filtres doit être telle que la marge entre le NPSH requis et le NPSH disponible soit positive sur la plage de température de 120°C (160°C pour le système EVU) à 30° C.

L'action de ce dispositif se décompose comme suit :

- rétention des débris en amont des filtres,
- filtration de l'aspiration des pompes RIS et EVU,
- décolmatage des filtres RIS pour assurer leur fonctionnement à long terme.

Ce dispositif constitue une provision pour assurer le maintien à long terme de la fonction de filtration, au titre de la défense en profondeur.

La surface filtrante des filtres RIS est compatible avec le terme source de débris estimé pour les événements PCC et RRC-A, permettant le fonctionnement des pompes RIS sans recours au décolmatage.

De plus, la surface filtrante des filtres RIS et EVU est maximisée compte tenu des exigences et contraintes suivantes :

- Leur forme doit favoriser leur décolmatage.
- Leur hauteur doit être compatible avec le niveau minimum d'eau dans l'IRWST en situation post-accidentelle afin d'éviter tout dénoyage des filtres.
- Leur encombrement doit être compatible avec les contraintes d'installation dans l'IRWST.
- Leur résistance mécanique doit être compatible avec la perte de charge maximale retenue pour le dimensionnement.

2.3.2. Prise en compte des conséquences d'une brèche sur le système RIS-RA

Dès la conception préliminaire, des dispositions ont été prises pour prévenir les principaux endommagements potentiels qui résulteraient en une brèche sur le système RIS-RA (tels que surpression ou fatigue thermique). Les dommages potentiels par la fatigue thermique dans la zone de mélange au niveau du té en aval de l'échangeur RIS-RA ont été pris en compte dans le dimensionnement du système.

2.3.3. Protection des pompes ISBP

Afin d'éviter leur dégradation et garantir leur redémarrage ultérieur, les pompes ISBP du système RIS-RA en mode RA se déclenchent en cas de perte :

- d'inventaire en eau primaire dans l'état E (sur bas niveau piscine BR). Dans ce cas de figure, la fermeture des vannes d'isolement de la ligne d'aspiration est retardée via une temporisation de l'ordre de fermeture vis-à-vis de l'ordre de déclenchement des pompes ISBP,
- ou d'inventaire en eau primaire dans les états C à E (sur niveau primaire MIN2 ou sur $\Delta P_{sat} < MIN2$).

2.3.4. Atteinte des conditions de connexion du système RIS-RA en mode RA

Le système RIS-RA permet le déclenchement des pompes ISMP afin de permettre la connexion des trains RIS-RA en mode RA. De plus, le système RIS-RA permet l'isolement des accumulateurs durant la phase de dépressurisation primaire afin de ne pas retarder la dépressurisation pour atteindre les conditions de connexion des trains RIS-RA en mode RA et assurer l'évacuation durable de la puissance résiduelle.

3. DESCRIPTION – FONCTIONNEMENT

3.1. DESCRIPTION

3.1.1. Description générale du système

Le système RIS-RA est composé de quatre trains indépendants strictement distincts (un train par boucle) et situés dans les BAS 1 à 4 et dans le BR. Les trains RIS-RA sont désignés train 1, 2, 3 et 4.

Les quatre trains sont identiques, les spécificités rappelées ci-dessous mises à part :

- les trains 3 et 4 seuls possèdent une liaison avec la purification du système RCV,
- les trains 1 et 4 seuls possèdent une liaison avec l'aspiration des pompes EVU,
- les trains 1 et 4 seuls peuvent être refroidis par le système DEL (refroidissement des moteurs des pompes ISBP).

La configuration d'un train RIS-RA (exemple du train 4) est présentée sur la figure [FIG-6.3.1](#).

Description d'un train RIS-RA

Un train RIS-RA est composé du circuit d'injection moyenne pression ISMP, du circuit d'injection de l'accumulateur, du circuit d'injection basse pression ISBP, de la ligne d'aspiration commune ISMP/ISBP partant de l'IRWST et de la ligne d'aspiration partant de la branche chaude du système RCP.

Injection de sécurité moyenne pression (ISMP)

Le circuit ISMP comporte les principaux équipements suivants :

- la pompe d'injection de sécurité moyenne pression,
- la ligne d'aspiration dans l'IRWST avec une vanne 3 voies commune à l'aspiration ISBP,

- la ligne de refoulement avec une vanne d'isolement enceinte motorisée située dans le BAS, et un clapet anti-retour à l'intérieur de l'enceinte de confinement,
- à l'intérieur de l'enceinte de confinement, la ligne de refoulement est raccordée à la ligne d'injection branche froide de l'ISBP entre les premier et deuxième clapets d'isolement du circuit primaire.

Les grandes et petites lignes à débit minimum de la pompe ISMP sont piquées en amont du 2^{ème} clapet d'isolement du système RCP et retournent à l'IRWST. La petite ligne à débit minimum a pour fonction de protéger la pompe ISMP contre les surpressions en étant ouverte en permanence. La grande ligne à débit minimum a été conçue pour diminuer la pression de refoulement des pompes afin de limiter la pressurisation du circuit primaire en mode RA.

Une ligne de remplissage de l'accumulateur est connectée en amont de la vanne d'isolement de la petite ligne à débit minimum.

Injection de sécurité de l'accumulateur

Le circuit d'injection de l'accumulateur situé à l'intérieur de l'enceinte de confinement consiste en un accumulateur raccordé à la ligne d'injection branche froide de l'ISBP. L'accumulateur est séparé de la boucle primaire par le 1^{er} clapet d'isolement de l'injection IS en branche froide et par une vanne d'isolement et un clapet qui lui sont spécifiques.

Injection de sécurité basse pression (ISBP)

Le circuit ISBP comporte principalement :

- la pompe d'injection de sécurité basse pression,
- l'échangeur de chaleur basse pression,
- le contournement de cet échangeur avec sa vanne de contrôle,
- la ligne d'aspiration dans l'IRWST avec la vanne d'isolement motorisée 3 voies commune à l'aspiration ISMP et une vanne d'isolement motorisée 2 voies,
- la ligne de refoulement avec la vanne de contrôle et une vanne motorisée électrique Tout Ou Rien en aval de l'échangeur de chaleur basse pression à l'extérieur de l'enceinte de confinement,
- la ligne d'aspiration dans la branche chaude du système RCP avec les première et seconde vannes d'isolement à l'intérieur de l'enceinte de confinement et la troisième située dans le BAS.

La ligne de connexion entre la ligne de refoulement ISBP et la ligne d'aspiration dans la branche chaude du système RCP est utilisée comme ligne d'injection de la branche chaude en cas d'APRP brèche intermédiaire ou grosse brèche. Elle permet aussi la réalisation du conditionnement des pompes ISBP avant connexion en mode RA.

Afin de limiter la production et le relâchement d'iode en PCC-4, l'IRWST est alcalinisé par un dispositif d'injection de soude appartenant au système EVU. Ce dispositif est connecté au niveau de chacune des pompes ISBP en amont et en aval de la ligne motrice. Cette ligne comprend un hydroéjecteur et des vannes motorisées (système EVU).

À l'intérieur de l'enceinte de confinement, l'ISBP comprend la ligne d'injection branche froide avec les trois organes d'isolement (clapets). Les clapets intermédiaires sont diversifiés et les lignes instrumentées de manière à suivre en continu la fonction d'étanchéité des deux clapets d'isolement du circuit primaire. Les lignes d'injection ISMP sont conçues de manière similaire. La ligne de refoulement ISMP et l'accumulateur sont raccordés entre les premier et second clapets d'isolement primaire de la ligne d'injection branche froide de l'ISBP. En amont du second clapet d'isolement, sont connectées les deux lignes à débit minimum vers l'IRWST des pompes ISBP. Elles arrivent tangentiellement et radialement par rapport aux parois de l'IRWST. En fonctionnement normal de la tranche, la ligne à débit minimum radiale est utilisée uniquement pour permettre une homogénéisation en température et en concentration en bore de l'IRWST, en plus de la ligne à débit minimum tangentielle. En revanche en

cas d'accident, seules les lignes à débit minimum tangentielles sont utilisées afin d'éviter les turbulences à proximité des systèmes de filtration à l'aspiration des pompes.

En cas d'injection dans la branche chaude par l'ISBP, un débit minimum est nécessaire, compte tenu des incertitudes sur la pression primaire lors du basculement. On utilise alors la ligne à débit minimum tangentielle. Un contournement de la vanne d'isolement enceinte basse pression est implanté afin de conserver un débit d'eau vers la ligne à débit minimum à travers la pompe même si l'injection dans la branche chaude est interrompue.

Les trains RIS-RA 3 et 4 sont reliés à la ligne de décharge basse pression du système RCV afin de pouvoir purifier l'eau primaire lorsque la pression primaire est insuffisante pour la mise en service de la ligne de décharge. Les lignes de connexion vers le système RCV, en amont des vannes de contrôle des échangeurs et de leur contournement sont raccordées à un barillet lui-même relié au système RCV.

Afin d'éviter la vidange de l'IRWST lorsque le primaire est ouvert, le système RIS-RA peut fonctionner en mode IS réduit. La vanne d'isolement enceinte de la ligne principale de refoulement branche froide est fermée, et la vanne isolement enceinte de la ligne de contournement est ouverte.

Implantation des soupapes à ressort sur la ligne d'aspiration

Les soupapes à ressort entre les deuxième et troisième vannes d'isolement dédiées à la protection de la ligne d'aspiration de la branche chaude en cas d'effet chaudière, protègent également le système RIS-RA contre une surpression dès que le système RIS-RA en mode RA est connecté au système RCP pendant le refroidissement. En cas de surpression primaire dans ces états, ces soupapes à ressort sont sollicitées avant les soupapes du pressuriseur. Leur capacité de décharge est suffisante pour maintenir la pression en-dessous de 110% de la pression de dimensionnement du système RIS-RA.

Description de l'IRWST

Plusieurs circuits aspirent ou injectent de l'eau dans l'IRWST.

Les lignes suivantes font partie de l'IRWST :

- les lignes d'aspiration (RIS, EVU) du puisard aux vannes d'isolement (vannes à trois voies),
- les lignes à débit minimum du système RIS-RA en aval de la vanne d'isolement et les lignes de protection contre les surpressions (ISBP et réservoir des drains primaires) en aval des soupapes de sûreté,
- la ligne de vidange des piscines du BR et la boucle de traitement des piscines en aval des vannes d'isolement du système PTR,
- les lignes de décolmatage des filtres RIS par écoulement gravitaire depuis la piscine des lances d'instrumentation.

Les puisards du système EVU sont distincts de ceux du système RIS-RA.

Du fait de ses fonctions d'alimentation en eau borée, l'IRWST est relié à l'aspiration du système RIS-RA, du système PTR et du système RCV. Le système PTR et le système RCV n'aspirent pas directement l'eau à l'intérieur de l'IRWST. Ils utilisent la ligne d'aspiration du système EVU.

La connexion entre le puisard du système EVU et le système PTR permet de remplir les piscines et de purifier/homogénéiser l'eau de l'IRWST. Chaque ligne d'aspiration est équipée d'une vanne d'isolement entre l'IRWST et le circuit fluide. Cette vanne permet d'isoler à la fois l'enceinte de confinement et l'IRWST en cas de fuite au niveau du circuit fluide. Sa position normale est ouverte.

Les lignes d'aspiration sont constituées d'une tuyauterie « double enveloppe », partant de l'aspiration dans l'IRWST jusqu'aux embouts en partie basse de la vanne 3 voies d'isolement, afin de prendre en compte une défaillance unique passive. Ces tuyauteries double enveloppe constituent une extension

de la barrière de confinement (ainsi, leur pression de calcul est au moins celle de l'enceinte de confinement).

Les lignes à débit minimum radiales de l'ISBP sont conçues de manière à améliorer le mélange de l'eau de l'IRWST (homogénéisation de la température et de la concentration en bore).

Les soupapes de protection de l'ISBP et du train RIS-RA en mode RA et les lignes à débit minimum ISMP déchargent dans l'IRWST.

L'IRWST comporte une peau d'étanchéité (acier inoxydable).

L'IRWST est constitué de deux parties symétriques séparées par un muret[].

Description du système de filtration

Le système de filtration comporte 5 niveaux de défense successifs (voir figures [FIG-6.3.2](#) à [FIG-6.3.5](#)), dont la conception et le dimensionnement des organes correspondants sont décrits ci-après :

- des murets autour des ouvertures du plancher lourd vers l'IRWST. Ces murets favorisent la sédimentation des débris sur le plancher lourd.
- des grilles gros débris avec une grosse maille, placées au-dessus des ouvertures du plancher lourd vers l'IRWST qui permettent de retenir les plus gros débris,
- des paniers de rétention placés sous les ouvertures du plancher lourd et les ouvertures prévues entre l'espace annulaire et l'IRWST. Les surfaces des paniers de rétention sont constituées de tôles perforées de trous de petit diamètre. Dans le cas où le niveau dans les paniers augmente, il y a un espace suffisant entre le haut du panier et le plafond de l'IRWST pour permettre un écoulement du fluide par débordement. Les paniers sont divisés en 2 compartiments : « petit » et « grand ».
- des filtres placés au-dessus de la bouche d'aspiration de chaque pompe. La maille de filtration retenue permet de limiter le passage de particules ou de fibre susceptible d'endommager les composants du système RIS-RA ou d'obstruer l'écoulement dans le cœur (obstruction des canaux des assemblages combustibles).

Les filtres RIS sont équipés d'un dispositif de décolmatage :

- Le décolmatage des filtres RIS est obtenu par injection d'eau venant de la piscine des lances d'instrumentation (voir figure [FIG-6.3.4](#)). L'écoulement est gravitaire via une ligne qui connecte la piscine aux 4 filtres RIS. Sur chaque ligne il y a 2 vannes d'isolement motorisées pour tenir compte de la possibilité d'une simple défaillance à la fermeture d'une de ces vannes (cette défaillance pourrait conduire à la vidange de la piscine des lances d'instrumentation). Lors de la séquence de décolmatage, la pompe aspirant dans le filtre à décolmater doit être arrêtée et la ligne d'aspiration dans le filtre doit être fermée pour que le décolmatage soit efficace. Même si le signal d'IS est toujours actif, l'opérateur dispose d'une RAZ du signal d'IS en salle de commande pour arrêter les pompes RIS.
- Le décolmatage des filtres nécessitant l'arrêt de la pompe correspondante, il n'est pas possible de décolmater les 4 filtres en même temps. Compte tenu du volume nécessaire pour assurer le décolmatage d'un filtre et du faible nombre d'opérations prévues, le volume disponible dans la piscine des lances d'instrumentation couvre largement les besoins estimés.

3.1.2. Description des matériels principaux

Chaque train RIS-RA est composé des matériels principaux suivants :

- une pompe d'injection de sécurité moyenne pression (ISMP),
- une pompe d'injection de sécurité basse pression (ISBP),
- un échangeur de chaleur de l'injection de sécurité basse pression,
- un accumulateur.



RAPPORT DE SURETE
— DE FLAMANVILLE 3 —

CHAPITRE 6

CENTRALES NUCLÉAIRES

Version Publique

SECTION 3

Palier EPR

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

PAGE 29/62

Principales données requises sur les pompes ISMP

- Type : centrifuge horizontale

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Principales données requises sur les pompes ISBP

- Type : centrifuge horizontale

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

□ □
□ □

Principales données sur les échangeurs de chaleur RIS-RA

- Type : échangeur à tubes en U

□ □
□ □
□ □
□ □
□ □
□ □
□ □

Principales données sur les accumulateurs

□

Principales données sur l'IRWST

□

Principales données sur le système de filtration

□

3.1.3. Description des dispositions d'installations principales

Les quatre trains du système RIS-RA sont situés en partie dans le BR et en partie dans les quatre BAS. Ils sont totalement indépendants les uns des autres et sont rattachés à quatre divisions électriques indépendantes, séparées géographiquement. □

3.2. FONCTIONNEMENT**3.2.1. Fonctionnement en régime normal de la tranche**

L'état normal du système RIS-RA correspond au fonctionnement en puissance de la centrale. Le système RIS-RA est en attente et rempli d'eau borée à la concentration de l'IRWST.

État du circuit :

L'état normal est déterminé par les conditions aux limites suivantes :

- aucun train RIS-RA en fonctionnement. Le système RRI refroidit en permanence le moteur des pompes ISBP et ISMP. Les vannes d'isolement sur les lignes de refroidissement des échangeurs de chaleur RIS-RA et des garnitures des pompes ISBP sont fermées. Le système RIS-RA est isolé du système RCP. Les vannes d'isolement de pied d'accumulateur sont ouvertes.
- Toutes les vannes sont dans une position permettant une injection de sécurité, notamment, les vannes d'isolement à l'extérieur de l'enceinte de confinement sur les lignes d'injection des pompes ISBP et ISMP sont ouvertes. Les lignes à débit minimum (tangentielle pour l'ISBP et petit débit pour l'ISMP) sont ouvertes. Les trois vannes d'isolement de la ligne d'aspiration dans la branche chaude du système RCP sont fermées. La vanne d'isolement de la connexion entre le côté refoulement de la pompe ISBP et la ligne d'aspiration dans la branche chaude du système RCP, qui fait aussi office de ligne d'injection dans la branche chaude, est fermée. La vanne de contournement de l'échangeur est fermée. Le bon lignage du système est surveillé en permanence lorsque la fonction d'injection de sécurité est requise.
- Tout lignage défectueux des vannes et clapets blocables □ est évité grâce à un système de verrouillage (condamnation par clé).
- les premier et deuxième clapets anti-retour de chaque ligne d'injection ISBP dans les branches froides du système RCP, le clapet anti-retour de chaque connexion ISMP à la ligne d'injection ISBP et le clapet anti-retour de chaque connexion d'accumulateur à la ligne d'injection ISBP assurent leur fonction d'isolement.
- L'IRWST est rempli. Ce niveau est surveillé en permanence. Toute fuite induisant une baisse de niveau de l'IRWST doit être détectée. Un appoint ou un ajustement de la concentration en bore peut être réalisé en utilisant le système REA bore via le système PTR.
- L'homogénéisation de la concentration en bore est assurée en fonctionnement normal par les pompes ISBP sur les lignes à débit minimum radiales et tangentielles. Le système PTR contribue aussi à l'homogénéisation. L'homogénéisation de la température est assurée par le fonctionnement des pompes ISBP sur les lignes à débit minimum radiales.

Données principales :

- température :
 - L'eau à l'intérieur du système RIS-RA est à température ambiante.
- débit :
 - Aucun débit dans les lignes du système RIS-RA, le système RRI est isolé au niveau des échangeurs de chaleur RIS-RA et des garnitures mécaniques des pompes mais il refroidit les moteurs des pompes RIS-RA.
- pression :
 - Les accumulateurs étant non isolés lors du fonctionnement normal de la tranche, le tronçon compris entre les 1er et 2ème clapets d'isolement est maintenu à la pression des accumulateurs, étageant donc la pression entre le circuit primaire lui-même et le système RIS-RA à l'arrêt.

- □

3.2.2. Fonctionnement en régime permanent du système

Les régimes permanents du système RIS-RA sont les suivants :

- maintien à 55° C pendant un rechargement (éléments combustibles à l'intérieur de la cuve du réacteur),
- appoint d'eau continu pour le mode IS,
- extraction de la chaleur à long terme et appoint d'eau en cas d'APRP.

3.2.2.1. Maintien à 55°C pendant un rechargement

État du circuit :

Cet état apparaît pendant un arrêt de la centrale et avant son démarrage, et est déterminé par les conditions aux limites suivantes :

- Le système RCP est refroidi à la température requise, aucun GMPP ne fonctionne.
- Toutes les vannes d'isolement sur l'aspiration dans la branche chaude du système RCP sont ouvertes pour les trains RIS-RA actifs, les vannes sur les lignes de refoulement (pour tous les trains) sont ouvertes et les vannes d'isolement de l'IRWST à l'aspiration des ISBP sont fermées pour les trains RIS-RA en mode RA. La vanne d'isolement sur la ligne entre le refoulement ISBP et l'aspiration du système RIS-RA (ligne d'injection vers la branche chaude) est fermée.
- La ligne de décharge basse pression vers le système RCV est ouverte sur les trains RIS-RA 3 et 4.
- La vanne d'isolement de chaque connexion d'accumulateur à la ligne d'injection ISBP, ainsi que les clapets anti-retour des lignes à débit minimum de la pompe ISBP vers l'IRWST pour les trains en mode RA, sont fermés afin d'éviter la décharge des accumulateurs et celle de l'eau primaire dans l'IRWST.
- Les vannes réglantes sont ajustées afin d'assurer une température du RCP $\leq 55^{\circ}\text{C}$.
- Les trains ISMP sont en attente en cas de nécessité pour l'appoint au circuit primaire ;
- Les vannes d'isolement des grandes lignes à débit minimum des pompes ISMP sont ouvertes afin de réduire la pression à l'aval des pompes ISMP, de sorte que la pression primaire reste inférieure à 47 bar abs.
- La piscine du réacteur est remplie avec l'eau de l'IRWST. Une petite quantité d'eau reste dans le fond de l'IRWST pour la protection des pompes RIS-RA (vortex).

Données principales :

- température :
 - Pour le train RIS-RA en mode RA, l'eau à l'intérieur du circuit est à environ 55°C pour la ligne d'aspiration, et, à moins de 55°C en aval de l'échangeur de chaleur.
 - Pour les trains RIS-RA et ISMP en attente, l'eau à l'intérieur du circuit est à température ambiante, ou à la température de l'IRWST.
 - La température du système RRI pour le refroidissement de la pompe et de l'échangeur de chaleur du train RIS-RA en fonctionnement est inférieure à une température maximale \square .

\square

- débit :
 - uniquement pour les trains RIS-RA actifs en mode RA : un débit d'environ 150 kg/s par train (lignes à débit minimum radiales et tangentielles fermées),
 - Le débit dans le système RIS-RA doit être réduit pour garantir un NPSH suffisant lors de la mise sous vide (0,2 bar abs) avec un niveau d'eau réduit.
 - Le système RRI refroidit la pompe et l'échangeur de chaleur du train RIS-RA en mode RA.
- pression :
 - pression minimale du système RCP : environ 0,8 bar abs pendant un arrêt et environ 0,2 bar abs avant un démarrage (mise sous vide),
 - La pression de refoulement ISBP du train en mode RA correspond à la pression à débit nominal.

- niveau de la boucle primaire :
 - Le niveau peut être baissé à la plage de travail basse ($\frac{3}{4}$ boucle environ) et peut être augmenté jusqu'au niveau piscine réacteur pleine (état E).
- NPSH :
 - En fonctionnement à niveau d'eau réduit pendant un arrêt, le NPSH disponible à l'aspiration de la pompe ISBP est d'environ 8 m.

3.2.2.2. Mode d'injection de sécurité et appoint à long terme

État du circuit :

Cet état correspond à un appoint continu en cas d'APRP petite brèche, et respectivement un appoint continu à long terme quel que soit l'APRP considéré, et est déterminé par les conditions aux limites suivantes :

- En cas d'APRP petite brèche, les pompes ISMP injectent dans le système RCP, et les pompes ISBP injectent via leur ligne à débit minimum spécifique tangentielle dans l'IRWST, aspirant l'eau de l'IRWST, le RRI refroidissant les pompes ISBP et ISMP et les échangeurs de chaleur RIS-RA, les accumulateurs pouvant aussi décharger dans le système RCP selon la pression de celui-ci.
- En cas d'appoint à long terme quel que soit l'APRP considéré, les pompes ISBP et ISMP injectent dans le système RCP, aspirant l'eau de l'IRWST, le système RRI refroidissant les pompes ISBP et ISMP et les échangeurs de chaleur RIS-RA.
- Toutes les vannes sont dans une position permettant une injection de sécurité, et les trois vannes d'isolement sur la ligne d'aspiration branche chaude du système RCP des trains RIS-RA sont fermées.
- appoint à long terme en cas d'un APRP : Afin d'éviter la cristallisation du bore et un débit vapeur à long terme par la brèche, les vannes d'isolement des lignes d'injection dans la branche chaude (connexion entre la ligne de refoulement ISBP et la ligne d'aspiration dans la branche chaude du système RCP à l'extérieur de l'enceinte de confinement) et les 1ère et 2ème vannes d'isolement de la ligne d'aspiration dans la branche chaude du système RCP à l'intérieur de l'enceinte de confinement, seront ouvertes pour permettre l'injection en branches chaudes par les pompes ISBP, tandis que l'injection en branches froides est assurée par les pompes ISMP. La vanne principale d'isolement enceinte sur la ligne d'injection ISBP en branche froide est fermée, sa vanne de contournement étant ouverte pour assurer la protection de la pompe (débit minimum).

Afin de limiter la production et le relâchement d'iode lors de situations PCC-4, l'IRWST est alcalinisé par injection de soude via un dispositif d'injection appartenant au système EVU. Ce dispositif est connecté au niveau de chacune des pompes RIS BP en amont et en aval via une ligne motrice. Lors des phases d'injection de soude, une fraction du débit au refoulement de la pompe RIS BP est contournée dans la ligne motrice pour permettre l'injection de soude à l'aspiration de la pompe.

Données principales :

- température :
 - La température de l'eau à l'intérieur du système RIS-RA correspond à celle de l'IRWST.
 - La température du système RRI pour le refroidissement des pompes et des échangeurs de chaleur du système RIS-RA est inférieure à une température maximale de \square .
- débit :
 - En cas d'APRP petite brèche, le débit se répartit entre les lignes d'injection ISMP dans le système RCP, et les lignes à débit minimum ISBP et ISMP (vers l'IRWST).

- En cas d'appoint à long terme quel que soit l'APRP considéré, le débit se répartit entre les lignes d'injection ISMP et/ou ISBP dans le système RCP, et les lignes à débit minimum vers l'IRWST.
- Le système RRI refroidit les pompes et échangeurs de chaleur du système RIS-RA.
- pression :
 - En cas d'APRP petite brèche, la pression de refoulement ISBP correspond à la pression à débit minimum, et la pression de refoulement ISMP dépend de la pression primaire.
 - En cas d'appoint à long terme quel que soit l'APRP considéré, la pression de refoulement ISMP et/ou ISBP correspond à la pression à plein débit.
- NPSH :
 - L'initiateur RRC-A, brèche de 20 cm² en BF est le cas dimensionnant pour le NPSH des pompes ISBP et ISMP. En supposant un niveau conservatif [] pour l'IRWST et compte tenu du NPSH requis à l'aspiration de la pompe ISBP [] et celui à l'aspiration de la pompe ISMP [] la perte de charge dans le lit de débris sur les filtres admissible est calculée [] .

3.2.2.3. Extraction de la chaleur à long terme et appoint d'eau en cas d'APRP petite brèche

État du circuit :

Cet état correspond à une extraction de chaleur et un appoint d'eau continu dans la phase à long terme d'un APRP petite brèche. En ce qui concerne l'extraction de chaleur, cet état couvre aussi la connexion du système RIS-RA en mode RA en conditions post-accidentelles hors brèche primaire. Cet état est déterminé par les conditions aux limites suivantes.

- Dans la phase à court terme de l'APRP petite brèche, les pompes ISMP injectent dans le système RCP et les pompes ISBP injectent par le biais de leur ligne à débit minimum spécifique tangentielle dans l'IRWST en aspirant l'eau de l'IRWST, l'extraction de chaleur étant assurée par le côté secondaire.
- Quand l'appoint au système RCP est effectué par les pompes ISMP, la pression doit être réduite en ouvrant les grandes lignes à débit minimum des pompes ISMP, les petites lignes à débit minimum étant ouvertes en permanence.
- Après environ 5 heures, un ou deux trains RIS-RA sont basculés en mode RA (un train est suffisant pour l'évacuation de la puissance résiduelle ; les autres trains ISBP disponibles demeurent en mode IS afin d'assurer un niveau d'eau suffisant dans le système RCP pour un fonctionnement en mode RA) ;
- La position des vannes des trains RIS-RA toujours en mode IS reste la même que pour le "mode d'injection de sécurité et appoint à long terme".

Pour le ou les trains en mode RA :

- Toutes les vannes sur la ligne d'aspiration dans la branche chaude du système RCP et les vannes sur la ligne de refoulement sont ouvertes, la vanne d'isolement de l'IRWST ainsi que les clapets motorisés des lignes à débit minimum de la pompe ISBP vers l'IRWST étant fermés.

Données principales :

- température :
 - La température de l'eau à l'intérieur des trains ISBP en mode IS correspond à la température de l'IRWST, i.e. 120°C maximum.
 - La température de l'eau à l'intérieur du (ou des) train(s) RIS-RA en mode RA correspond à la température du système RCP, i.e. 180°C maximum.

- La température d'entrée du système RRI pour le refroidissement des pompes et des échangeurs de chaleur du système RIS-RA est inférieure à une température maximale [1].
- débit :
 - En cas d'appoint à long terme, le débit à travers les lignes d'injection ISBP dans le système RCP dépend du nombre de trains ISMP et ISBP disponibles, et de la caractéristique de la brèche.
 - Le débit à travers le train RIS-RA en mode RA est d'environ 150 kg/s.
 - Le système RRI refroidit les pompes et échangeurs de chaleur du système RIS-RA.
- pression :
 - En cas d'appoint à long terme, la pression de refoulement ISBP dépend du nombre de trains ISBP disponibles, et de la caractéristique de la brèche.
 - La pression de refoulement ISBP du train en mode RA correspond à la pression à débit nominal à laquelle s'ajoute la pression primaire.
- NPSH :
 - Une valeur maximale du NPSH à l'aspiration de la pompe ISBP est définie [1].
 - Il n'y a pas de problème de NPSH pour la pompe ISBP en mode RA, du fait de la pression primaire et de l'altimétrie suffisante.

3.2.3. Fonctionnement en régime transitoire

Les états transitoires suivants s'appliquent au système RIS-RA :

- refroidissement normal de la chaudière de 120°C (ou 135°C si le GCT est indisponible – situation incidentelle) à 55°C,
- démarrage normal de la chaudière de moins de 55°C jusqu'à 120°C,
- remplissage des accumulateurs ou compensation de la fuite d'un accumulateur à l'aide des pompes ISMP,
- remplissage des piscines de rechargement à l'aide des pompes ISBP,
- refroidissement et homogénéisation de l'IRWST à l'aide des pompes ISBP,
- appoint continu en cas de vidange intempestive ou d'APRP petite brèche pendant un arrêt à l'aide des trains ISMP,
- fonctionnement en gavé-ouvert avec refroidissement de l'IRWST à l'aide des pompes ISBP.

Dans le cas d'un accident où les pompes RIS-RA ou EVU sont nécessaires, l'IRWST joue un rôle de sûreté essentiel. De la vapeur et de l'eau sont déchargées dans l'enceinte de confinement. L'eau recircule vers l'IRWST, tandis que la vapeur se condense sur les structures. Une partie de l'eau en recirculation peut être perdue pour l'IRWST (l'eau perdue dans les retenues de l'enceinte de confinement est prise en compte dans la conception de l'IRWST) et en particulier dans le calcul du NPSH disponible.

L'inondation de la zone d'étalement du corium en cas d'accident grave à l'aide de l'eau contenue dans l'IRWST est réalisée par ouverture des dispositifs de noyage passif, appartenant au système EVU.

3.2.3.1. Refroidissement normal de la chaudière de 120°C à 55°C (ou de 135°C à 55°C si le GCT est indisponible – situation incidentelle)

État du circuit :

Cet état comporte deux phases afin de minimiser les conséquences d'une rupture haute énergie à l'extérieur de l'enclaustrage de confinement. Pendant la première phase (température du système RCP comprise entre 120°C et 100°C), seuls les trains RIS-RA dans les divisions 1 et 4 fonctionnent en mode RA, tandis que pendant la seconde phase (température du système RCP \leq 100°C), tous les trains sont utilisés en mode RA, le système RRI refroidissant les pompes et échangeurs de chaleur du système RIS-RA pour les trains en mode RA.

- lignage du système : L'état des vannes est identique à celui précisé au § 3.2.2.1. (maintien des 55°C lors du rechargement)
- fonctionnement des GMPP : A la connexion du système RIS-RA en mode RA, deux GMPP sont arrêtés. Les deux derniers GMPP fonctionnent pour homogénéiser le réfrigérant primaire. L'arrêt d'un GMPP est réalisé lorsque la température primaire est de 70°C. Le dernier GMPP est arrêté lorsque la température dans le circuit primaire est de 55°C, 16 heures après l'arrêt du réacteur ce qui correspond à une température de 70°C au niveau des pénétrations du couvercle de la cuve.
- gradient de refroidissement : Lors d'un refroidissement normal, le système RCP doit être refroidi de 303 à 55°C en 16 heures. Cette durée permet de respecter le planning d'arrêt de tranche. Le refroidissement de 303 à 120 °C commence 5 heures après la chute des grappes. Il est assuré par le côté secondaire (GV) avec un gradient maximum de 50°C/h, de sorte que la connexion en mode RA est atteinte environ 10 heures après la chute des grappes. Le système RIS-RA refroidit ensuite le système RCP jusqu'à 55°C.
- vitesse de refroidissement : Lors d'un refroidissement normal avec le système RIS-RA en mode RA, une vitesse maximale de refroidissement de 50°C/h est autorisée jusqu'à 70°C. Lorsque la température primaire est inférieure à 70°C, le gradient maximum est 20°C/h.

Dans le cas particulier d'un niveau d'eau réduit à l'intérieur des boucles primaires (à environ $\frac{3}{4}$ du diamètre des boucles), avant que le système RCP ne soit ouvert pour rechargement, un balayage de la phase gazeuse est nécessaire si les exigences de limite d'activité ne sont pas respectées. Cette opération est réalisée uniquement avec un niveau d'eau réduit. Dans ce mode de fonctionnement, la température du système RCP est maintenue en-dessous de 55°C et le système RCP n'est pas pressurisé, à savoir 0,8 bar abs environ. Trois des quatre trains RIS-RA sont utilisés pour l'évacuation de la puissance résiduelle. Au redémarrage, le niveau d'eau est également maintenu à environ $\frac{3}{4}$ du diamètre des boucles et le système RCP est mis en dépression temporairement ($P = 0,2$ bar abs environ) afin de réduire la concentration d'oxygène présent dans le circuit primaire avant de le remplir.

Données principales :

- température :
 - température de l'eau du système RIS-RA \leq 120°C pour le train RIS-RA en fonctionnement (ou \leq 135°C si le GCT est indisponible),
 - La température du système RRI pour le refroidissement des pompes ISBP et les échangeurs de chaleur des trains en mode RA est inférieure à une température maximale \square .
- débit :
 - uniquement par le train RIS-RA en mode RA actif, avec un débit d'environ 150 kg/s (lignes à débit minimum radiales et tangentielles fermées) qui est réduit lors de la mise sous vide,
 - Le système RRI refroidit les pompes ISBP et les échangeurs de chaleur des trains en mode RA.
- pression :
 - pression primaire : $P \leq 32$ bar abs,
 - la pression de refoulement du système RIS-RA du train en mode RA correspond à la hauteur manométrique de la pompe au débit de 150 kg/s environ à laquelle s'ajoute la pression primaire.
- NPSH :

- En fonctionnement à niveau d'eau réduit à la fin d'un refroidissement, le NPSH disponible à l'aspiration de la pompe ISBP est d'environ 8 m.

- 


3.2.3.2. Démarrage normal de la chaudière

État du circuit :

Cet état est déterminé par les conditions aux limites suivantes :

- Au minimum, deux des quatre trains RIS-RA fonctionnent et sont connectés au système RCP afin d'assurer l'homogénéisation de la concentration en bore du fluide primaire, l'expansion du fluide primaire vers le système RCV, et l'extraction de chaleur.
- pour les trains RIS-RA en fonctionnement, l'état des vannes est identique à celui précisé au § [3.2.2.1.](#) (maintien des 55°C lors du rechargement).

Données principales :

- température :
 - température de l'eau du système RIS-RA 120°C (pour les trains 1 et 4), respectivement $\leq 100^\circ\text{C}$ (pour les trains 2 et 3),
 - La température de l'eau du système RRI et à l'entrée des échangeurs de chaleur est inférieure à la température maximale autorisée puisqu'il n'y a que peu de puissance à évacuer.
- débit :
 - débit dans le système RIS-RA d'environ 150 kg/s.
- pression :
 - pression primaire ≤ 32 bar abs,
 - La pression au refoulement de la pompe ISBP en mode RA correspond à la Hmt de la pompe à débit nominal, augmentée de la pression primaire et de la différence de niveau entre le pressuriseur et la ligne de refoulement.

3.2.3.3. Remplissage des accumulateurs ou compensation de la fuite d'un accumulateur

État du circuit :

Le remplissage normal ou consécutif à un essai périodique des quatre accumulateurs avec de l'eau borée est réalisé par la pompe ISMP correspondante qui aspire l'eau de l'IRWST par le biais d'une ligne de remplissage propre à chaque train.

Cet état correspond au démarrage de la tranche si les accumulateurs étaient en maintenance ou en inspection (remplissage des accumulateurs), ou pendant l'exploitation normale de la tranche (compensation d'une fuite), et est déterminé par les conditions aux limites suivantes :

- Le système RRI refroidit les pompes RIS en fonctionnement. Le remplissage ou la compensation d'une fuite d'un accumulateur est assuré par la pompe ISMP du train.
- Toutes les vannes sont dans une position permettant une injection de sécurité, et les trois vannes d'isolement sur la ligne d'aspiration branche chaude du système RCP des trains RIS-RA sont fermées.

- Comme décrit pour l'état du [§ 3.2.1.](#) (état normal), les clapets d'isolement primaire sur la ligne d'injection en branche froide sont fermés. En cas de système RCP non pressurisé, un des clapets d'isolement primaire du train dont on remplit l'accumulateur et les vannes d'isolement des accumulateurs sont bloqués en position fermée.

Données principales :

- température :
 - L'eau à l'intérieur du système RIS-RA est à température ambiante.
 - L'eau à l'intérieur des lignes d'injection aux accumulateurs est à la température de l'IRWST, augmentée de l'échauffement dans les pompes ISMP.
 - La température du système RRI pour le refroidissement des pompes ISMP est inférieure à une température maximale[].
- débit :
 - écoulement uniquement à travers la ligne de remplissage des accumulateurs et la/les ligne(s) à débit minimum ISMP,
 - Le système RRI peut être isolé des échangeurs de chaleur RIS-RA (selon le mode de fonctionnement du système RRI) mais il refroidit les moteurs des pompes RIS-RA.
- pression :
 - La pression de refoulement ISMP dépend de la pression des accumulateurs, et de la calibration des restricteurs de débit. En état d'arrêt, la hauteur de refoulement des pompes ISMP est réduite par l'ouverture de la grande ligne à débit minimum. Lors d'une compensation de fuite pendant l'exploitation normale de la tranche, cette ligne est fermée.

3.2.3.4. Remplissage des piscines de rechargementÉtat du circuit :

Cet état peut correspondre à deux phases lors d'un arrêt : avant le déchargement mais aussi avant le rechargement, avec les conditions aux limites suivantes :

- Selon le mode de fonctionnement des trains RIS-RA, jusqu'à 2 trains ISBP peuvent remplir les piscines en même temps avant rechargement (et un seul train avant déchargement) en aspirant l'eau de l'IRWST et en injectant via les branches froides du circuit primaire.
- Avant rechargement, le remplissage de la piscine réacteur par les pompes ISBP permet de vérifier leur performance en effectuant dans le même temps un essai périodique à plein débit, le système RRI refroidissant les pompes et échangeurs de chaleur du système RIS-RA.
- Afin d'accélérer le remplissage de la piscine réacteur, les pompes ISMP peuvent injecter aussi dans le système RCP. Avant rechargement, le remplissage de la piscine par les ISMP permet d'effectuer l'essai périodique à plein débit. L'essai périodique de manœuvrabilité des clapets de non retour d'isolement primaire est également effectué pendant cette phase.
- Toutes les vannes sont ouvertes, à l'exception des trois vannes d'isolement de la ligne d'aspiration dans la branche chaude du système RCP des trains RIS-RA qui fonctionnent pour remplir les piscines du réacteur, les vannes d'isolement de l'IRWST étant ouvertes, et celles des trains RIS-RA en mode RA étant fermées.

Données principales :

- température :
 - L'eau à l'intérieur des lignes d'injection vers la piscine est à la température de l'IRWST.

- La température du système RRI pour le refroidissement des pompes et des échangeurs de chaleur du système RIS-RA est inférieure à une température maximale [] .
- débit :
 - plein débit à travers les lignes ISBP vers le système RCP, les lignes à débit minimum tangentielles étant ouvertes,
 - Le système RRI refroidit les pompes et échangeurs de chaleur ISBP, ainsi que les ISMP lorsqu'elles fonctionnent.
 - plein débit à travers les lignes ISMP vers le système RCP.
- pression :
 - La pression de refoulement ISBP ou ISMP correspond à la pression à plein débit.
- NPSH :
 - Le NPSH disponible des pompes ISBP et ISMP est suffisant, du fait de la faible température et de l'altimétrie suffisante.

3.2.3.5. Refroidissement et homogénéisation du contenu de l'IRWST

État du circuit :

Deux états sont possibles pour garantir l'homogénéisation de la concentration en bore et/ou de la température de l'IRWST. D'une part l'état du circuit en exploitation normale de la tranche ; d'autre part l'état du circuit lors des essais périodiques des pompes RIS, ou en cas d'APRP petite brèche ou brèche intermédiaire, ou en mode gavé-ouvert.

- Pour garantir l'homogénéisation de la concentration en bore et/ou la température de l'IRWST, les pompes ISBP injectent via leurs lignes à débit minimum spécifiques dans l'IRWST (lignes à débit minimum tangentielles et radiales), aspirant l'eau de l'IRWST. L'eau de l'IRWST est refroidie dans les échangeurs de chaleur RIS-RA par le système RRI.
- Lors d'essais périodiques, en cas d'APRP petite brèche ou brèche intermédiaire, ou en mode gavé-ouvert, les pompes ISBP et ISMP injectent via leurs lignes à débit minimum spécifiques dans l'IRWST (lignes à débit minimum tangentielles uniquement pour les ISBP), aspirant l'eau de l'IRWST, le système RRI refroidissant les pompes et échangeurs de chaleur du système RIS-RA ; le système RIS-RA est isolé du système RCP au refoulement par les deux clapets d'isolement primaire, respectivement par les trois vannes d'isolement sur la ligne d'aspiration en branche chaude du système RCP.
- Toutes les vannes sont dans une position permettant une injection de sécurité, et les trois vannes d'isolement sur la ligne d'aspiration en branche chaude du système RCP sont fermées.

Données principales:

- température :
 - L'eau à l'intérieur du système RIS-RA pour les parties non utilisées par ce mode de fonctionnement est à température ambiante. Pour les parties utilisées par ce mode de fonctionnement, l'eau est à la température de l'IRWST. En cas d'APRP petite brèche ou de gavé-ouvert, cette température augmentera à cause de l'augmentation de température de l'IRWST.
 - La température du système RRI pour le refroidissement des pompes et des échangeurs de chaleur du système RIS-RA est inférieure à une valeur maximale [] définie en fonctionnement normal et de [] définie en cas d'accident.
- débit :

- Le débit dans les lignes correspond au débit minimum ISBP et/ou ISMP, et en cas d'APRP petite brèche ou de gavé-ouvert, au débit à travers la ligne d'injection ISMP dans le système RCP.
- Le système RRI refroidit les pompes et échangeurs de chaleur du système RIS-RA.

- pression :

- La pression de refoulement ISBP et/ou ISMP correspond à la pression à débit minimum lors des essais périodiques, en cas d'APRP petite brèche ou de gavé-ouvert, la pression de refoulement ISMP dépend de la pression primaire.

- NPSH :

- Pour les essais périodiques ou la surveillance de la concentration en bore et de la température de l'IRWST, comme celui-ci est rempli, il n'y a pas de problème de NPSH pour les pompes RIS-RA. En cas d'APRP petite brèche, voir le [§ 3.2.2.2](#). (mode IS et appoint à long terme) pour les valeurs de NPSH.

3.2.3.6. Appoint continu en cas de vidange intempestive ou d'APRP petite brèche pendant un arrêt à l'aide des trains ISMP

État du circuit :

Cet état correspond à un cas de baisse du niveau d'eau dans les boucles primaires, lorsque la tranche est à l'arrêt, et est déterminé par les conditions aux limites suivantes :

- L'état est identique à celui précisé au [§ 3.2.2.1](#). (maintien des 55°C lors du rechargement), et au [§ 3.2.3.1](#). (refroidissement normal de la centrale). En cas de vidange intempestive du système RCP ou d'APRP petite brèche en mode RA, l'appoint du niveau du système RCP sera assuré par les pompes ISMP. Pour cette raison, la hauteur de refoulement des pompes ISMP est réduite par l'ouverture de la grande ligne à débit minimum lors du passage en mode RA. Les pompes ISMP aspirent l'eau de l'IRWST et l'injectent dans le système RCP sur une gamme de pression allant jusqu'à 47 bar abs maximum (pression d'injection au circuit primaire). Tant que les conditions à l'aspiration des pompes ISBP sont satisfaisantes, ces pompes continuent à fonctionner en mode RA. Autrement, elles sont arrêtées automatiquement pour éviter leur endommagement. Le système RRI refroidit les pompes et échangeurs de chaleur du système RIS-RA.
- L'état des vannes est identique à celui précisé au [§ 3.2.2.1](#). (maintien des 55° C lors du rechargement).

Données principales :

- température :

- Normalement, la température de l'eau est inférieure ou égale à 120°C pour le train RIS-RA en mode RA, en fonction de la température du système RCP. Pour les trains ISMP, la température dépend de celle de l'IRWST.
- La température du système RRI pour le refroidissement des pompes et des échangeurs de chaleur du système RIS-RA est inférieure à une température maximale \square .

- débit :

- Le débit par les trains RIS-RA en mode RA dépend du nombre de trains ISMP en service et de la caractéristique de la fuite ou de la brèche, respectivement de la ligne de décharge RCV (purification). \square
- Le système RRI refroidit les pompes RIS-RA et les échangeurs de chaleur des 4 trains.

- pression :

- Pression primaire initiale : entre 32 bar abs et 1 bar abs,

- La pression de refoulement des trains RIS-RA en mode RA correspond à la pression à débit nominal, i.e. la pression d'aspiration + hauteur manométrique de la pompe ISBP.
- La pression de refoulement des trains ISMP assurant l'appoint sera inférieure à 47 bar abs (pression primaire).

- NPSH :

- Il n'y a pas de problème de NPSH pour les pompes ISMP, du fait de la faible température de l'IRWST et du niveau d'eau suffisant dans cette piscine.

3.2.3.7. Fonctionnement en gavé-ouvert avec refroidissement de l'IRWST par l'ISBP

État du circuit :

Cet état correspond au fonctionnement en gavé-ouvert, avec alimentation du RCP par les pompes ISMP, et la décharge par les vannes dédiées accident grave / gavé-ouvert, parallèlement au refroidissement de l'IRWST par les pompes ISBP. Il est déterminé par les conditions aux limites suivantes :

- Les pompes ISMP injectent dans le système RCP, et les pompes ISBP injectent via leur ligne à débit minimum tangentielle dans l'IRWST, aspirant l'eau de l'IRWST, le système RRI refroidissant les pompes et échangeurs de chaleur du système RIS-RA.
- Toutes les vannes sont dans une position permettant une injection de sécurité, et les trois vannes d'isolement sur la ligne d'aspiration en branche chaude du système RCP pour les trains RIS-RA sont fermées.

Données principales :

- température :

- La température de l'eau à l'intérieur du système RIS-RA correspond à celle de l'IRWST.
- La température du système RRI pour le refroidissement des pompes et des échangeurs de chaleur du système RIS-RA est inférieure à une température maximale [1].

- débit :

- écoulement à travers la ligne d'injection ISMP dans le système RCP, et à travers les lignes à débit minimum ISBP et ISMP vers l'IRWST,
- Le système RRI refroidit les pompes et échangeurs de chaleur du système RIS-RA.

- pression :

- La pression de refoulement ISBP correspond à la pression à débit minimum, et la pression de refoulement ISMP dépend de la pression primaire.

- NPSH :

- L'IRWST est rempli, de telle sorte qu'il n'y a pas de problème de NPSH pour les pompes RIS-RA.

3.2.3.8. Démarrage automatique ou [1] d'un train RIS-RA

Pour le remplissage des accumulateurs ou la compensation d'une fuite, ainsi que pour le remplissage des piscines du réacteur, pour les essais périodiques, ou pour l'homogénéisation de la concentration en bore et le refroidissement de l'IRWST, les trains RIS-RA sont démarrés [1] en mode IS.

Pour l'évacuation de la puissance résiduelle, les trains RIS-RA sont également démarrés en mode RA.

En cas d'injection de sécurité, les pompes ISBP sont démarrées automatiquement par le Signal d'Injection de sécurité sous condition de non P14. Les pompes ISMP sont également démarrées automatiquement en cas de détection de bas niveau boucle du système RCP (appoint en mode RA).

En cas de perte total de l'alimentation en eau des générateurs de vapeur, l'opérateur démarre les pompes ISMP et ISBP pour assurer l'évacuation de la puissance résiduelle (procédure de « gavé-ouvert »).

3.2.3.9. Démarrage manuel d'un train RIS-RA pour un fonctionnement en mode RA

Les trains RIS-RA sont utilisés si les conditions requises dans le système RCP (température inférieure à 120°C - ou 135°C si le GCT est indisponible, pression inférieure à 32 bar abs pour les trains 1 et 4, respectivement température inférieure à 100°C pour les trains 2 et 3) sont respectées.

1^{ère} étape : Concentration en bore :

La concentration en bore du système RIS-RA est suffisante pour tous les modes de fonctionnement puisque le système RIS-RA est rempli avec l'eau borée de l'IRWST.

Cependant, avant le démarrage du train RIS-RA, lors d'un refroidissement secondaire quand la pression primaire est encore supérieure à 50 bar, l'homogénéisation de la concentration en bore (conditionnement chimique) est assurée par le mélange des fluides de l'IRWST et du système RIS-RA pendant que les pompes ISBP fonctionnent sur leurs lignes à débit minimum radiales et tangentielles. La concentration en bore est contrôlée par un échantillonnage REN.

2^{ème} et 3^{ème} étapes : Conditionnement thermique du train RIS-RA :

Le conditionnement en pression et en température est réalisé en plusieurs étapes successives :

- connexion à l'IRWST par ouverture de la vanne motorisée à l'aspiration de l'ISBP dans l'IRWST,
- fonctionnement des pompes ISBP en circuit fermé,
- connexion au circuit primaire.

Température de l'eau du système RIS-RA avant réchauffage :

La plus grande partie du réfrigérant à l'intérieur des trains RIS-RA se trouve à température ambiante. Le volume à l'intérieur de l'échangeur de chaleur peut atteindre la température froide du système RRI . Si un conditionnement thermique est nécessaire, les trains RIS-RA seront conditionnés en deux étapes :

- 2^{ème} étape : le réchauffage s'effectue en isolant le débit passant par l'échangeur et en tournant en boucle fermée via la liaison entre le refoulement en branche froide et l'aspiration en branche chaude. La pompe ISBP est mise en service et le contenu de la partie du circuit à l'extérieur de l'enceinte de confinement mélangé par cette pompe sera réchauffé . L'expansion du fluide contenu dans le circuit, consécutive à son réchauffage, est évacuée vers l'IRWST en ouvrant la vanne motorisée à l'aspiration de la pompe. Dans ce mode de fonctionnement, le côté RRI des échangeurs de chaleur RIS-RA est actif ;
- 3^{ème} étape : le fluide réchauffé du système RIS-RA est injecté à un débit limité dans le système RCP afin d'éviter les chocs thermiques inacceptables au niveau du piquage. Dans cette 2^{ème} étape, la vanne d'isolement de la ligne d'injection dans la branche chaude est fermée. Les 1^{ère} et 2^{ème} vannes d'isolement de la ligne d'aspiration dans la branche chaude du système RCP et la vanne d'isolement de l'enceinte de confinement en aval de l'échangeur de chaleur, sa vanne de contournement ainsi que la vanne réglante en aval de l'échangeur sont ouvertes en parallèle. Ainsi, les piquages d'injection voient au minimum la température ambiante, et au maximum la

température de mélange entre l'eau primaire ($\leq 120^{\circ}\text{C}$) et la température de l'eau de la ligne d'injection dans la branche \square .

L'évolution de la température du débit injecté est contrôlée par la mesure de température en aval de l'échangeur de chaleur et au niveau de la ligne d'injection branche froide.

Ainsi, les contraintes thermiques importantes sur les piquages des principales lignes de refroidissement et sur les équipements RIS-RA sont évitées.

Données principales :

- température :
 - 1^{ère} étape : La température de l'eau à l'intérieur du système RIS-RA correspond à celle de l'IRWST.
 - 2^{ème} et 3^{ème} étapes : La température à la fin du conditionnement thermique a diminué \square .
- débit :
 - 1^{ère} étape : Le débit dans les lignes RIS-RA correspond au débit minimum ISBP.
 - 2^{ème} et 3^{ème} étapes : Le débit dans les lignes RIS-RA est d'environ 150 kg/s.
 - Le système RRI refroidit les pompes et échangeurs de chaleur du système RIS-RA.
- pression :
 - 1^{ère} et 2^{ème} étapes : La pression de refoulement ISBP correspond à la pression à débit minimum (augmentée de la hauteur manométrique de l'IRWST pour la 2^{ème} étape).
 - 3^{ème} étape : La pression de refoulement ISBP correspond à la pression du système RCP augmentée de la hauteur manométrique de la pompe à débit nominal.

3.2.3.10. Arrêt d'un train RIS-RA

Lorsque le système fonctionne en mode IS, il n'y a pas d'arrêt automatique des pompes ISBP et ISMP.

En mode RA, l'arrêt automatique des pompes ISBP est assuré, au titre de la sûreté, pour garantir la disponibilité de la fonction de refroidissement à long terme en cas de dégradation des conditions d'aspiration en branche chaude. Les trains RIS-RA en mode RA s'arrêtent automatiquement sur :

- signal de bas ΔP_{sat} ,
- signal de très bas niveau boucle,
- signal de mauvais fonctionnement du train RRI associé (bas débit RRI ou haute température RRI).

L'isolement automatique de l'aspiration d'un train RIS-RA en mode RA est également requis sur :

- signal de bas niveau piscine BR en état E,
- signal de détection de fuite dans les BAS (sur haut niveau puisard BAS ou haute pression BAS). Pour faciliter la détection sur haut niveau puisard dans les BAS, le démarrage des pompes RPE de vidange des puisards BAS est inhibé dès lors que le système RIS est en fonctionnement en mode IS ou RA.

Pour un arrêt \square des trains RIS-RA après un fonctionnement en mode IS, l'opérateur doit inhiber le signal d'IS avant d'arrêter les pompes. Si une brèche hors de l'enceinte de confinement survient sur un train RIS-RA fonctionnant en mode IS, l'opérateur dispose au MCS d'une commande inhibant le signal d'IS automatique lui permettant d'arrêter les pompes et d'isoler ce train de l'enceinte de confinement et de l'IRWST.

Pour un arrêt □ des trains RIS-RA après un fonctionnement en mode RA, les actions suivantes sont effectuées :

- arrêt des pompes ISBP,
- fermeture des trois vannes d'isolement de la ligne d'aspiration dans la branche chaude du système RCP,
- ouverture des vannes de l'IRWST,
- ouverture des vannes d'isolement de la ligne à débit minimum tangentielle ISBP vers l'IRWST,
- fermeture des vannes d'isolement des lignes de purification (trains 3 et 4 uniquement),
- selon l'état de la chaudière, et du mode de fonctionnement du système RIS-RA, il y aura fermeture ou non de la vanne d'isolement de la grande ligne à débit minimum, la petite ligne à débit minimum étant toujours ouverte,
- isolement du RRI sur l'échangeur de chaleur RIS-RA et sur les garnitures mécaniques des pompes ISBP.

La déconnexion d'un train en mode RA par la mise en configuration RIS et l'ouverture des vannes à débit minimum peut entraîner la formation de vapeur dans les lignes qui sont chaudes (maximum 120° C pour les trains 1 et 4 et 100° C pour les trains 2 et 3). Afin d'éviter ce phénomène un déconditionnement thermique des lignes est réalisé □. L'état du circuit lors du déconditionnement correspond à l'état du circuit en mode RA (voir § 3.2.2.1.) excepté les points suivants :

- les vannes d'isolement extérieur enceinte de l'injection branche froide sont fermées,
- les lignes de liaison vers la branche chaude sont ouvertes.

3.2.3.11. Fonctionnement en cas d'agression

Le système RIS-RA est isolé en cas de séisme, afin de limiter les volumes d'eau relâchés dans le BAN. Dans le BR, le BK et le BAN, les mesures de niveau de l'IRWST permettent de détecter une inondation interne. En cas d'inondation interne dans les BAS, le BK et le BAN, un isolement est réalisé par le système RIS-RA après détection.

3.2.4. Autres régimes de fonctionnement du système

Les autres régimes de fonctionnement du système RIS-RA sont les suivants :

- essais périodiques via les lignes à débit minimum des pompes ISMP (petit et gros débit) et ISBP vers l'IRWST,
- arrêt après perte du réseau lors d'un fonctionnement en mode RA,
- appoint continu en cas de perte totale de la chaîne de refroidissement ou de perte totale des alimentations électriques internes et externes (PTAE) pendant un état d'arrêt D à l'aide de trains RIS-RA en mode IS à débit réduit,
- connexion des trains RIS-RA 2 et 3 à 120°C (ou 135°C si le GCT est indisponible).

3.2.4.1. Essais fonctionnels périodiques

État du circuit :

Cet état correspond à l'exploitation normale de la tranche, avec les conditions aux limites suivantes :

- Les pompes ISBP et ISMP injectent via les lignes à débit minimum spécifiques dans l'IRWST (petit et grand débit pour les ISMP, ligne tangentielle pour les ISBP), aspirant l'eau de l'IRWST, le système RRI refroidissant les moteurs des pompes et la pompe ISBP et ISMP, le système RIS-RA étant isolé du système RCP.

- Toutes les vannes sont dans une position permettant une injection de sécurité, et les trois vannes d'isolement sur la ligne d'aspiration en branche chaude du système RCP sont fermées.
- Comme décrit pour l'état du § 3.2.1. (état normal), les clapets de non retour assurent leur fonction d'isolement, à l'exception de ceux des lignes à débit minimum de l'ISBP et de l'ISMP.

Données principales :

- température :
 - L'eau à l'intérieur du système RIS-RA est à température ambiante pour les trains en attente, et à la température de l'IRWST pour les trains en fonctionnement.
 - La température du système RRI pour le refroidissement des pompes (et des échangeurs de chaleur) du système RIS-RA est inférieure à une température maximale[].
- débit :
 - Le débit dans les lignes RIS-RA correspond au débit minimum de l'ISBP et de l'ISMP vers l'IRWST.
 - Le système RRI refroidit les pompes (et échangeurs de chaleur) du système RIS-RA.
- pression :
 - La pression de refoulement ISBP et ISMP correspond à la pression à débit minimum.
- NPSH :
 - L'IRWST est rempli, de telle sorte qu'il n'y a pas de problème de NPSH pour les pompes RIS-RA.

3.2.4.2. Arrêt après perte du réseau lors d'un fonctionnement en mode RA

Chaque train RIS-RA est alimenté par un jeu de barres de puissance assigné au diesel de secours correspondant. Après une perte du réseau en mode RA, les trains RIS-RA qui fonctionnaient avant la coupure sont automatiquement délestés et relestés.

Une action automatique est nécessaire car le temps opérateur est trop long pour une intervention manuelle.

3.2.4.3. Appoint continu en cas de perte totale de la chaîne de refroidissement pendant un état d'arrêt D à l'aide de deux trains RIS-RA en mode RA

En cas de perte totale de la chaîne de refroidissement en état D, le signal IS est activé sur bas niveau boucle. Les pompes ISMP démarrent mais s'arrêtent rapidement du fait du manque de refroidissement. Un train ISBP parmi les trains possédant un refroidissement diversifié (train 1 et 4) est en attente. L'autre train, qui fonctionne en mode RA, est arrêté automatiquement par détection de la perte du train RRI qui le refroidit. Le démarrage automatique du train en attente en mode IS réduit permet l'appoint à long terme, aspirant dans l'IRWST et injectant en branche froide. Afin d'éviter la cavitation des pompes ISBP, la ligne de décharge RCV est également isolée.

Grâce aux deux trains ISBP en service, l'évacuation de la puissance résiduelle à long terme (24h) est assurée car la capacité calorifique de l'IRWST est plus grande que celle nécessaire pour absorber la puissance résiduelle.

En cas de Perte Totale des Alimentations Électriques Internes et Externes (PTAE), seuls les diesels d'ultime secours sont disponibles. La chaîne de refroidissement n'est pas secourue par ces diesels, contrairement aux pompes ISBP des trains 1 et 4 ayant un refroidissement diversifié. Par conséquent la séquence de PTAE en état D est similaire à la perte totale de la chaîne de refroidissement décrite ci-dessus.

3.2.4.4. Connexion des trains RIS-RA 2 et 3 à 120°C

Suite à un PCC-2, et en cas de Maintenance Préventive et Défaillance Unique postulées sur les trains 1 et 4, les trains RIS-RA 2 et 3 peuvent alors exceptionnellement être connectés pour une température primaire de 120°C (135°C si le GCT est indisponible). La connexion des trains 2 et 3 est identique à celle présentée au [§ 3.2.3.1.](#)

4. ANALYSE DE SÛRETÉ

4.1. CONFORMITÉ A LA RÉGLEMENTATION

Le système RIS-RA est conforme à la réglementation générale en vigueur (voir sous-chapitre 1.7) et ne fait pas l'objet de dérogations particulières.

4.2. RESPECT DES CRITÈRES FONCTIONNELS

4.2.1. Contrôle de la réactivité

Les études des transitoires incidentels/accidentels des sous-chapitre 15.2 et sous-chapitre 19.1 faisant intervenir les fonctions du système RIS-RA correspondant aux critères fonctionnels énoncés au [§ 0.2.1.](#) sont réalisés en considérant, pour les paramètres suivants, des valeurs cohérentes avec les hypothèses de dimensionnement énoncées au [§ 2.2.](#) (voir le sous-chapitre 15.1) :

- concentration en bore de l'eau de l'IRWST minimale, assurant la sous-criticité par borication du circuit primaire,
- un volume initial minimal de l'IRWST, assurant l'injection d'eau borée dans le circuit primaire,
- débit minimum d'injection ISBP en branche chaude, assurant le basculement branche chaude / branche froide de l'injection, donc la non-cristallisation du bore,
- température de l'eau de l'IRWST minimale, assurant la non-cristallisation du bore,
- concentrations en bore de l'eau de l'IRWST minimale et maximale, assurant la concentration en bore de l'eau injectée dans le circuit primaire,
- temps d'isolement des sources de dilution provenant du système RCV maximal.

Pour chaque transitoire concerné, ces études :

- présentent les effets de ces fonctions sur le déroulement du transitoire,
- montrent que le dimensionnement de ces fonctions est tel qu'il contribue au respect de leurs critères d'acceptabilité.

4.2.2. Évacuation de la puissance résiduelle

Les études des transitoires incidentels/accidentels des sous-chapitre 15.2 et sous-chapitre 19.1 faisant intervenir les fonctions du système RIS-RA correspondant aux critères fonctionnels énoncés au [§ 0.2.2.](#) sont réalisés en considérant, pour les paramètres suivants, des valeurs cohérentes avec les hypothèses de dimensionnement énoncées au [§ 2.2.](#) (voir le sous-chapitre 15.1) :

- coefficient de l'échangeur RIS-RA minimal pour un débit et une température du système RRI et du système RRA donnés,
- temps d'établissement du plein débit ISMP et ISBP maximal,
- temps de lignages des injections ISMP et ISBP et de la décharge des accumulateurs maximal,
- débit d'injection ISMP et ISBP (mode IS et mode RA) suivant la pression primaire minimal,
- débit d'injection ISBP en mode réduit minimal (mode IS et mode RA),
- débit d'injection ISBP en mode IS réduit maximal,

- résistance de la ligne de décharge des accumulateurs minimale et maximale,
- pression des accumulateurs minimale et maximale,
- température des accumulateurs minimale et maximale,
- concentration en bore de l'eau des accumulateurs minimale et maximale,
- volume des accumulateurs minimal et maximal,
- temps d'isolement du CPP maximal,
- temps d'isolement des soutirages du système RCV maximal,
- temps d'isolement de l'aspiration d'un train RIS-RA en mode RA maximal,
- débit maximal d'injection ISBP en branche froide,
- temps maximal d'arrêt des pompes ISBP,
- température de l'IRWST maximale,
- volume initial minimal et maximal de l'IRWST.

Pour chaque transitoire concerné, ces études :

- présentent les effets de ces fonctions sur le déroulement du transitoire,
- montrent que le dimensionnement de ces fonctions est tel qu'il contribue au respect de leurs critères d'acceptabilité

4.2.3. Confinement des substances radioactives

Les études des transitoires incidentels/accidentels des sous-chapitre 15.2 et sous-chapitre 19.1 faisant intervenir les fonctions du système RIS-RA correspondant aux critères fonctionnels énoncés au [§ 0.2.3.](#) sont réalisés en considérant, pour les paramètres suivants, des valeurs cohérentes avec les hypothèses de dimensionnement énoncées au [§ 2.2.](#) (voir le sous-chapitre 15.1) :

- débits minimum d'injection ISMP et ISBP,
- débits maximum d'injection ISMP,
- temps maximal d'isolement du CPP.

De plus, l'hypothèse de dimensionnement sur le débit de fuite maximal est étudiée dans les études de conséquences radiologiques.

Les études des transitoires Accident Grave faisant intervenir le noyage de la zone d'étalement du corium sont réalisées en considérant, pour le paramètre de volume initial minimal de l'IRWST, une valeur cohérente avec l'hypothèse de dimensionnement énoncée au [§ 2.2.](#)

Pour chaque transitoire concerné, ces études :

- présentent les effets de ces fonctions sur le déroulement du transitoire,
- montrent que le dimensionnement de ces fonctions est tel qu'il contribue au respect de leurs critères d'acceptabilité.

Les études de suppressions primaires du chapitre sous-chapitre 3.6 sont réalisées en considérant, pour le débit maximal de la pompe ISMP avec la grande ligne à débit minimum ouverte, des valeurs cohérentes avec les hypothèses de dimensionnement énoncées au [§ 2.2.](#)

Ces études montrent que le dimensionnement de ces dispositifs est tel qu'il permet de respecter leurs critères d'acceptabilité.

4.2.4. Contributions indirectes à l'accomplissement des fonctions de sûreté

Sans objet.

4.2.5. Contributions spécifiques à la protection contre les agressions

Les études d'agressions des sous-chapitres 3.3 et 3.4 faisant intervenir le système RIS-RA sont réalisées en considérant les fonctions de détection et d'isolement décrites au [§ 0.2.5.](#)

4.2.6. Contributions à l'élimination pratique

Les études d'élimination pratique de la section 19.2.4 faisant intervenir des fonctions du système RIS-RA sont réalisées en considérant, pour les paramètres suivants, des valeurs cohérentes avec les hypothèses énoncées au [§ 2.2.](#) :

- mesure de la pression et de la température entre les clapets d'isolement,
- présence d'un troisième clapet d'isolement sur la branche froide,
- dimensionnement des pompes ISMP avec une pression de refoulement inférieur à la pression de tarage des vannes de décharges VDA,
- alimentation par batteries des vannes intérieures et extérieures d'isolement enceinte,
- isolement automatique des sources de dilution provenant du système RCV sur signal anti-dilution,
- isolement des sources de dilution provenant du circuit RCP par isolement passif des lignes d'injection ISBP, ISMP et lignes des accumulateurs RIS.

Pour chaque transitoire concerné, ces études montrent que le dimensionnement de ces fonctions est tel qu'il permet d'éliminer pratiquement les situations concernées, c'est-à-dire les bypasses de l'enceinte de confinement et les accidents d'injection rapide de réactivité.

Ces éléments permettent d'assurer le respect des critères fonctionnels énoncés au [§ 0.2.](#)

4.3. CONFORMITÉ AUX EXIGENCES DE CONCEPTION

4.3.1. Exigences issues du classement de sûreté

4.3.1.1. Classement de sûreté

Les classements des équipements du système RIS-RA jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté sont présentés dans la section 3.2.2.

Les matériels et équipements sont conçus et réalisés conformément aux exigences découlant des règles de classement détaillées dans le sous-chapitre 3.2.

Vis-à-vis des phénomènes de fatigue thermique, les provisions suivantes sont prises en compte dans la conception du système RIS-RA pour réduire le risque de défaillance :

- réduction du nombre de zones de mélange : Par train, il n'existe qu'une seule zone de mélange en aval de l'échangeur RIS-RA au niveau de la connexion avec la ligne de contournement de cet échangeur.
- réduction de la température primaire lors de la connexion du système RIS-RA au système RCP : Lors de la phase de refroidissement de la chaudière, les trains RIS-RA 1 et 4 sont connectés à 120°C (ou 135°C si le GCT est indisponible) et les trains 2 et 3 à 100°C. Ainsi, la différence de température entre les 2 fluides mélangés (en amont de la zone de mélange située au niveau de la ligne de contournement en aval de l'échangeur RIS-RA) restera limitée.
- suppression des soudures longitudinales sur les tuyauteries RCC-M2 et les raccords. Le Té de mélange a été allongé en aval de la zone de mélange pour éloigner la soudure circulaire de cette zone de mélange.

Le Té de mélange est entièrement poli et les 3 soudures sont arasées.

Par ailleurs, conformément aux fonctions de sûreté que le système RIS doit assurer, Les accumulateurs RIS ainsi que les matériels Q3 avec un DN > 25 font l'objet de contrôles complémentaires relevant du niveau de qualité Q2. Ce niveau de qualité Q2 sera assuré tout au long de l'exploitation.

4.3.1.2. Critère de défaillance unique (active et passive)

Défaillance unique active :

La conception du système RIS-RA est conforme à l'exigence de robustesse au critère de défaillance unique active énoncée au [§ 0.3.](#), notamment sur les points suivants :

- Arrêt automatique des pompes ISBP en mode RA : L'application du Critère de Défaillance Unique vis-à-vis de l'arrêt automatique des pompes RIS-RA en mode RA aboutit à l'arrêt d'au moins 3 pompes sur 4, la redondance étant assurée par l'ensemble des 4 trains (voir section 15.2.4q).
- Déclenchement manuel des pompes RIS-RA : Le déclenchement manuel des pompes ISBP et ISMP peut être réalisé en salle de commande ou en local depuis le tableau électrique.
- Nombre de trains : Le système RIS-RA est composé de quatre trains mécaniques, [\[1\]](#). Ces trains sont redondants; chaque train RIS-RA est alimenté par une voie électrique distincte et refroidi par un train RRI spécifique.
- Redondance des organes d'isolement CPP et d'isolement de la décharge basse pression.

Les organes d'isolement des traversées de l'enceinte de confinement du système RIS-RA sont redondants, à l'exception des lignes d'aspiration de l'IRWST pour lesquelles la double enveloppe assure la redondance.

Défaillance unique passive :

La conception du système RIS-RA est conforme à l'exigence de robustesse au critère de défaillance unique passive énoncée au [§ 0.3.](#) La démonstration de la conformité de la conception du système RIS-RA à l'exigence de robustesse à la défaillance unique passive (caractéristiques de la fuite conventionnelle considérée, détectabilité et isolabilité) est détaillée dans la section 15.2.1.

La conception du système RIS-RA est conforme à l'exigence de robustesse à la défaillance aléatoire énoncée au [§ 0.3.](#)

4.3.1.3. Alimentation électrique de secours

La conception du système RIS-RA est conforme à l'exigence de secours électrique énoncée au paragraphe 0.3, notamment sur les points suivants :

- Afin d'atteindre l'état sûr en cas de MDTE, l'alimentation électrique des équipements du système RIS-RA assurant des fonctions F1 est secourue par des générateurs diesels principaux. Les vannes électriques situées dans l'enceinte de confinement sont également secourues [\[1\]](#),
- En cas de MDTG, les pompes RIS-RA des trains 1 et 4 et leur système de refroidissement des moteurs sont secourus par des générateurs diesels d'ultime secours afin de faire face aux APRP petite brèche cumulé à un MDTG. L'isolement de la décharge RCV étant requis en cas de MDTG, au moins un des organes d'isolement est secouru par des diesels d'ultime secours.
- Pour les situations d'accident grave, les vannes d'isolement extérieures à l'enceinte de confinement sont secourues par des batteries accident grave.

4.3.1.4. Séparation physique/géographique

La conception du système RIS-RA est conforme à l'exigence de séparation physique/géographique, notamment sur les points suivants :

- Les quatre trains RIS-RA sont séparés structurellement l'un de l'autre. Aucune connexion n'est pourvue entre les quatre trains RIS-RA. Chacun des trains, hors BR, est installé dans un bâtiment distinct.
- Le contrôle commande et les sources électriques des 4 trains sont totalement indépendants.
- Les deux organes d'isolement de chaque traversée enceinte du système RIS-RA sont séparés physiquement du fait de leur installation, un à l'intérieur du BR, l'autre à l'extérieur dans un bâtiment périphérique.

4.3.1.5. Qualification aux conditions accidentelles

Les équipements du système RIS-RA relevant d'une qualification aux conditions accidentelles sont présentés dans la section 3.7.1.1.2.

4.3.1.6. Classement ESPN, mécanique, électrique, Contrôle-Commande et sismique

La conformité des classements mécanique, électrique, contrôle-commande et sismique des équipements du système RIS-RA jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté aux exigences énoncées au [§ 0.3.](#) est détaillée dans la section 3.2.2.

La conformité du classement ESPN des équipements du système RIS-RA aux exigences énoncées au [§ 0.3.](#) est détaillée dans la section 3.2.2.

4.3.2. Exigences réglementaires

4.3.2.1. Textes réglementaires

La conformité aux textes réglementaires est portée de manière générale par la section 1.7.1 du Rapport de Sûreté.

4.3.2.1.1. Textes officiels

La conformité aux textes officiels spécifiquement applicables au système, listés dans le [§ 0.3.2.](#), est présentée aux [§ 2.2.1.](#), et [§ 2.2.3.](#).

4.3.2.1.2. Prescriptions techniques

La conformité à la prescription technique spécifiquement applicable au système, listée dans le [§ 0.3.2.](#) est assurée par :

- L'utilisation de produits et matériaux dans le bâtiment réacteur permettant de prévenir autant que raisonnablement possible les facteurs à l'origine du risque de colmatage des prises d'eau des systèmes d'injection de sécurité RIS et d'évacuation ultime de la chaleur EVU dans l'IRWST.
- La chaîne de filtration RIS conçue et qualifiée pour garantir des pertes de charge compatibles avec la réalisation des fonctions du système RIS (cf. [§ 2.3.](#)) au regard du terme source de débris induit par les produits et matériaux du BR susceptibles de colmater les filtres.

La conformité du système RIS-RA aux décisions n°2012-DC-0283 du 26 juin 2012 et n°2014 DC-0403 du 21 janvier 2014 est démontrée dans le chapitre 21.

4.3.2.1.3. Réglementations internationales

Sans objet.

4.3.2.2. Textes para-réglementaires

La conformité aux textes para-réglementaires est portée de manière générale par la section 1.7.1 du Rapport de Sûreté.

4.3.2.2.1. Règles fondamentales de sûreté

Sans objet.

4.3.2.2.2. Directives techniques

La conformité aux directives techniques spécifiquement applicables au système, listées au [§ 0.3.2.](#), est assurée par :

- A.1.3 :
 - Les dispositions spécifiques mises en place pour l'élimination pratique des bypasses du confinement : voir [§ 4.2.6.](#)
 - La mise en place de moyens diversifiés d'isolement de l'enceinte de confinement et des parties du système sortant du BR ainsi que la présence d'une double-enveloppe pour les lignes d'aspiration connectées à l'IRWST à l'extérieur de l'enceinte de confinement.
- B.1.4.2 : Les dispositions spécifiques mises en place pour l'élimination pratique des bypasses du confinement : voir [§ 4.2.6.](#)
 - Les moyens de détection et d'isolement des fuites provoquées par des brèches sur les trains RIS-RA en mode RA hors enceinte de confinement (mise en place du test d'intégrité primaire).
 - La mise en place de moyens diversifiés d'isolement de l'enceinte de confinement, des parties du système sortant du BR et du CPP ainsi que la conformation aux exigences de classement des matériels.
 - La présence d'une double-enveloppe pour les lignes d'aspiration connectées à l'IRWST à l'extérieur de l'enceinte de confinement, constituant une extension de la troisième barrière de confinement.
 - La surveillance continue de l'étanchéité de la double-enveloppe. Pour cette surveillance, l'espace annulaire entre la tuyauterie d'aspiration et la double enveloppe est mis en pression avec de l'air comprimé sec. Deux mesures de pression sont installées sur la double enveloppe de chaque ligne d'aspiration.
- B 2.3.1 :
 - La présence de quatre trains RIS-RA pouvant injecter de l'eau borée dans le circuit primaire.
 - La garantie de la concentration en bore et du niveau de l'IRWST et des accumulateurs est assuré (voir [§ 2.2.](#)).
- B 2.3.2 :
 - Les dispositions spécifiques mises en place pour l'élimination pratique des bypasses du confinement : voir [§ 4.2.6.](#)
 - Le refroidissement du fluide primaire par les échangeurs. Le système RRI garanti l'évacuation de la puissance par le refroidissement des échangeurs.
 - La possibilité de mettre en service automatiquement ou manuellement l'injection ISBP, avec la présence de signaux diversifiés de mise en service automatique, ainsi que la possibilité de mettre en service manuellement les trains RIS-RA en mode RA. Les justifications des débits sont présentées dans le [§ 2.2.](#)
 - La possibilité d'arrêter les pompes ISBP en mode RA en cas de bas niveau boucle et d'isoler la décharge basse pression en cas de perte d'un train RIS-RA cumulé à un manque de tension externe, afin de limiter le risque de cavitation des pompes ISBP.
- B 2.3.3 :
 - Le bon dimensionnement des pompes ISMP et ISBP ainsi que des accumulateurs (voir [§ 2.2.](#)) ainsi que la possibilité de basculement de l'injection ISBP de la branche froide vers la branche chaude.
 - La présence de l'IRWST et de moyens permettant l'homogénéisation, la filtration et le refroidissement de son eau :

- en fonctionnement normal : les pompes ISBP injectent via leurs lignes à débit minimum spécifiques dans l'IRWST (lignes à débit minimum tangentielles et radiales), aspirant l'eau de l'IRWST. L'eau de l'IRWST est refroidie dans les échangeurs de chaleur RIS-RA par le système RRI.
- lors d'essais périodiques, en cas d'APRP petite brèche ou brèche intermédiaire, ou en mode gavé-ouvert : les pompes ISBP et ISMP injectent via leurs lignes à débit minimum spécifiques dans l'IRWST (lignes à débit minimum tangentielles uniquement pour les ISBP), aspirant l'eau de l'IRWST, le système RRI refroidissant les pompes et échangeurs de chaleur du RIS-RA ; le système RIS-RA est isolé du système RCP au refoulement par les deux clapets d'isolement primaire, respectivement par les trois vannes d'isolement sur la ligne d'aspiration en branche chaude du système RCP.

- B.2.3.6 : La présence des soupapes RIS-RA protégeant le système RIS-RA contre les surpressions du circuit primaire.
- C.2.1 : La défaillance à l'ouverture des clapets des accumulateurs n'est pas prise en compte, compte tenu de la grande fiabilité de la technologie utilisée pour ces clapets.
- E.1.2.2 : Dans le cas d'un APRP petite brèche avec perte totale de la fonction ISBP (défaillance de mode commun), les 4 accumulateurs et 4 trains ISMP sont en mesure de compenser la perte de réfrigérant à travers la brèche et de remplir le circuit primaire. A la fin du refroidissement partiel, la poursuite du refroidissement est initiée par l'opérateur via le VDA. Après le refroidissement par le secondaire, l'évacuation de la puissance résiduelle et le refroidissement de l'IRWST sont assurés par la chaîne de refroidissement de l'enceinte de confinement EVU et les GV (voir la section 19.1.3Fsg).
- E.2.2.5 :
 - Les dispositions spécifiques mises en place pour l'élimination pratique des biphases du confinement (voir [§ 4.2.6.](#)).
 - Le bon dimensionnement des éléments permettant l'isolement de l'enceinte de confinement ainsi que la présence d'un troisième clapet d'isolement sur la branche froide.
 - Les exigences de conception appliquées aux portions du système RIS-RA situées à l'extérieur de l'enceinte de confinement ainsi qu'aux vannes permettant l'isolement de l'enceinte de confinement.
- E.2.3.2 : L'attention particulière portée aux fuites possibles se traduit par :
 - La présence d'une double-enveloppe pour les lignes d'aspiration connectées à l'IRWST à l'extérieur de l'enceinte de confinement, constituant une extension de la troisième barrière de confinement ainsi que la présence d'une peau d'étanchéité en acier inoxydable dans l'IRWST, participant au confinement de l'enceinte de confinement. Des mesures permettent la détection des fuites entre la peau d'étanchéité et le béton. La peau d'étanchéité et les équipements de l'IRWST sont conçus de telle sorte qu'un contrôle lors d'un arrêt est possible.
 - La possibilité de procéder au décolmatage des filtres RIS de l'IRWST tel que précisé au [§ 2.2.](#)

4.3.2.3. Textes EPR spécifiques

La conformité aux textes EPR spécifiques applicables au système, listés au [§ 0.3.2.](#), est assurée par la présence d'une disposition de filtration et de décolmatage des filtres RIS.

4.3.3. Agressions

4.3.3.1. Agressions internes

La démonstration de la robustesse de l'installation aux agressions internes relève du sous-chapitre 3.4.

4.3.3.2. Agressions externes

La démonstration de la robustesse de l'installation aux agressions externes relève du sous-chapitre 3.3.

4.3.4. Diversification

La conception du système RIS-RA est conforme à l'exigence de diversification énoncée au [§ 0.3.4.](#), notamment sur les points suivants :

- La diversification des moyens d'injection : ISMP, ISBP et accumulateurs.
- La diversification des moyens de refroidissement des moteurs des pompes ISBP des trains 1 et 4 (systèmes RRI et DEL).
- La présence de trois organes d'isolement dont deux diversifiés sur lignes d'injection ISMP et ISBP à l'intérieur de l'enceinte de confinement ainsi que la présence d'instrumentation permettant la surveillance de l'étanchéité des deux clapets d'isolement du circuit primaire.

4.3.5. Radioprotection

Sans objet.

4.3.6. Fonctionnement, maintenance et accessibilité long terme

Les équipements du système RIS-RA nécessaires au maintien de la centrale en état sûr dans la gestion long terme après un accident sont accessibles aux opérateurs pour la maintenance et la réparation des matériels à long terme :

- Pour l'accès au personnel (contrôle des soudures, examen des filtres, etc.), le renouvellement de l'atmosphère de l'IRWST est nécessaire.
- L'atmosphère de l'IRWST est reliée aux installations de traitement de l'air (ventilation continue de l'enceinte de confinement).
- Le personnel peut assurer l'isolement, la vidange et le rinçage des pompes ISBP.
- Le personnel peut assurer l'isolement, la vidange et le rinçage des échangeurs de chaleur.

Les analyses relatives à l'accessibilité pour maintenance à long terme en phase post-accidentelle sont présentées au sous-chapitre 12.5.

Ce chapitre identifie les principaux composants du système RIS-RA faisant l'objet d'un requis d'accessibilité à long terme en phase post-accidentelle et indique les conditions d'accessibilité » associées permettant de respecter la dose maximale que peut recevoir un intervenant au cours de sa mission.

4.3.7. Système tel que réalisé

A ce stade de la fabrication, de l'installation et du déroulement des essais, un écart impactant les requis de sûreté spécifiés dans le Rapport de Sûreté a fait l'objet d'une information ASN. Cet écart concerne l'absence de redondance fonctionnelle de la fonction d'isolement des accumulateurs en cas de défaillance mécanique d'une vanne d'isolement. Les Directives Techniques autorisent des exceptions au critère de défaillance unique sous réserve que la bonne fiabilité du matériel et l'absence d'effet falaise en cas de défaillance de l'isolement puissent être justifiées. Le dossier de justification de l'exclusion à l'application du critère de défaillance unique pour l'isolement des accumulateurs RIS est référencé dans le tableau 6 de la section 3.2.2.

Suite aux essais de démarrage, des incohérences dans la méthodologie de transposition des performances du système RIS-RA entre essais périodiques et conditions post-accidentelles ont amenées à redimensionner les trains RIS-RA. Ce nouveau dimensionnement permet d'avoir des débits d'injection de sécurité, différents de ceux présentés dans le [§ 2.2.](#), qui sont cohérents avec les hypothèses considérées dans les études d'accident [\[\]](#).

4.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE

4.4.1. Essais de démarrage

Le système RIS-RA fait l'objet d'un programme d'essais de démarrage conformément aux modalités présentées au chapitre 14 permettant notamment de vérifier le respect des critères suivants :

- temps de lignage pour les injections ISMP et ISBP,
- temps de lignage pour la décharge des accumulateurs,
- temps de lignage d'un train RIS en mode RA,
- temps d'établissement des plein débits ISMP et ISBP,
- températures minimale et maximale de l'IRWST (alarme de franchissement des seuils),
- temps maximal d'isolement CPP,
- volume minimal et maximal des accumulateurs (alarme de franchissement des seuils),
- pression minimale et maximale des accumulateurs (alarme de franchissement des seuils),
- temps maximal d'isolement de l'aspiration d'un train RIS-RA en mode RA,
- temps maximal d'isolement d'une source de dilution provenant du système RCV,
- temps maximal d'arrêt des pompes ISBP en mode RA,
- volume initial minimal de l'IRWST (en état fermé).

Il est à noter que la vérification des critères fonctionnels suivants n'étant pas possible de façon directe du fait que les conditions d'essais diffèrent des conditions de fonctionnement incidentelles ou accidentelles dans lesquelles ces derniers doivent être satisfaits, leur vérification doit être faite de façon transposée :

- coefficient de l'échangeur,
- résistance minimale et maximale de la ligne de décharge des accumulateurs,
- débits minimum et maximum d'injections ISMP, grande ligne à débit minimal ouverte et fermée,
- débits minimum et maximum d'injection ISBP en branche chaude et en branche froide.

Lors des essais de mise en service, la vérification des seuils de niveau et de température de l'IRWST sera réalisée.

La performance des pompes RIS-RA est validée par les fabricants avant l'installation sur site. Lors de la première mise en service, la performance des pompes et échangeurs de chaleur installés est testée par des dispositifs de mesure temporaires afin de vérifier le bon dimensionnement.

4.4.2. Surveillance en exploitation

Les critères fonctionnels suivants font l'objet d'une surveillance au titre des Spécifications Techniques d'Exploitations :

- volume initial minimal et maximal de l'IRWST,
- volume minimal répartissable entre l'IRWST et la piscine BR,
- concentration en bore minimale et maximale de l'IRWST,
- température minimale et maximale de l'IRWST,
- volume minimal et maximal des accumulateurs,
- pression minimale et maximale des accumulateurs,
- concentration en bore minimale et maximale des accumulateurs.

Le système RIS-RA fait l'objet d'un programme d'inspection en service.

Les paniers et les filtres RIS sont soumis à des contrôles périodiques qui garantissent leur intégrité.

L'inspection en service de la peau d'étanchéité et des équipements de l'IRWST doit pouvoir être effectuée lorsque le réacteur est à l'arrêt, tout en maintenant un volume d'eau suffisant dans l'IRWST :

- des équipements de détection de fuite entre la peau d'étanchéité et le béton doivent être installés,
- les lignes d'aspiration de l'IRWST en double-enveloppes doivent permettre l'inspection en service des tuyauteries internes,
- la surveillance de l'étanchéité des double-enveloppes doit pouvoir être assurée en continu.

Des mesures permettent la détection des fuites entre la peau d'étanchéité et le béton. La peau d'étanchéité et les équipements de l'IRWST sont conçus de telle sorte qu'un contrôle lors d'un arrêt est possible. Chaque partie de l'IRWST peut être vidangée lors d'un arrêt pour permettre d'effectuer un contrôle de la peau d'étanchéité. Les soudures hors béton peuvent être inspectées.

Dès le stade préliminaire de la conception, l'inspectabilité des lignes RIS-RA a été examinée, afin d'apporter les garanties nécessaires à l'exploitation de ce système. Ainsi, l'inspection en service du RIS-RA peut être partiellement effectuée pendant le fonctionnement en puissance de la tranche pour les parties du circuit à l'extérieur du BR. La partie restante de l'inspection en service est réalisée pendant l'arrêt.

De plus, l'implantation et la conception des équipements du système RIS-RA permettent d'accéder facilement aux équipements pour réaliser les essais périodiques et les inspections en service.

Enfin, le suivi de la température dans la zone de service du BR en fonctionnement normal permet de garantir que la température des accumulateurs RIS est conforme aux conditions initiales prises en compte dans les études d'accident.

4.4.3. Essais périodiques

Les parties classées du système RIS-RA font l'objet d'essais périodiques conformément au chapitre IX des Règles Générales d'Exploitation permettant notamment de vérifier le respect des critères suivants :

- temps de lignage pour les injections ISMP et ISBP,
- temps de lignage d'un train RIS en mode RA,
- temps d'établissement des pleins débits ISMP et ISBP,
- temps maximal d'isolement CPP,
- temps maximal d'isolement de l'aspiration d'un train RRA,
- temps maximal d'isolement d'une source de dilution provenant du système RCV,
- temps maximal d'arrêt des pompes ISBP en mode RA.

Il est à noter que la vérification des critères fonctionnels suivants n'étant pas possible de façon directe du fait que les conditions d'essais diffèrent des conditions de fonctionnement incidentelles ou accidentelles dans lesquelles ces derniers doivent être satisfaits, leur vérification doit être faite de façon transposée :

- débits minimum et maximum d'injections ISMP, grande ligne à débit minimal ouverte et fermée,
- débits minimum et maximum d'injection ISBP en mode IS et RA à débit réduit,
- résistance minimale et maximale de la ligne de décharge des accumulateurs,
- débits minimum d'injection ISBP en branche chaude et en branche froide.

De plus, les lignes d'aspiration IRWST font implicitement partis des tests de l'enceinte de confinement. Pour l'essai périodique d'étanchéité et l'inspection des internes des vannes 3 voies sur les lignes d'aspiration, un bouchon obturateur peut être installé après vidange de l'IRWST. La manœuvrabilité des vannes 3 voies est testée périodiquement pendant les états d'arrêts.

4.4.4. Maintenance

Le système RIS-RA fait l'objet d'un programme de maintenance conformément au chapitre VIII des RGE.

La maintenance préventive lors du fonctionnement en puissance est autorisée pour la plupart des composants du système RIS-RA. Les exceptions sont les 1ère et 2ème vannes d'isolement du système RCP et les accumulateurs.

Il n'y pas de maintenance préventive sur l'IRWST ni sur les vannes d'isolement et tuyauteries de l'IRWST. En arrêt pour rechargement la maintenance d'une vanne trois voies peut être réalisée après avoir vidangé le demi-compartiment concerné de l'IRWST dans l'autre demi-compartiment à l'aide d'une pompe mobile.

5. SCHÉMA DE PRINCIPE

Le schéma de principe du système RIS-RA est présenté en figure [FIG-6.3.1](#).



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 6

SECTION 3

PAGE 57/62

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

LISTE DES RÉFÉRENCES

FIG-6.3.1 SCHÉMA DE PRINCIPE DU SYSTEME RIS-RA TRAIN 4

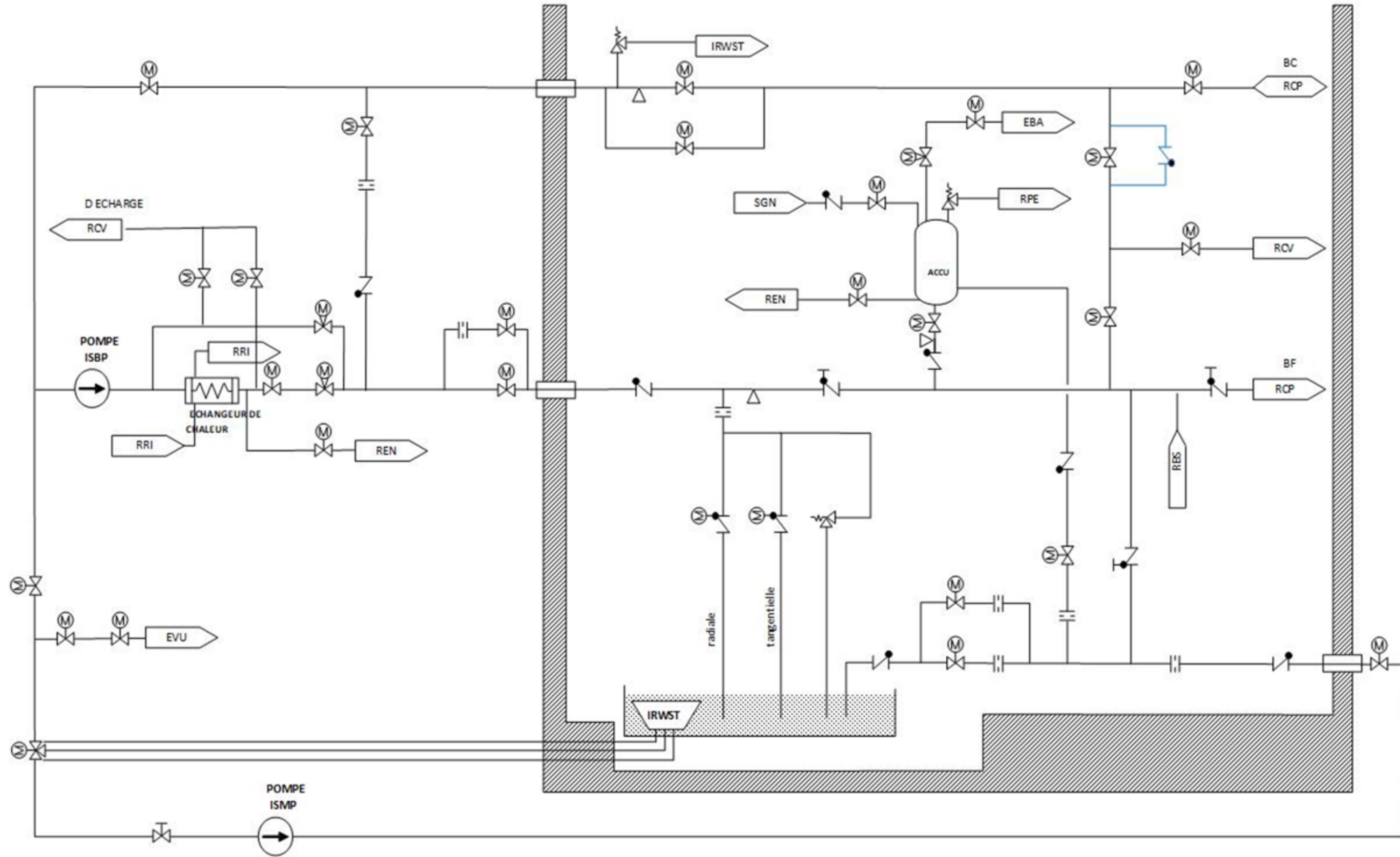
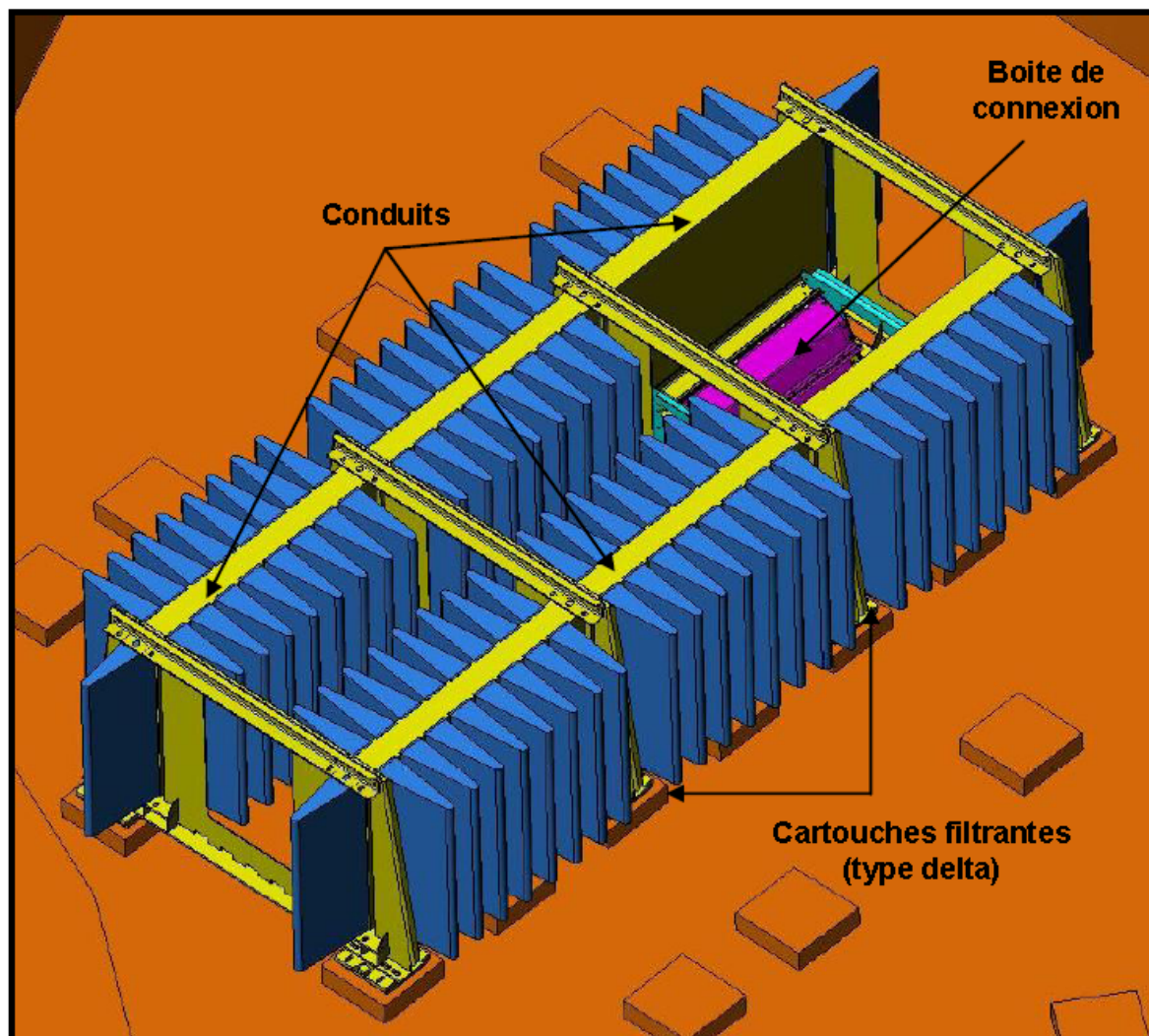


FIG-6.3.2 GRILLES AU-DESSUS DES ORIFICES DANS LE PLANCHER LOURD

□

FIG-6.3.3 FILTRES RIS (SCHÉMA DE PRINCIPE)



edf	FLAMANVILLE3	Palier EPR	Version Publique — Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE			SECTION	3
				CHAPITRE	6	PAGE	61/62

FIG-6.3.4 CONCEPT DES PANIERS DE RÉTENTION (SCHÉMA DE PRINCIPE)

□

edf	FLAMANVILLE3	Palier EPR	Version Publique — Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE			SECTION	3
				CHAPITRE	6	PAGE	62/62

FIG-6.3.5 DÉCOLMATAGE DES FILTRES RIS (SCHÉMA DE PRINCIPE)

□

SOMMAIRE

.6.4	HABITABILITÉ DE LA SALLE DE COMMANDE	3
0.	EXIGENCES DE SÛRETÉ	3
1.	BASES DE CONCEPTION	3
1.1.	SALLE DE COMMANDE PRINCIPALE	3
1.2.	STATION DE REPLI	3
2.	CONCEPTION DE L'ÎLOT DE SURVIE	3
2.1.	DÉFINITION DE L'ÎLOT DE SURVIE	3
2.2.	CONCEPTION DU SYSTÈME DE VENTILATION	4
2.3.	ÉTANCHÉITÉ	4
2.4.	INTERACTION AVEC D'AUTRES ZONES	4
2.5.	CONCEPTION DE L'ENVELOPPE	4
3.	ANALYSE DE LA SÛRETÉ	4
3.1.	CONFORMITÉ À LA REGLEMENTATION	4
3.2.	PROTECTION CONTRE LA CONTAMINATION RADIOACTIVE DUE À UN ACCIDENT SUR LA TRANCHE EPR	5
3.2.1.	ACCIDENT DE PERTE DE RÉFRIGÉRANT PRIMAIRE – PCC-4	5
3.2.2.	ACCIDENT GRAVE	6
3.3.	PROTECTION CONTRE LA CONTAMINATION RADIOACTIVE EN CAS D'ACCIDENT SUR UNE TRANCHE VOISINE	7
3.3.1.	HYPOTHÈSES RELATIVES À LA SALLE DE COMMANDE	7
3.3.2.	RÉSULTATS	8
3.4.	PROTECTION CONTRE L'INCENDIE	8
3.4.1.	INCENDIE EN SALLE DE COMMANDE	8
3.4.2.	INCENDIE DANS LES VOLUMES DE FEU ADJACENTS AU VOLUME DE FEU DE LA SALLE DE COMMANDE	9
3.4.3.	INDÉPENDANCE DE LA STATION DE REPLI	9
3.5.	PROTECTION CONTRE L'INONDATION	9
3.6.	PROTECTION CONTRE L'ACTION DE SYSTÈME ANTI-INCENDIE (GAZ) D'UN LOCAL ADJACENT	10
3.7.	PROTECTION CONTRE LA RUPTURE DE TUYAUTERIE HAUTE ÉNERGIE	10

3.8. PROTECTION CONTRE LES COLLISIONS ET CHUTES DE CHARGES	10
3.9. PROTECTION CONTRE LES MISSILES INTERNES	10
3.10. PROTECTION CONTRE LA DÉFAILLANCE DES RÉSERVOIRS, POMPES ET VANNES	10
3.11. PROTECTION CONTRE L'EXPLOSION INTERNE	10
3.12. PROTECTION CONTRE LES RISQUES LIÉS À L'ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL ET AUX VOIES DE COMMUNICATION EN DEHORS DU SITE ET L'EXPLOSION EXTERNE	11
3.13. PROTECTION CONTRE LA CHUTE D'AVION	11
3.14. PROTECTION CONTRE LA Foudre ET LES INTERFÉRENCES ÉLECTROMAGNÉTIQUES	11
3.15. PROTECTION CONTRE LES GRANDS FROIDS	11
3.16. PROTECTION CONTRE L'INONDATION EXTERNE	11
3.17. PROTECTION CONTRE LA NEIGE, LE VENT, LES PROJECTILES GÉNÉRÉS PAR LE VENT EXTRÊME	12
3.18. PROTECTION CONTRE LE SÉISME	12
3.19. CONCLUSION	12
LISTE DES RÉFÉRENCES.	13

.6.4 HABITABILITÉ DE LA SALLE DE COMMANDE

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

Le terme « Habitabilité de la salle de commande » fait référence aux structures, systèmes, composants et procédures prévus pour permettre aux opérateurs de rester en salle de commande principale et de prendre les mesures qui s'imposent pour faire fonctionner la tranche en toute sûreté en conditions normales et la maintenir dans des conditions sûres en cas d'accident.

La démonstration de sûreté vis-à-vis de l'habitabilité de la salle de commande se traduit par les exigences suivantes :

- L'habitabilité de la salle de commande principale, ne doit en général pas être détériorée par une agression interne. En cas d'inhabitabilité de celle-ci, l'accessibilité, l'habitabilité et la disponibilité de la station de repli doivent être garanties.
- En cas d'agression externe, les fonctions de sûreté des systèmes et des matériels et les actions opérateurs en salle de commande qui sont nécessaires pour amener la tranche dans un état sûr et pour éviter et limiter les rejets radioactifs ne doivent pas être affectées de manière inadmissible.
- L'habitabilité de la salle de commande principale doit être assurée lors de tous les types d'événements conduisant à une contamination radioactive de l'environnement.

1. BASES DE CONCEPTION

1.1. SALLE DE COMMANDE PRINCIPALE

La salle de commande principale et ses locaux annexes sont conçus selon les règles et critères de protection contre les agressions internes et externes :

- pour subvenir aux besoins des opérateurs (capacités de stockage d'aliments et d'eau, de médicaments, installations sanitaires et cuisine),
- pour fournir une protection adéquate contre les radiations afin de permettre l'accès et l'occupation de la salle de commande principale en cas d'accident. A ces fins, le personnel, pendant toute la durée de l'accident, ne doit pas être soumis aux radiations au-delà des limites spécifiées,
- pour assurer la protection contre les gaz toxiques ou nocifs (un appareil respiratoire autonome est fourni),
- pour protéger les équipements de conduite et de contrôle-commande de secours (les systèmes et matériels importants pour la sûreté sont capables de réaliser les fonctions de sûreté nécessaires en situations incidentelles et accidentelles).

1.2. STATION DE REPLI

Une station de repli est installée dans les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde [1]. Dans les cas d'inhabitabilité de la salle de commande principale, cette station de repli est habitable et il est possible, à partir de celle-ci, de ramener et de maintenir la tranche dans un état sûr.

2. CONCEPTION DE L'ÎLOT DE SURVIE

2.1. DÉFINITION DE L'ÎLOT DE SURVIE

L'îlot de survie est composé de la salle de commande principale, [1], à l'exception des escaliers et ascenseurs, du local visiteur, et des antichambres adjacentes aux ascenseurs.

2.2. CONCEPTION DU SYSTÈME DE VENTILATION

La salle de commande principale et les locaux annexes sont ventilés et conditionnés par le système de ventilation DCL (voir section 9.4.8).

En cas de contamination de l'environnement suite à un accident sur le site ou à proximité, le système DCL assure la filtration de l'air neuf et le maintien en surpression de l'îlot de survie.

2.3. ÉTANCHÉITÉ

Une légère surpression est maintenue en salle de commande pour éviter l'entrée d'air non filtré par les fuites (portes, traversées électriques et mécaniques). Des dispositions spécifiques de construction sont prises pour les portes d'accès, ainsi que les fourreaux de traversée des conduites, des conduits et des câbles électriques.

Chaque amenée d'air non filtré est équipée d'un registre motorisé étanche à fermeture automatique sur détection d'activité anormale.

2.4. INTERACTION AVEC D'AUTRES ZONES

Les files de climatisation DCL de l'îlot de survie n'alimentent aucune autre zone en air.

Dans les Bâtiments des Auxiliaires de Sauvegarde, il existe d'autres systèmes de ventilation et de conditionnement, mais ils ne desservent pas l'enveloppe de la salle de commande principale.

2.5. CONCEPTION DE L'ENVELOPPE

L'îlot de survie est conçu de façon à maintenir des niveaux de radiation acceptables dans la salle de commande principale en cas d'accident.

L'exposition du personnel est limitée selon la réglementation spécifiée dans le [§ 3.1.](#), pendant la durée de l'accident.

3. ANALYSE DE LA SÛRETÉ

3.1. CONFORMITÉ À LA RÉGLEMENTATION

La réglementation générale applicable à la protection des travailleurs est explicitée dans le sous-chapitre 1.7 « Conformité avec la réglementation ». La réglementation spécifique applicable à l'étude d'habitabilité de la salle de commande est explicitée ci-dessous.

- 1) **Valeurs de doses considérées dans les études d'habitabilité de la salle de commande**
Le cadre réglementaire radioprotection associé aux études d'habitabilité de la salle de commande en condition accidentelle est décrit au sous-chapitre 12.5.

Les conditions accidentelles considérées dans l'étude d'habitabilité de la salle de commande relèvent de situations d'urgence radiologique. Dans ces situations, une dose efficace (niveau de référence) de 100 mSv est considérée comme base pour l'analyse de l'habitabilité. Dans une démarche d'optimisation de la radioprotection accidentelle (approche ALARA) à la conception, une dose efficace d'environ 20 mSv est visée pour les opérateurs en salle de commande sur la durée d'un quart. Le positionnement par rapport à cette valeur est présenté aux [§ 3.2.](#) et [§ 3.3.](#) du présent sous-chapitre.

- 2) **Radioprotection collective au sens de l'article L593-42**
Dans la présente analyse de l'habitabilité de la salle de commande, la démonstration valorise des mesures de protection collective. Comme explicité au sous-chapitre 12.3, la démarche de conception prévoit un traitement spécifique pour les mesures de protection relevant de l'article L593-42 du Code de l'Environnement et qui figurent dans les listes d'EIP/AIP EPR.

3.2. PROTECTION CONTRE LA CONTAMINATION RADIOACTIVE DUE À UN ACCIDENT SUR LA TRANCHE EPR

3.2.1. Accident de Perte de Réfrigérant Primaire – PCC-4

Compte tenu des coefficients de transfert d'activité atmosphérique vers la salle de commande, les conséquences radiologiques sont inférieures à celles obtenues en limite de site pour les différentes catégories d'accident du dimensionnement.

A titre d'exemple, le calcul en salle de commande est réalisé systématiquement lors des études des conséquences radiologiques de l'accident d'APRP de catégorie 4 et est présenté ci-dessous.

3.2.1.1. Hypothèses relatives à la salle de commande

En complément des hypothèses considérées pour l'étude des conséquences radiologiques de l'accident d'APRP (cf. sous-chapitre 15.3), les hypothèses spécifiques à l'étude de l'habitabilité de la salle de commande suivantes ont été considérées en [Réf \[1\]](#) :

- un coefficient de transfert atmosphérique vers la prise d'air de la salle de commande des fuites de l'enceinte de 1 s/m^3 ,
- le taux de renouvellement d'air du DCL : il est considéré un débit d'air entrant de $100 \text{ m}^3/\text{h}$ balayant la salle de commande 100 m^3 et ses locaux annexes 100 m^3 , soit un taux de renouvellement en air neuf de la salle de commande et des locaux desservis par DCL de 100 vol/h ,
- le cas étudié ne valorise aucune filtration en entrée de la salle de commande.

Pour le calcul des doses, le facteur d'occupation de la salle de commande est pris égal à 1 ; c'est-à-dire que les conséquences radiologiques sont calculées 1 en salle de commande.

3.2.1.2. Résultats

3.2.1.2.1. Activités

L'activité volumique en salle de commande lors d'un APRP (cf. [Réf \[2\]](#)) est présentée dans le schéma ci-dessous :

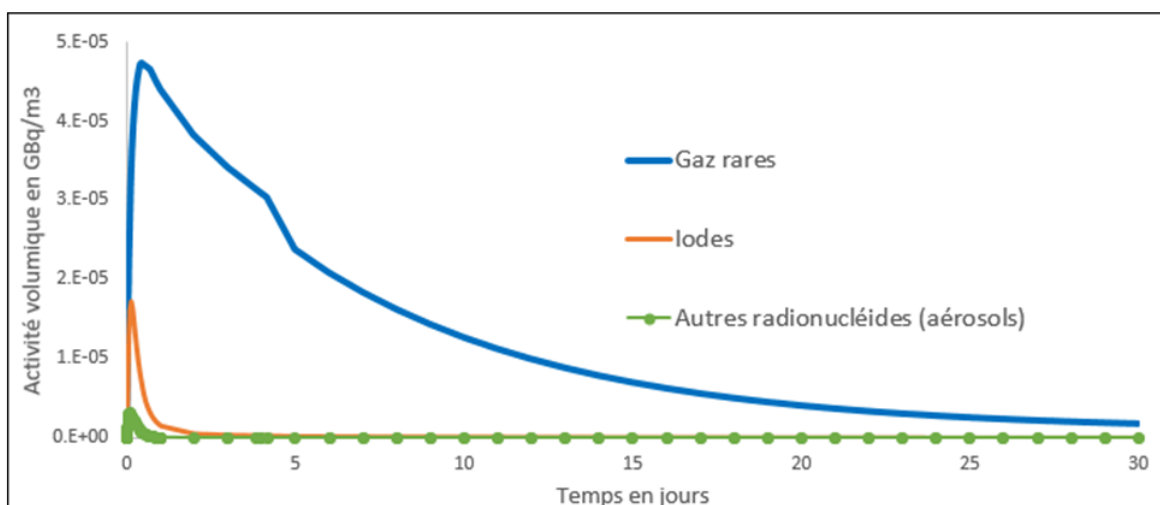


Figure 1 : EPR FA3 – APRP4 -Activité volumique en salle de commande

3.2.1.2.2. Calcul de dose

Le tableau suivant présente la dose thyroïde cumulée en salle de commande (SDC), la dose irradiation cumulée en SDC et la dose efficace par inhalation en SDC à 7 jours et à 30 jours :

□

Les doses efficaces ainsi obtenues sont donc très inférieures aux limites et niveaux de référence en vigueur relatifs à la protection des travailleurs contre les rayonnements ionisants.

L'évolution du débit de dose efficace en salle de commande après un Accident de Perte de Réfrigérant Primaire – PCC-4 (APRP 4) est présentée dans le graphique ci-dessous :

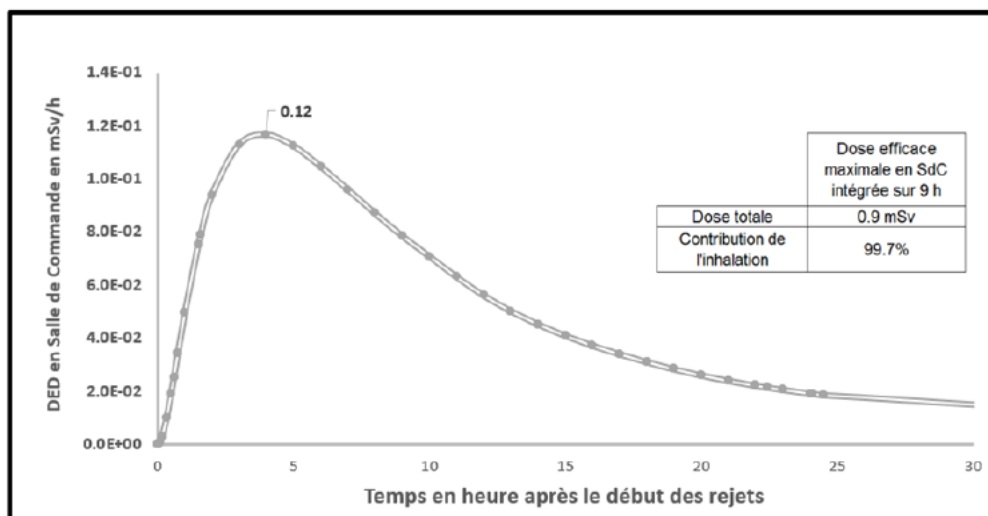


Figure 2 : EPR FA3 –APRP4 - Evolution du débit de dose efficace en salle de commande

Les débits de doses efficaces obtenus sont compatibles avec un séjour de plusieurs heures dans la salle de commande ou l'îlot de survie.

3.2.2. Accident Grave

3.2.2.1. Hypothèses relatives à la salle de commande

La situation étudiée est celle d'un accident grave (taux de fusion du cœur : 100%), dite « dégradée » : on considère que les ventilateurs des bâtiments périphériques (DWL et EBA petit débit), de l'îlot de survie (DCL) et de la zone DVL (DVL) ne fonctionnent pas pendant les □ premières heures □ qui suivent l'arrêt automatique du réacteur (AAR) . Cette situation est enveloppe, en termes d'exposition dosimétrique des travailleurs, de la situation de référence (ventilation en service) cf. [Réf \[3\]](#).

On considère pour cette situation les paramètres suivants :

- un taux de renouvellement de l'air naturel □ de l'accident ;
- un taux de renouvellement de l'air de □ ;
- un débit de ventilation de □ ;
- un coefficient de transfert atmosphérique vers l'îlot de survie de :
 - □ s/m³ pour les fuites collectées,
 - □ s/m³ pour les fuites non collectées ;
- une efficacité des filtres THE de □ pour les aérosols et l'iode particulaire et une efficacité des pièges à iode de □ pour l'iode organique et de □ pour l'iode moléculaire, seulement une fois que les ventilations sont remises en service (□) ;

- un volume de dispersion des activités de 10^4 m³ en salle de commande.

3.2.2.2. Résultats

3.2.2.2.1. Activités

Les activités en salle de commande après un accident grave cumulé avec une Perte Totale d'Alimentation Electrique (PTAE) sont présentées dans la [Réf \[2\]](#).

3.2.2.2.2. Calcul de dose

Le tableau suivant présente les débits d'équivalents de dose (DED) externe maximum dus aux rayonnements gamma, internes dus à l'inhalation et le débit d'équivalent de dose total en salle de commande après un accident grave :

10^{-2}

Le débit de dose efficace total (débit de dose irradiation externe corps entier + débit de dose inhalation) reste inférieur à 10^{-2} mSv/h dans l'îlot de survie dans le cas d'un accident grave au cours duquel les ventilateurs seraient hors service pendant les 10^1 premières heures de l'accident. La quasi-totalité de la dose provient de l'exposition interne et en particulier de la dose « inhalation ».

Les niveaux de débits de dose ainsi obtenus sont compatibles avec un séjour des intervenants de plusieurs heures dans l'îlot de survie et ce même en cas de situation aggravée par la perte de la ventilation des bâtiments périphériques pendant les 10^1 premières heures de l'accident. La présence des intervenants peut ainsi se faire dans le respect des exigences dosimétriques réglementaires en situation d'urgence radiologique. L'évolution dans le temps du débit de dose en salle de commande est présenté dans la [Réf \[2\]](#).

3.3. PROTECTION CONTRE LA CONTAMINATION RADIOACTIVE EN CAS D'ACCIDENT SUR UNE TRANCHE VOISINE

Le scénario accidentel étudié est une situation d'accident grave avec fusion totale et une dégradation rapide du cœur, sur une tranche voisine 10^1 . L'activité volumique du bâtiment réacteur est rejetée dans l'environnement par les fuites directes de l'enceinte vers l'environnement, vers l'Espace Entre Enceintes, vers les Bâtiments Périphériques par les fuites des traversées mécaniques ou via le filtre U5. Les fuites vers l'espace entre-enceintes sont collectées et filtrées par l'EDE, puis relâchées dans l'environnement par la cheminée du BAN.

On considère de manière pénalisante que la dégradation du combustible intervient dès l'arrêt automatique du réacteur et que le système de ventilation/filtration DCL fonctionne à 100 % de débit durant toute la durée de l'accident (cf. [Réf \[3\]](#)).

3.3.1. Hypothèses relatives à la salle de commande

On considère pour cette situation les paramètres suivants :

- un taux de renouvellement de l'air de 10^1 vol/h ;
- un débit de ventilation de 10^4 m³/h ;
- un coefficient de transfert atmosphérique vers l'îlot de survie de :
 - 10^{-2} s/m³ pour les fuites collectées,
 - 10^{-1} s/m³ pour les fuites non collectées ;
- une efficacité des filtres THE de 10^1 pour les aérosols et l'iode particulaire et une efficacité des pièges à iode de 10^1 pour l'iode organique et de 10^1 pour l'iode moléculaire ;
- un volume de dispersion des activités de 10^4 m³ en salle de commande.

3.3.2. RÉSULTATS

3.3.2.1. Activités

Les activités volumiques et surfaciques en salle de commande EPR après un accident grave sur une tranche voisine sont calculées en [Réf \[3\]](#).

3.3.2.2. Calcul de dose

L'évolution du débit d'équivalent de dose externe et du débit de dose inhalation en salle de commande après entrée en accident grave (t=0 sur le graphique), est présentée dans le graphique ci-dessous :

□

Les doses efficaces maximales intégrées par un opérateur séjournant □ en salle de commande avant et après ouverture du dispositif U5 sont calculées (cf. tableaux ci-dessous).

□

Pour un DCL en service à 100%, la dose efficace intégrée totale maximale sur 9 heures après ouverture U5 est de □ mSv. Dans ce cas, une diminution de la durée du séjour d'un opérateur en salle de commande à □ heures permettrait une diminution de la dose intégrée totale maximale en dessous de la valeur de dose □ mSv (cf. §3.1.1). Le fonctionnement en débit réduit du système DCL (□) permet une diminution de la dose efficace intégrée totale maximale sur 9 heures à □ mSv (cf. [Réf \[3\]](#)). Dans tous les cas, le débit de dose ne dépasse jamais □ mSv/h en salle de commande. L'évolution dans le temps du débit de dose en salle de commande est présenté dans la note [Réf \[3\]](#).

3.4. PROTECTION CONTRE L'INCENDIE

L'habitabilité de la salle de commande en cas d'incendie est détaillée dans la note « Habitabilité de la salle de commande en cas d'incendie ». Les principaux éléments de cette note sont repris ci-dessous (cf. [Réf \[4\]](#)).

3.4.1. Incendie en salle de commande

3.4.1.1. Disposition contre le risque incendie en salle de commande

Les dispositions suivantes sont prises contre le risque d'incendie en salle de commande :

- l'emploi de matériaux préférentiellement non combustibles (Euroclasse A1 ou A2s1d0),
- la présence de détecteurs d'incendie d'ambiance reliés au système DCL.

Ces dispositions, associées à la présence continue du personnel et la mise à disposition de moyens de lutte contre le feu permettent de réduire fortement le risque de propagation d'un incendie en salle de commande.

3.4.1.2. Incendie en salle de commande

Dans l'hypothèse où un départ de feu dans la salle de commande principale compromet son habitabilité, l'accessibilité, l'habitabilité et la disponibilité de la station de repli ne doivent pas être remises en cause.

Ainsi, les couloirs d'accès et la station de repli sont dans des secteurs de feu de sûreté différents de celui de la salle de commande principale. De plus, un incendie dans le secteur de feu de sûreté de la salle de commande principale n'entraîne pas de perte de division électrique. Le conditionnement de

l'air de la station de repli reste donc assuré par les trains DVL 2 et 3, même en cas de maintenance préventive sur l'un des deux trains (cf. [Réf \[5\]](#)).

En cas d'indisponibilité avérée de la salle de commande principale, la conduite de la tranche est alors assurée depuis la station de repli, [\[1\]](#).

Enfin, la salle de commande et ses locaux annexes constituant un secteur de feu de sûreté (SFS), les gaines de ventilation qui desservent ce secteur lui sont dédiées et des clapets coupe-feu permettent de l'isoler des autres secteurs de feu conditionnés par le système DCL.

Par ailleurs, il est également vérifié qu'un incendie en salle de commande ne peut pas initier un transitoire incidentel ou accidentel en dehors de ceux pouvant être gérés depuis la station de repli :

- Vis-à-vis du MCP, les échanges entre les équipements du MCP et les armoires automate sont régis par des protocoles de communication garantissant leur validité. Si un équipement est endommagé, le protocole ne sera plus respecté et les informations reçues par les armoires de contrôle commande ne seront pas prises en compte. Ce scénario ne peut donc pas conduire à transitoire incidentel ou accidentel.
- Vis-à-vis du PIPO, une dégradation des équipements du PIPO pourrait, de manière hypothétique, déclencher un arrêt automatique du réacteur ou un MDTE. Ces événements restent cependant gérables depuis la station de repli.
- Vis-à-vis du MCS, Les interfaces entre les équipements du MCS et les armoires automate de contrôle commande sont réalisées en fil à fil. [\[1\]](#)

3.4.2. Incendie dans les volumes de feu adjacents au volume de feu de la salle de commande

En cas de feu dans un volume de feu adjacent au secteur de feu de la salle de commande, le volume de feu sinistré est isolé, la ventilation du secteur de feu de la salle de commande est maintenue et les secteurs d'accès adjacents (SFA) sont mis en surpression. Le feu et les fumées ne se propagent donc pas vers la salle de commande.

3.4.3. Indépendance de la station de repli

L'indépendance de la station de repli par rapport à la salle de commande est assurée par sa localisation dans [\[1\]](#) dans un local appartenant à un secteur de feu de sûreté différent de la salle de commande principale, avec un accès distinct.

En cas d'incendie en salle de commande, cette localisation ainsi que la sectorisation permettent d'assurer la non propagation de cet incendie à la station de repli.

La situation de la station de repli permet un basculement de la salle de commande vers la station de repli [\[1\]](#).

La ventilation de la salle de commande est assurée par le système DCL et celle de la station de repli par le système DVL, division 2 ou 3.

L'alimentation électrique de la station de repli est toujours assurée ainsi que le contrôle commande permettant d'alimenter la tranche. [\[1\]](#)

3.5. PROTECTION CONTRE L'INONDATION

L'analyse de la protection de la salle de commande vis-à-vis de l'inondation est faite dans la section 3.4.8.2 relative à l'inondation interne. Cette dernière section inclut également les études d'inondation interne induite par RTHE.

Le risque de propagation en salle de commande d'une inondation générée par des initiateurs majorants est pris en considération à la conception. Des dispositifs passifs comme les siphons de sol

ou l'utilisation de portes étanches en interface entre l'îlot de survie et les locaux en périphérie de l'îlot de survie permettent d'éviter la propagation d'une inondation en salle de commande.

Par ailleurs, la vérification de l'absence de conséquences inacceptables au regard de l'habitabilité de la salle de commande pour un initiateur postulé sur les sanitaires (inclus dans l'îlot de survie) est effectuée, cf. [Réf \[6\]](#) et [Réf \[7\]](#).

3.6. PROTECTION CONTRE L'ACTION DE SYSTÈME ANTI-INCENDIE (GAZ) D'UN LOCAL ADJACENT

Sur l'EPR, il n'existe pas de système anti-incendie de type gaz pouvant altérer l'habitabilité de la salle de commande.

3.7. PROTECTION CONTRE LA RUPTURE DE TUYAUTERIE HAUTE ÉNERGIE

L'analyse de la protection de la salle de commande principale vis-à-vis des effets locaux et globaux des RTHE est faite dans la section 3.4.2.2 (hormis l'inondation interne induite par RTHE qui est traitée dans le paragraphe 2 de la section 3.4.8).

Il n'y a pas de tuyauterie haute énergie dans la salle de commande principale et ses locaux annexes.

Par ailleurs, il a été vérifié que les effets globaux d'une RTHE (en particulier la génération de conditions d'ambiance dégradée) ne peuvent pas se propager dans la salle de commande principale, cf. [Réf \[8\]](#) et [Réf \[9\]](#).

3.8. PROTECTION CONTRE LES COLLISIONS ET CHUTES DE CHARGES

L'analyse de la protection de la salle de commande principale vis-à-vis des collisions et chutes de charges est faite dans le paragraphe 2 de la section 3.4.5.

Aucun engin de manutention n'est présent en salle de commande principale.

3.9. PROTECTION CONTRE LES MISSILES INTERNES

L'analyse de la protection de la salle de commande principale vis-à-vis des missiles internes est faite dans le paragraphe 2 de la section 3.4.4.

L'habitabilité de la salle de commande principale n'est pas remise en cause par les missiles internes (cf. [Réf \[5\]](#)) sachant notamment qu'il n'y a aucune source de missile potentiel dans la salle de commande et ses locaux annexes.

3.10. PROTECTION CONTRE LA DÉFAILLANCE DES RÉSERVOIRS, POMPES ET VANNES

L'analyse de la protection de la salle de commande principale vis-à-vis de la défaillance des réservoirs, pompes et vannes est faite dans le paragraphe 2 de la section 3.4.3.

Cette analyse est couverte par l'inondation interne dans le paragraphe 2 de section 3.4.8 et par les missiles internes dans le paragraphe 2 de la section 3.4.4.

3.11. PROTECTION CONTRE L'EXPLOSION INTERNE

L'analyse de la protection de la salle de commande principale vis-à-vis de l'explosion interne est faite dans la section 3.4.6.

Aucun risque d'explosion n'est identifié dans la salle de commande principale ni dans les BAS.

3.12. PROTECTION CONTRE LES RISQUES LIÉS À L'ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL ET AUX VOIES DE COMMUNICATION EN DEHORS DU SITE ET L'EXPLOSION EXTERNE

L'analyse de la protection de la salle de commande principale vis-à-vis des risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication en dehors du site (incluant le risque d'explosion, d'incendie et de mouvement de gaz toxique) est faite dans le paragraphe 2 de la section 3.3.4.

Le risque d'explosion externe est pris en considération à la conception par la mise en place de dispositions de protections, particulières telles que les clapets anti-souffle dans les prises d'air neuf du système DCL- (cf. section 9.4.8). □

L'analyse de sûreté du paragraphe 2 de la section 3.3.4 a permis de conclure à la suffisance des dispositions de conception prévues à la conception initiale vis-à-vis de l'explosion externe. Aucune disposition agression complémentaire n'est requise pour les autres agressions liées à l'environnement industriel et aux voies de communication.

L'habitabilité de la salle de commande principale n'est donc pas remise en cause par les risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication en dehors du site.

3.13. PROTECTION CONTRE LA CHUTE D'AVION

L'analyse de la protection de la salle de commande principale vis-à-vis de la chute d'avion est faite dans la section 3.3.3. □

3.14. PROTECTION CONTRE LA FOUDRE ET LES INTERFÉRENCES ÉLECTROMAGNÉTIQUES

L'analyse de la protection de la salle de commande principale vis-à-vis de la foudre et des interférences électromagnétiques est faite dans le paragraphe 2 de la section 3.3.7.

Tous les bâtiments de l'îlot nucléaire ont été conçus de manière à fournir une protection contre la foudre de niveau I au sens de la norme NF EN 62305 volume I à 4. Par conséquent tous les équipements classés de sûreté et installés à l'intérieur d'un bâtiment bénéficient d'une protection de niveau I contre l'agression foudre.

La protection de niveau I des BAS assure l'absence de conséquence d'un impact foudre sur la salle de commande. Son habitabilité n'est pas remise en cause par l'agression foudre.

La salle de commande principale bénéficie en outre d'une cage maillée complémentaire afin de limiter les niveaux de champs magnétique induit par un coup de foudre.

3.15. PROTECTION CONTRE LES GRANDS FROIDS

L'analyse de la protection de la salle de commande principale vis-à-vis des situations de grands froids est faite dans le paragraphe 2.4 de la section 3.3.6.

L'objectif de sûreté relatif à la salle de commande principale et aux situations de grands froids est d'assurer une température minimale exceptionnelle de 5°C. Le respect de cette température minimale est assuré par le dimensionnement du système DCL (cf. section 9.4.8).

L'habitabilité de la salle de commande principale n'est pas remise en cause par l'agression grands froids.

3.16. PROTECTION CONTRE L'INONDATION EXTERNE

L'analyse de la protection de la salle de commande principale vis-à-vis de l'inondation externe est faite dans la section 3.3.5.

En cas d'inondation externe, il n'y a pas d'entrée d'eau dans les bâtiments de l'îlot nucléaire.

L'habitabilité de la salle de commande principale n'est donc pas remise en cause par l'inondation externe.

3.17. PROTECTION CONTRE LA NEIGE, LE VENT, LES PROJECTILES GÉNÉRÉS PAR LE VENT EXTRÊME

L'analyse de la protection de la salle de commande principale vis-à-vis de la neige, le vent et les projectiles générés par le vent extrême est faite dans la section 3.3.6.

La tenue des structures et du génie civil ainsi que le fonctionnement du système DCL ne sont pas remis en cause dans le cadre de ces agressions externes.

L'habitabilité de la salle de commande principale n'est donc pas remise en cause par la neige, le vent et les projectiles générés par le vent extrême.

3.18. PROTECTION CONTRE LE SÉISME

L'analyse de la protection de la salle de commande principale vis-à-vis du séisme est faite dans le paragraphe 2 de la section 3.3.2.

La salle de commande principale est analysée dans le cadre des études de séisme événement simple défaillance et de défaillances multiples après séisme des BAS.

Pour le séisme événement simple défaillance, l'absence d'agression des matériels cibles (classés SC1 ou SC2-O/I) via la chute ou le basculement de matériels non classés séisme est vérifiée.

L'étude de défaillances multiples après séisme montre qu'il n'y a pas d'inondation ou de dégradation des conditions d'ambiance dans la salle de commande, cf. [Réf \[10\]](#) et [Réf \[11\]](#).

L'habitabilité de la salle de commande principale n'est donc pas remise en cause par le séisme.

3.19. CONCLUSION

Les études de contamination radioactive due à un accident synthétisées dans le présent sous-chapitre, les études d'agressions réalisées dans le cadre du sous-chapitre 3.3 et du sous-chapitre 3.4 ainsi que la note d'analyse de l'habitabilité de la salle de commande vis-à-vis des scénarios d'agressions (cf. [Réf \[5\]](#)) démontrent que les différents scénarios ne remettent pas en cause l'habitabilité de la salle de commande principale ou que le maintien de la tranche dans des conditions sûres est assuré en cas d'inhabitabilité de la salle de commande principale.

LISTE DES RÉFÉRENCES

- [1] ENTECE110073 ind. D — Recueil d'hypothèses pour les évaluations des rejets radioactifs en situation accidentelle sur EPR**
- [2] FA3-DITSNE-2021-FR-0052A — EPR FA3- Habitabilité de l'îlot de survie (salle de commande principale et station de repli) en accident**
- [3] D305914005709 ind. B — EPR — Débits de dose en salle de commande après un accident grave**
- [4] ECEIG140408 ind. B — Habitabilité de la salle de commande principale en cas d'incendie**
- [5] ECESN140415 ind. A — EPR FA3 — Analyse de l'habitabilité de la salle de commande vis-à-vis des scénarios d'agression**
- [6] EZT2009EN0005 Ind. I — Flooding Event : Analysis of the Safeguard Buildings**
- [7] ELZT2014EN0004 ind. C — EAC Corrective files related to report EZT/2009/en/OD05 : Internal flooding Analysis of the Safeguard Buildings**
- [8] EZLT2010EN0007 ind. G — Analysis of degraded ambient conditions propagation in the Nuclear Island in case of HELB**
- [9] ELZT2014EN0014 Ind. B — EAC Corrective files related to report EZLT/2010/en/0007 : Analysis of degraded ambient conditions propagation in the nuclear island in case of HELB**
- [10] EZLT2010EN0001 ind. H — Seismic event : Analysis of the Safeguard Buildings**
- [11] EZLT2013EN0012 ind. A — EAC Corrective files related to report EZLT2010EN0001 : Seismic event analysis of the safeguard buildings**



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 6

SECTION 5

PAGE 1/4

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

SOMMAIRE

.6.5	PRINCIPES D'INSPECTION EN SERVICE (HORS CPP/CSP)	2
0.	EXIGENCES DE SÛRETÉ	2
1.	ZONES CONCERNÉES PAR LES INSPECTIONS	2
2.	PRINCIPES	2
2.1.	ÉTENDUE, NATURE ET FRÉQUENCE D'UNE INSPECTION EN SERVICE	2
2.2.	PRINCIPES RETENUS EN PHASE CONCEPTION	3
2.3.	PRINCIPES RETENUS POUR LA PHASE D'EXPLOITATION D'UN MATÉRIEL	3
3.	MESURES POUR FACILITER LES INSPECTIONS	3

.6.5 PRINCIPES D'INSPECTION EN SERVICE (HORS CPP/CSP)

Une inspection en service est une opération de maintenance préventive qui consiste à réaliser sur un matériel des vérifications et des examens non destructifs. L'ensemble de ces vérifications et examens constitue un programme de maintenance qui est mis en œuvre de façon systématique et planifiée. Ce sous-chapitre traite des inspections en service réalisées sur les « équipements sous pression » de l'îlot nucléaire, hors CPP/CSP. Ceci inclut les accessoires sous pression, les accessoires de sécurité et les pièces soudées sur les enveloppes en pression. Les inspections en service des CPP/CSP sont traitées dans les chapitres qui se rapportent aux matériels de ces 2 circuits.

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

Des inspections en service doivent être effectuées :

- en priorité dans les zones sensibles à l'apparition de défauts qui peuvent s'initier et se propager en exploitation (les zones sensibles dépendent de la conception des appareils et de leurs conditions d'exploitation. Elles doivent être identifiées en phase de conception. Elles sont retranscrites dans les notices d'instructions réglementaires des fabricants),
- en conséquence de la réglementation, qui prévoit de façon systématique des vérifications extérieures et intérieures d'équipements sous pression, à des fréquences imposées,
- en fonction de l'importance pour la sûreté des équipements (défense en profondeur, contrôle par sondage).

Les matériels doivent être conçus et installés de façon à ce que les inspections des zones sensibles soient facilitées (accessibilité d'une part, inspectabilité d'autre part qui couvre la contrôlabilité).

Pour les zones où la radioactivité est importante, des dispositions de conception, construction et d'installation doivent être prises afin de minimiser le plus raisonnablement possible l'impact des inspections en service sur la dosimétrie collective.

1. ZONES CONCERNÉES PAR LES INSPECTIONS

Les zones concernées sont celles :

- comportant des joints soudés,
- présentant potentiellement des risques d'endommagement en service liés notamment :
 - aux chargements thermiques, thermo-hydrauliques et mécaniques appliqués à l'appareil,
 - à l'action des fluides en contact.
- qui font l'objet d'exigences particulières de part la réglementation sur les équipements sous pression.

2. PRINCIPES

2.1. ÉTENDUE, NATURE ET FRÉQUENCE D'UNE INSPECTION EN SERVICE

L'étendue, la nature et la fréquence d'une inspection en service, pour une zone donnée d'un matériel dépendent :

- du niveau de risque d'endommagement potentiel en service et de la cinétique d'évolution des dommages potentiels,
- de l'importance pour la sûreté d'une défaillance du matériel,
- du retour d'expérience (REX),

- des exigences réglementaires¹,
- de l'état réel du matériel.

2.2. PRINCIPES RETENUS EN PHASE CONCEPTION

Le concepteur :

- Anticipe les risques d'endommagement susceptibles d'affecter le matériel, afin de les supprimer ou de les minimiser le plus possible,
- Identifie les zones du matériel à inspecter de façon particulière compte tenu de risques résiduels qui n'ont pu être supprimés et de la réglementation en vigueur,
- Prend pour les zones à inspecter, des dispositions constructives pour faciliter leur accessibilité et inspectabilité (toutes les mesures de conception, de construction et d'installation permettant l'accès ainsi que la détection et la caractérisation des défauts liés au type de matériau, à l'état de surface, à la géométrie des pièces, à la forme des chanfreins des soudures),
- Préconise des moyens d'examen à mettre en œuvre pour les inspections. Par principe, les examens visuels et par ressuage sont privilégiés. Des examens télévisuels peuvent être mis en œuvre, en particulier, sur les surfaces qui contiennent des produits radioactifs. Des examens par radiographie et par ultrasons des soudures principales en pression, ainsi que des examens par des moyens d'inspection automatique et télécommandée peuvent également être envisagés, en sachant que les mesures prises en compte à la conception doivent faire en sorte de les limiter le plus possible.

2.3. PRINCIPES RETENUS POUR LA PHASE D'EXPLOITATION D'UN MATÉRIEL

L'exploitant établit des programmes de maintenance (programme d'entretien et de surveillance pour les ESPN, plans d'inspections [pour les ESP], ...), par type et par famille de matériel, avec leur fréquence de mise en œuvre, sur la base :

- Des principes retenus en phase conception,
- Du retour d'expérience (défauts et dégradations constatées, propriétés des matériaux, incidents de fonctionnement),
- Des exigences de la réglementation,
- Des notices d'instruction communiquées par le fabricant, qui prennent en compte les résultats de l'analyse de risque réglementaire et imposent des inspections en conséquence,
- De l'usage effectif du matériel.

3. MESURES POUR FACILITER LES INSPECTIONS

Les mesures permettant de faciliter les inspections, outre les dispositions de conception, construction et d'installation déjà prises, sont :

- Pour le matériel proprement dit :
 - Des trous d'homme et des trous de poing de taille suffisante,

1. Les Equipements sous Pression (ESP) « hors CPP/CSP » de l'îlot nucléaire sont soumis soit aux exigences d'exploitation de la réglementation des équipements nucléaires (arrêté du 30/12/2015 modifié sur les ESPN) lorsqu'ils sont classés ESPN par l'exploitant, soit aux exigences d'exploitation de la réglementation des équipements sous pression conventionnels (arrêté du 20/11/2017). Ces réglementations précisent les dispositions applicables en service. Ces dispositions incluent la réalisation d'inspections « périodiques » et « de requalifications périodiques » pour certains équipements des catégories de risque II à IV gaz (Ces inspections comportent pour les « récipients » et les « tuyauteries de catégorie de risques III », des visites internes). Si l'exploitant dispose d'un Service d'Inspection Reconnu, ces Inspections sont remplacées par des plans d'inspection établis sur la base de guides professionnels approuvés par l'administration.

- Des trous d'œil sur les enceintes en pression pour permettre des examens visuels à distance (côté calandre des échangeurs),
 - Des accès pour des examens à distance de l'intérieur des échangeurs,
 - Des bouchons radios,
 - Des possibilités d'éventage et de vidange complète.
- Pour l'environnement de l'appareil :
- Des moyens provisoires ou permanents pour accéder aux zones à contrôler (plancher métallique, etc.),
 - Des protections biologiques au droit des points chauds,
 - Des moyens d'inspection automatique ou par télécommande pour rester éloigné des zones chaudes,
 - Des dégagements suffisants autour des zones à contrôler,
 - Des calorifuges démontables localement.

SOMMAIRE

.6.6 ALIMENTATION DE SECOURS DES GÉNÉRATEURS DE VAPEUR (ASG)	5
0. EXIGENCES DE SÛRETÉ	5
0.1. FONCTIONS DE SÛRETÉ	5
0.1.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	5
0.1.2. ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	5
0.1.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	6
0.1.4. CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ	6
0.1.5. CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES À LA PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS	6
0.1.6. CONTRIBUTIONS À L'ÉLIMINATION PRATIQUE	6
0.2. CRITÈRES FONCTIONNELS	6
0.2.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	6
0.2.2. ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	7
0.2.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	7
0.2.4. CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ	8
0.2.5. CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES À LA PROTECTION DES AGRESSIONS	8
0.3. EXIGENCES RELATIVES À LA CONCEPTION	8
0.3.1. EXIGENCES ISSUES DU CLASSEMENT DE SÛRETÉ	8
0.3.2. EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES	9
0.3.3. AGRESSIONS	10
0.3.4. DIVERSIFICATION	10
0.3.5. RADIOPROTECTION	10
0.3.6. EXIGENCES LIÉES AU FONCTIONNEMENT, À LA MAINTENANCE ET À L'ACCESSIBILITÉ LONG TERME	10
0.4. ESSAIS	11
0.4.1. ESSAIS DE DÉMARRAGE	11
0.4.2. SURVEILLANCE EN EXPLOITATION	11
0.4.3. ESSAIS PÉRIODIQUES	11
0.4.4. MAINTENANCE	11

1. RÔLE DU SYSTÈME	11
1.1. RÔLE DU SYSTÈME PENDANT L'EXPLOITATION NORMALE DE LA TRANCHE	11
1.2. RÔLE DU SYSTÈME DANS DES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT PCC2 À PCC4, RRC-A, EN ACCIDENT GRAVE ET SITUATIONS AGRESSIONS	11
2. BASES DE CONCEPTION	11
2.1. HYPOTHÈSES GÉNÉRALES DE FONCTIONNEMENT	11
2.2. HYPOTHÈSES DE DIMENSIONNEMENT	12
2.2.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	12
2.2.2. EVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	12
2.2.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	13
2.2.4. CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ	13
2.3. AUTRES HYPOTHÈSES	13
3. DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT DU SYSTÈME	13
3.1. DESCRIPTION	13
3.1.1. DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SYSTÈME	13
3.1.2. DESCRIPTION DES MATÉRIELS PRINCIPAUX	14
3.1.3. DESCRIPTION DES DISPOSITIONS D'INSTALLATION PRINCIPALES	15
3.2. FONCTIONNEMENT	15
3.2.1. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME NORMAL DE LA TRANCHE	15
3.2.2. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME PERMANENT DU SYSTÈME	16
3.2.3. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME TRANSITOIRE	16
4. ANALYSE DE SÛRETÉ	17
4.1. CONFORMITÉ À LA RÉGLEMENTATION	17
4.2. RESPECT DES CRITÈRES FONCTIONNELS	18
4.2.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	18
4.2.2. ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	18
4.2.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	19
4.2.4. CONTRIBUTIONS INDIRECTES À L'ACCOMPLISSEMENT DES FONCTIONS DE SÛRETÉ	19
4.2.5. CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES À LA PROTECTION DES AGRESSIONS	19

4.3. CONFORMITÉ AUX EXIGENCES DE CONCEPTION	19
4.3.1. EXIGENCES ISSUES DU CLASSEMENT DE SÛRETÉ	19
4.3.2. EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES	21
4.3.3. AGRESSIONS	21
4.3.4. DIVERSIFICATION	21
4.3.5. RADIOPROTECTION	21
4.3.6. FONCTIONNEMENT, MAINTENANCE ET ACCESSIBILITÉ LONG TERME	22
4.3.7. SYSTÈME TEL QUE RÉALISÉ	22
4.4. ESSAIS, INSPECTION ET MAINTENANCE	22
4.4.1. ESSAIS DE DÉMARRAGE	22
4.4.2. SURVEILLANCE EN EXPLOITATION	22
4.4.3. ESSAIS PÉRIODIQUES	22
4.4.4. MAINTENANCE	22
5. SCHÉMA DE PRINCIPE	23



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 6

SECTION 6

PAGE 4/24

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

FIGURES :

FIG-6.6.1 SCHÉMA DE PRINCIPE DU SYSTÈME ASG 24

.6.6 ALIMENTATION DE SECOURS DES GÉNÉRATEURS DE VAPEUR (ASG)

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

0.1. FONCTIONS DE SÛRETÉ

En tant que système de sauvegarde, le système ASG contribue directement aux trois fonctions fondamentales de sûreté :

- contrôle de la réactivité,
- évacuation de la puissance résiduelle,
- confinement des substances radioactives.

Les contributions du système ASG à ces 3 fonctions de sûreté sont décrites dans les [§ 0.1.1.](#) à [§ 0.1.3.](#)

0.1.1. Contrôle de la réactivité

Les contributions du système au contrôle de la réactivité doivent être les suivantes :

- limitation du débit d'injection,
- isolement du GV affecté,
- injection d'eau à une température supérieure à une valeur minimale,

dans les accidents de type refroidissement.

0.1.2. Évacuation de la puissance résiduelle

Les contributions du système à l'évacuation de la puissance résiduelle doivent être les suivantes :

- évacuation de la puissance résiduelle du circuit primaire via les générateurs de vapeur, dans certaines situations incidentelles ou accidentelles de catégorie PCC-2, PCC-3, PCC-4 ou RRC-A,
- refroidissement du circuit primaire via les générateurs de vapeur :
 - refroidissement partiel dans certaines situations de catégorie PCC-3, PCC-4 ou RRC-A afin de ramener le circuit primaire aux conditions d'injection du RIS MP (APRP petite brèche par exemple),
 - refroidissement rapide aux conditions d'injection du RIS BP suite à un événement de catégorie RRC-A (APRP petite brèche cumulé avec la défaillance totale du RIS MP par exemple),
 - refroidissement jusqu'aux conditions de connexion du RIS-RA en mode RA suite à un événement de catégorie PCC-2, PCC-3, PCC-4 ou RRC-A,
 - refroidissement jusqu'à atteinte de l'état final RRC-A et évacuation de la puissance résiduelle pendant heures en cas d'évènement de catégorie RRC-A de type perte de la source froide ultime (LUHS) long terme.
- disposer d'une autonomie suffisante pour assurer l'évacuation de la puissance résiduelle en cas d'évènement de catégorie RRC-A (MDTG et autres RRC-A avec utilisation des bâches ASG seules),
- limitation du débit d'injection afin de limiter le débit perdu à la brèche en cas de RTE.

0.1.3. Confinement des substances radioactives

Les contributions du système au confinement des substances radioactives doivent être les suivantes :

- vis-à-vis de la 2^{ème} barrière de confinement, isolement du GV affecté de manière à ne pas créer de by-pass du confinement en cas de RTGV (cf. sections 15.2.3f et 15.2.4k),
- vis-à-vis de la 3^{ème} barrière de confinement :
 - isolement de l'enceinte en début d'accident grave,
 - Les parties du système ASG situées à l'intérieur du bâtiment réacteur du système ASG appartiennent à la 3^{ème} barrière telle que définie au sous-chapitre 3.1.

0.1.4. Contributions indirectes aux fonctions de sûreté

Le système ASG doit contribuer indirectement :

- à l'accomplissement des 3 fonctions de sûreté en permettant de réduire la puissance appelée sur les diesels d'ultime secours au travers du délestage des pompes ASG et en limitant le débit d'injection,
- à l'accomplissement de la fonction de confinement des substances radioactives en isolant le GV affecté et en limitant le débit d'injection en cas de RTE et de RTV. Ces contributions permettent en outre de limiter les masses et énergies libérées dans l'enceinte ce qui participe à préserver son intégrité.

0.1.5. Contributions spécifiques à la protection contre les agressions

Le système ASG doit contribuer à la protection contre les agressions :

- en limitant les effets d'une inondation interne dans les BAS,
- en assurant un moyen de pompage supplémentaire pour l'appoint en eau de la piscine BK, [],
- en assurant le relignage à l'aspiration des pompes ASG [].

0.1.6. Contributions à l'élimination pratique

Le système ne contribue pas à l'élimination pratique.

0.2. CRITÈRES FONCTIONNELS


Au titre de ses contributions à l'accomplissement des fonctions de sûreté, le système doit satisfaire les critères fonctionnels suivants :

0.2.1. Contrôle de la réactivité


- Isolement des GV :
Le système ASG doit assurer l'isolement des GV dans un délai suffisamment court pour assurer la sous criticité du coeur en PCC 2 et PCC 4.
- Limitation du débit injecté au GV :
Le système ASG doit limiter le débit d'injection pour assurer la sous criticité du coeur en cas d'accidents de type refroidissement.
- Injection d'eau à une température supérieure à une valeur minimale :
Le système ASG doit injecter de l'eau aux GV à une température supérieure à une valeur minimale afin d'assurer la sous criticité du coeur dans les accidents de type refroidissement.

0.2.2. Évacuation de la puissance résiduelle

- Alimentation des GV

- Injection d'eau à un débit supérieur à une valeur minimale :
Le système ASG doit fournir un débit d'injection aux GV suffisant dans l'ensemble des PCC et RRC-A afin de respecter les critères d'acceptabilité de ces études (cf. sections 15.0.2 et 19.1.0).
- Injection d'eau à une température inférieure à une valeur maximale :
Le système ASG doit injecter de l'eau aux GV à une température inférieure à une valeur maximale afin de garantir son potentiel d'évacuation d'énergie.
- Alimentation des GV dans un délai inférieur à une valeur maximale :
Le système ASG doit fournir un débit d'injection aux GV supérieur à une valeur minimale dans un délai inférieur à une valeur maximale dans l'ensemble des PCC et RRC-A.
- Lignage d'une pompe ASG vers un autre GV :
Le lignage  depuis la salle de commande du barillet ASG au refoulement des pompes principales est requis pour garantir un niveau correct dans les GV, dans le cadre des études de RTE et en cas de RTGV. En cas d'APRP petite brèche (cf. section 15.2.3e1), le lignage de 2 pompes vers les 4 GV doit garantir un débit minimal ASG dans la ligne d'injection aux GV la moins alimentée en eau.

- Suffisance des réserves d'eau

- Autonomie des réserves d'eau ASG :
Les réserves d'eau ASG doivent avoir une autonomie suffisante pour :
 - refroidir le circuit primaire jusqu'aux conditions de connexion du RIS-RA en mode RA dans les conditions de fonctionnement PCC-2 à PCC-4,
 - assurer l'évacuation de la puissance résiduelle en condition de fonctionnement RRC-A (MDTG et autres RRC-A avec utilisation des bâches ASG seules).
- Limitation du débit injecté au GV :
Le système ASG doit limiter le débit d'injection au GV rupté lorsque ce dernier est dépressurisé (RTE) afin de limiter le débit perdu à la brèche et préserver sa réserve d'eau.
- Mise en communication des bâches ASG :
L'ouverture  du barillet à l'aspiration des pompes ASG doit permettre, notamment en cas de RTE, d'utiliser la totalité de l'eau ASG en relignant les bâches non utilisées du fait de l'indisponibilité des pompes correspondantes vers l'aspiration des pompes en fonctionnement.

- Réalimentation des bâches

L'ASG doit fournir un débit de réalimentation des bâches ASG supérieur à une valeur minimale en cas de perte de la source froide ultime (LUHS) long terme.

0.2.3. Confinement des substances radioactives

Vis-à-vis de la 2^{ème} barrière de confinement, le système ASG doit assurer l'isolement des GV dans un délai suffisamment court pour assurer le confinement de l'activité dans le GV affecté en cas de RTGV.

Vis-à-vis de la 3^{ème} barrière de confinement :

- Les traversées du système ASG sont à isoler en début d'accident grave.
- Les parties système ASG situées à l'intérieur du bâtiment réacteur doivent répondre aux exigences de « circuits fermés dans l'enceinte » telles que définies dans la section 6.2.1.

0.2.4. Contributions indirectes aux fonctions de sûreté

Au titre de ses contributions indirectes à l'accomplissement des 3 fonctions de sûreté, le système ASG doit satisfaire les critères fonctionnels suivants :

- Limitation du débit injecté au GV :
Le système ASG doit limiter le débit d'injection afin de rester dans les limites de dimensionnement des générateurs diesels en PCC 2 à PCC 4 et contribuer à la préservation de l'intégrité de l'enceinte en limitant les masses et énergies libérées en cas de RTE et RTV.
- Isolement des GV :
Le système ASG doit isoler le GV affecté en cas de RTE et de RTV afin de contribuer indirectement à la préservation de l'intégrité de l'enceinte.

0.2.5. Contributions spécifiques à la protection des agressions

Au titre de sa contribution spécifique à la protection contre les agressions:

- Le système ASG doit permettre l'isolement préventif de l'appoint JAC ou de l'appoint SER, sur niveau élevé des puisards des BAS, afin de limiter les effets d'une inondation causée par la perte d'un train ASG, dans le cas particulier où la rupture sur ASG est concomitante à l'appoint des bâches ASG via les systèmes JAC ou SER. Cette situation pourrait entraîner la perte de certaines fonctions de sûreté (par exemple, la perte de l'appoint à la piscine de désactivation causée par la perte des bâches JAC) ou la vidange d'un volume d'eau très important avec des conséquences inacceptables pour la sûreté.
- Le système ASG doit permettre le relignage à l'aspiration des pompes ASG .
- Le système ASG est nécessaire .

0.3. EXIGENCES RELATIVES À LA CONCEPTION

0.3.1. Exigences issues du classement de sûreté

0.3.1.1. Classement de sûreté

Les parties du système ASG jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté doivent faire l'objet d'un classement de sûreté conformément aux règles de classement indiquées à la section 3.2.1.

0.3.1.2. Critère de défaillance unique (active et passive)

Les fonctions du système ASG classées F1 doivent être robustes à l'application du critère de défaillance unique.

Les fonctions du système ASG classées F2 au titre de la protection de l'installation contre les agressions internes doivent être robustes à l'application de la défaillance aléatoire conformément aux règles du paragraphe 2.3 de la section 3.4.0.

0.3.1.3. Alimentations électriques de secours

L'alimentation électrique des composants du système ASG nécessaire à l'accomplissement des fonctions classées F1 doit être secourue par les groupes diesels principaux.

L'alimentation des composants du système ASG nécessaire à l'accomplissement de la fonction de réalimentation des bâches ASG par JAC classée F2 doit être secourue afin que cette dernière soit assurée si nécessaire en cas de perte des alimentations électriques extérieures.

0.3.1.4. Séparation physique/géographique

Les fonctions classées F1 d'alimentation et d'isolement des GV du système ASG doivent être conçues conformément à l'exigence de séparation physique/géographique de leurs équipements redondants constitutifs.

0.3.1.5. Qualification aux conditions accidentelles

Les équipements classés du système ASG doivent être qualifiés en fonction des conditions de fonctionnement dans lesquelles ils sont sollicités au titre de leur contribution à l'accomplissement des fonctions de sûreté, conformément aux règles du sous-chapitre 3.7.

0.3.1.6. Classement ESPN, mécanique, électrique, contrôle-commande et sismique

Les équipements du système ASG redevables d'un classement mécanique, électrique, contrôle-commande et sismique doivent être classés conformément aux règles de classement présentées dans la section 3.2.1.

Les équipements du système ASG redevables d'un classement ESPN doivent être classés conformément à la réglementation applicable (cf. section 3.6.2).

0.3.2. Exigences réglementaires

0.3.2.1. Textes réglementaires

0.3.2.1.1. Textes officiels

Les documents suivants relatifs à la réglementation des équipements sous pression s'appliquent au système ASG :

- Décret n° 2016-1925 du 28 décembre 2016 relatif au suivi en service des appareils à pression,
- Arrêté du 20 novembre 2017 relatif au suivi en service des équipements sous pression et des récipients à pression simples,
- Arrêté du 30 décembre 2015 modifié (aussi appelé arrêté ESPN) relatif aux équipements sous pression nucléaires,

De plus, parmi l'ensemble des exigences issues des textes réglementaires présentés dans la section 1.7.0 du Rapport De Sûreté, l'article III-2-1-3 du Décret d'Autorisation de Création est spécifiquement applicable au système ASG :

"[...] un système de secours de l'alimentation en eau des générateurs de vapeur doit permettre :

- pour tout transitoire de référence, d'assurer le refroidissement du circuit primaire, puis l'évacuation de la puissance résiduelle du cœur,
- pour tout incident ou accident de référence ainsi que pour les conditions de fonctionnement avec défaillances multiples sans perte totale du refroidissement par le circuit secondaire, d'assurer le refroidissement du circuit primaire jusqu'aux conditions de fonctionnement d'un système de refroidissement de secours du cœur."

0.3.2.1.2. Prescriptions techniques

Le système ASG appartient au noyau dur Fukushima (cf. chapitre 21). A ce titre, il doit respecter la décision n° 2012-DC-0283 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 26 juin 2012 et décision n° 2014-DC-0403 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 21 janvier 2014 (voir section 1.7.0).

0.3.2.1.3. Réglementations internationales

Le système ASG n'est pas concerné par une réglementation internationale spécifique.

0.3.2.2. Textes para-réglementaires

0.3.2.2.1. Règles fondamentales de sûreté

Le système ASG n'est pas concerné par une règle fondamentale de sûreté spécifique.

0.3.2.2.2. Directives techniques

Le système ASG est concerné par les sections suivantes des Directives Techniques :

- B.2.3.4 - fonction d'évacuation de la chaleur par les circuits secondaires : « La fonction d'évacuation de la chaleur par les circuits secondaires mérite une attention particulière. Elle doit avoir la capacité d'évacuer la chaleur du cœur du réacteur via les générateurs de vapeur en association avec les vannes de décharge des générateurs de vapeur et de l'alimentation de secours en eau des générateurs de vapeur pendant les transitoires, incidents et accidents de référence. »,
- D.2.2 - critères d'acceptation : « L'évaluation de sûreté des transitoires, incidents et accidents de référence doit aussi inclure une justification précise du volume des réservoirs du système d'alimentation de secours en eau des générateurs de vapeur en tenant compte de façon appropriée d'un aggravant et de la stratégie de maintenance préventive. »,
- E.1.3 - étude probabiliste des conditions de fonctionnement avec défaillances multiples : « L'autonomie des bâches du système d'alimentation de secours en eau des générateurs de vapeur doit être vérifiée avec soin pour toutes les chronologies de défaillances ; une probabilité de défaillance de leur réalimentation devrait être introduite dans les séquences correspondantes. ».

0.3.2.3. Textes EPR spécifiques

Le système ASG n'est pas concerné par un texte EPR spécifique.

0.3.3. Agressions

0.3.3.1. Agressions internes

Les fonctions du système ASG doivent être protégées vis-à-vis des agressions internes si leur perte remet en cause l'atteinte des objectifs de sûreté du sous-chapitre 3.4.

0.3.3.2. Agressions externes

Les fonctions du système ASG doivent être protégées vis-à-vis des agressions externes si leur perte remet en cause l'atteinte des objectifs de sûreté du sous-chapitre 3.3.

0.3.4. Diversification

Afin de limiter les risques de défaillance de mode commun, les contacteurs et moteurs des pompes principales du système ASG doivent faire l'objet d'une exigence de diversification.

0.3.5. Radioprotection

Le système ASG n'est pas concerné par une exigence de radioprotection.

0.3.6. Exigences liées au fonctionnement, à la maintenance et à l'accessibilité long terme

Le système ASG n'est pas concerné par une exigence liée au fonctionnement, à la maintenance et à l'accessibilité long terme dans la gestion long terme après accident.

0.4. ESSAIS

0.4.1. Essais de démarrage

Le système ASG doit être conçu pour permettre la réalisation d'essais de démarrage permettant de s'assurer de sa conception adéquate et de ses performances, et notamment du respect des critères fonctionnels qui lui sont assignés au paragraphe [§ 0.2.](#)

0.4.2. Surveillance en exploitation

Le système ASG doit être conçu pour permettre une surveillance en exploitation normale des caractéristiques du système nécessaires à l'accomplissement de ses missions de sûreté afin d'assurer le bon comportement de ses composants et leur disponibilité en fonctionnement normal, incidentel et accidentel.

0.4.3. Essais périodiques

Les parties classées du système ASG doivent être conçues pour permettre la réalisation d'essais périodiques conformément aux règles définies dans le chapitre IX des Règles Générales d'Exploitation.

0.4.4. Maintenance

Le système ASG doit être conçu pour permettre la mise en œuvre d'un programme de maintenance conformément au chapitre VIII des RGE.

1. RÔLE DU SYSTÈME

Le système ASG assure les fonctions opérationnelles suivantes dans les différentes conditions de fonctionnement de l'installation dans lesquelles il est sollicité :

1.1. RÔLE DU SYSTÈME PENDANT L'EXPLOITATION NORMALE DE LA TRANCHE

Le système ASG n'a pas de rôle opérationnel en fonctionnement normal de la tranche.

1.2. RÔLE DU SYSTÈME DANS DES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT PCC2 À PCC4, RRC-A, EN ACCIDENT GRAVE ET SITUATIONS AGRESSIONS

Dans les conditions de PCC2 à PCC4 et RRC-A, et dans les situations d'agression, lorsque les systèmes d'alimentation normale en eau des GV sont indisponibles (ARE et AAD), le système ASG assure l'alimentation de secours en eau des GV. Il permet d'évacuer via le VDA (ou les soupapes de sûreté des GV), la puissance résiduelle maximale du réacteur, suivant l'arrêt du réacteur après un fonctionnement continu à la puissance nominale et d'amener le réacteur dans un état sûr.

Le système ASG permet également de :

- limiter les effets d'une inondation interne dans les BAS,
- assurer un moyen de pompage supplémentaire pour l'appoint en eau de la piscine BK, [],
- assurer le relignage à l'aspiration des pompes ASG [].

2. BASES DE CONCEPTION

2.1. HYPOTHÈSES GÉNÉRALES DE FONCTIONNEMENT

La conception de l'ASG prend en compte les règles d'application du critère de défaillance unique conformément au sous-chapitre 15.0 ainsi que la maintenance préventive.

Comme chaque train ASG est dimensionné pour assurer [].

Le CDU ne s'appliquant pas aux bâches, celles-ci sont dimensionnées pour contenir []% du volume d'eau requis.

Par ailleurs les quatre trains ASG sont reliés au travers de 2 barillets situés en amont et en aval des pompes. Le barillet situé à l'aspiration des pompes permet de mettre en communication les 4 bâches et d'utiliser la totalité des réserves d'eau ASG. [].

Ainsi en cas d'accident, comme la rupture d'une tuyauterie d'eau alimentaire (RTE) par exemple, pour lequel un GV doit également être isolé, les barillets permettent d'utiliser la pompe disponible pour injecter dans un GV sain et d'utiliser la totalité des réserves d'eau ASG.

2.2. HYPOTHÈSES DE DIMENSIONNEMENT

Le transitoire le plus pénalisant pris en compte pour le dimensionnement de l'ASG est [].

La valeur requise pour le débit d'injection ([]) et la masse d'eau minimale ([]) requise sont déterminées par ce transitoire.

2.2.1. Contrôle de la réactivité

- Isolement des GV :
L'isolement de l'ASG est requis dans un délai de [] secondes, sur les GV affectés par les accidents RTGV, RTV ou RTE à partir du moment de réception du signal de commande des vannes.
- Limitation du débit injecté au GV :
Le débit ASG maximal injecté dans un GV est de [] m³/h quelle que soit la pression du GV en cas d'accident de type refroidissement.
- Injection d'eau à une température supérieure à une valeur minimale :
La température minimale de l'eau ASG injectée au GV est de []°C en cas d'accident de type refroidissement.

2.2.2. Evacuation de la puissance résiduelle

- **Alimentation des GV**
 - Injection d'eau à un débit supérieur à une valeur minimale :
Les hypothèses de dimensionnement de cette fonction ont été définies à partir des requis liés à la condition de fonctionnement enveloppe de Rupture d'une Tuyauterie d'Eau alimentaire (RTE : accident de catégorie PCC-4) en postulant la défaillance d'une des quatre pompes ASG et en considérant les jeux d'hypothèses de dimensionnement suivants :
 - débit ASG minimal égal à [] m³/h par GV à la pression de [] bar abs (point de consigne du VDA) et à la pression de [] bar,
 - en cas de perte totale du VDA, débit ASG minimal égal à [] m³/h par GV à la pression de [] bar abs (point de tarage des soupapes GV),
 - en cas d'APRP, pour la configuration d'injection de [] pompes ASG vers 4 GV, le débit minimal est de []% du débit total aux GV ([]) à la pression de [] bar abs.

Le jeu d'hypothèses dimensionnant correspond à l'alimentation des GV à la pression de consigne des soupapes VDA.

- Injection d'eau dans un délai inférieur à une valeur maximale :
Le temps maximal d'établissement du débit minimum ASG est de [] secondes dans l'ensemble des PCC et RRC-A.
- Injection d'eau à une température inférieure à une valeur maximale :
Exception faite des accidents de type refroidissement qui ne requièrent pas le respect d'un critère de température maximale, la température maximale de l'eau ASG injectée au GV est

de []°C pour l'ensemble des PCC et RRC-A court terme, de []°C entre 24h et 48h puis 73°C à partir de 48h pour l'ensemble des RRC-A long terme.

- Suffisance réserves d'eau

- Autonomie des réserves d'eau ASG

Le dimensionnement de cette fonction est défini sur la base de la condition de fonctionnement de repli du circuit primaire aux conditions de connexion du RRA à la suite d'une Rupture d'une Tuyauterie d'Eau alimentaire (cf. section 15.2.4c), et considère, comme hypothèses de dimensionnement, une masse d'eau minimale totale des réserves ASG de [] t avec une température maximale de l'eau ASG injectée au GV égale à []°C ([]).

- Alimentation du GV affecté à un débit limité à une valeur maximale:

Un débit ASG maximal de [] m³/h injecté dans le GV affecté, quelle que soit la pression du GV, permet d'assurer un inventaire en eau suffisant côté secondaire pour évacuer la puissance résiduelle en cas de RTE.

- Réalimentation des bâches

Cette fonction est dimensionnée sur la base de la condition de fonctionnement de perte de la source froide ultime long terme (LUHS : accident de catégorie RRC-A).

Le débit de réalimentation des bâches ASG minimal requis est de [] m³/h. La réalimentation des bâches ASG à partir d'une réserve d'eau d'environ [] m³ ([]) permet d'étendre l'autonomie de l'ASG.

2.2.3. Confinement des substances radioactives

- isolement des GV :

L'isolement de l'ASG est requis dans un délai de [] secondes, sur les GV affectés par une RTGV à partir du moment de réception du signal de commande des vannes.

Les vannes d'isolement des traversées enceinte du système ASG appartiennent à la troisième barrière. A ce titre, les hypothèses de dimensionnement de ces vannes sont décrites dans la section 6.2.3.

2.2.4. Contributions indirectes aux fonctions de sûreté

- limitation du débit injecté au GV :

Un débit ASG maximal de [] m³/h injecté dans le GV permet de rester dans les limites de dimensionnement des générateurs diesels et de contribuer à la préservation de l'intégrité de l'enceinte en limitant les masses et énergies libérées en cas de RTE et RTV.

- isolement des GV :

L'isolement de l'ASG est requis dans un délai de [] secondes en cas de RTE et de RTV afin de contribuer indirectement à la préservation de l'intégrité de l'enceinte.

2.3. AUTRES HYPOTHÈSES

L'eau ASG n'étant pas dégazée, l'ensemble des tuyauteries et des matériels est en acier inoxydable (à l'exception du circuit de réalimentation des bâches).

Les bâches ASG sont en béton, recouvert d'un liner en acier inoxydable.

3. DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT DU SYSTÈME

3.1. DESCRIPTION

3.1.1. Description générale du système

Le système ASG est composé de :

- quatre trains identiques situés dans les Bâtiments des Auxiliaires de Sauvegarde (BAS 1 à 4) et dans le Bâtiment Réacteur (BR), et rattachés à 4 divisions électriques indépendantes séparées géographiquement,
- deux lignes de banalisation (barillets) traversant les Bâtiments des Auxiliaires de Sauvegarde. Ces lignes sont équipées de vannes □ d'isolement entre chaque train qui sont fermées en fonctionnement normal de la tranche :
 - l'une reliant les bâches ASG de chaque train en amont des pompes,
 - l'autre reliant les lignes d'injection au refoulement des pompes,
 - une ligne d'alimentation des bâches en eau déminéralisée SER, raccordée sur la banalisation amont.
- un circuit de ré-alimentation des bâches ASG composé de :
 - une bâche d'environ □ m³ d'eau déminéralisée JAC commune aux circuits ASG et JAC, située sous l'ouvrage de pré-rejet (cf. section 9.5.1),
 - deux lignes en parallèle raccordées sur la banalisation amont (dans les BAS 2 et 3),
 - une motopompe ASG par ligne située également sous l'ouvrage de pré-rejet.

Chaque train principal comprend les matériels suivants :

- une bâche de stockage située entre les niveaux □ m, équipée d'une ligne d'alimentation ultime qui permet la ré-alimentation par le bassin SEA,
- une motopompe située au niveau □ m,
- une vanne de limitation de puissance située au niveau □ m,
- une vanne de régulation de niveau GV située au niveau □ m,
- une vanne d'isolement motorisée située au niveau □ m.

3.1.2. Description des matériels principaux

Le système ASG est constitué des matériels principaux suivants :

3.1.2.1. Motopompes principales ASG

Les motopompes principales ASG sont des pompes centrifuges qui ont les caractéristiques suivantes :

□

Les valeurs indiquées sont des valeurs fournisseurs réalistes.

Les pompes sont équipées d'un dispositif d'isolement automatique du débit nul en cas d'injection aux GV.

Le débit ASG est limité par une vanne automatique de limitation de puissance associée à chaque pompe.

Les moteurs et les paliers des pompes sont refroidis par le fluide ASG lui-même, qui, en sortie des échangeurs, retourne à la bâche ASG via la ligne de débit nul.

Les alimentations électriques des moteurs des pompes sont secourues par les diesels principaux. Les pompes des divisions 2 et 3 sont alimentées par les tableaux □ KV. Les pompes des divisions 1 et 4 sont alimentées par les tableaux □ V secourus par les diesels d'ultime secours. Pour cette raison, la puissance mécanique des pompes de ces deux divisions, est limitée approximativement à □ KW par l'action automatique des vannes de limitation de puissance.

3.1.2.2. Motopompes ASG de ré-alimentation

Les motopompes de ré-alimentation ASG permettent de réalimenter les bâches au débit nominal de \square m³/h. Les alimentations électriques des moteurs sont secourues par les diesels principaux et d'ultime secours, compte tenu de leur utilisation en cas de MDTE long terme (voir sous-chapitre 18.3).

3.1.2.3. Réservoirs de stockage

Les réservoirs de stockage sont en béton avec liner interne. Ils sont équipés d'une ligne d'alimentation ultime qui permet la ré-alimentation gravitaire par le bassin SEA.

Caractéristiques des réservoirs ASG :

\square

3.1.2.4. Réservoir de stockage commun ASG/JAC

Voir section 9.5.1.

3.1.2.5. Vannes de régulation

Les vannes de régulation sont électriques.

Les vannes de limitation de puissance situées au refoulement des pompes permettent de limiter le débit d'injection aux GV par conséquent, de limiter la puissance moteur. Ceci est particulièrement nécessaire pour les divisions 1 et 4 dont l'alimentation électrique est en \square V.

3.1.3. Description des dispositions d'installation principales

Les quatre trains ASG sont situés dans les Bâtiments des Auxiliaires de Sauvegarde (BAS 1 à 4) et dans le Bâtiment Réacteur (BR), et rattachés à 4 divisions électriques indépendantes séparées géographiquement.

Pour chaque train principal :

\square

Les deux lignes de banalisation (barillets) traversent les Bâtiments des Auxiliaires de Sauvegarde.

Le circuit de réalimentation des bâches ASG est situé sous l'ouvrage de pré-rejet (cf. section 9.5.1).

3.2. FONCTIONNEMENT

3.2.1. Fonctionnement en régime normal de la tranche

En régime normal de tranche, le système ASG est à l'arrêt :

- Les pompes ASG sont arrêtées et disponibles, prêtes à être démarrées.
- Les vannes de régulation sont ouvertes.
- Les vannes de limitation de puissance sont fermées sur leurs butées mécaniques.
- Les vannes d'isolement extérieur enceinte sont ouvertes.
- Les vannes \square du barillet aval sont fermées.
- Les réservoirs sont pleins d'eau.
- Les vannes \square du barillet amont sont fermées.

En situation d'arrêt de tranche, la sollicitation du système ASG pour le remplissage du GV est développée dans le sous-chapitre 13.2 du rapport de sûreté conformément à l'exploitation normale du réacteur. Et les situations d'essais sont instruites dans les règles d'essais périodiques du système ASG (chapitre IX des RGE).

3.2.2. Fonctionnement en régime permanent du système

Les régimes permanents de l'ASG sont les suivants :

3.2.2.1. Régimes permanents associés au stockage de l'eau

- réservoirs remplis suite à l'utilisation de l'ASG ou après essais périodiques,
- réservoirs ASG interconnectés via l'ouverture des vannes □ de barillet,
- barillet d'interconnexion ouvert en phase de réalimentation des réservoirs ASG.

3.2.2.2. Régimes permanents associés à l'équipement de pompage et d'injection

- fonctionnement suite à action opérateur :
 - GV affecté isolé en cas de RTE ou RTV,
 - trains ASG interconnectés via l'ouverture des vannes motorisées du barillet.
- fonctionnement sur signal de protection :
 - injection dans un GV en cas de signal bas niveau GV ou IS+MDTE,
 - GV isolé en cas de signal niveau haut GV (RTGV).
- débit ASG régulé :
La régulation automatique du débit ASG permet :
 - d'ajuster le niveau GV à son point de consigne. Elle est requise dans la phase de retour à l'état sûr où la conduite impose une régulation des niveaux GV.
 - de limiter le débit injecté aux GV et protéger les pompes ASG contre les surdébits.

3.2.3. Fonctionnement en régime transitoire

3.2.3.1. Démarrage de l'ASG

En cas de perte des moyens d'alimentation normaux des GV, l'ASG est démarré automatiquement sur signal bas niveau GV ou en cas de signal d'IS + MDTE. Chaque train peut être démarré indépendamment.

Le signal bas niveau sur un GV entraîne :

- la confirmation de l'arrêt automatique du réacteur,
- le démarrage de la pompe du train associé,
- la confirmation d'ouverture des vannes motorisées situées sur la ligne d'injection au GV,
- l'alarme relative au démarrage de l'ASG.

Le temps requis pour obtenir le plein débit est \leq □ secondes (dont □ s de délai de réponse globale des chaînes I&C) sans perte des alimentations électriques externes et \leq □ secondes (dont □ s de délai de réponse globale des chaînes I&C) compte tenu des crans de retestage sur les diesels principaux.

3.2.3.2. Isolement d'un train ASG

En cas de RTV ou de RTE, le train ASG du GV rupté est isolé □ à partir de la salle de commande.

En cas de RTGV ou APRP, le GV affecté est isolé automatiquement (sur signal niveau haut GV).

L'isolement automatique entraîne les opérations suivantes :

- fermeture de la vanne d'isolement enceinte,
- fermeture de la vanne de régulation de niveau.

3.2.3.3. Ouverture du barillet à l'aspiration des pompes

L'ouverture du barillet à l'aspiration des pompes permet d'utiliser la capacité totale des quatre réservoirs lorsqu'une pompe est indisponible (défaillance ou maintenance préventive). Elle permet également la mise en communication de .

3.2.3.4. Ouverture du barillet au refoulement des pompes

L'ouverture du barillet au refoulement des pompes permet d'utiliser la capacité de pompage d'un train dont le GV est indisponible, afin d'alimenter un GV sain.

3.2.3.5. Ré-alimentation des réservoirs ASG

Sur critère de niveau bas dans les bâches ASG, le lignage permettant la réalimentation des bâches ASG à partir du JAC est réalisé et les pompes ASG dédiées sont mises en service.

Dans les situations du Noyau Dur post-Fukushima la réalimentation des bâches ASG peut être réalisée par un appoint gravitaire SEA via des connexions flexibles.

Le système ASG doit permettre l'isolement préventif de l'appoint JAC, sur niveau élevé des puisards des BAS, afin de limiter les effets d'une inondation causée par la perte d'un train ASG, dans le cas particulier où la rupture sur ASG est concomitante à l'appoint des bâches ASG via le système JAC.

3.2.3.6. Alimentation des réservoirs ASG

L'alimentation des réservoirs ASG se fait par l'ouverture de la vanne motorisée d'alimentation en eau déminéralisée SER. Cette alimentation se fait uniquement en fonctionnement normal et n'a donc pas de rôle vis-à-vis de la sûreté.

Le système ASG doit permettre l'isolement préventif de l'appoint SER, sur niveau élevé des puisards des BAS, afin de limiter les effets d'une inondation causée par la perte d'un train ASG, dans le cas particulier où la rupture sur ASG est concomitante à l'appoint des bâches ASG via le système SER.

3.2.3.7. Alimentation de la piscine BK

L'appoint ASG, ligné sur la grande bache JAC, permet en complément de l'appoint par JAC d'alimenter la piscine BK en cas de perte des trains de refroidissement PTR. Cet appoint est réalisé dès lors que l'appoint par JAC/JPI n'est plus disponible.

Il est nécessaire pour la gestion .

4. ANALYSE DE SÛRETÉ

4.1. CONFORMITÉ À LA RÉGLEMENTATION

Le système ASG est conforme à la réglementation générale en vigueur (voir sous-chapitre 1.7) et ne fait pas l'objet de dérogation particulière.

4.2. RESPECT DES CRITÈRES FONCTIONNELS

4.2.1. Contrôle de la réactivité

Les études de transitoires incidentels/accidentels ainsi que les études de type refroidissement des sous-chapitres 15.2 et 19.1 qui font intervenir :

- l'isolement par l'ASG du GV affecté,
- la limitation du débit ASG,
- ou l'alimentation des GV à une température supérieure à une valeur minimale,

correspondant aux critères fonctionnels énoncés au paragraphe [§ 0.2.1.](#), sont réalisées en considérant, pour les paramètres suivants, les valeurs correspondant aux hypothèses de dimensionnement énoncées au paragraphe [§ 2.2.](#) (cf. sous-chapitre 15.1) :

- délai d'isolement par l'ASG du GV affecté,
- débit maximum ASG,
- température minimale de l'eau ASG.

Pour les transitoires concernés, ces études (cf. sous-chapitres 15.2 et 19.1) :

- présentent les effets, sur le déroulement des transitoires, de l'isolement ASG et de l'alimentation des GV au débit maximal ASG avec une température minimale de l'eau,
- et montrent que ces critères permettent d'assurer la sous-criticité du cœur.

4.2.2. Évacuation de la puissance résiduelle

Les études de transitoires incidentels/accidentels des sous-chapitres 15.2 et 19.1 qui font intervenir la fonction ASG d'alimentation des GV, ainsi que le lignage d'une pompe vers un autre GV et la mise en communication des bâches, correspondant aux critères fonctionnels énoncés au paragraphe [§ 0.2.1.](#), sont réalisées en considérant, pour les paramètres suivants, des valeurs cohérentes avec les hypothèses de dimensionnement énoncées au [§ 2.2.](#) :

- débit minimum ASG,
- délai d'établissement du débit minimum ASG,
- température maximale de l'eau ASG,
- débit maximum ASG,
- masse d'eau contenue dans les bâches ASG,
- débit minimum de réalimentation des bâches ASG.

Pour les transitoires concernés, ces études (cf. sous-chapitres 15.2 et 19.1) présentent d'une part les effets, sur le déroulement du transitoire, de l'alimentation des GV, établie dans un délai défini, au débit minimum ASG et à la température maximale et, d'autre part, les effets de la réalimentation des bâches ASG sur le déroulement du transitoire.

En outre, elles montrent que le dimensionnement des critères :

- de la fonction d'alimentation des GV,
- de la fonction de réalimentation des bâches par le JAC,
- des réserves d'eau ASG,

est tel qu'il permet d'évacuer la puissance résiduelle et de refroidir le circuit primaire jusqu'aux conditions de connexion du RRA, de maintenir le circuit primaire aux conditions d'arrêt à chaud pendant une période de \square heures et d'étendre l'autonomie de l'ASG.

4.2.3. Confinement des substances radioactives

L'étude de transitoire du chapitre RTGV qui fait intervenir l'isolement par l'ASG du GV affecté, correspondant aux critères fonctionnels énoncés au paragraphe [§ 0.2.1.](#), est réalisée en considérant, pour le délai d'isolement par l'ASG du GV affecté la valeur correspondant aux hypothèses de dimensionnement énoncées au paragraphe [§ 2.2.](#) (cf. sous-chapitre 15.1).

Pour ce transitoire, l'étude (cf. chapitre 15) :

- présente les effets de l'isolement du GV sur le déroulement des transitoires,
- montre que le dimensionnement de cette fonction est tel qu'il permet d'assurer le confinement des substances radioactives.

Les dispositions de conception et d'installation appliquées aux enveloppes mécaniques du système ASG situées à l'intérieur du bâtiment réacteur et constituant l'enveloppe secondaire des générateurs de vapeur assurent leur intégrité en cas d'accident grave dans l'enceinte de confinement.

4.2.4. Contributions indirectes à l'accomplissement des fonctions de sûreté

Le dimensionnement des générateurs diesels (cf. section 9.5.2) et les études RTE et RTV prennent en compte pour le débit ASG maximum et le délai d'isolement les valeurs correspondant aux hypothèses de dimensionnement énoncées au paragraphe [§ 2.2.](#)

4.2.5. Contributions spécifiques à la protection des agressions

Les études d'agressions du sous-chapitre 3.3 concernant l'inondation interne, et faisant intervenir le système ASG, sont réalisées en considérant la fonction d'isolement de l'appoint JAC ou de l'appoint SER telle que décrite au paragraphe [§ 0.2.5.](#)

Les études d'agressions prennent également en compte la fonction de relignage à l'aspiration des pompes ASG , ainsi que la fonction d'appoint en eau de la piscine BK pour la gestion d'un incendie indépendant postulé en phase long terme d'un PCC affectant un train de refroidissement PTR.

4.3. CONFORMITÉ AUX EXIGENCES DE CONCEPTION

Le système ASG est conforme aux exigences de conception évoquées au paragraphe [§ 4.3.1.](#), notamment pour ce qui concerne :

4.3.1. Exigences issues du classement de sûreté

4.3.1.1. Classement de sûreté

Les classements des équipements du système ASG jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté sont présentés dans la section 3.2.2.

Les matériels de la ligne d'injection ASG (à partir des pompes d'injection ASG), bien que réalisés avec un niveau de qualité Q3, ont bien fait l'objet de contrôles complémentaires relevant du niveau de qualité Q2. Ce niveau de qualité Q2 sera assuré tout au long de l'exploitation.

4.3.1.2. Critère de défaillance unique (active et passive)

- Défaillance unique active
La conception du système ASG est conforme à l'exigence de robustesse au critère de défaillance unique active énoncée au paragraphe [§ 0.3.](#), notamment sur les points suivants :
 - Les quatre trains ASG sont séparés géographiquement (chaque train est dans un bâtiment distinct) .
 - La redondance de la fonction isolement est assurée par la fermeture simultanée de la vanne d'isolement et de la vanne de régulation de débit.

- Le dispositif d'isolement des traversées enceinte du système ASG, constitué d'un organe d'isolement à l'intérieur du BR et d'un organe d'isolement situé à l'extérieur dans un bâtiment périphérique, est redondant.

Par ailleurs, bien que non redevable de l'application du Critère de Défaillance Unique, la fonction de réalimentation du système ASG bénéficie d'une redondance au titre de la défense en profondeur qui se traduit par un doublement des lignes de réalimentation des bâches et les équipements associés.

- Défaillance unique passive

La démonstration de la conformité de la conception du système ASG à l'exigence de robustesse à la défaillance unique passive (caractéristiques de la fuite conventionnelle considérée, détectabilité et isolabilité) est détaillée dans la section 15.2.1.

La conception du système ASG est conforme à l'exigence de robustesse à la défaillance aléatoire énoncée au paragraphe [§ 0.3.](#).

4.3.1.3. Alimentations électriques secourues

La conception du système ASG est conforme à l'exigence de secours électrique énoncée au paragraphe [§ 0.3.](#), notamment sur les points suivants :

- En cas de Perte Totale des Alimentations Electriques Externes (MDTE), les pompes ASG, y compris les pompes de ré-alimentation, sont secourues par les diesels principaux.
- En cas de perte généralisée des alimentations électriques (MDTG), les trains 1 et 4 et les pompes de ré-alimentation ASG sont secourus par les diesels d'ultime secours.

Bien que non redevable d'une exigence de secours électrique, la fonction de réalimentation du système ASG bénéficie d'une alimentation électrique secourue au titre de la gestion d'un MDTE long terme (192 heures).

4.3.1.4. Séparation physique/géographique

La conception du système ASG est conforme à l'exigence de séparation physique/géographique, notamment sur les points suivants :

- Chacun des trains est installé dans un bâtiment distinct.
- Les deux organes d'isolement de chaque traversée enceinte du système ASG sont séparés physiquement du fait de leur installation, un étant à l'intérieur du bâtiment réacteur, l'autre à l'extérieur dans un bâtiment périphérique.

4.3.1.5. Qualification aux conditions accidentelles

Les équipements du système ASG à qualifier aux conditions accidentelles sont présentés dans la section 3.7.1.1.2.

4.3.1.6. Classement ESPN, mécanique, électrique, contrôle commande et sismique

La conformité des classements mécanique, électrique, contrôle-commande et sismique des équipements du système ASG jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté aux exigences énoncées au paragraphe [§ 0.3.](#) est détaillée dans la section 3.2.2.

La conformité du classement ESPN des équipements du système ASG aux exigences énoncées au paragraphe [§ 0.3.](#) est détaillée dans la section 3.2.2.

4.3.2. Exigences réglementaires

4.3.2.1. Textes réglementaires

La conformité aux textes réglementaires est portée de manière générale par la section 1.7.1 du Rapport de Sûreté.

4.3.2.1.1. Textes officiels

La conformité aux textes officiels spécifiquement applicables au système (Décret n° 2007-534 du 10 avril 2007 III-2.1.3.d/e), listés dans le paragraphe [§ 0.3.2.](#), est présentée aux paragraphes [§ 2.2.2.](#) et [§ 4.2.2.](#).

4.3.2.1.2. Prescriptions techniques

La conformité du système ASG aux décisions n°2012-DC-0283 du 26 juin 2012 et n°2014-DC-0403 du 21 janvier 2014 est démontrée dans le chapitre 21.

4.3.2.1.3. Réglementations internationales

Sans objet.

4.3.2.2. Textes para-réglementaires

La conformité aux textes réglementaires est portée de manière générale par la section 1.7.1 du Rapport de Sûreté.

4.3.2.2.1. Règles fondamentales de sûreté

Sans objet.

4.3.2.2.2. Directives techniques

La conformité aux directives techniques spécifiquement applicables au système, listées dans le paragraphe [§ 0.3.2.](#), est présentée aux paragraphes [§ 2.2.2.](#) et [§ 4.2.2.](#) (B.2.3.4), aux paragraphes [§ 2.1.](#) et [§ 4.3.1.2.](#) (D.2.2) et dans le chapitre 18 (E.1.3).

4.3.2.3. Textes EPR spécifiques

Sans objet.

4.3.3. Agressions

4.3.3.1. Agressions internes

La démonstration de la robustesse de l'installation aux agressions internes relève du sous-chapitre 3.4.

4.3.3.2. Agressions externes

La démonstration de la robustesse de l'installation aux agressions externes relève du sous-chapitre 3.3.

4.3.4. Diversification

La conception du système ASG est conforme à l'exigence de diversification énoncée au paragraphe [§ 0.3.4.](#), notamment pour les trains 1 et 4 les pompes sont alimentés par des tableaux \square V, et pour les trains 2 et 3 elles alimentés par des tableaux \square kV.

4.3.5. Radioprotection

Sans objet.

4.3.6. Fonctionnement, maintenance et accessibilité long terme

Sans objet.

4.3.7. Système tel que réalisé

A ce stade de la fabrication, de l'installation et du déroulement des essais, aucun écart n'impacte les requis de sûreté spécifiés dans le rapport de sûreté.

4.4. ESSAIS, INSPECTION ET MAINTENANCE

4.4.1. Essais de démarrage

Le système ASG fait l'objet d'un programme d'essais de démarrage conformément aux modalités présentées au chapitre 14, permettant notamment de vérifier le respect des critères suivants (cf. paragraphe [§ 2.2.](#) pour les grandeurs numériques qui seront vérifiées) :

- délai d'isolement ASG,
- débit minimum ASG,
- délai d'établissement du débit minimum ASG,
- débit maximum ASG,
- débit minimum de réalimentation des bâches ASG.

Il est à noter que la vérification des critères fonctionnels de débit minimum d'injection vers les GV et de réalimentation des bâches n'étant pas possible de façon directe du fait que les conditions d'essais diffèrent des conditions de fonctionnement incidentelles ou accidentelles dans lesquelles ces derniers doivent être satisfaits, leur vérification doit être faite de façon transposée.

4.4.2. Surveillance en exploitation

La surveillance de la disponibilité des missions de sûreté du système ASG non sollicitées en exploitation normale est assurée de la façon suivante :

- Surveillance en continu en exploitation (chapitre III des RGE) du volume minimum d'eau et de la température maximale dans les bâches ASG.
- Surveillance du bon lignage des systèmes de sûreté en exploitation normale sur la base de la position des principales vannes du système à partir de leurs fins de course et des alarmes regroupées.

4.4.3. Essais périodiques

Les parties classées du système ASG font l'objet d'essais périodiques conformément au chapitre IX des Règles Générales d'Exploitation, permettant notamment de vérifier le respect des critères suivants :

- délai d'isolement ASG,
- débit minimum ASG,
- délai d'établissement du débit minimum ASG,
- débit maximum ASG,
- débit minimum de réalimentation des bâches ASG.

4.4.4. Maintenance

Le système ASG fait l'objet d'un programme de maintenance conformément au chapitre VIII des RGE.

5. SCHÉMA DE PRINCIPE

Le schéma de principe du système ASG est présenté en figure [FIG-6.6.1](#).

FIG-6.6.1 SCHÉMA DE PRINCIPE DU SYSTÈME ASG

□

□

SOMMAIRE

.6.7	SYSTÈME DE BORICATION DE SÉCURITÉ (RBS)	5
0.	EXIGENCES DE SÛRETÉ	5
0.1.	FONCTIONS DE SÛRETÉ	5
0.1.1.	CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	5
0.1.2.	ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	5
0.1.3.	CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	5
0.1.4.	CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ	6
0.1.5.	CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES À LA PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS	6
0.1.6.	CONTRIBUTIONS À L'ÉLIMINATION PRATIQUE	6
0.2.	CRITÈRES FONCTIONNELS	6
0.2.1.	CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	6
0.2.2.	ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	7
0.2.3.	CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	7
0.2.4.	CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ	7
0.2.5.	CONTRIBUTIONS À L'ÉLIMINATION PRATIQUE	7
0.3.	EXIGENCES RELATIVES À LA CONCEPTION	8
0.3.1.	EXIGENCES ISSUES DU CLASSEMENT DE SÛRETÉ	8
0.3.2.	EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES	8
0.3.3.	AGRESSIONS	10
0.3.4.	DIVERSIFICATION	10
0.3.5.	RADIOPROTECTION	10
0.3.6.	EXIGENCES LIÉES AU FONCTIONNEMENT, À LA MAINTENANCE ET À L'ACCESSIBILITÉ LONG TERME	10
0.4.	ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE	10
0.4.1.	ESSAIS DE DÉMARRAGE	10
0.4.2.	SURVEILLANCE EN EXPLOITATION	10
0.4.3.	ESSAIS PÉRIODIQUES	11
0.4.4.	MAINTENANCE	11
1.	RÔLE DU SYSTÈME	11

1.1. RÔLE DU SYSTÈME PENDANT L'EXPLOITATION NORMALE DE LA TRANCHE	11
1.2. RÔLE DU SYSTÈME DANS LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT PCC-2 À PCC-4, RRC-A, EN ACCIDENT GRAVE ET SITUATIONS AGRESSIONS	11
2. BASES DE CONCEPTION	11
2.1. HYPOTHÈSES GÉNÉRALES DE FONCTIONNEMENT	11
2.2. HYPOTHÈSES DE DIMENSIONNEMENT	12
2.2.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	12
2.2.2. ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	12
2.2.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	12
2.2.4. CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ	13
2.2.5. CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES À LA PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS	13
2.2.6. CONTRIBUTIONS À L'ÉLIMINATION PRATIQUE	13
2.3. AUTRES HYPOTHÈSES	13
3. DESCRIPTION - FONCTIONNEMENT	13
3.1. DESCRIPTION	13
3.1.1. DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SYSTÈME	13
3.1.2. DESCRIPTION DES MATÉRIELS PRINCIPAUX	14
3.1.3. DESCRIPTION DES DISPOSITIONS D'INSTALLATIONS PRINCIPALES	15
3.2. FONCTIONNEMENT	15
3.2.1. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME NORMAL DE LA TRANCHE	15
3.2.2. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME PERMANENT DU SYSTÈME	16
3.2.3. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME TRANSITOIRE	16
3.2.4. AUTRES RÉGIMES DE FONCTIONNEMENT DU SYSTÈME	17
4. ANALYSE DE SÛRETÉ	17
4.1. CONFORMITÉ À LA RÉGLEMENTATION	17
4.2. RESPECT DES CRITÈRES FONCTIONNELS	17
4.2.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	17
4.2.2. ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	18
4.2.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	18

4.2.4. CONTRIBUTIONS INDIRECTES À L'ACCOMPLISSEMENT DES FONCTIONS DE SÛRETÉ	18
4.2.5. CONTRIBUTIONS À L'ÉLIMINATION PRATIQUE	18
4.3. CONFORMITÉ AUX EXIGENCES DE CONCEPTION	19
4.3.1. EXIGENCES ISSUES DU CLASSEMENT DE SÛRETÉ	19
4.3.2. EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES	20
4.3.3. AGRESSIONS	21
4.3.4. DIVERSIFICATION	21
4.3.5. RADIOPROTECTION	21
4.3.6. FONCTIONNEMENT, MAINTENANCE ET ACCESSIBILITÉ LONG TERME	21
4.3.7. SYSTÈME TEL QUE RÉALISÉ	21
4.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE	21
4.4.1. ESSAIS DE DÉMARRAGE	21
4.4.2. SURVEILLANCE EN EXPLOITATION	22
4.4.3. ESSAIS PÉRIODIQUES	22
4.4.4. MAINTENANCE	22
5. SCHÉMA DE PRINCIPE	22
LISTE DES RÉFÉRENCES.	23



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 6

SECTION 7

PAGE 4/24

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

FIGURES :

FIG-6.7.1 SCHÉMA MÉCANIQUE DU SYSTÈME RBS..... 24

.6.7 SYSTÈME DE BORICATION DE SÉCURITÉ (RBS)

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

0.1. FONCTIONS DE SÛRETÉ

0.1.1. Contrôle de la réactivité

Les contributions du système de borication de sécurité (RBS) au contrôle de la réactivité doivent être les suivantes :

- borication de sécurité dans le cœur, quel que soit le niveau de la pression primaire, pour atteindre l'état contrôlé dans certaines conditions de fonctionnement PCC-2 à 4,
- borication de sécurité dans le cœur, quel que soit le niveau de la pression primaire, pour compenser la réactivité provoquée par le refroidissement du circuit primaire (RCP) pour atteindre l'état d'arrêt sûr (RIS-RA en mode RA connecté) à partir de l'état contrôlé dans certaines conditions de fonctionnement PCC-2 à 4.

Les contributions du système RBS sont identiques pour atteindre l'état final dans certaines situations de catégorie RRC-A. Par ailleurs, le système RBS doit permettre d'assurer le non-retour en criticité à long terme pour les accidents de type MDTG.

La répartition du débit entre les deux lignes d'injection du système RBS doit être la plus uniforme possible suivant la différence de pression entre les branches froides.

Une fois mis en service pour des raisons de sûreté, le système RBS doit continuer à fonctionner jusqu'à ce que la concentration en bore requise pour l'état d'arrêt sûr soit atteinte.

0.1.2. Évacuation de la puissance résiduelle

La contribution du système RBS à l'évacuation de la puissance résiduelle doit être la suivante :

- fermeture des clapets d'isolement du système RCP lorsque l'injection RBS n'est pas requise, pour contribuer à l'isolement des principaux soutirages du système RCP afin de garantir l'efficacité de l'injection de sécurité (RIS-RA en mode IS) dans certaines conditions de fonctionnement PCC-2 à 4 et séquences RRC-A.

0.1.3. Confinement des substances radioactives

Les contributions du système RBS au confinement des substances radioactives doivent être les suivantes :

- 1^{ère} barrière de confinement :
Le système RBS ne participe pas à l'intégrité de la 1^{ère} barrière de confinement.
- 2^{ème} barrière de confinement :
Le système RBS doit assurer l'isolement du Circuit Primaire Principal (CPP) puisque les lignes RBS y sont connectées, notamment dans certaines conditions de fonctionnement PCC-2 à 4 et séquences RRC-A, lorsque l'injection de sécurité (RIS-RA en mode IS) est requise.
De plus, en mode injection, le système RBS ne doit pas conduire à l'ouverture des soupapes de sûreté du pressuriseur. Le système RBS doit notamment être mis hors service après stabilisation de la température lors des transitoires ayant fait l'objet de la mise en service du système RBS (conditions de fonctionnement PCC-2 à 4 et séquences RRC-A).
- 3^{ème} barrière de confinement :
En conditions accidentelles (conditions de fonctionnement PCC-3 à 4, séquences RRC-A et Accident Grave), le système RBS doit jouer le rôle de 3^{ème} barrière de confinement au niveau de ses traversées enceinte.

0.1.4. Contributions indirectes aux fonctions de sûreté

Sans objet.

0.1.5. Contributions spécifiques à la protection contre les agressions

Le système RBS ne contribue pas spécifiquement à la protection contre les agressions.

0.1.6. Contributions à l'élimination pratique

La contribution du système RBS à l'élimination pratique des bypasses de l'enceinte de confinement doit être de limiter le risque de fusion du cœur avec l'échec de l'isolement de l'enceinte de confinement.

0.2. CRITÈRES FONCTIONNELS

Au titre de ses contributions à l'accomplissement des fonctions de sûreté, le système RBS doit satisfaire les critères fonctionnels suivants :

0.2.1. Contrôle de la réactivité**Borication du système RCP à un débit minimal :**

Le système RBS doit fournir, dans un délai suffisamment court, un débit minimal d'injection d'eau borée au système RCP. Le débit doit être suffisamment élevé pour permettre l'atteinte de l'état contrôlé en cas de dilution homogène en arrêt à chaud (PCC-2). La pression de refoulement des pompes RBS doit permettre l'injection quelle que soit la pression primaire. Elle doit être suffisamment élevée pour permettre une injection en cas d'ATWS.

La répartition du débit entre les deux lignes d'injection du système RBS doit être la plus uniforme possible suivant la différence de pression entre les branches froides.

Borication du système RCP à une concentration en bore optimale :

Le système RBS doit fournir une quantité de bore suffisante pour amener la tranche dans l'état contrôlé, l'état d'arrêt sûr ou l'état final suivant la situation considérée, en respectant les limites du combustible et sans risquer une cristallisation du bore.

Borication du système RCP à une température optimale :

La température de l'eau des bâches RBS doit être suffisamment élevée pour éviter la cristallisation du bore et suffisamment basse pour éviter tout risque de cavitation à l'aspiration de la pompe. La cristallisation du bore doit être évitée en fonctionnement normal. Cette cristallisation dans les équipements doit aussi être évitée pendant les états d'arrêt ne nécessitant pas la disponibilité du système RBS.

Autonomie des réserves d'eau RBS :

Les réserves d'eau borée RBS doivent avoir une autonomie suffisante pour assurer la borication du système RCP nécessaire pour amener la tranche dans l'état contrôlé, l'état d'arrêt sûr ou l'état final suivant la situation considérée, en respectant les limites du combustible. Dans des conditions accidentelles (PCC ou RRC-A), le remplissage des bâches RBS par le système REA ne doit pas être nécessaire pour amener la tranche vers l'état contrôlé, l'état d'arrêt sûr ou l'état final. De plus, l'isolement de l'injection RBS dans une boucle primaire inactive doit être possible afin de préserver les réserves d'eau RBS.

Pour les événements PCC hors RTV, la capacité d'un train RBS doit être suffisante pour assurer la borication manuelle requise pour amener la tranche :

- à l'état contrôlé, le cas échéant,
- à l'état d'arrêt sûr, y compris en tenant compte de l'anti-réactivité introduite par le xénon. En particulier, ce système doit être utilisé en cas d'APRP petite brèche (PCC-3) lorsque la concentration en bore du fluide injecté par l'injection de sécurité (RIS-RA en mode IS) n'est pas suffisante pour atteindre la concentration en bore requise pour la connexion du système RIS-RA en mode RA.

A noter que la fonction de borication par le système RBS doit être maintenue disponible pour assurer le passage à l'état d'arrêt sûr malgré l'apparition de tout signal qui empêcherait cette borication (priorité au signal de borication).

En cas de RTV et pour certains PCC, la capacité d'un train RBS doit être suffisante pour assurer la borication automatique requise pour amener la tranche à l'état contrôlé.

0.2.2. Évacuation de la puissance résiduelle

Assurer l'injection de sécurité :

L'isolement des soutirages RBS du CPP (fermeture de clapets d'isolement), lorsque l'injection RBS n'est pas requise, doit assurer l'injection de sécurité (RIS-RA en mode IS) et permettre ainsi l'évacuation de la puissance résiduelle.

0.2.3. Confinement des substances radioactives

- 1^{ère} barrière de confinement :
Le système RBS ne participe pas à l'intégrité de la 1^{ère} barrière de confinement.
- 2^{ème} barrière de confinement :
Isolement du CPP :
L'isolement RBS du CPP doit assurer le confinement des substances radioactives. L'isolement du CPP est réalisé au moyen de deux clapets anti-retour en série (un des clapets appartenant au système RBS et le second au système RIS-RA).
Borication du système RCP à un débit maximal :
Le système RBS doit fournir un débit maximal d'injection d'eau borée au système RCP afin de ne pas remplir le pressuriseur et de ne pas solliciter ses soupapes de sûreté et ce, quelle que soit la pression primaire et la différence de pression entre les branches froides. L'isolement RBS du CPP ainsi que la mise hors service d'un train d'injection RBS, doivent assurer le confinement des substances radioactives.
- 3^{ème} barrière de confinement :
Isolement enceinte :
En conditions accidentelles, le système RBS doit permettre l'isolement de l'enceinte de confinement au niveau de ses traversées enceinte.

0.2.4. Contributions indirectes aux fonctions de sûreté

Sans objet.

0.2.5. Contributions à l'élimination pratique

Au titre de sa contribution spécifique à l'élimination pratique, le système RBS doit satisfaire le critère fonctionnel d'alimentation par batteries des vannes extérieures d'isolement de l'enceinte de confinement, afin de limiter le risque de fusion du cœur avec l'échec de l'isolement de l'enceinte de confinement.

Les vannes intérieures d'isolement de l'enceinte étant des clapets, donc des organes passifs, ils n'ont pas besoin d'être alimentés par batteries.

0.3. EXIGENCES RELATIVES À LA CONCEPTION

0.3.1. Exigences issues du classement de sûreté

0.3.1.1. Classement de sûreté

Les parties du système RBS jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté doivent faire l'objet d'un classement de sûreté conformément aux règles de classement indiquées à la section 3.2.1.

0.3.1.2. Critère de Défaillance Unique (active et passive)

Les fonctions du système RBS classées F1 doivent être robustes à l'application du Critère de Défaillance Unique.

0.3.1.3. Alimentation électrique de secours

L'alimentation électrique des composants du système RBS nécessaire à l'accomplissement des fonctions classées F1 doit être secourue par les groupes diesels principaux.

L'alimentation électrique des composants du système RBS nécessaires à l'accomplissement des fonctions classées F2 doit être secourue au cas par cas afin que cette dernière soit assurée en cas de perte des alimentations électriques extérieures.

0.3.1.4. Séparation physique / géographique

Les fonctions classées F1 du système RBS doivent être conçues conformément à l'exigence de séparation physique / géographique de leurs équipements redondants constitutifs.

0.3.1.5. Qualification aux conditions accidentelles

Les équipements classés du système RBS doivent être qualifiés en fonction des conditions de fonctionnement dans lesquelles ils sont sollicités au titre de leur contribution à l'accomplissement des fonctions de sûreté, conformément aux règles du sous-chapitre 3.7.

0.3.1.6. Classement ESPN, mécanique, électrique, Contrôle-Commande et sismique

Les équipements du système RBS redevables d'un classement mécanique, électrique, Contrôle-Commande et sismique doivent être classés conformément aux règles de classement présentées dans la section 3.2.1.

Les équipements du système RBS redevable d'un classement ESPN doivent être classés conformément à la réglementation applicable (cf. section 3.6.2).

0.3.2. Exigences réglementaires

0.3.2.1. Textes réglementaires

0.3.2.1.1. Textes officiels

Le système RBS est concerné par les textes officiels suivants :

- le décret n°2016-1925 du 28 décembre 2016 relatif au suivi en service des appareils à pression,
- l'arrêté du 20 novembre 2017 relatif au suivi en service des équipements sous pression et des récipients à pression simples,
- l'arrêté du 30 décembre 2015 modifié (aussi appelé arrêté ESPN) relatif aux équipements sous pression nucléaires,
- le décret 2007-534 du 10/04/2007 modifié autorisant la création de l'installation nucléaire de base dénommée Flamanville 3 : « Outre le système utilisé en fonctionnement normal pour réguler la concentration en absorbant neutronique de l'eau du circuit primaire, la fonction de contrôle de la

réactivité est assurée, sans solliciter l'ouverture des soupapes de sûreté du pressuriseur du circuit primaire principal, par un autre système d'injection d'absorbant neutronique composé de deux sous-systèmes capables chacun d'assurer l'arrêt du réacteur à la suite d'un transitoire, incident ou accident de référence autre qu'une perte de réfrigérant primaire » (III-1.1.2c),

- la lettre "Options de Sûreté du projet de réacteur EPR" (lettre DGSNR 0729/2004).

0.3.2.1.2. Prescriptions techniques

Le système RBS appartient au noyau dur Fukushima (cf. chapitre 21). A ce titre, il doit respecter la décision n°2012-DC-0283 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 26 juin 2012 et décision n°2014-DC-0403 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 21 janvier 2014 (voir section 1.7.0).

0.3.2.1.3. Réglementations internationales

Le système RBS n'est pas concerné par une réglementation internationale spécifique.

0.3.2.2. Textes para-réglementaires

0.3.2.2.1. Règles Fondamentales de Sûreté

Le système RBS n'est pas concerné par une Règle Fondamentale de Sûreté spécifique.

0.3.2.2.2. Directives techniques

Le système RBS est concerné par les sections suivantes des Directives Techniques (voir les sections ci-dessous extraites de la section 1.7.0 du Rapport De Sûreté) :

- section A.1.3 : « Les séquences accidentelles avec bipasse du confinement ([...] par des circuits connectés au système primaire qui sortent de l'enceinte de confinement) doivent être « pratiquement éliminées » par des dispositions de conception (telles qu'une pression de conception adéquate des tuyauteries) et des dispositions d'exploitation dans le but d'assurer un isolement fiable et aussi de prévenir les défaillances »,
- section B.1.4.2 : « Comme indiqué dans la section A.1.3, les séquences de fusion du cœur avec bipasse du confinement (par les générateurs de vapeur ou par des circuits connectés au système primaire et sortant de l'enceinte de confinement) doivent être « pratiquement éliminées ».
 - « D'une manière générale, concernant les fuites et brèches des circuits connectés au système de refroidissement du réacteur, des dispositions de conception doivent être mises en place pour éviter une surpression dans les parties à basse pression des systèmes connectés ou pour assurer un dimensionnement adéquat de ces parties à l'égard des surpressions. [...] De plus, des exigences strictes doivent être appliquées aux moyens mis en place pour détecter les fuites primaires dans les bâtiments périphériques et éviter leurs conséquences »,
 - « Pour les circuits connectés au système primaire, le concepteur doit étudier l'utilisation de moyens d'isolement diversifiés, les possibilités des défaillances de ces moyens et les équipements de suivi associés, de même que l'utilisation de tuyauteries conçues pour résister à la pression primaire dans les situations correspondantes ».
- section B.2.3.1 :
 - « La fonction de contrôle de la réactivité peut être accomplie par des barres de contrôle et des systèmes d'injection d'eau borée, incluant un système de borication supplémentaire à deux trains, chacun d'eux étant capable d'amener le réacteur de l'état contrôlé à l'état d'arrêt sûr pour tout transitoire, incident ou accident de référence autre qu'une perte de réfrigérant primaire, sans solliciter l'ouverture des soupapes de sûreté du pressuriseur. Ce système doit être classé F1B pour cette fonction de sûreté et peut être mis en service manuellement ».
 - « Concernant les dilutions du bore homogènes, le concepteur doit étudier la mise en place de l'activation de l'arrêt d'urgence ou d'un système de borication au moins pour les transitoires de référence de dilution homogène. »,
 - « En tout état de cause, la fiabilité de la fonction d'arrêt d'urgence doit être suffisamment élevée pour contribuer à « pratiquement éliminer » les séquences de fusion du cœur à haute pression. Nonobstant le rôle du système de borication supplémentaire, des moyens adéquats

doivent être mis en œuvre dans cet objectif, tels qu'une diversification des composants principaux du système d'arrêt d'urgence (mesures physiques, signaux et traitements associés, disjoncteurs d'arrêt d'urgence). ».

- Section B.2.3.6 : « Une protection contre les suppressions doit aussi être mise en place pour les circuits connectés au circuit primaire (comme le système conçu pour accomplir la fonction d'évacuation de la puissance résiduelle et l'injection de sécurité à basse pression, lorsqu'il est connecté au circuit primaire). ».

0.3.2.3. Textes EPR spécifiques

Le système RBS n'est pas concerné par un texte spécifique EPR.

0.3.3. Agressions

0.3.3.1. Agressions internes

Les fonctions du système RBS doivent être protégées vis-à-vis des conséquences des agressions internes si leur perte remet en cause l'atteinte des objectifs de sûreté du sous-chapitre 3.4.

0.3.3.2. Agressions externes

Les fonctions du système RBS doivent être protégées vis-à-vis des conséquences des agressions externes si leur perte remet en cause l'atteinte des objectifs de sûreté du sous-chapitre 3.3.

0.3.4. Diversification

Afin de limiter les risques de défaillance de mode commun, le système RBS doit faire l'objet d'une exigence de diversification portant sur les fonctions suivantes :

- isolement enceinte : diversification des deux organes,
- mise hors service d'un train RBS : diversification des moyens.

0.3.5. Radioprotection

Le système RBS n'est pas concerné par une exigence de radioprotection.

0.3.6. Exigences liées au fonctionnement, à la maintenance et à l'accessibilité long terme

Le système RBS n'est pas concerné par une exigence liée au fonctionnement, à la maintenance et à l'accessibilité dans la gestion long terme après accident.

0.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE

0.4.1. Essais de démarrage

Le système RBS doit être conçu pour permettre la réalisation d'essais de démarrage permettant de s'assurer de sa conception adéquate et de ses performances, et notamment du respect des critères fonctionnels qui lui sont assignés au [§ 0.2.](#)

0.4.2. Surveillance en exploitation

Le système RBS doit être conçu pour permettre une surveillance en exploitation normale des caractéristiques du système nécessaires à l'accomplissement de ses missions de sûreté afin d'assurer le bon comportement de ses composants et leur disponibilité en fonctionnement normal, incidentel et accidentel.

0.4.3. Essais périodiques

Les parties classées du système RBS doivent être conçues pour permettre la réalisation d'essais périodiques conformément aux règles définies dans le chapitre IX des Règles Générales d'Exploitation.

0.4.4. Maintenance

Le système RBS doit être conçu pour permettre la mise en œuvre d'un programme de maintenance conformément au chapitre VIII des RGE.

1. RÔLE DU SYSTÈME

Le système RBS assure les fonctions opérationnelles suivantes dans les différentes conditions de fonctionnement de l'installation dans lesquelles il est sollicité :

1.1. RÔLE DU SYSTÈME PENDANT L'EXPLOITATION NORMALE DE LA TRANCHE

En fonctionnement normal, le système RBS est utilisé lors de l'arrêt de la chaudière pour réaliser l'épreuve hydraulique du CPP. Le test s'effectue à l'aide de la pompe du train 4, cette pompe permettant d'injecter dans le CPP à une pression atteignant la pression d'épreuve du système RCP.

1.2. RÔLE DU SYSTÈME DANS LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT PCC-2 À PCC-4, RRC-A, EN ACCIDENT GRAVE ET SITUATIONS AGRESSIONS

En cas d'événements PCC-2 à PCC-4, le système RBS assure une borication ou automatique du système RCP, quel que soit le niveau de la pression primaire, pour :

- atteindre l'état contrôlé (lorsque cela est nécessaire),
- compenser la réactivité provoquée par le refroidissement du système RCP pour atteindre l'état d'arrêt sûr (RIS-RA en mode RA connecté) à partir de l'état contrôlé. La borication s'arrête lorsque la concentration en bore nécessaire pour l'état d'arrêt sûr est obtenue.

En particulier, le système RBS est utilisé en cas de RTV. La mise en service automatique du système RBS doit assurer une borication de sécurité du système RCP pour atteindre l'état contrôlé.

Pour certains événements RRC-A (notamment en cas d'ATWS), la mise en service automatique du système RBS doit assurer une borication de sécurité dans le cœur pour atteindre l'état final.

En cas de MDTG, la mise en service du système RBS doit permettre d'assurer le non-retour en criticité à long terme.

Le système RBS doit assurer l'isolement de l'enceinte de confinement au niveau de ses traversées enceinte sur signal d'isolement enceinte phase 2 et en début d'accident grave.

2. BASES DE CONCEPTION

2.1. HYPOTHÈSES GÉNÉRALES DE FONCTIONNEMENT

Le système RBS participe à l'épreuve hydraulique du CPP, cette fonction étant cohérente en termes de type d'équipement avec la fonction de sûreté décrite dans le § 0.1., c'est-à-dire une pompe à faible débit et grande hauteur manométrique alimentant le système RCP. La HMT nécessaire pour obtenir la pression d'épreuve du CPP est supérieure à la HMT strictement nécessaire pour l'injection de bore de sécurité ; de ce fait, cette fonction intervient directement dans le dimensionnement des composants.

2.2. HYPOTHÈSES DE DIMENSIONNEMENT

2.2.1. Contrôle de la réactivité

Borication du système RCP à un débit minimal :

Cette fonction est dimensionnée sur la base de la condition de fonctionnement de l'accident de dilution homogène en arrêt à chaud. Quelle que soit la pression du système RCP, la pompe RBS doit fournir un débit minimal (voir section 15.2.2r).

La pression de refoulement des pompes RBS doit permettre l'injection quelle que soit la pression primaire, et notamment en situation d'ATWS (voir section 19.1.3Fsa).

La répartition du débit entre les deux lignes d'injection du système RBS doit être la plus uniforme possible suivant la différence de pression entre les branches froides.

Le système RBS doit fournir un débit minimal en un temps maximal d'établissement du plein débit RBS.

Borication du système RCP à une concentration en bore donnée :

Cette fonction est dimensionnée sur la base de la quantité de bore nécessaire pour amener la tranche dans l'état contrôlé, l'état d'arrêt sûr ou l'état final suivant la situation considérée, en respectant les limites du combustible et sans risquer une cristallisation du bore.

La concentration maximale en bore total est une condition initiale des études APRP et des études d'alcalinisation de l'IRWST.

Borication du système RCP à une température donnée :

Cette fonction est dimensionnée sur la base des conditions de fonctionnement du système RBS :

La température de l'eau des bâches RBS doit être suffisamment élevée pour éviter la cristallisation du bore, et ce, même pendant les états d'arrêt ne nécessitant pas la disponibilité du système RBS.

La température de l'eau doit être suffisamment basse pour permettre l'atteinte de l'état contrôle en cas de dilution homogène, tout en évitant les risques de cavitation au niveau de la pompe RBS (garantie du NPSH requis).

Autonomie des réserves d'eau RBS :

Cette fonction est dimensionnée sur la base des conditions de fonctionnement du système RBS (PCC ou RRC-A), en respectant les limites du combustible. Dans des conditions accidentelles (PCC ou RRC-A), le remplissage des bâches RBS par le système REA ne doit pas être nécessaire pour amener la tranche vers l'état contrôlé, l'état d'arrêt sûr ou l'état final.

(voir section 15.2.2r).

2.2.2. Évacuation de la puissance résiduelle

Fermeture des clapets d'isolement du système RCP :

Il n'y a pas de critère quantitatif associé au critère fonctionnel du § 0.2.2..

2.2.3. Confinement des substances radioactives

- 1^{ère} barrière de confinement :

Le système RBS ne participe pas à l'intégrité de la 1^{ère} barrière de confinement.

- 2^{ème} barrière de confinement :
Borication du système RCP à un débit maximal :
Cette fonction est dimensionnée sur la base des conditions de contraction du fluide primaire en cas de RTGV 1 et 2 tubes en état A. Le système RBS doit fournir un débit maximal d'injection d'eau borée et ne doit pas injecter plus que ne le permet la contraction du système RCP afin d'éviter de solliciter les soupapes de sûreté du pressuriseur. ¶ (voir sections 15.2.3f, 15.2.4f et 15.2.4k).
- 3^{ème} barrière de confinement :
Isolement enceinte :
Les vannes d'isolement des traversées enceinte du système RBS appartiennent à la troisième barrière de confinement. A ce titre, les hypothèses de dimensionnement de ces vannes sont décrites dans la section 6.2.3 et la section 6.2.5.

2.2.4. Contributions indirectes aux fonctions de sûreté

Sans objet.

2.2.5. Contributions spécifiques à la protection contre les agressions

Sans objet.

2.2.6. Contributions à l'élimination pratique

Alimentation par batteries des vannes extérieures d'isolement de l'enceinte de confinement :

Il n'y a pas de critère quantitatif associé aux critères fonctionnels du [§ 0.2.5.](#)

2.3. AUTRES HYPOTHÈSES

Matériaux utilisés

Afin de limiter les produits de corrosion dus à l'acide borique, toutes les pièces (tuyauterie, vannes et composants) sont en acier inoxydable austénitique.

Construction

Tous les raccords et jonctions de tuyauterie sont soudés sauf lorsque des raccords à bride sont nécessaires pour faciliter le démontage lors de la maintenance ou des épreuves hydrauliques (raccords des pompes RBS, par exemple).

Isolation thermique

Du calorifuge est prévu pour les tuyauteries à l'extérieur du bâtiment combustible (BK), en particulier dans l'espace annulaire.

Un système de traçage est installé sur les lignes extérieures au bâtiment combustible (tuyauteries à l'intérieur du bâtiment réacteur (BR) et tuyauteries inter enceinte) afin d'éviter la cristallisation du bore.

3. DESCRIPTION - FONCTIONNEMENT

3.1. DESCRIPTION

3.1.1. Description générale du système

La borication de sécurité comporte deux trains indépendants, ¶ des fonctions requises.

Chaque train RBS est constitué d'un réservoir d'acide borique, d'une ligne d'aspiration connectée à une pompe à piston, elle-même injectant dans deux boucles primaires via deux lignes pouvant chacune être isolée. Une soupape de protection est montée en aval de la pompe. Une ligne, appelée « ligne de test » permet de réinjecter la solution d'acide borique dans le réservoir, lors des essais périodiques de la pompe, sans injecter dans le système RCP via la ligne RIS.

Les équipements RBS sont conçus pour une durée de vie de la centrale de 60 ans.

Les principaux sous-ensembles du système RBS sont les suivants :

- **Sources d'eau borée**

Les réservoirs RBS se trouvent dans le bâtiment combustible comme le circuit RBS lui-même (jusqu'aux pénétrations enceinte des lignes d'injection).

Le réservoir RCV constitue la source d'eau pour le cas de l'épreuve hydraulique du CPP ; cette connexion avec le système RCV est fermée en fonctionnement normal, à l'aide des 2 vannes d'isolement □ à l'aspiration et au refoulement de la pompe du train 4 du système RBS.

- **Dispositifs d'injection du système RBS et protection**

Les pompes du système RBS sont des pompes à piston qui conviennent également à la réalisation de l'épreuve hydraulique. Le moteur de la pompe est refroidi par air.

Chaque ligne d'injection est protégée contre les surpressions par une soupape de protection. La ligne de décharge des soupapes permet le refoulement dans le réservoir RBS correspondant en dehors de l'épreuve hydraulique du CPP, pendant laquelle la soupape du train 4 est remplacée par une tige pleine.

Les pompes RBS étant des composants classés sûreté, elles peuvent être testées à tout moment via une ligne dédiée, appelée « ligne de test », piquée sur la ligne d'injection de chaque pompe, et connectée au réservoir RBS correspondant (utilisant une partie de la ligne de décharge des soupapes de protection), afin de vérifier leurs caractéristiques et leur disponibilité en fonctionnement, et sans injecter dans le système RCP. Ce type d'opération (démarrage de la pompe en boucle fermée passant par son réservoir) peut également être utilisé pour réaliser le brassage du réservoir.

- **Lignes d'injection du système RBS**

La ligne d'injection de chaque train RBS pénètre dans le bâtiment réacteur et est munie d'une vanne motorisée à l'extérieur du bâtiment réacteur et d'un clapet à l'intérieur du bâtiment réacteur. Chaque ligne d'injection se divise ensuite en deux parties pour injecter dans deux branches froides du système RCP. Ainsi, les deux trains RBS injectent au total dans les quatre branches froides du système RCP via le système RIS-RA, afin d'obtenir autant que possible une répartition homogène du bore dans le cœur. Ces connexions sont équipées de clapets qui participent à la fonction d'isolement du CPP et de diaphragmes permettant d'assurer une répartition de débit entre les lignes d'injection la plus homogène possible.

Les vannes motorisées situées sur chaque ligne d'injection permettent de garantir que le débit total de chaque train atteint le cœur, même si une boucle primaire devient « inactive » (pas de circulation du fluide caloporteur et GV isolé en cas de RTV, RTE et RTGV). Dans ce cas, la vanne motorisée correspondante peut être fermée afin d'injecter tout le débit du train concerné vers le système RCP via la seconde ligne d'injection du train, lui-même connecté à une boucle « active ».


3.1.2. Description des matériels principaux

Le système RBS est constitué des matériels principaux suivants :

Pompes

Pour effectuer l'épreuve hydraulique, une seule pompe est nécessaire. Comme la fréquence du test est très faible, il n'est pas nécessaire de prévoir une redondance des composants. De ce fait, une seule pompe qui sera appelée « pompe de test » (et plus généralement un seul train RBS) participe à l'épreuve hydraulique du CPP. La pompe du train 4 a été retenue □. Néanmoins, les deux trains étant aussi similaires que possible, les deux pompes sont identiques.

Réservoirs

Les deux réservoirs RBS  sont remplis d'acide borique non contaminé provenant du réservoir de préparation d'acide borique REA. Ils sont maintenus à pression atmosphérique grâce à un évent se trouvant sur la partie supérieure. L'aspiration de chaque pompe RBS est connectée au bas du réservoir RBS correspondant pour optimiser le rapport capacité / volume total.

Chaque réservoir peut être brassé à l'aide de la pompe RBS appartenant au même train et des dispositions sont prises pour effectuer des échantillonnages périodiques.

Le niveau des réservoirs RBS est contrôlé en permanence par deux capteurs redondants et les seuils MIN associés sont prévus pour détecter toute variation (intempestive ou non) de niveau, particulièrement pour ne pas descendre en dessous du niveau de sûreté requis. Une mesure de température est également prévue pour chaque réservoir, associée à un seuil MIN afin de prévenir toute cristallisation et à un seuil MAX afin de se prémunir de tout risque de cavitation en cas de démarrage de la pompe.

Robinetterie

Les principaux composants de robinetterie du système RBS sont pour chaque train (cf. [FIG-6.7.1](#)) :

- deux vannes motorisées situées sur les lignes d'injection,
- deux clapets anti-retour d'isolement primaire situés sur les lignes d'injection,
- un clapet d'isolement enceinte (intérieur enceinte),
- une vanne motorisée d'isolement enceinte (extérieur enceinte),
- une vanne motorisée d'isolement de la ligne de test,
- une soupape de protection de la pompe,
- une soupape de protection des lignes d'injection.

3.1.3. Description des dispositions d'installations principales


Les deux trains du système RBS sont situés dans le bâtiment combustible, et dans le bâtiment réacteur, et rattachés à 2 divisions électriques indépendantes séparées géographiquement.



3.2. FONCTIONNEMENT

3.2.1. Fonctionnement en régime normal de la tranche

En fonctionnement normal de la tranche, le système est en position d'attente, les organes principaux sont à l'état suivant :

- les pompes sont arrêtées,
- toutes les vannes  des lignes principales sont en position de sécurité (verrouillées ouvertes), afin de permettre aux pompes l'aspiration dans les réservoirs de bore et le refoulement dans le système RCP,
- les vannes du barillet sont fermées,
- les vannes d'isolement motorisées des lignes de test sont fermées,
- les vannes motorisées situées sur les lignes d'injection dans le système RCP sont ouvertes pour permettre l'injection,
- les vannes motorisées d'isolement de l'enceinte sont ouvertes.

3.2.2. Fonctionnement en régime permanent du système

Une fois mis en service pour des raisons de sûreté, le système RBS doit continuer à fonctionner jusqu'à ce que la concentration en bore requise pour l'état d'arrêt sûr ou l'état final soit atteinte. En revanche, le système RBS peut être arrêté après une stabilisation de la température lors des transitoires ayant fait l'objet de la mise en service du système RBS (PCC-2, PCC-3, PCC-4 ou RRC-A), soit automatiquement afin d'éviter un remplissage du générateur de vapeur et une vidange d'eau par le système VDA, soit automatiquement afin d'éviter une sollicitation des soupapes de sûreté du pressuriseur, □.

3.2.3. Fonctionnement en régime transitoire

3.2.3.1. Mise en service de l'injection RBS

La borication de sécurité effectuée par le système RBS est activée □ par l'opérateur depuis la salle de commande avec deux commandes tout ou rien distinctes appartenant à chaque train.

La séquence de mise en service d'un train d'injection après actionnement d'une de ces commandes par l'opérateur est la suivante :

- les vannes d'isolement de l'enceinte sont confirmées et verrouillées en position ouverte,
- au moins une des vannes motorisées situées sur les lignes d'injection RBS est ouverte,
- les vannes d'isolement des lignes de test sont confirmées et verrouillées en position fermée,
- les pompes sont démarrées.

Deux cas particuliers sont prévus lors de l'opération de borication de sécurité :

- dans le cas où une boucle primaire devient inactive – pas de circulation naturelle : Pompe Primaire arrêtée et Générateur de Vapeur isolé – l'injection dans cette boucle peut être isolée grâce à la vanne motorisée présente sur la ligne correspondante,
- en cas de signal d'isolement de l'enceinte, les vannes motorisées d'isolement enceinte du système RBS restent ouvertes.

L'opération de borication de sécurité effectuée par le système RBS doit être conduite en parallèle avec le refroidissement du système RCP à une vitesse dépendant du débit effectif du système RBS afin de compenser la réactivité apportée par la vitesse de refroidissement et afin d'introduire le débit constant du système RBS dans le système RCP, pour éviter la sollicitation des soupapes de sûreté du pressuriseur (en tirant profit de la contraction du système RCP)

□

La vitesse de refroidissement du système RCP dépend donc du nombre de trains RBS disponibles.

3.2.3.2. Mise hors service d'un train d'injection RBS

La mise hors service d'un train d'injection du système RBS est effectuée □ par l'opérateur soit en local soit depuis la salle de commande avec deux commandes tout ou rien distinctes appartenant à chaque train.

La séquence de mise hors service d'un train d'injection après actionnement d'une de ces commandes par l'opérateur est la suivante :

- la vanne motorisée d'isolement enceinte est confirmée et verrouillée en position fermée,
- les pompes sont arrêtées.

3.2.4. Autres régimes de fonctionnement du système

Le test d'épreuve hydraulique du CPP est effectué avec la pompe du train 4 du système RBS aspirant depuis le RCV. L'aspiration depuis le réservoir RBS correspondant est isolée, et la pompe refoule dans le système RCP via l'injection aux joints n°1 des Pompes Primaires. Cette configuration du circuit est obtenue par action sur des vannes manuelles. La soupape de protection en aval de la pompe est remplacée par une tpe pleine et la ligne de test reste fermée.

La pompe de test du RBS est mise en marche pour relayer les pompes de charge et atteindre progressivement la pression de test du CPP.

4. ANALYSE DE SÛRETÉ

4.1. CONFORMITÉ À LA RÉGLEMENTATION

Le système RBS est conforme à la réglementation générale en vigueur (voir le sous-chapitre 1.7) et ne fait pas l'objet de dérogations particulières.

4.2. RESPECT DES CRITÈRES FONCTIONNELS

4.2.1. Contrôle de la réactivité

Les études de transitoires incidentels / accidentels du sous-chapitre 15.2 et du sous-chapitre 19.1 faisant intervenir des fonctions du système RBS correspondant aux critères fonctionnels énoncés au § 0.2.1. sont réalisées en considérant, pour les paramètres suivants, des valeurs cohérentes avec les hypothèses de dimensionnement énoncées au § 2.2. (cf. sous-chapitre 15.1) :

- débit des pompes RBS minimal,
- pression de refoulement des pompes RBS minimale,
- répartition du débit en fonction de la différence de pression entre les branches froides,
- temps maximal d'établissement du plein débit RBS,
- concentrations en bore minimale et maximale,
- températures de l'eau injectée minimale et maximale,
- volume des réservoirs RBS minimal.

La cristallisation du bore est évitée en maintenant une température suffisante, soit en contrôlant la température des locaux abritant le circuit RBS (bâtiment combustible), soit par un dispositif de traçage (espace inter enceinte et bâtiment réacteur). La température de l'eau dans les réservoirs est directement surveillée.

La concentration en bore dans les réservoirs est vérifiable par échantillonnage. Elle peut être maintenue homogène en faisant fonctionner les pompes sur leurs lignes de débit nul.

La capacité volumique de baches RBS est suffisante pour atteindre l'état contrôlé, l'état d'arrêt sûr ou l'état final des événements PCC ou séquences RRC-A, sans appoint additionnel d'eau borée en provenance du système REA bore. Pour les événements PCC, la capacité d'un seul train RBS est suffisante pour assurer la borication \square requise pour amener la tranche à l'état contrôlé ou à l'état d'arrêt sûr.

Pour chaque transitoire concerné, ces études :

- présentent les effets de ces fonctions sur le déroulement du transitoire ;
- montrent que le dimensionnement de ces fonctions est tel qu'il permet de respecter leurs critères d'acceptabilité.

En effet, les caractéristiques du système RBS permettent :

- d'atteindre l'état contrôlé de plusieurs événements PCC, en particulier en cas d'augmentation excessive du débit vapeur, de rupture de tuyauterie vapeur et d'éjection de grappe (voir sections 15.2.2d, 15.2.4b et 15.2.4e),
- d'atteindre l'état d'arrêt sûr des événements PCC (voir sous-chapitre 15.2), en particulier en cas d'une défaillance du RCV conduisant à une diminution de la concentration en bore du système RCP ou d'APRP de catégorie 3 (voir section 15.2.2r et section 15.2.3e),
- d'atteindre l'état final des transitoires d'ATWS par blocage mécanique des grappes (voir sections 19.1.3Fsa.1 à 19.1.3Fsa.4),
- de maintenir l'état final en assurant le non-retour en criticité du cœur à long terme en cas de MDTG (voir section 19.1.3Fsc).

4.2.2. Évacuation de la puissance résiduelle

Les études de transitoires incidentels / accidentels des sous-chapitres 15.2 et 19.1 faisant intervenir des fonctions du système RBS correspondant aux critères fonctionnels non quantitatifs énoncés au [§ 0.2.2.](#) sont réalisées en considérant la fermeture passive des clapets anti-retour qui se situent au plus près du système RCP.

4.2.3. Confinement des substances radioactives

Les études de transitoires incidentels / accidentels des sous-chapitres 15.2 et 19.1 faisant intervenir des fonctions du système RBS correspondant aux critères fonctionnels énoncés au [§ 0.2.3.](#) sont réalisées en considérant, pour les paramètres suivants, des valeurs cohérentes avec les hypothèses de dimensionnement énoncées au [§ 2.2.](#) (cf. sous-chapitre 15.1) :

- temps maximal d'isolement des soutirages du système RBS du CPP,
- débit des pompes RBS maximal,
- débit de fuite des traversées enceinte maximal.

Pour chaque transitoire concerné, ces études :

- présentent les effets de ces fonctions sur le déroulement du transitoire,
- montrent que le dimensionnement de ces fonctions est tel qu'il permet de respecter leurs critères d'acceptabilité.

En conditions accidentelles, les lignes du système RBS traversant l'enceinte du bâtiment réacteur sont équipées de deux organes d'isolement diversifiés : un clapet anti-retour à l'intérieur du bâtiment réacteur et une vanne motorisée à l'extérieur du bâtiment réacteur, qui reçoit un ordre de fermeture automatique sur signal d'isolement enceinte phase 2 .

4.2.4. Contributions indirectes à l'accomplissement des fonctions de sûreté

Sans objet.

4.2.5. Contributions à l'élimination pratique

Les études d'élimination pratique de la section 19.2.4 faisant intervenir des fonctions du système RBS sont réalisées en considérant le critère fonctionnel non quantitatif énoncé au [§ 0.2.5.](#) d'alimentation par batteries des vannes extérieures d'isolement enceinte.

Pour chaque transitoire concerné, ces études montrent que le dimensionnement de ces fonctions est tel qu'il permet d'éliminer pratiquement les situations concernées, c'est-à-dire les bips de l'enceinte de confinement.

Ces éléments permettent d'assurer le respect des critères fonctionnels énoncés au [§ 0.2.](#)

4.3. CONFORMITÉ AUX EXIGENCES DE CONCEPTION

4.3.1. Exigences issues du classement de sûreté

Le système RBS est conforme aux exigences de conception évoquées au [§ 0.3.](#), notamment pour ce qui concerne :

4.3.1.1. Classement de sûreté

Les classements des équipements du système RBS jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté sont présentés dans la section 3.2.2.

Par ailleurs, conformément aux fonctions de sûreté que le système RBS doit assurer, les matériels Q3 avec un DN > 25 font l'objet de contrôles complémentaires relevant du niveau de qualité Q2. Ce niveau de qualité Q2 sera assuré tout au long de l'exploitation.

4.3.1.2. Critère de Défaillance Unique (active et passive)

- Défaillance unique active

La conception du système RBS est conforme à l'exigence de robustesse au critère de défaillance unique active énoncée au [§ 0.3.](#), notamment sur les points suivants :

- présence de deux trains RBS : un train RBS reste disponible et suffisant pour atteindre l'état d'arrêt sûr,
- indépendance (fluide, alimentation électrique et Contrôle-Commande) des trains RBS.

Le dispositif d'isolement des traversées enceinte du système RBS, constitué d'un organe d'isolement à l'intérieur du bâtiment réacteur et d'un organe d'isolement situé à l'extérieur dans un bâtiment périphérique, est redondant.

Les moyens de mise hors service d'un train RBS sont redondants. En effet, cette mise hors service peut se faire avec l'arrêt de la pompe ou avec la fermeture de la vanne externe d'isolement enceinte.

Dans le cas d'un isolement manuel, ces équipements sont manœuvrés soit par une commande groupée soit par une action en local d'arrêt de la pompe et de fermeture de la vanne d'isolement enceinte.

- Défaillance unique passive

La défaillance passive n'est pas prise en compte pour ce système ne fonctionnant que pendant un temps limité.

4.3.1.3. Alimentation électrique de secours

La conception du système RBS est conforme à l'exigence de secours électrique énoncée au [§ 0.3.](#), notamment sur les points suivants :

- Toute pompe ou vanne motorisée nécessaire pour une action de sûreté est alimentée à partir de deux trains électriques secourus différents. Les diesels 1 ou 2 alimentent le premier train du système RBS. Les diesels 3 ou 4 peuvent alimenter le second train du système RBS. Une maintenance sur un diesel tout en gardant les deux trains RBS disponibles est donc possible.
- Après un PCC cumulé avec une perte de source électrique externe, la perte supplémentaire d'un train d'alimentation électrique par défaillance unique sur un diesel est possible. La disponibilité d'un train de la fonction d'injection RBS est néanmoins assurée.
- En cas de perte totale des alimentations électriques externes ou MDTG, au moins un train RBS reste alimenté.

4.3.1.4. Séparation physique / géographique

La conception du système RBS est conforme à l'exigence de séparation physique / géographique, notamment sur les points suivants :

- séparation physique des trains redondants (fonction F1A),
- séparation au niveau de la fonction (fonction F1B).

Les deux organes d'isolement de chaque traversée enceinte du système RBS sont séparés physiquement du fait de leur installation, un à l'intérieur du bâtiment réacteur, l'autre à l'extérieur, dans un bâtiment périphérique.

4.3.1.5. Qualification aux conditions accidentelles

Les équipements du système RBS relevant d'une qualification aux conditions accidentelles sont présentés dans la section 3.7.1.1.2.

4.3.1.6. Classement ESPN, mécanique, électrique, contrôle-commande et sismique

La conformité des classements, mécanique, électrique, contrôle-commande et sismique des équipements du système RBS jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté aux exigences énoncées au [§ 0.3.](#) est détaillée dans la section 3.2.2.

La conformité du classement ESPN des équipements du système RBS aux exigences énoncées au [§ 0.3.](#) est détaillée dans la section 3.2.2.

4.3.2. Exigences réglementaires

4.3.2.1. Textes réglementaires

La conformité aux textes réglementaires est portée de manière générale par la section 1.7.1 du Rapport de Sûreté.

4.3.2.1.1. Textes officiels

La conformité aux textes officiels spécifiquement applicables au système, listés dans le paragraphe 0.3.2, est assurée par :

- le classement ESPN suffisant lorsque nécessaire.

4.3.2.1.2. Prescriptions techniques

La conformité du système RBS aux décisions n°2012-DC-0283 du 26 juin 2012 et n°2014-DC-0403 du 21 janvier 2014 est démontrée dans le chapitre 21.

4.3.2.1.3. Réglementations internationales

Le système RBS n'est pas concerné par une réglementation internationale spécifique.

4.3.2.2. Textes para-réglementaires

La conformité aux textes para-réglementaires est portée de manière générale par la section 1.7.1 du Rapport de Sûreté.

4.3.2.2.1. Règles Fondamentales de Sûreté

Le système RBS n'est pas concerné par une Règle Fondamentale de Sûreté spécifique.

4.3.2.2.2. Directives techniques

La conformité aux directives techniques spécifiquement applicables au système, listées dans le paragraphe [§ 0.3.2.](#), est assurée par :

- la présence de deux trains d'injection indépendants,
- les moyens d'isollements (isolement enceinte) diversifiés,
- l'autonomie de chacun des trains [],
- le système classé F1A, donc enveloppe des classements exigés par les directives techniques,

- [],
- l'alimentation par batteries des vannes extérieures d'isolement enceinte,
- la présence d'une soupape de protection sur chaque ligne d'injection.

4.3.2.3. Textes EPR spécifiques

Le système RBS n'est pas concerné par un texte spécifique EPR.

4.3.3. Agressions

4.3.3.1. Agressions internes

La démonstration de la robustesse de l'installation aux agressions internes relève du sous-chapitre 3.4.

4.3.3.2. Agressions externes

La démonstration de la robustesse de l'installation aux agressions externes relève du sous-chapitre 3.3.

4.3.4. Diversification

La conception du système RBS est conforme à l'exigence de diversification énoncée au [§ 0.3.4.](#), notamment sur les points suivants :

- diversification des deux organes d'isolement enceinte,
- diversification des moyens de mise hors service d'un train RBS.

4.3.5. Radioprotection

Sans objet.

4.3.6. Fonctionnement, maintenance et accessibilité long terme

Sans objet.

4.3.7. Système tel que réalisé

Lors des essais de démarrage, le non-respect du critère du débit RBS maximal a été constaté. Ce critère a été redimensionné à un nouveau seuil de [], différent de celui présenté dans les paragraphes 2.2.3, 3.1.2 et 3.2.3.1. L'acceptabilité du nouveau critère vis-à-vis des études de sûreté a été démontrée[].

4.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE

4.4.1. Essais de démarrage

Le système RBS fait l'objet d'un programme d'essais de démarrage conformément aux modalités présentées au chapitre 14 permettant notamment de vérifier le respect du critère suivant :

- temps maximal d'établissement du plein débit.

Il est à noter que la vérification des critères fonctionnels suivants n'étant pas possible de façon directe du fait que les conditions d'essais diffèrent des conditions de fonctionnement incidentelles ou accidentelles dans lesquelles ces derniers doivent être satisfaits, leur vérification doit être faite de façon transposée :

- débit minimal d'injection RBS,

- débit maximal d'injection RBS,
- pression de refoulement de la pompe RBS minimale,
- répartition des débits.

Au titre de leur contribution au critère global de fuite de l'enceinte, les tests d'étanchéité des vannes d'isolement enceinte sont décrits à la section 6.2.5.

4.4.2. Surveillance en exploitation

Surveillance fonctionnelle en exploitation normale de l'aptitude du système à accomplir ses missions de sûreté :

Le système RBS n'est pas sollicité en fonctionnement normal de la tranche.

Les critères de sûreté suivants font l'objet d'une surveillance au titre du chapitre III des RGE :

- concentration en bore des réservoirs RBS,
- volume des réservoirs RBS,
- température des réservoirs RBS.

4.4.3. Essais périodiques

Les parties classées du système RBS font l'objet d'essais périodiques conformément au chapitre IX des Règles Générales d'Exploitation permettant notamment de vérifier le respect du critère suivant :

- temps maximal d'établissement du plein débit RBS.

Il est à noter que la vérification des critères fonctionnels suivants n'étant pas possible de façon directe du fait que les conditions d'essais diffèrent des conditions de fonctionnement incidentelles ou accidentelles dans lesquelles ces derniers doivent être satisfaits, leur vérification doit être faite de façon transposée :

- débit maximal d'injection RBS,
- débit minimal d'injection RBS,
- pression de refoulement de la pompe RBS minimale,
- répartition des débits.

Au titre de leur contribution au critère global de fuite de l'enceinte, les tests d'étanchéité des vannes d'isolement enceinte sont décrits à la section 6.2.5.

4.4.4. Maintenance

Le système RBS fait l'objet d'un programme de maintenance conformément au chapitre VIII des RGE.

Une maintenance préventive lors du fonctionnement de la centrale n'est prévue que pour son alimentation électrique par des diesels. En conséquence, des raccordements électriques sont prévus pour garantir la disponibilité des deux trains lors de ces phases de maintenance.

Les dispositions habituelles pour la vidange, l'inspection et le remplissage du circuit sont prévues, en particulier pour les réservoirs RBS. La vidange complète du réservoir doit être limitée autant que possible pour limiter la consommation d'acide borique.

5. SCHÉMA DE PRINCIPE

Le schéma fonctionnel du système RBS est présenté en [FIG-6.7.1](#).



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 6

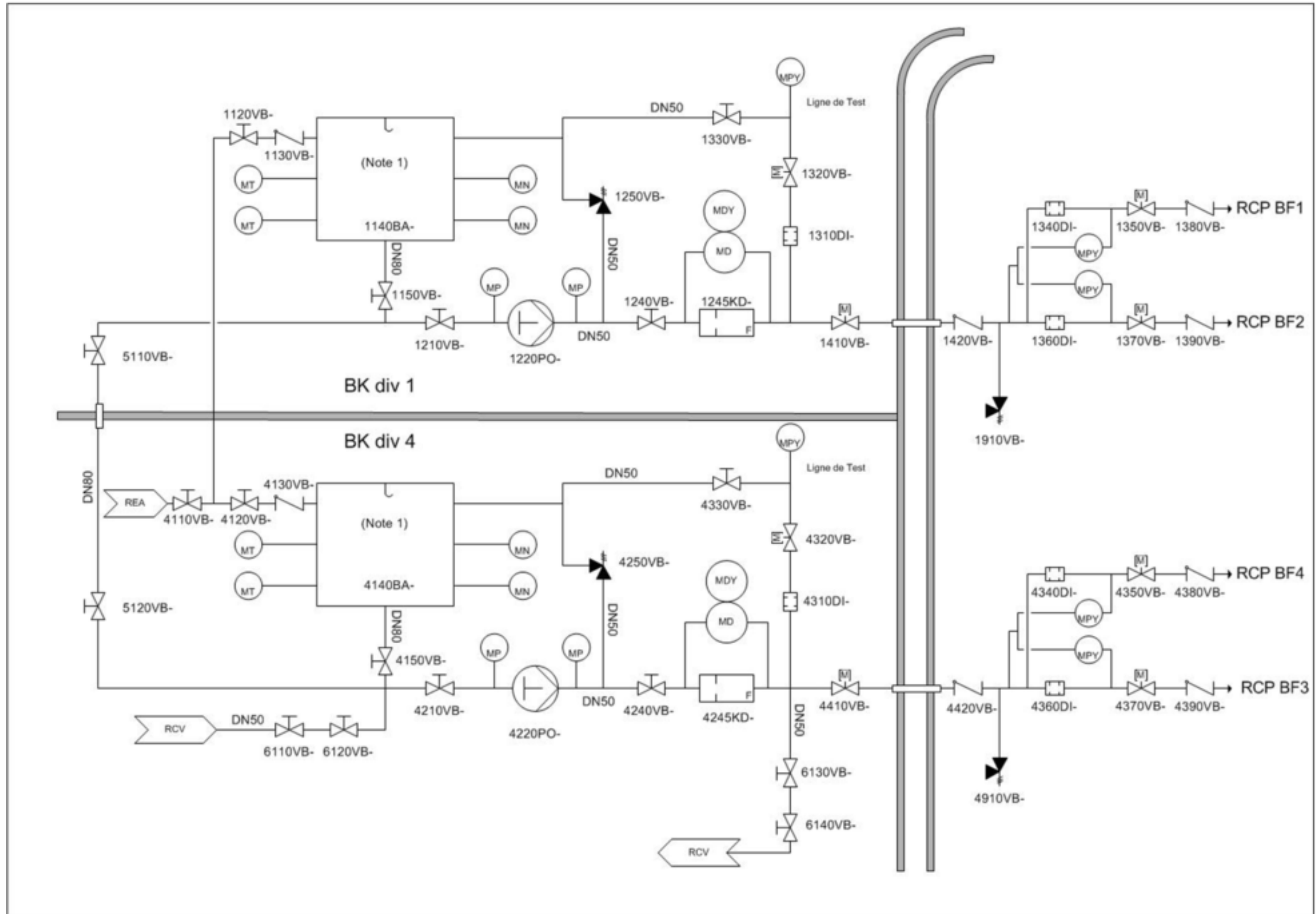
SECTION 7

PAGE 23/24

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

LISTE DES RÉFÉRENCES

FIG-6.7.1 SCHEMA MECANIQUE DU SYSTEME RBS


(1) : Concentration en bore □

SOMMAIRE

.6.8	CIRCUIT DE DÉCHARGE À L'ATMOSPHÈRE (VDA)	5
0.	EXIGENCES DE SÛRETÉ	5
0.1.	FONCTIONS DE SÛRETÉ	5
0.1.1.	CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	5
0.1.2.	ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	5
0.1.3.	CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	5
0.1.4.	CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ	6
0.1.5.	CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES CONTRE LES AGRESSIONS	6
0.1.6.	CONTRIBUTIONS À L'ÉLIMINATION PRATIQUE	6
0.2.	CRITÈRES FONCTIONNELS	6
0.2.1.	CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	6
0.2.2.	ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	6
0.2.3.	CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	7
0.2.4.	CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ	7
0.3.	EXIGENCES RELATIVES A LA CONCEPTION	8
0.3.1.	EXIGENCES ISSUES DU CLASSEMENT DE SÛRETÉ	8
0.3.2.	EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES	8
0.3.3.	AGRESSIONS	10
0.3.4.	DIVERSIFICATION	10
0.3.5.	RADIOPROTECTION	10
0.3.6.	EXIGENCES LIÉES AU FONCTIONNEMENT, À LA MAINTENANCE ET À L'ACCESSIBILITÉ LONG TERME	10
0.4.	ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE	10
0.4.1.	ESSAIS DE DÉMARRAGE	10
0.4.2.	SURVEILLANCE EN EXPLOITATION	10
0.4.3.	ESSAIS PÉRIODIQUES	10
0.4.4.	MAINTENANCE	11
1.	RÔLE DU SYSTÈME	11
1.1.	RÔLE DU SYSTÈME PENDANT L'EXPLOITATION NORMALE DE LA TRANCHE	11

1.2. RÔLE DU SYSTÈME DANS LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT PCC-2 À PCC-4, RRC-A, EN ACCIDENT GRAVE ET SITUATIONS AGRESSIONS	11
2. BASES DE CONCEPTION	11
2.1. HYPOTHÈSES GÉNÉRALES DE FONCTIONNEMENT	11
2.2. HYPOTHÈSES DE DIMENSIONNEMENT	12
2.2.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	12
2.2.2. ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	12
2.2.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	13
2.2.4. CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ	13
2.3. AUTRES HYPOTHÈSES	13
3. DESCRIPTION - FONCTIONNEMENT	14
3.1. DESCRIPTION	14
3.1.1. DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SYSTÈME	14
3.1.2. DESCRIPTION DES MATÉRIELS PRINCIPAUX	14
3.1.3. DESCRIPTION DES DISPOSITIONS D'INSTALLATIONS PRINCIPALES	16
3.2. FONCTIONNEMENT	16
3.2.1. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME NORMAL DE LA TRANCHE	16
3.2.2. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME PERMANENT DU SYSTÈME	17
3.2.3. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME TRANSITOIRE	17
4. ANALYSE DE SÛRETÉ	18
4.1. CONFORMITÉ À LA RÉGLEMENTATION	18
4.2. RESPECT DES CRITÈRES FONCTIONNELS	18
4.2.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	18
4.2.2. ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	18
4.2.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	19
4.2.4. CONTRIBUTIONS INDIRECTES À L'ACCOMPLISSEMENT DES FONCTIONS DE SÛRETÉ	19
4.3. CONFORMITÉ AUX EXIGENCES DE CONCEPTION	20
4.3.1. EXIGENCES ISSUES DU CLASSEMENT DE SÛRETÉ	20
4.3.2. EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES	21
4.3.3. AGRESSIONS	22
4.3.4. DIVERSIFICATION	22



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 6

SECTION 8

PAGE 3/25

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

4.3.5. RADIOPROTECTION	22
4.3.6. FONCTIONNEMENT, MAINTENANCE ET ACCESSIBILITÉ LONG TERME	22
4.3.7. SYSTÈME TEL QUE RÉALISÉ	22
4.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE	22
4.4.1. ESSAIS DE DÉMARRAGE	22
4.4.2. SURVEILLANCE EN EXPLOITATION	23
4.4.3. ESSAIS PÉRIODIQUES	23
4.4.4. MAINTENANCE	23
5. SCHÉMA DE PRINCIPE	23



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 6

SECTION 8

PAGE 4/25

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

TABLEAUX :

TAB-6.8.1 CONSÉQUENCES D'UNE DÉFAILLANCE UNIQUE 24

FIGURES :

FIG-6.8.1 SCHÉMA SIMPLIFIÉ DU SYSTÈME VDA..... 25

.6.8 CIRCUIT DE DÉCHARGE À L'ATMOSPHÈRE (VDA)

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

0.1. FONCTIONS DE SÛRETÉ

0.1.1. Contrôle de la réactivité

Les contributions du système au contrôle de la réactivité doivent être les suivantes :

- isolement de la ligne de décharge à l'atmosphère (système VDA) dans certaines conditions de fonctionnement PCC-2 à 4 conduisant à un refroidissement excessif par le secondaire, afin d'éviter un sur-refroidissement du circuit primaire et ainsi limiter les risques de retour en criticité dans le cœur,
- limitation du débit de décharge du système VDA dans les conditions de fonctionnement PCC-2 à 4 afin de limiter les risques de retour en criticité dans le cœur,
- ouverture des vannes VDA en cas de Rupture d'un Tube de Générateur de Vapeur (RTGV) avec les pompes primaires à l'arrêt, afin de permettre la dépressurisation du GV affecté, pour minimiser le débit RTGV inversé et ainsi limiter les risques de retour en criticité dans le cœur.

0.1.2. Évacuation de la puissance résiduelle

Les contributions du système à l'évacuation de la puissance résiduelle doivent être les suivantes :

- évacuation de la puissance résiduelle du circuit primaire par la décharge de vapeur du circuit secondaire via l'ouverture du système VDA dans certaines conditions de fonctionnement PCC-2 à 4 et séquences RRC-A,
- refroidissement du circuit primaire via l'ouverture du système VDA dans certaines conditions de fonctionnement PCC-2 à 4 et séquences RRC-A, notamment en cas de perte d'inventaire primaire (RTGV ou APRP), afin de dépressuriser le circuit primaire jusqu'aux conditions d'injection du système RIS.

0.1.3. Confinement des substances radioactives

Les contributions du système au confinement des substances radioactives doivent être les suivantes :

- 1^{ère} barrière de confinement :
Le système VDA ne participe pas à l'intégrité de la 1^{ère} barrière de confinement.
- 2^{ème} barrière de confinement :
 - isolement de la ligne VDA du GV affecté dans les accidents de refroidissement, afin de dépressuriser le GV affecté et de limiter le refroidissement du primaire et, ainsi empêcher la rupture fragile de la cuve.
- 3^{ème} barrière de confinement :
 - ouverture du système VDA dans certaines conditions de fonctionnement PCC-2 à 4 et séquences RRC-A, afin de limiter la montée en pression du circuit secondaire et ainsi garantir son intégrité,
 - isolement de la ligne VDA du GV affecté en cas de RTGV, afin de confiner les substances radioactives dans le GV affecté,
 - isolement du système VDA en début d'accident grave.

0.1.4. Contributions indirectes aux fonctions de sûreté

Le système VDA doit contribuer indirectement au confinement des substances radioactives en tant que support de la fonction de mise en place et maintien du Dispositif d'Étanchéité à l'Arrêt (DEA) du système RCP en cas de Manque De Tension Généralisé (MDTG). En effet, l'ouverture du système VDA permet de dépressuriser le circuit primaire, et d'atteindre ainsi les conditions thermohydrauliques de fonctionnement du DEA.

0.1.5. Contributions spécifiques contre les agressions

Le système VDA ne contribue pas spécifiquement à la protection contre les agressions.

0.1.6. Contributions à l'élimination pratique

Le système VDA ne contribue pas directement à l'élimination pratique.

0.2. CRITÈRES FONCTIONNELS

Au titre de ses contributions à l'accomplissement des fonctions de sûreté, le système doit satisfaire les critères fonctionnels suivants :

0.2.1. Contrôle de la réactivité

Fermeture des vannes de la ligne de décharge à l'atmosphère

Le système VDA doit assurer la fermeture des vannes de décharge à l'atmosphère (GV par GV) dans un délai suffisamment court afin de limiter les risques de retour en criticité en cas de transitoires de rupture de tuyauterie secondaire ou d'ouverture intempestive/blocage de la vanne d'isolement VDA (conditions de fonctionnement PCC-2 à 4).

Limitation de la décharge à l'atmosphère à un débit maximal

Le système VDA doit limiter le débit de décharge à l'atmosphère à un débit d'évacuation maximal de vapeur afin d'éviter le sur-refroidissement du circuit primaire qui pourrait conduire à un retour en criticité en cas d'ouverture intempestive de la vanne d'isolement VDA (conditions de fonctionnement PCC-2 à 4).

Ouverture des vannes de la ligne de décharge à l'atmosphère

La pression GV est contrôlée par l'ouverture des vannes de décharge à l'atmosphère. Le système VDA doit assurer l'ouverture de la ligne de décharge à l'atmosphère, afin de dépressuriser le GV affecté et éviter ainsi une rétrovidange vers le circuit primaire qui pourrait conduire à un retour en criticité en cas de RTGV.

0.2.2. Évacuation de la puissance résiduelle

Décharge de vapeur à un débit minimal

Le système VDA doit fournir un débit de décharge minimum de vapeur, afin de garantir une évacuation suffisante de la puissance résiduelle dans certaines conditions de fonctionnement PCC-2 à 4 et séquences RRC-A.

Refroidissement partiel du circuit primaire

Le système VDA doit assurer un gradient de refroidissement, afin de dépressuriser le circuit primaire jusqu'à l'atteinte du seuil d'injection des pompes ISMP :

- en cas de perte d'inventaire primaire (RTGV ou APRP), ou en cas de contraction du fluide primaire due à la dépressurisation excessive du circuit primaire (conditions de fonctionnement PCC-2 à 4),
- en cas de perte d'inventaire primaire (APRP) avec défaillance du système de protection ou ATWS avec perte PS et aspersion intempestive (séquences RRC-A).

Refroidissement automatique du circuit primaire avec un gradient de refroidissement imposé par l'opérateur

Le système VDA doit permettre d'imposer un gradient de refroidissement, afin d'atteindre les conditions de connexion du système RIS-RA en mode RA avant la vidange des bâches ASG et de maintenir des conditions de fonctionnement compatibles avec les capacités d'injection en eau borée du système RBS dans les conditions de fonctionnement PCC-2 à 4 et séquences RRC-A.

Refroidissement maximum

Le système VDA doit permettre l'ouverture de la décharge à l'atmosphère, afin d'assurer une dépressurisation suffisamment rapide du circuit primaire jusqu'au seuil d'injection par les accumulateurs RIS et les trains ISBP notamment en cas de petite brèche primaire sans pompes ISMP ou en cas de perte totale de la chaîne de refroidissement conduisant à une brèche aux joints des pompes primaires (séquences RRC-A).

0.2.3. Confinement des substances radioactives

- 1^{ère} barrière de confinement :
Le système VDA ne participe pas à l'intégrité de la 1^{ère} barrière de confinement.
- 2^{ème} barrière de confinement :
Isolement de la ligne de décharge à l'atmosphère
Le système VDA doit isoler la ligne de décharge à l'atmosphère afin de limiter le refroidissement et la dépressurisation du GV affecté et ainsi empêcher la rupture fragile de la cuve en cas d'accident de refroidissement.
- 3^{ème} barrière de confinement :
Ouverture de la ligne de décharge à l'atmosphère pour protéger le circuit secondaire contre les surpressions
Les caractéristiques du système VDA (point de consigne de la vanne réglante, capacité et temps d'ouverture de la vanne d'isolement) doivent permettre d'assurer la protection du circuit secondaire contre les surpressions dans les conditions de fonctionnement PCC-2 à 4 et séquences RRC-A par le respect des critères associés
Isolement de la ligne de décharge à l'atmosphère par relèvement du point de consigne
Le système VDA doit refermer les vannes de la ligne de décharge à l'atmosphère par relèvement du point de consigne au-dessus de la pression de refoulement des pompes ISMP (et en dessous du seuil d'ouverture des soupapes de sûreté des GV) à la fin de la phase de refroidissement partiel afin de limiter les rejets en cas de RTGV. Une fonction manuelle de relèvement du point de consigne existe également, actionnant la fermeture de la vanne d'isolement et de la vanne réglante.
Isolement de la ligne de décharge à l'atmosphère
Le système VDA doit isoler la ligne de décharge à l'atmosphère en début d'accident grave afin d'assurer le confinement des substances radioactives.

0.2.4. Contributions indirectes aux fonctions de sûreté

Au titre de sa contribution indirecte au confinement des substances radioactives, le système VDA doit fournir un débit de décharge minimum de vapeur afin de dépressuriser le circuit primaire et d'atteindre les conditions thermohydrauliques de mise en place et maintien du DEA et ainsi éviter une brèche primaire aux joints des pompes primaires en cas de MDTG.

0.3. EXIGENCES RELATIVES A LA CONCEPTION**0.3.1. Exigences issues du classement de sûreté****0.3.1.1. Classement de sûreté**

Les parties du système VDA jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté doivent faire l'objet d'un classement de sûreté conformément aux règles de classement indiquées à la section 3.2.1.

0.3.1.2. Critère de Défaillance Unique (active et passive)

Les fonctions du système VDA classées F1 doivent être robustes à l'application du Critère de Défaillance Unique.

0.3.1.3. Alimentation électrique de secours

L'alimentation électrique des composants du système VDA nécessaire à l'accomplissement des fonctions classées F1 doit être secourue par les groupes diesels principaux.

0.3.1.4. Séparation physique / géographique

Les fonctions classées F1 du système VDA doivent être conçues conformément à l'exigence de séparation physique / géographique de leurs équipements redondants constitutifs.

0.3.1.5. Qualification aux conditions accidentelles

Les équipements classés du système VDA doivent être qualifiés en fonction des conditions de fonctionnement dans lesquelles ils sont sollicités au titre de leur contribution à l'accomplissement des fonctions de sûreté, conformément aux règles du sous-chapitre 3.7.

0.3.1.6. Classement ESPN, mécanique, électrique, Contrôle-Commande et sismique

Les équipements du système VDA redevables d'un classement mécanique, électrique, Contrôle-Commande et sismique doivent être classés conformément aux règles de classement présentées dans la section 3.2.1.

Les équipements du système VDA redevables d'un classement ESPN doivent être classés conformément à la réglementation applicable présentée dans la section 3.6.2.

0.3.2. Exigences réglementaires**0.3.2.1. Textes réglementaires****0.3.2.1.1. Textes officiels**

Le système VDA est concerné par les textes officiels suivants :

- le décret n° 2016-1925 du 28 décembre 2016 relatif au suivi en service des appareils à pression,
- l'arrêté du 20 novembre 2017 relatif au suivi en service des équipements sous pression et des récipients à pression simples,
- l'arrêté du 30 décembre 2015 modifié (aussi appelé arrêté ESPN) relatif aux équipements sous pression nucléaires,
- le décret 2007-534 du 10/04/2007 modifié autorisant la création de l'installation nucléaire de base,
 - Art. 2 - Section III-2.1.3 – La protection du réacteur : "Par ailleurs, un système de secours de l'alimentation en eau des générateurs de vapeur doit permettre :
 - pour tout transitoire de référence, d'assurer le refroidissement du circuit primaire, puis l'évacuation de la puissance résiduelle du cœur,

- pour tout incident ou accident de référence ainsi que pour les conditions de fonctionnement avec défaillances multiples sans perte totale du refroidissement par le circuit secondaire, d'assurer le refroidissement du circuit primaire jusqu'aux conditions de fonctionnement d'un système de refroidissement de secours du cœur.",

- l'arrêté du 10/11/1999 modifié relatif à la surveillance de l'exploitation du circuit primaire principal et des circuits secondaires principaux des réacteurs nucléaires à eau sous pression.

0.3.2.1.2. Prescriptions techniques

Le système VDA appartient au noyau dur Fukushima (cf. chapitre 21). A ce titre, il doit respecter la décision n°2012-DC-0283 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 26 juin 2012 et décision n°2014-DC-0403 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 21 janvier 2014 (voir section 1.7.0).

0.3.2.1.3. Réglementations internationales

Le système VDA n'est pas concerné par une réglementation internationale spécifique.

0.3.2.2. Textes para-réglementaires

0.3.2.2.1. Règles Fondamentales de Sûreté

Le système VDA n'est pas concerné par une Règle Fondamentale de Sûreté (RFS) spécifique.

0.3.2.2.2. Directives techniques

Le système VDA est concerné par les sections suivantes des Directives Techniques (voir les sections ci-dessous extraites de la section 1.7.0 du Rapport De Sûreté) :

- section B.2.3.4 - Fonction d'évacuation de la chaleur par les circuits secondaires : « La fonction d'évacuation de la chaleur par les circuits secondaires mérite une attention particulière. Elle doit avoir la capacité d'évacuer la chaleur du cœur du réacteur via les générateurs de vapeur en association avec les vannes de décharge des générateurs de vapeur et de l'alimentation de secours en eau des générateurs de vapeur pendant les transitoires, incidents et accidents de référence »,
- section B.2.3.7 - Fonction de protection contre les surpressions dans les circuits secondaires :
 - « La fonction de protection contre les surpressions dans les circuits secondaires peut être réalisée par une association de lignes de décharge de vapeur isolables et de soupapes de sûreté implantées entre le bâtiment du réacteur et les vannes d'isolement de vapeur principales. Le caractère adéquat de cette association de lignes de décharge et de soupapes de sûreté doit être vérifié en considérant aussi l'évacuation de la puissance résiduelle, la limitation des rejets radioactifs et la prévention d'un refroidissement excessif du cœur du réacteur »,
 - « Les vannes de décharge et les soupapes de sûreté doivent être qualifiées pour les conditions de fluides qui pourraient survenir pendant leur utilisation »,
 - « Plus précisément, du point de vue de la sûreté, la fonction de protection contre les surpressions secondaires pourrait être accomplie pour chaque générateur de vapeur par deux soupapes de sûreté, chacune d'elles ayant une capacité de décharge de 25%, en plus d'une ligne de décharge de vapeur (avec une vanne d'isolement et une vanne de décharge régulée) ayant une capacité de décharge de 50%. Le point de consigne pour l'arrêt d'urgence du réacteur serait fixé à une valeur inférieure ou égale à la pression de conception des générateurs de vapeur »,
 - « Les points de consigne et les caractéristiques d'ouverture des soupapes de sûreté et des vannes de décharge devraient être choisis de telle sorte qu'il n'y ait pas de sollicitation des soupapes de sûreté en cas de rupture d'un tube de générateur de vapeur. Ce concept implique le classement des lignes de décharge de vapeur comme systèmes F1A ; de plus, une fiabilité adéquate des vannes correspondantes doit être clairement démontrée. ».

0.3.2.3. Textes EPR spécifiques

Le système VDA n'est pas concerné par un texte spécifique EPR.

0.3.2.4. Autres textes

Le système VDA est concerné par le texte suivant :

- la norme NF EN 764-7 de juillet 2002 relative aux équipements sous pression - Partie 7 : Systèmes de sécurité pour équipements sous pression non soumis à la flamme : Les exigences applicables au système VDA concernent la protection des équipements sous pression contre tout dépassement de ses limites admissibles.

0.3.3. Agressions

0.3.3.1. Agressions internes

Les fonctions du système VDA doivent être protégées vis-à-vis des conséquences des agressions internes si leur perte remet en cause l'atteinte des objectifs de sûreté du sous-chapitre 3.4.

0.3.3.2. Agressions externes

Les fonctions du système VDA doivent être protégées vis-à-vis des conséquences des agressions externes si leur perte remet en cause l'atteinte des objectifs de sûreté du sous-chapitre 3.3.

0.3.4. Diversification

Le système VDA ne fait pas l'objet d'une exigence de diversification.

0.3.5. Radioprotection

Le système VDA n'est pas concerné par une exigence de radioprotection.

0.3.6. Exigences liées au fonctionnement, à la maintenance et à l'accessibilité long terme

Le système VDA n'est pas concerné par une exigence liée au fonctionnement, à la maintenance et à l'accessibilité long terme dans la gestion long terme après accident.

0.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE

0.4.1. Essais de démarrage

Le système VDA doit être conçu pour permettre la réalisation d'essais de démarrage permettant de s'assurer de sa conception adéquate et de ses performances, et notamment du respect des critères fonctionnels qui lui sont assignés au [§ 0.2.](#)

0.4.2. Surveillance en exploitation

Le système VDA doit être conçu pour permettre une surveillance en exploitation normale des caractéristiques du système nécessaires à l'accomplissement de ses missions de sûreté afin d'assurer le bon comportement de ses composants et leur disponibilité compte tenu en particulier des exigences liées à la démonstration d'exclusion de rupture (cf. section 3.4.2.3).

0.4.3. Essais périodiques

Les parties classées du système VDA doivent être conçues pour permettre la réalisation d'essais périodiques conformément aux règles définies dans le chapitre IX des Règles Générales d'Exploitation (RGE).

0.4.4. Maintenance

Le système VDA doit être conçu pour permettre la mise en œuvre d'un programme de maintenance conformément au chapitre VIII des RGE.

1. RÔLE DU SYSTÈME

Le système VDA assure les fonctions opérationnelles suivantes dans les différentes conditions de fonctionnement de l'installation dans lesquelles il est sollicité :

1.1. RÔLE DU SYSTÈME PENDANT L'EXPLOITATION NORMALE DE LA TRANCHE

En fonctionnement normal de la tranche, le système VDA assure les fonctions suivantes :

- évacuer à l'atmosphère la puissance issue des GV dans certaines configurations d'essais,
- assurer la protection des GV contre les surpressions (le système VDA est donc un accessoire de sécurité).

1.2. RÔLE DU SYSTÈME DANS LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT PCC-2 À PCC-4, RRC-A, EN ACCIDENT GRAVE ET SITUATIONS AGRESSIONS

Dans les conditions de fonctionnement PCC-2 à PCC-4, RRC-A et dans les situations d'agression, le système VDA assure les fonctions suivantes :

- évacuer la chaleur des GV à l'atmosphère lorsque le condenseur n'est pas disponible. En particulier, il peut être utilisé pour refroidir le réacteur en le faisant passer de l'état d'arrêt à chaud aux conditions de connexion du système RIS-RA en mode RA,
- protéger les GV contre les surpressions,
- réguler la température du circuit primaire en permettant, en cas d'indisponibilité du condenseur, un refroidissement partiel ou automatique :
 - le refroidissement partiel par le secondaire est activé automatiquement en cas de signal IS ou sur signal de très haut niveau GV, et consiste à diminuer automatiquement le point de consigne du système VDA [] avec un gradient de refroidissement donné [],
 - le refroidissement automatique initié par l'opérateur consiste à réaliser le refroidissement de la tranche avec un gradient de refroidissement [] jusqu'à la connexion du RIS-RA en mode RA [],
- assurer un refroidissement maximum qui consiste à ouvrir en grand le système VDA afin de dépressuriser rapidement le secondaire entraînant ainsi le refroidissement et la dépressurisation rapide du circuit primaire.

De plus, en cas d'accident grave, le système VDA est isolé par l'opérateur.

Enfin, un silencieux est installé sur le toit de la casemate vapeur de chaque train, afin de réduire dans les limites réglementaires le bruit résultant d'une décharge de vapeur.

2. BASES DE CONCEPTION

2.1. HYPOTHÈSES GÉNÉRALES DE FONCTIONNEMENT

Les hypothèses générales de fonctionnement du système VDA s'appuient sur les principes suivants :

- conformément au principe d'étagement des pressions d'ouverture, les seuils d'ouverture de la vanne d'isolement du système VDA et des soupapes de sûreté des GV (VVP) sont les suivants :

- hauteur manométrique des pompes ISMP < pression d'ouverture de la vanne d'isolement du système VDA < pression d'ouverture des soupapes de sûreté des GV (VVP),
- deux lignes de décharge VDA suffisent pour évacuer la puissance résiduelle et refroidir le circuit primaire,
- les vannes réglantes et les vannes d'isolement du système VDA permettent de décharger de l'eau sous-saturée ou un mélange vapeur/eau,
- la capacité de décharge d'un train VDA est égale à 50 % de la production de vapeur d'un GV en puissance.

2.2. HYPOTHÈSES DE DIMENSIONNEMENT

2.2.1. Contrôle de la réactivité

Fermeture des vannes de la ligne de décharge à l'atmosphère

Les temps de fermeture des vannes VDA sont définis sur la base de la condition de fonctionnement de l'accident d'ouverture intempestive d'une vanne d'isolement VDA ou d'une soupape GV ainsi que de l'accident d'augmentation excessive du débit vapeur, et sont requis comme suit :

- un temps maximum de fermeture de la vanne d'isolement [],
- un temps maximum de fermeture de la vanne réglante [].

Limitation de la décharge à l'atmosphère à un débit maximal

Le débit maximal de décharge à l'atmosphère est défini sur la base de la condition de fonctionnement de l'accident d'ouverture intempestive d'une vanne d'isolement VDA ou d'une soupape GV, et est requis comme suit :

- un débit maximal [] de vapeur saturée [],
- la vanne réglante est prépositionnée dans une position ouverte (partiellement ou totalement en fonction du niveau de puissance de la tranche) lorsque la vanne d'isolement est fermée []

□

Ouverture des vannes de la ligne de décharge à l'atmosphère

Il n'y a pas de critère quantitatif associé aux critères fonctionnels du § 0.2..

2.2.2. Évacuation de la puissance résiduelle

Décharge de vapeur à un débit minimal

Le débit minimal de décharge à l'atmosphère est défini sur la base des conditions de fonctionnement des accidents d'échauffement du circuit primaire et requiert un débit de décharge minimum [] (voir sections 15.2.2i et 15.2.4c) de vapeur saturée [].

Refroidissement partiel du circuit primaire

Le refroidissement partiel du circuit primaire est défini sur la base des conditions de fonctionnement des accidents de RTGV, APRP, contraction du fluide primaire due à la dépressurisation excessive du circuit primaire, ATWS avec perte du système de protection et aspersion intempestive ou APRP avec défaillance du système de protection, et requiert l'utilisation de vannes réglantes capables d'assurer un gradient de refroidissement de -250 °C/h (voir section 15.2.4f1) [].

La capacité de la ligne de décharge requise pour le respect du gradient de refroidissement ci-dessus est couverte par le critère de débit minimal.

Refroidissement automatique du circuit primaire avec un gradient de refroidissement imposé par l'opérateur

Le refroidissement automatique du circuit primaire est défini sur la base des conditions de fonctionnement PCC-2 pour lesquels le système RIS-RA est requis. Ce refroidissement requiert l'utilisation de vannes réglantes capables d'assurer différents gradients de refroidissement []

[]

La capacité de la ligne de décharge requise pour le respect des gradients de refroidissement [] est couverte par le critère de débit minimal.

Refroidissement maximum

Il n'y a pas de critère quantitatif associé aux critères fonctionnels du § 0.2..

2.2.3. Confinement des substances radioactives

- 1^{ère} barrière de confinement :
Le système VDA ne participe pas à l'intégrité de la 1^{ère} barrière de confinement.
- 2^{ème} barrière de confinement
Il n'y a pas de critère quantitatif associé aux critères fonctionnels du § 0.2..
- 3^{ème} barrière de confinement
Ouverture de la ligne de décharge à l'atmosphère pour protéger le circuit secondaire contre les suppressions
Les caractéristiques du système VDA pour la protection du circuit secondaire sont définies par les études de suppression secondaire et sont requises comme suit :
 - un temps maximum d'ouverture de la vanne d'isolement [],
 - un débit de décharge minimum [] (voir section 19.1.3Fsl.1 et sous-chapitre 3.6) de vapeur saturée [],
 - la vanne réglante est prépositionnée dans une position ouverte (partiellement ou totalement en fonction du niveau de puissance de la tranche) []

[]

Isolement de la ligne de décharge à l'atmosphère par relèvement du point de consigne

Le relèvement de la pression de consigne du système VDA est défini sur la base des conditions de fonctionnement des accidents de RTGV [] (voir sections 15.2.4k et 19.1.3.Fsl.1).

Isolement de la ligne de décharge à l'atmosphère

Il n'y a pas de critère quantitatif associé aux critères fonctionnels du § 0.2..

2.2.4. Contributions indirectes aux fonctions de sûreté


Décharge de vapeur à un débit minimal

Le débit minimal de décharge de vapeur à l'atmosphère requiert un débit de décharge minimum [] (voir section 19.1.3Fsc) de vapeur saturée [].

2.3. AUTRES HYPOTHÈSES

Les silencieux sont tels que le bruit résultant d'une décharge de vapeur les traversant reste dans les limites réglementaires. Par ailleurs, les silencieux résistent aux contraintes météorologiques extérieures définies au sous-chapitre 2.3.

Les caractéristiques des fluides sont les suivantes :

- PCC-2 :
 - Le fluide véhiculé par le système VDA est de la vapeur saturée,
 - La pression de la vapeur principale est conforme au diagramme de charge .
 - L'humidité de la vapeur est inférieure à 0,25 % en sortie GV.
- PCC-3 à 4 et agressions externes :
 - Le fluide véhiculé par le système VDA est de la vapeur saturée ou un mélange vapeur/eau.
- RRC-A :
 - Le fluide véhiculé par le système VDA est de la vapeur saturée ou un mélange vapeur/eau.

Le système est concerné par l'hypothèse liée à l'exclusion de rupture : La portion de tuyauterie suivante du système VDA est considérée à l'exclusion de rupture (cf. paragraphe 3 de la section 3.4.2) : le piquage extrudé de la vanne d'isolement VDA connectée au système VVP.

3. DESCRIPTION - FONCTIONNEMENT

3.1. DESCRIPTION

3.1.1. Description générale du système

Le système VDA se compose de quatre trains identiques, un pour chaque GV et chacun connecté à un piquage extrudé de la ligne de vapeur principale. Chaque train comporte :

- une vanne d'isolement pilotée,
- une vanne réglante motorisée,
- un silencieux, afin de protéger le personnel et l'environnement contre des niveaux sonores inacceptables lors de la décharge du système VDA.



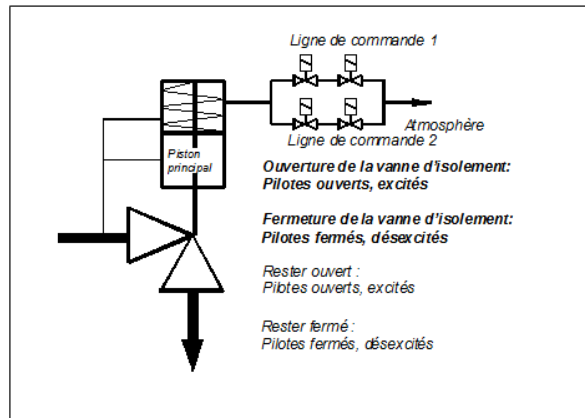
3.1.2. Description des matériels principaux

Le système VDA est constitué des matériels principaux suivants :

3.1.2.1. Vannes d'isolement

La vanne d'isolement du système VDA est soudée sur la partie de la ligne de vapeur principale se trouvant entre la traversée enceinte et la vanne d'isolement vapeur VVP, en amont des soupapes de sûreté des GV (VVP). Il s'agit d'un robinet d'angle à soupape autopiloté suivant le principe de dépressurisation.

La vanne d'isolement est pilotée par un ensemble de quatre pilotes (deux pilotes en série sur chacune des deux lignes de contrôle redondantes). Cette disposition permet d'éviter qu'une défaillance d'un pilote ne provoque une ouverture intempestive (deux pilotes en série) ou une impossibilité d'ouverture (deux lignes de contrôle redondantes appelées ligne de commande) de la vanne d'isolement.



La fonction d'ouverture s'effectue suivant le principe suivant : la vanne d'isolement du système VDA est ouverte rapidement par excitation des pilotes. La vapeur dans la chambre supérieure du piston est déchargée à l'atmosphère. La vapeur venant de la tuyauterie de vapeur principale exerce une force en dessous du piston principal supérieure à la force exercée par le ressort au-dessus du piston entraînant l'ouverture de la vanne.

La vanne reste ouverte tant que les pilotes sont alimentés.

Pour fermer la vanne d'isolement du système VDA, les pilotes ne sont plus alimentés. La chambre supérieure du piston se repressurise avec la vapeur venant de la ligne de vapeur principale, et avec l'aide de la force appliquée par le ressort, entraîne la fermeture de la vanne.

La vanne d'isolement du système VDA fonctionne grâce à la pression de la vapeur secondaire, elle ne peut pas s'ouvrir sous une faible pression de vapeur principale pour des raisons mécaniques. □

□

Commandes accessibles à l'opérateur

Les pilotes sont manœuvrables en Salle de Commande à partir de commandes groupées au Moyen de Conduite Principal (MCP) et au Moyen de Conduite de Secours (MCS).

En outre, afin d'éviter une ouverture intempestive de la vanne d'isolement VDA, une commande groupée de déverrouillage doit être validée par l'opérateur avant toute activation de commande groupée.

Alimentations électriques et Contrôle-Commande

Les quatre pilotes d'une même vanne d'isolement sont alimentées en courant continu par la même division électrique. Chaque pilote reçoit un ordre Contrôle-Commande d'une division différente.

3.1.2.2. Vannes réglantes

La vanne réglante du système VDA est un robinet à soupape d'angle motorisée soudée sur la ligne de décharge en aval de la vanne d'isolement du système VDA.

Commandes accessibles à l'opérateur

Les vannes réglantes peuvent être commandées depuis le Moyen de Conduite Principal (MCP) et le Moyen de Conduite de Secours (MCS) de la Salle de Commande.

Alimentations électriques et Contrôle-Commande

Dans chaque train, le moteur de la vanne réglante est alimenté électriquement par une alimentation en courant alternatif sans coupure, de la même division électrique que le train mécanique de la vanne. Cette vanne est commandée par le Contrôle-Commande de la même division.

3.1.2.3. Silencieux

Un silencieux est installé sur le toit de la casemate vapeur de chaque train, chacun recevant la décharge de la vanne réglante.

Chaque silencieux est équipé d'une ligne de purge à sa base pour évacuer les condensats qui peuvent se former pendant la décharge des trains VDA, ou pour éliminer la pluie ou la neige fondue qui pourraient entrer par l'enveloppe externe du silencieux.

Les silencieux sont aussi équipés d'une ligne de débordement utilisée en cas d'un hypothétique transitoire de sur remplissage du GV. La ligne de débordement conduit l'eau déchargée par le train VDA vers un puisard dans la casemate vapeur.

3.1.3. Description des dispositions d'installations principales

L'installation générale du système VDA doit permettre de respecter les exigences décrites aux [§ 0.](#) et [§ 2.](#)

3.2. FONCTIONNEMENT

3.2.1. Fonctionnement en régime normal de la tranche

Fonctionnement en puissance

Lors du fonctionnement en puissance, les vannes d'isolement sont fermées. Les vannes réglantes sont maintenues dans une position ouverte dépendant du niveau de puissance de la tranche

La position de la vanne réglante est définie en accord avec la protection contre les surpressions et la limitation du refroidissement en cas d'ouverture intempestive de la vanne d'isolement ou en cas de sollicitation du système VDA.

Cette configuration permet de garantir une réaction plus rapide du système en cas de surpression côté secondaire car la durée de manœuvre des vannes d'isolement est plus courte que celle des vannes réglantes.

Arrêt normal sur GV

Quand le RIS-RA en mode RA n'est pas connecté, la puissance résiduelle et la puissance des pompes primaires sont évacuées par le GCT vers le condenseur. Le système VDA se trouve dans la configuration suivante :

- la vanne d'isolement est fermée,
- la vanne réglante est ouverte .

Arrêt normal sur RIS-RA

La puissance résiduelle et la puissance des pompes primaires sont évacuées par le système RIS-RA et non par les GV.

Au moins deux GV sont disponibles pour l'évacuation de la puissance résiduelle, c'est-à-dire que le système VDA est disponible sur les deux GV requis disponibles.

Le système VDA se trouve dans la configuration suivante :

- la vanne d'isolement est fermée,
- la vanne réglante est ouverte□.

3.2.2. Fonctionnement en régime permanent du système

État initial : fonctionnement en puissance

En cas de conditions de fonctionnement PCC-2 à 4 ou de séquences RRC-A initiés en puissance, le système VDA évacue la puissance résiduelle et refroidit le circuit primaire par décharge de la vapeur du GV à l'atmosphère afin d'atteindre l'état contrôlé, l'état d'arrêt sûr ou l'état d'arrêt final.

État initial : arrêt normal sur GV

Attente ou arrêt à chaud

Les quatre trains VVP sont en fonctionnement et amènent la vapeur générée dans les GV vers le condenseur via le GCT. La turbine est déconnectée.

Dans le cas où le condenseur est indisponible (fonctionnement perturbé de la tranche), les 4 trains VDA sont ouverts (vanne d'isolement ouverte et vanne réglante sous contrôle de la pression secondaire) et déchargent à l'atmosphère la vapeur générée par les GV.

□

Arrêt intermédiaire sur GV

Dans le cas d'une indisponibilité du condenseur (fonctionnement perturbé de la tranche), la vapeur est déchargée par le système VDA. Dans ce cas, la vanne d'isolement est ouverte et la vanne réglante est soumise à une régulation de pression si le système VDA décharge.

□

État initial : arrêt normal sur RIS-RA

En cas de perte du système RIS-RA, la puissance résiduelle est évacuée par le système VDA. Dans ce cas, les quatre trains sont ouverts et déchargent à l'atmosphère la vapeur générée par les GV.

□

3.2.3. Fonctionnement en régime transitoire

Lors des états transitoires, le système VDA se trouve dans les configurations suivantes :

- lors de transitoires PCC-2, en envisageant l'indisponibilité du condenseur, les vannes d'isolement et réglantes sont ouvertes, la décharge de vapeur dans l'atmosphère permettra d'atteindre les conditions de connexion du RIS-RA en mode RA. Le gradient de refroidissement est contrôlé.
- lors d'événements PCC-3 ou PCC-4, en envisageant l'indisponibilité du condenseur, lorsqu'une dépressurisation est nécessaire pour atteindre les conditions d'injection ISMP, les vannes d'isolement et réglantes sont ouvertes pour démarrer le refroidissement partiel, ainsi refroidir le circuit primaire□ et donc dépressuriser le circuit primaire.
- lors d'événements PCC-3 ou PCC-4, en envisageant l'indisponibilité du condenseur, les vannes d'isolement et réglantes sont ouvertes pour atteindre les conditions de connexion du RIS-RA en mode RA□ pour l'évacuation de la puissance résiduelle,
- lors de situations de fusion du cœur à basse pression (Accident Grave), les vannes d'isolement du système VDA sont fermées manuellement, afin de confiner l'activité.

Les vannes d'isolement et réglantes sont ouvertes automatiquement par les signaux suivants :

- ouverture et maintien d'une pression vapeur constante régulée lorsque la pression vapeur est supérieure à max 1,
- refroidissement partiel contrôlé lorsque :
 - le niveau du GV est supérieur à max 2 (RTGV),
 - ou sur signal IS,
 - ou sur signal IS par pression branche chaude inférieur à min 3 (ATWS avec une perte du système de protection).

Les autres signaux initiant des actions de la part des vannes d'isolement et réglantes sont les suivants :

- signal d'isolement lorsque la pression vapeur est inférieure à min 3 (décharge à l'atmosphère ouverte intempestivement),
- remontée du point de consigne lorsque le niveau GV est supérieur à max 2 (RTGV) si le refroidissement partiel est terminé.

4. ANALYSE DE SÛRETÉ

4.1. CONFORMITÉ À LA RÉGLEMENTATION

Le système VDA est conforme à la réglementation générale en vigueur (voir le sous-chapitre 1.7) et ne fait pas l'objet de dérogations particulières.

4.2. RESPECT DES CRITÈRES FONCTIONNELS

4.2.1. Contrôle de la réactivité

Les études de transitoires incidentels / accidentels du sous-chapitre 15.2 faisant intervenir les fonctions du système VDA correspondant aux critères fonctionnels énoncés au [§ 0.2.1](#), sont réalisées en considérant, pour les paramètres suivants, des valeurs cohérentes avec les hypothèses de dimensionnement énoncées au [§ 2.2](#). (cf. sous-chapitre 15.1) :

- temps maximum de fermeture des vannes d'isolement,
- temps maximum de fermeture des vannes réglantes,
- débit maximum de décharge à l'atmosphère,
- vanne réglante prépositionnée dans une position ouverte.

Pour chaque transitoire concerné, ces études :

- présentent les effets de ces fonctions sur le déroulement du transitoire,
- montrent que le dimensionnement de ces fonctions est tel qu'il contribue au respect de leurs critères d'acceptabilité.

Par ailleurs les études de transitoires incidentels / accidentels des sous-chapitre 15.2 et sous-chapitre 19.1 sont réalisées en considérant le critère fonctionnel non quantitatif énoncé au [§ 0.2.1](#), d'ouverture des vannes de la ligne de décharge à l'atmosphère.

4.2.2. Évacuation de la puissance résiduelle

Les études de transitoires incidentels / accidentels des sous-chapitre 15.2 et sous-chapitre 19.1 faisant intervenir les fonctions du système VDA correspondant aux critères fonctionnels énoncés au [§](#)

0.2.2. sont réalisées en considérant, pour les paramètres suivants, des valeurs cohérentes avec les hypothèses de dimensionnement énoncées au [§ 2.2.](#) (cf. sous-chapitre 15.1 et accidents associés) :

- débit minimum de décharge à l'atmosphère,
- gradients de refroidissement.

Pour chaque transitoire concerné, ces études :

- présentent les effets de ces fonctions sur le déroulement du transitoire,
- montrent que le dimensionnement de ces fonctions est tel qu'il contribue au respect de leurs critères d'acceptabilité.

Par ailleurs les études de transitoires incidentels / accidentels des sous-chapitre 15.2 et sous-chapitre 19.1 sont réalisées en considérant le critère fonctionnel non quantitatif, énoncé au [§ 0.2.2.](#), de refroidissement maximum.

4.2.3. Confinement des substances radioactives

Les études de transitoires incidentels / accidentels des sous-chapitre 15.2 et sous-chapitre 19.1 faisant intervenir les fonctions du système VDA correspondant aux critères fonctionnels énoncés au [§ 0.2.3.](#) sont réalisées en considérant, pour les paramètres suivants, des valeurs cohérentes avec les hypothèses de dimensionnement énoncées au [§ 2.2.](#) (cf. sous-chapitre 15.1 et les accidents de RTGV) :

- temps maximum d'ouverture des vannes d'isolement,
- débit minimum de décharge à l'atmosphère,
- vanne réglante prépositionnée dans une position ouverte,
- relèvement de la pression de consigne.

Pour chaque transitoire concerné, ces études :

- présentent les effets de ces fonctions sur le déroulement du transitoire,
- montrent que le dimensionnement de ces fonctions est tel qu'il contribue au respect de leurs critères d'acceptabilité.

Les études de surpression secondaire de la section 3.6.3.1 sont réalisées en considérant, pour les caractéristiques des vannes de décharge du système VDA, des valeurs cohérentes avec les hypothèses de dimensionnement énoncées au [§ 2.2.](#) Ces études montrent que le dimensionnement de ces dispositifs est tel qu'il permet de respecter leurs critères d'acceptabilité.

Par ailleurs, les études de transitoires incidentels / accidentels des sous-chapitre 15.2 et sous-chapitre 19.1 sont réalisées en considérant le critère fonctionnel non quantitatif, énoncé au [§ 0.2.3.](#), de fermeture des vannes d'isolement de la ligne de décharge à l'atmosphère.

4.2.4. Contributions indirectes à l'accomplissement des fonctions de sûreté

Les hypothèses de dimensionnement du système VDA énoncées au [§ 2.2.](#) sont cohérentes avec le requis des équipements servis correspondants à un débit minimum de décharge à l'atmosphère qui permet au circuit primaire d'atteindre les conditions thermohydrauliques de mise en place du DEA (voir la section 5.4.1).

4.3. CONFORMITÉ AUX EXIGENCES DE CONCEPTION

4.3.1. Exigences issues du classement de sûreté

4.3.1.1. Classement de sûreté

Les classements des équipements du système VDA jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté sont présentés dans la section 3.2.2.

4.3.1.2. Critère de défaillance unique (active et passive)

Défaillance unique active

La conception du système VDA est conforme à l'exigence de robustesse au critère de défaillance unique active énoncée au [§ 0.3.](#), notamment sur les points suivants :

- l'isolement de la décharge à l'atmosphère : la redondance est assurée par la fermeture de la vanne d'isolement et de la vanne réglante dont le niveau de fuite est acceptable pour couvrir la défaillance de la vanne d'isolement,
- l'ouverture de la décharge à l'atmosphère : la redondance est assurée par les quatre trains VDA. Pour le cas particulier de la RTGV, la redondance repose sur l'ouverture de la ligne de by-pass du GV affecté et de celle d'un GV sain voisin,
- la dépressurisation des GV en cas de surpression secondaire : la redondance est assurée par les lignes VDA et les soupapes de sûreté des GV (VVP),
- le système VDA bénéficie de l'architecture de 4 divisions du Contrôle-Commande et des alimentations électriques.

Défaillance unique passive

La défaillance unique passive n'est pas prise en compte pour ce système ne fonctionnant que pendant un temps limité.

4.3.1.3. Alimentation électrique de secours

La conception du système VDA est conforme à l'exigence de secours électrique énoncée au [§ 0.3.](#), notamment sur les points suivants :

- en cas de Manque De Tension Externe (MDTE), les vannes réglantes et d'isolement du système VDA sont secourues par les groupes diesels principaux. Elles sont également secourues par des batteries [],
- en cas de Manque De Tension Généralisé (MDTG), les trains VDA 1 et 4 sont secourus par les diesels d'ultime secours. Les trains VDA 2 et 3 sont isolés.

De plus, en cas de Perte Totale des Alimentations Electriques (PTAE), les vannes d'isolement se ferment (position de sécurité).

4.3.1.4. Séparation physique / géographique

La conception du système VDA est conforme à l'exigence de séparation physique / géographique, notamment concernant la séparation physique des 4 trains redondants.

4.3.1.5. Qualification aux conditions accidentelles

Les équipements du système VDA relevant d'une qualification aux conditions accidentelles sont présentés dans la section 3.7.1.1.2.

4.3.1.6. Classement ESPN, mécanique, électrique, contrôle-commande et sismique

La conformité des classements mécanique, électrique, Contrôle-Commande et sismique des équipements du système VDA jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté aux exigences énoncées au [§ 0.3.](#) est détaillée dans la section 3.2.2.

La conformité du classement ESPN des équipements du système VDA aux exigences énoncées au [§ 0.3.](#) est détaillée dans la section 3.2.2.

4.3.2. Exigences réglementaires

4.3.2.1. Textes réglementaires

La conformité aux textes réglementaires est portée de manière générale par la section 1.7.1 du Rapport de Sûreté.

4.3.2.1.1. Textes officiels

La conformité aux textes officiels spécifiquement applicables au système, listés au [§ 0.3.2.](#), est assurée par :

- les études de suppression du circuit secondaire,
- un classement ESPN suffisant lorsque nécessaire.

4.3.2.1.2. Prescriptions techniques

La conformité du système VDA aux décisions n°2012-DC-0283 du 26 juin 2012 et n°2014-DC-0403 du 21 janvier 2014 est démontrée dans le chapitre 21.

4.3.2.1.3. Réglementations internationales

Sans objet.

4.3.2.2. Textes para-réglementaires

La conformité aux textes para-réglementaires est portée de manière générale par la section 1.7.1 du Rapport de Sûreté.

4.3.2.2.1. Règles fondamentales de sûreté

Sans objet.

4.3.2.2.2. Directives techniques

La conformité aux directives techniques spécifiquement applicable au système, listées au [§ 0.3.2.](#) est assurée par :

- la présence de quatre trains indépendants,
- l'association des lignes de décharge à l'atmosphère et des soupapes de sûreté des GV (VVP),
- la limitation du débit de décharge à l'atmosphère,
- l'isolement des vannes de décharge à l'atmosphère,
- la qualification et le classement des vannes de décharge à l'atmosphère,
- les caractéristiques d'ouverture des vannes de décharge à l'atmosphère,
- la capacité de décharge des vannes,
- la fiabilité du système de protection.

4.3.2.3. Texte EPR spécifiques

Sans objet.

4.3.2.4. Autres textes

La conformité aux textes applicables au système, listés au [§ 0.3.2.4.](#), est assurée par les études de surpression du circuit secondaire.

4.3.3. Agressions

4.3.3.1. Agressions internes

La démonstration de la robustesse de l'installation aux agressions internes relève du sous-chapitre 3.4.

4.3.3.2. Agressions externes

La démonstration de la robustesse de l'installation aux agressions externes relève du sous-chapitre 3.3.

4.3.4. Diversification

Bien que non redevable d'une exigence diversification, la conception du système VDA bénéficie d'une diversification sur les points suivants :

- diversification du Contrôle-Commande par le PAS/SAS en cas de perte du système de protection,
- diversification de l'alimentation électrique : les organes électriques sont alimentés par des tableaux électriques différents bénéficiant d'une réalimentation par les diesels SBO afin de permettre la gestion d'une situation de MDTG,
- diversification des moyens de commande : commande manuelle locale et électrique depuis la salle de commande.

De plus, la conception du système VDA bénéficie au titre de la robustesse d'une diversification de la technologie des vannes d'isolement et réglantes.

4.3.5. Radioprotection

Sans objet.

4.3.6. Fonctionnement, maintenance et accessibilité long terme

Sans objet.

4.3.7. Système tel que réalisé

A ce stade de la fabrication, de l'installation et du déroulement des essais, aucun écart n'impacte les requis de sûreté spécifiés dans le Rapport de Sûreté.

4.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE

4.4.1. Essais de démarrage

Le système VDA fait l'objet d'un programme d'essais de démarrage conformément aux modalités présentées au chapitre 14 permettant notamment de vérifier le respect des critères suivants :

- temps maximum de fermeture des vannes d'isolement,
- temps maximum de fermeture des vannes réglantes,
- débit maximum de décharge,
- débit minimum de décharge,
- gradients de refroidissement,

- temps maximum d'ouverture des vannes d'isolement.

Il est à noter que la vérification des critères fonctionnels de débit minimum et maximum de décharge vers l'atmosphère n'étant pas possible de façon directe du fait que les conditions d'essais diffèrent des conditions de fonctionnement incidentelles ou accidentelles dans lesquelles ces derniers doivent être satisfaits, leur vérification doit être faite de façon transposée.

4.4.2. Surveillance en exploitation

Surveillance fonctionnelle en exploitation normale de l'aptitude du système à accomplir ses missions de sûreté

Le système VDA n'est pas sollicité en fonctionnement normal de la tranche.

Les critères de sûreté suivants font l'objet d'une surveillance en exploitation :

- prépositionnement des vannes réglantes (lignage correct),
- position ouverte des vannes d'isolement des lignes de commande,
- position fermée des vannes d'isolement,
- position fermée des pilotes des vannes d'isolement.

Surveillance des composants mécaniques

Les tuyauteries du système VDA faisant partie du Circuit Secondaire Principal (CSP) sur lesquelles porte une exigence d'exclusion de rupture font l'objet d'une surveillance en exploitation spécifique conformément au sous-chapitre 10.5.

Inspections en service

Les tuyauteries du système VDA faisant partie du CSP sur lesquelles porte une exigence d'exclusion de rupture font l'objet d'inspections en exploitation conformément au sous-chapitre 10.5.

4.4.3. Essais périodiques

Les parties classées du système VDA font l'objet d'essais périodiques conformément au chapitre IX des Règles Générales d'Exploitation (RGE) permettant notamment de vérifier le respect des critères suivants :

- temps maximum de fermeture des vannes d'isolement,
- temps maximum de fermeture des vannes réglantes,
- temps maximum d'ouverture des vannes d'isolement.

4.4.4. Maintenance

Le système VDA fait l'objet d'un programme de maintenance conformément au chapitre VIII des RGE.

Aucune maintenance préventive n'est prévue pour les composants de la partie classée de sûreté du système VDA en dehors des phases d'arrêt.

5. SCHÉMA DE PRINCIPE

Le schéma de principe du système VDA est présenté en figure [FIG-6.8.1](#). Le train 1 est donné comme exemple.

TAB-6.8.1 CONSÉQUENCES D'UNE DÉFAILLANCE UNIQUE

Composant	Fonction	Défaillance unique	Explication
Vannes réglantes	Évacuation de la puissance résiduelle ou refroidissement	Défaut d'ouverture	La redondance repose sur les autres trains VDA.
	Dépressurisation des GV	Défaut d'ouverture	La fonction n'est nécessaire qu'à long terme. La redondance repose sur l'ouverture de la ligne de by-pass du GV affecté et de celle d'un GV sain voisin.
	Limiter les rejets d'activité lors d'une RTGV	Défaut de fermeture	La redondance repose sur la vanne d'isolement du GV affecté.
	Protéger les GV contre les surpressions	Défaut d'ouverture	La redondance repose sur les soupapes de sûreté du même GV.
Vannes d'isolement	Évacuation de la puissance résiduelle ou refroidissement	Défaut d'ouverture	La redondance repose sur les autres trains VDA.
	Dépressurisation des GV	Défaut d'ouverture	La fonction n'est nécessaire qu'à long terme. La redondance repose sur l'ouverture de la ligne de conditionnement du GV affecté et de celle d'un GV sain voisin.
	Limiter les rejets d'activité lors d'une RTGV	Défaut de fermeture	La redondance repose sur la vanne réglante du GV affecté.
	Protéger les GV contre les surpressions	Défaut d'ouverture	La redondance repose sur les soupapes de sûreté du même GV.

FIG-6.8.1 SCHÉMA SIMPLIFIÉ DU SYSTÈME VDA

