

EPR NM BASIC DESIGN

DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE

DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE

DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE**OBJET DE LA REVISION**

Cette version est une mise à jour de la version du 11/02/2016 qui intègre les éléments communiqués pour l'instruction conformément au courrier ré. ENM-PPPPPP-00005-ASNDCN.

Son contenu reflète parfois un niveau de détail dépassant le contenu attendu d'un Dossier d'Options de Sûreté.

Les informations ne pouvant pas être communiquées au public sont identifiées de la façon suivante : [].

DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE

DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE**TABLE DES MATIERES**

INTRODUCTION	PAGE 7
VOLUME 1 : REFERENTIEL DE SURETE	PAGE 17
VOLUME 2 : DESCRIPTION GENERALE DES STRUCTURES, SYSTEMES ET COMPOSANTS	PAGE 242
VOLUME 3 : FONCTIONNEMENT GENERAL, PROTECTION DES TRAVAILLEURS	PAGE 710
GLOSSAIRE	PAGE 731

DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE

DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE**INTRODUCTION**

DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE

DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE

1. PRESENTATION DU PROJET EPR NM

1.1. OBJECTIFS DU PROJET EPR NM

Le projet « EPR Nouveau Modèle (EPR NM) » a pour objectif le développement d'un nouveau modèle de réacteur nucléaire de 3^e génération, évolution de l'EPR.

EDF et Framatome ont fait le choix de développer ce projet en commun pour tirer le meilleur parti des synergies existant entre les deux ingénieries. Ce projet a pour ambition :

- d'intégrer le retour d'expérience de conception, construction et mise en service des réacteurs développés par les deux entreprises, en particulier les EPR de Flamanville 3, Olkiluoto 3, Taishan 1-2 et Hinkley Point C ainsi que le retour d'expérience d'exploitation des réacteurs existants ;
- de disposer au sein de la filière nucléaire française, d'un réacteur à haut niveau de sûreté et compétitif au niveau international ;
- d'être prêts à lancer un projet de construction d'un nouveau réacteur en France.

Pour concrétiser cette ambition, plusieurs leviers sont mis en œuvre :

- un référentiel de sûreté réévalué : ce réacteur sera notamment le premier à intégrer dès sa conception l'ensemble des leçons de l'accident de Fukushima Dai-ichi. Il prendra également en compte les évolutions de standards et réglementations les plus récents, tant nationaux qu'internationaux ;
- des options de conception et des processus d'ingénierie améliorés, notamment par :
 - une simplification de la conception des systèmes et bâtiments permettant d'améliorer la constructibilité et de sécuriser les plannings de réalisation mais également de continuer à exploiter en toute sûreté ;
 - une utilisation de méthodes et outils avancés pour renforcer l'efficacité de l'ingénierie et permettre une gestion optimisée de la configuration technique du réacteur tout au long du cycle de vie ;
 - une intégration des aspects industriels dès le démarrage du projet, avec pour objectif d'aller vers une plus grande standardisation des équipements. Cette démarche sera menée en associant certains fournisseurs à la phase de conception.

1.2. ORGANISATION DU PROJET DE « BASIC DESIGN »

L'organisation du projet de « basic design » de l'EPR NM a été définie afin de garantir l'atteinte des objectifs de performance assignés en termes de sûreté, coûts, délais et qualité. Les principes retenus sont :

- la mutualisation des compétences EDF et Framatome en privilégiant l'organisation des équipes selon une approche projet et compétences ;
- l'anticipation du dialogue avec l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) afin notamment d'assurer très en amont de la phase de réalisation la conformité de la conception à la réglementation française ;
- l'alignement sur les meilleures pratiques internationales par la mise en œuvre de méthodes d'ingénierie éprouvées ;
- la capitalisation du retour d'expérience et l'implication renforcée des partenaires industriels et des fournisseurs.

DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE

Le projet EPR NM est piloté par un Plateau projet EDF/Framatome basé dans la tour AREVA à Paris La Défense qui s'appuie sur les différentes unités d'ingénierie d'EDF et de Framatome. Ce Plateau est sous l'autorité d'un directeur de projet. []

Les objectifs de la phase de « basic design » sont de disposer :

- des éléments techniques permettant d'évaluer le coût et la durée de construction de l'EPR NM et de confirmer la compétitivité du modèle notamment en vue d'une offre à l'export ;
- d'un dossier support à une Demande d'Autorisation de Création déposée en France.

A ce titre, préalablement à l'engagement de la procédure d'autorisation de création (mentionnée à l'article L593-7 du Code de l'Environnement), le projet vise à disposer mi 2017 d'un avis de l'ASN sur le référentiel de sûreté et sur les principales options de conception du réacteur EPR NM décrits dans le présent Dossier d'Options de Sûreté (DOS) conformément aux dispositions prévues à l'article 6 du décret 2007-1557 du 2 novembre 2007 modifié.

2. PRESENTATION DU DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE

Le DOS est constitué de trois volumes :

- Volume 1 : Référentiel de sûreté. Ce volume présente la démarche de sûreté de l'EPR NM dans son ensemble : objectifs de sûreté, principes de sûreté à la conception, règles et méthodes pour la démonstration de sûreté nucléaire ;
- Volume 2 : Description générale des structures, systèmes et composants ;
- Volume 3 : Fonctionnement général, protection des travailleurs.

Les volumes 2 et 3 décrivent les principales options de conception envisagées pour l'EPR NM, en mettant l'accent sur celles en évolution par rapport à l'EPR Flamanville.

Certains sujets feront l'objet d'une instruction spécifique avec l'ASN dans le cadre du « basic design ». Il s'agit :

- des codes et méthodes pour les études thermohydrauliques et neutroniques : les évolutions envisagées sur l'EPR NM feront l'objet de dossiers dédiés ;
- des modalités d'application de l'arrêté ESPN : en particulier, l'identification des fabricants et des équipements « réglementaires ». Ces modalités feront également l'objet d'un dossier dédié.

Le DOS a pour cadre réglementaire le Code de l'Environnement.

En ce qui concerne le cadre réglementaire constitué par le Code de la Défense (protection contre les actes de malveillance), un DOS a été transmis pour instruction au Haut Fonctionnaire de la Défense et de Sécurité, en parallèle de l'instruction du présent dossier d'options de sûreté par l'ASN.

DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE

2.1. LE REFERENTIEL ET LA DEMARCHE DE SURETE

Les objectifs de sûreté de haut niveau et les principes applicables pour la conception de l'EPR NM dans le cadre d'une demande d'autorisation de création en France sont présentés dans le volume 1 du présent dossier. Il est à noter que certains principes n'étant pas encore totalement figés à ce stade, ils seront précisés au cours du « basic design ».

Le présent dossier s'astreint à distinguer de la façon la plus claire possible les objectifs et exigences de sûreté, dont le respect fera l'objet de la démonstration de sûreté nucléaire, des objectifs et principes de conception qui peuvent contenir des marges résultant de découplages ou hypothèses simplificatrices de responsabilité exclusive du concepteur et de l'exploitant.

2.1.1. LE RÉFÉRENTIEL DE SÛRETÉ

Depuis la conception de l'EPR, le contexte réglementaire, tant en France qu'à l'international, a évolué. Le nouveau référentiel de sûreté pour l'EPR NM prend en compte notamment :

- l'arrêté modifié du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux Installations Nucléaires de Base (« arrêté INB ») et les décisions prises par l'ASN pour préciser les modalités d'application de cet arrêté ;
- les objectifs de sûreté et les recommandations relatives à la conception des réacteurs à eau pressurisée publiées après l'accident de Fukushima Dai-ichi par l'association WENRA ;
- le guide 22 de l'ASN et de l'IRSN sur la conception des réacteurs à eau sous pression.

Conformément à la réglementation française, le référentiel de sûreté de l'EPR NM vise l'atteinte d'un niveau des risques aussi faible que possible dans des conditions économiquement acceptables selon une approche proportionnée à l'importance de ces risques.

Par ailleurs, les textes réglementaires et para-réglementaires mettent l'accent sur :

- l'indépendance suffisante entre les niveaux de défense en profondeur ;
- la prévention et la protection contre les défaillances de cause commune affectant des systèmes de sûreté ;
- la protection contre les agressions externes extrêmes naturelles.

Le référentiel de sûreté de l'EPR NM, basé sur celui de l'EPR Flamanville, est donc adapté pour tenir compte de ces évolutions de la réglementation ainsi que du retour d'expérience de la conception et du licensing des projets EPR en cours, notamment celui de Flamanville, avec un objectif d'établir un référentiel lisible et simple à décliner y compris à l'export.

2.1.2. LES OBJECTIFS DE SURETE ET LA DEMARCHE DE SURETE

En conformité avec les exigences exprimées par l' « arrêté INB », concernant les risques radiologiques, la démarche de sûreté retenue sur l'EPR NM est une démarche déterministe complétée par une vérification probabiliste de la conception, visant à limiter autant que possible les itérations entre ces deux approches.

Concernant les risques conventionnels, leur prise en compte à la conception fait l'objet d'une démarche spécifique en complément de la démarche de protection contre les risques radiologiques et qui est proportionnée aux enjeux.

DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE

Les paragraphes suivants détaillent la démarche de prise en compte des risques radiologiques à la conception.

2.1.2.1. Démarche déterministe

La démarche déterministe comprend deux domaines de conception avec une gradation des exigences en fonction de la fréquence des initiateurs :

- le domaine de conception de référence utilisant des hypothèses et méthodes conservatives : ce domaine couvre les conditions de fonctionnement de référence DBC pour lesquelles la fusion du cœur doit être prévenue et l'objectif de sûreté est l'absence d'impact radiologique hors site ou alors un impact radiologique mineur ;
- le domaine de conception étendu utilisant des hypothèses plus réalistes et des méthodes plus physiques : ce domaine couvre :
 - les conditions de fonctionnement avec défaillances multiples DEC-A (définies de façon à traiter des situations plus complexes que celles prises en compte dans le domaine de conception de référence) pour lesquelles la fusion du cœur doit être prévenue. L'objectif de sûreté est l'absence d'impact radiologique hors site ou alors un impact radiologique mineur ;
 - les conditions de fonctionnement avec fusion du cœur DEC-B qui postulent un accident avec fusion du cœur de façon déterministe et pour lesquelles l'objectif de sûreté est que les éventuelles mesures de protection pour le public doivent être limitées dans l'espace et dans le temps.

Par ailleurs, les agressions internes et externes, ainsi que les cumuls plausibles d'événements sont pris en compte de façon déterministe à la conception :

- les agressions internes sont prises en compte avec des règles et hypothèses conservatives. L'objectif de sûreté associé aux agressions internes est l'absence de fusion du cœur et un impact radiologique nul ou mineur ;
- en déclinaison de WENRA, la conception de l'EPR NM présente une résistance élevée aux agressions externes naturelles et distingue :
 - les agressions externes naturelles de référence qui sont définies par des niveaux de référence (DBH) correspondant à des niveaux élevés d'agression (associés à une période de retour d'environ 10000 ans) ; l'objectif de sûreté associé aux agressions externes de référence est l'absence de fusion du cœur et un impact radiologique nul ou mineur ;
 - les agressions externes naturelles plus sévères que les agressions externes de référence (qualifiées dans la suite du document d' « agressions externes extrêmes naturelles »). Pour ces agressions, l'objectif de sûreté est de vérifier l'absence de rejets importants ou précoces à un niveau d'agression correspondant à un niveau de plausibilité aussi faible que possible au regard des objectifs probabilistes (voir paragraphe suivant) et dans des conditions économiquement acceptables.

DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE

2.1.2.2. Démarche probabiliste

En complément de la démarche déterministe, la démarche probabiliste consiste à vérifier que :

- le risque de fusion du cœur est inférieur à 1×10^{-5} par réacteur et par an, en prenant en compte tous les types d'événements (événements internes, agressions internes et externes) pouvant survenir dans tous les états de fonctionnement du réacteur ;
- les rejets importants ou précoces sont rendus extrêmement improbables avec un haut degré de confiance.

2.2. DESCRIPTION DU MODELE

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

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

La conception de l'EPR Flamanville a été prise comme référence. Les évolutions identifiées comme significatives par rapport à l'EPR Flamanville à ce stade de la conception sont décrites dans le volume 2.

Par ailleurs, le volume 2 se concentre sur les structures, systèmes et composants de l'îlot nucléaire. L'îlot conventionnel est succinctement décrit, et le reste de l'installation n'est pas traité. Il est à noter que la conception de l'EPR NM est réalisée sur la base d'une paire d'unités de production.

Enfin, il convient de préciser qu'en l'absence de site connu à ce jour pour l'implantation de l'EPR NM, la notion de « conception standard » a été définie : des valeurs de découplage, indépendantes du site, sont retenues pour la conception et choisies de façon à couvrir une gamme de sites possibles en France. Ces valeurs pourront être revues une fois le site choisi.

2.2.1. PRINCIPALES ÉVOLUTIONS TECHNIQUES ÉTUDIÉES

Les principales options techniques retenues qui viennent en évolution par rapport à l'EPR Flamanville sont succinctement décrites ci-dessous.

2.2.1.1. Architecture des trains de sauvegarde

L'EPR Flamanville comporte quatre trains de sauvegarde, ce qui permet la maintenance préventive de l'un des trains réacteur en puissance, et quatre boucles primaires.

Pour l'EPR NM, l'exigence de maintenance des systèmes de sauvegarde réacteur en puissance n'est pas reconduite. Il a donc été retenu une configuration avec trois trains de sauvegarde et quatre boucles primaires tout en maintenant le même objectif de disponibilité.

Les architectures systèmes sont décrites dans le volume 2 du présent dossier.

2.2.1.2. Simple enceinte

La conception de l'EPR NM repose sur une enceinte simple pour le bâtiment réacteur assurant les mêmes fonctions que la double enceinte de l'EPR Flamanville (notamment résistance à la chute d'avion et tenue à la pression interne en cas d'accident). Cette

DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE

enceinte, non liaisonnée aux bâtiments périphériques, intègre une peau d'étanchéité métallique.

Par ailleurs, la protection des bâtiments périphériques contre la chute d'avion est assurée soit par une simple paroi (double paroi sur l'EPR Flamanville) soit par séparation géographique.

La conception de ces structures fait appel à un code et des méthodes nouveaux par rapport à l'EPR Flamanville.

La description des structures fait l'objet du chapitre 1 du volume 2.

2.2.1.3. Puissance thermique

La puissance thermique du cœur du réacteur retenue à la conception de l'EPR NM est de 4850 MWth.

Cette augmentation sera réalisée en limitant, par rapport à l'EPR Flamanville, les modifications des composants du circuit primaire. En particulier, il est prévu de conserver les mêmes pompes primaires.

Les principales évolutions de conception du circuit primaire en cours d'étude sont :

- une augmentation de la taille des générateurs de vapeur et du pressuriseur ;
- un redimensionnement des moyens d'évacuation de la puissance résiduelle ;
- une conception de l'assemblage combustible intégrant des grilles de structure supplémentaires afin d'augmenter ses performances thermohydrauliques.

Les études du « basic design » permettront de définir précisément le niveau de puissance retenu, en relation avec le niveau de manœuvrabilité visé.

La démonstration de sûreté nucléaire pour ce niveau de puissance s'appuiera principalement sur les capacités à accroître les marges physiques de la chaudière (en particulier en améliorant les performances thermohydrauliques des assemblages combustible). Elle pourra mettre en œuvre également de nouvelles méthodes d'études thermohydrauliques et neutroniques, dont l'instruction sera effectuée dans un cadre dédié.

Les équipements de la chaudière, le combustible ainsi que le circuit primaire sont décrits dans le chapitre 2 du volume 2.

2.2.1.4. Post-Fukushima

La démarche de sûreté à la conception de l'EPR NM prend en compte l'ensemble des enseignements de l'accident de Fukushima Dai-ichi connus à ce jour et en particulier :

- le renforcement de la conception vis à vis des agressions naturelles externes (voir paragraphe 2.1.2.1 ci-avant) ;
- une consolidation de l'autonomie de l'installation et du site en situation accidentelle (avec ou sans fusion du cœur), avant l'intervention de forces extérieures au site.

Ainsi, la conception des systèmes de prévention de la fusion du cœur ou du combustible et des systèmes de mitigation des accidents avec fusion du cœur intègre :

- une exigence d'autonomie du site avant intervention de moyens extérieurs ;
- des dispositions de connexions pour les moyens mobiles, qui renforcent la résilience de la gestion de crise.

Un objectif de conception [] est retenu pour l'autonomie du site dans les études de « basic

DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE

design ». La valeur retenue au final dépendra des moyens d'urgence nucléaire du pays concerné.

Les leçons tirées de l'accident de Fukushima Dai-ichi et leur prise en compte à la conception de l'EPR NM font l'objet du chapitre 2.10 du volume 1.

2.2.1.5. Installation générale

Sur EPR NM, le Bâtiment des Auxiliaires Nucléaires (BAN) est supprimé.

Il s'agit avec cette évolution de localiser les fonctions auxiliaires (borication, etc.) dans le bâtiment combustible et les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde et de déporter les autres fonctions dans le Bâtiment de Traitement des Effluents (BTE).

Cette disposition permet de simplifier l'installation (réduction des voies de circulation, des systèmes de ventilation, etc.) et d'améliorer la robustesse vis-à-vis des agressions (systèmes classés abrités dans des bâtiments protégés).

Elle conduit, couplée à la suppression de la double-enceinte, à une simplification du plan masse et des structures de génie civil et à une réduction des surfaces de planchers.

Les systèmes de traitements des effluents ainsi que les auxiliaires du circuit primaire font l'objet des chapitres 10 et 8.2 du volume 2.

Enfin, lors de la reprise de l'installation par rapport à l'EPR Flamanville, une attention particulière sera accordée à la déclinaison du principe de défense en profondeur dans des conditions économiques acceptables en ce qui concerne l'indépendance suffisante des moyens de mitigation des accidents avec fusion du cœur (incluant les systèmes support).

2.2.2. AUTRES ÉVOLUTIONS TECHNIQUES ÉTUDIÉES

En complément des évolutions principales listées ci-dessus, de nouvelles options de conception sont à l'étude dont les plus significatives sont listées ci-après :

- le remplacement du système [] par des collectrons Rhodium pour l'instrumentation neutronique de référence du cœur et la suppression des collectrons Cobalt ainsi que l'utilisation de chambres « ex-core » pour la protection du cœur tirant profit du retour d'expérience du parc EDF en exploitation (voir chapitre 2.2 du volume 2) ;
- l'adoption de joints hydrodynamiques sur les pompes primaires permettant d'éviter les fuites de la ligne d'arbre en situation accidentelle en l'absence d'injection aux joints (voir chapitre 2.3 du volume 2) ;
- l'augmentation de la performance des pompes RIS tirant profit du retour d'expérience des EPR existants (voir chapitre 3.2 du volume 2) ;
- le piquage des tuyauteries du système RBS directement sur les branches froides du circuit primaire afin de réduire le délai d'injection de bore dans le cœur (voir chapitre 3.4 du volume 2) ;
- la simplification du récupérateur de corium, associée à une réduction de la surface d'étalement, qui conduit à une simplification du génie-civil des structures internes du bâtiment réacteur (voir chapitre 4.2 du volume 2) ;
- un contrôle-commande intégrant le retour d'expérience des projets EPR en cours (voir chapitre 5 du volume 2) ;
- la suppression par rapport à l'EPR Flamanville de l'accès au bâtiment réacteur en fonctionnement et donc la suppression du concept « two rooms » (voir chapitre 1 du volume 2).

DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE