

**DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 3****VOLUME 3****FONCTIONNEMENT GENERAL,  
PROTECTION DES TRAVAILLEURS**

**DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 3**

**DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 3**
**TABLE DES MATIERES**

<b>1.</b>	<b>CARACTERISTIQUES GENERALES DU REACTEUR</b>	<b>714</b>
1.1.	Durée de fonctionnement	714
1.2.	Puissance thermique	714
1.3.	Point de fonctionnement	714
1.4.	Combustible	714
1.5.	Longueur de cycle	714
1.6.	Manoeuvrabilité	714
1.7.	Rejets chimiques et radioactifs	714
<b>2.</b>	<b>CONDUITE NORMALE</b>	<b>716</b>
2.1.	Modalités de choix de l'organisation des équipes de conduite	716
2.2.	Principes de conduite normale	716
2.3.	Etats standards et domaines d'exploitation	717
2.3.1.	<i>Etats standards</i>	717
2.3.2.	<i>Domaines d'exploitation et états de fonctionnement</i>	718
2.4.	Maintenance	718
2.4.1.	<i>Objectifs de la maintenance préventive</i>	718
2.4.2.	<i>Principes de la maintenance préventive</i>	718
2.4.3.	<i>Stratégie de maintenance</i>	719
2.4.4.	<i>Requis et recommandations</i>	719
<b>3.</b>	<b>CONDUITE EN SITUATION INCIDENTELLE ET ACCIDENTELLE</b>	<b>720</b>
3.1.	Principes de conduite en situation incidentelle et accidentelle	720
3.2.	Conduite en accident grave	720
<b>4.</b>	<b>MOYENS DE CONDUITE</b>	<b>722</b>
4.1.	Salle de commande principale	722
4.2.	Station de repli	722
4.3.	Local de support technique	722
<b>5.</b>	<b>INGENIERIE DES FACTEURS HUMAINS</b>	<b>724</b>
5.1.	Présentation générale de la démarche	724
5.2.	Déclinaison du programme IFH	725
5.2.1.	<i>Conception des systèmes élémentaires</i>	726
5.2.2.	<i>Conception des moyens de conduite</i>	726
5.2.3.	<i>Conception des bâtiments et des équipements</i>	726
5.3.	Conclusion	728

**DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 3**

<b>6.</b>	<b>RADIOPROTECTION</b>	<b>729</b>
<b>6.1.</b>	<b>Principes de radioprotection</b>	<b>729</b>
<b>6.2.</b>	<b>Objectif de dose collective</b>	<b>729</b>
<b>6.3.</b>	<b>Moyens mis en œuvre pour la radioprotection</b>	<b>729</b>

## DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 3

### 1. CARACTERISTIQUES GENERALES DU REACTEUR

Le présent chapitre regroupe un certain nombre de caractéristiques générales du réacteur EPR NM dont certaines sont en évolution par rapport à celles de l'EPR Flamanville.

#### 1.1. DUREE DE FONCTIONNEMENT

Les éléments non remplaçables de l'installation – dont notamment la cuve (hormis le couvercle de cuve) et l'enceinte de confinement – sont conçus pour une durée de fonctionnement de 60 ans.

#### 1.2. PUISSANCE THERMIQUE

La puissance thermique nominale du cœur est 4850 MWth (valeur cible).

#### 1.3. POINT DE FONCTIONNEMENT

Le point de fonctionnement est caractérisé par les valeurs nominales suivantes (valeurs indicatives) :

[ ]

#### 1.4. COMBUSTIBLE

Les assemblages combustibles comportent des pastilles d'UO<sub>2</sub>.

Le réacteur est conçu pour assurer un recyclage de combustible MOX (Mélange d'Oxyde de plutonium et d'Oxyde d'uranium) [ ] .

#### 1.5. LONGUEUR DE CYCLE

La longueur naturelle de cycle est en moyenne de 470 Jours Equivalents Pleine Puissance (JEPP) avec une souplesse de +/- 60 JEPP symétrique autour de cette moyenne. Les caractéristiques de chaque recharge sont définies à chaque fois en fonction de la longueur de cycle envisagée.

#### 1.6. MANOEUVRABILITÉ

Le réacteur est conçu pour assurer un suivi de charge moins fréquent que pour l'EPR Flamanville. Les caractéristiques détaillées (en nombre d'occurrences et en valeurs des paliers bas) seront précisées pendant le « basic design ».

#### 1.7. REJETS CHIMIQUES ET RADIOACTIFS

En fonctionnement normal, ramenés à la puissance installée et aux options fonctionnement comparables, les rejets thermiques et les rejets liquides et gazeux, chimiques et radioactifs, sont équivalents à ceux attendus pour l'EPR Flamanville.

L'optimisation du traitement des effluents repose sur trois principes directeurs :

- la limitation à la source des effluents : prendre à la conception les dispositions nécessaires pour limiter la production et l'utilisation de substances dont les rejets sont réglementés ;
- le recyclage des effluents : prendre à la conception les dispositions nécessaires pour permettre le recyclage des effluents plutôt que leurs rejets ;

### DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 3

- l'optimisation du traitement des effluents avant rejet : prendre à la conception les dispositions nécessaires pour permettre de traiter de manière optimale les effluents avant rejet.

La maîtrise des paramètres chimiques s'appuie notamment sur :

- l'utilisation d'acide borique enrichi qui permet de limiter la concentration en bore du fluide primaire et des auxiliaires nucléaires ce qui a un impact direct sur les rejets d'acide borique et indirect sur l'optimisation du pH en début de cycle ;
- l'optimisation du pH du circuit primaire : le choix d'une coordination bore/lithium [] qui permet de limiter le terme source des produits de corrosion activés (PCA) en fonctionnement en puissance et lors de la mise à l'arrêt à froid ;
- l'injection de zinc dès le démarrage du réacteur qui permet d'optimiser la passivation des surfaces du circuit primaire lors de la mise en service et de limiter sur le long terme la production de PCA ;
- la limitation du terme source en silice : le choix de filtres ne relâchant pas de silice permet d'éviter son accumulation dans le fluide primaire et permet d'optimiser le recyclage du bore dans le circuit primaire.

La surveillance des paramètres radiologiques consiste en :

- une surveillance des produits d'activation ;
- une surveillance des produits de fission : la surveillance des indicateurs relatifs à l'activité des produits de fission dans le fluide primaire permet de maintenir l'activité dans une gamme acceptable ;
- une surveillance des produits de corrosion : la surveillance des produits de corrosion, notamment au démarrage, est un levier pour limiter l'activité volumique du fluide primaire en fonctionnement et lors de l'arrêt.

## DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 3

### 2. CONDUITE NORMALE

#### 2.1. MODALITES DE CHOIX DE L'ORGANISATION DES EQUIPES DE CONDUITE

L'organisation des équipes de conduite est définie en prenant en compte les éléments suivants :

- spécificités de l'installation EPR NM (organisation générale, moyens de conduite, démonstration de sûreté nucléaire, etc.) ;

A ce stade, il n'apparaît pas de spécificités qui pourraient avoir un impact sur les choix d'organisation de l'équipe de conduite et conduire à une organisation différente de celle d'une paire d'unités de production du parc EDF en exploitation.

- retour d'expérience du parc EDF en exploitation et des études en cours (situations extrêmes, noyau de cohérence métiers) ;
- retour d'expérience de l'EPR Flamanville qui a montré la nécessité de définir l'organisation des équipes de conduites dès les phases amont du projet.

En première approche, l'organisation des équipes de conduite d'une paire d'unités de production EPR NM sera similaire à celle des paires d'unités de production du parc EDF en exploitation. L'organisation des équipes de conduite sera définie au cours de la conception.

#### 2.2. PRINCIPES DE CONDUITE NORMALE

La conduite normale couvre principalement les situations de production d'électricité et les transitoires d'arrêt et de démarrage de l'installation.

La conduite normale comprend :

- le fonctionnement en puissance et ses transitoires normaux d'exploitation programmés tels que montée de charge, baisse de charge, suivi de charge, arrêt ou démarrage ;
- les fonctionnements particuliers dus à des événements non programmés (exemple : îlotage, pertes de sources, etc.).

Hormis pour les arrêts pour rechargement, le réacteur peut être arrêté, pour des durées plus ou moins longues, soit pour effectuer des opérations de maintenance ou de réparation, soit pour des raisons d'économie de combustible ou de gestion du réseau électrique.

Les paramètres principaux de l'installation sont maintenus à l'intérieur d'un diagramme de fonctionnement (pression, température) dont les caractéristiques seront précisées au cours du « basic design », en particulier pour ce qui concerne les conditions de connexion au circuit de refroidissement à l'arrêt (RIS en mode RA).

[ ]

Les conditions limites de fonctionnement (ou Limiting Conditions of Operation - LCO) mises en place sur l'EPR Flamanville visent à restreindre le nombre de sorties du domaine de fonctionnement normal tout en justifiant le caractère enveloppe des valeurs des différents paramètres physiques de la chaudière retenues comme conditions initiales des études des conditions de fonctionnement de référence DBC et des conditions de fonctionnement avec défaillances multiples DEC-A. Sur le réacteur EPR NM, les modalités de déclinaison pratique de ce concept - en particulier les types de LCO et la nature des contremesures associées - seront réexaminées au cours du « basic design » en cohérence avec le calage des seuils de

## DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 3

protection.

Par ailleurs, l'exploitation du réacteur restera soumise à un ensemble de règles constituant les Règles Générales d'Exploitation (RGE) contenant en particulier les Spécifications Techniques d'Exploitation (STE) qui conditionnent le maintien dans les différentes conditions de fonctionnement de l'installation (en puissance, arrêts) et dont le contenu sera établi au cours du « basic design ».

Un certain nombre de fonctions sont mutualisées pour les deux unités de production EPR NM : stockage externe PTR, production et stockage d'eau déminéralisée, production de vapeur auxiliaire, stockage et gestion des rejets d'effluents liquides, mise en pression du circuit d'eau incendie et traitement des effluents liquides et solides. La responsabilité de l'exploitation et de la maintenance de ces systèmes de communs de site est confiée à une unité de production bien identifiée (effectif renforcé à cet effet). La localisation de ces fonctions est identifiée en partie sur le plan masse de l'installation (voir chapitre 1.3 du volume 2).

Sur le parc EDF en exploitation, les systèmes communs du Bâtiment de Traitement des Effluents (BTE) relatifs à la gestion des effluents sont sous la responsabilité de l'équipe de l'une des deux salles de commande principale (désignée comme responsable). Les modalités organisationnelles retenues pour l'EPR NM seront en accord avec celles du parc EDF en exploitation.

Une salle de commande sera située dans le BTE pour la commande locale des systèmes non pilotés depuis la salle de commande principale (répartition à préciser).

La gestion des rejets sera effectuée globalement pour le site d'implantation de l'EPR NM (coordination de rejets).

La fonction de séparation et de recyclage de l'eau et du bore issus des systèmes purges, événements et exhaures nucléaires (RPE) et de traitement des effluents liquides primaires (TEP) des unités de production est intégrée au BTE. L'eau et le bore ainsi recyclés sont stockés et mis à disposition des deux unités de production pour leurs besoins respectifs. La conception des systèmes est prévue afin de permettre à chacune des unités de production de réaliser de manière autonome ces appoints (automatiques ou déclenchés depuis chacune des salles de commande).

### 2.3. ETATS STANDARDS ET DOMAINES D'EXPLOITATION

#### 2.3.1. ETATS STANDARDS

Les états standards correspondent à des états stables de la chaudière thermohydrauliquement et neutroniquement. Ces états standards sont définis par la combinaison de paramètres relatifs à l'inventaire en eau primaire, la pression primaire, la température primaire, la concentration en bore, la puissance neutronique, ainsi que par la configuration fonctionnelle de différents systèmes et/ou matériels.

Les états standards sont utilisés pour l'exploitation normale de l'installation et, à ce titre, leurs bornes doivent être clairement identifiables par l'exploitant.

Les frontières entre états standards sont établies sur la base des opérations d'exploitation les plus marquantes telles que divergence cœur ou connexion au circuit de refroidissement à l'arrêt (RIS-RA).

La liste des états standards et leurs caractéristiques seront établies au cours du « basic design ».



## DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 3

### 2.3.2. DOMAINES D'EXPLOITATION ET ETATS DE FONCTIONNEMENT

Le domaine de fonctionnement normal du réacteur est découpé en différents domaines d'exploitation. Chaque domaine d'exploitation regroupe un ou plusieurs états standards.

Les domaines d'exploitation du réacteur sont les suivants :

- réacteur en production (état A) ;
- arrêt normal sur GV (état B) ;
- arrêt normal sur RIS-RA (état C) ;
- arrêt pour intervention (état D) ;
- arrêt pour rechargement (état E) ;
- réacteur complètement déchargé (état F).

Les frontières entre domaines d'exploitation sont généralement définies sur la base d'opérations d'exploitation marquantes telles que l'ouverture de la cuve ou le déchargement du réacteur.

Les frontières entre les domaines d'exploitation et celles entre les domaines d'études définis pour les études des conditions de fonctionnement de référence DBC et des conditions de fonctionnement avec défaillances multiples DEC-A seront précisées en cours de « basic design ». Dans un but de clarification et simplification, on cherchera dans la mesure du possible à faire coïncider ces frontières de manière qu'une seule dénomination puisse être employée pour les deux types de domaines.

## 2.4. MAINTENANCE

### 2.4.1. OBJECTIFS DE LA MAINTENANCE PREVENTIVE

La maintenance est l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise.

La maintenance préventive est l'ensemble des actions effectuées sur un matériel en vue d'en réduire la probabilité de défaillance. Le but d'un tel processus est de garantir, sur la durée de vie de l'installation, la réalisation des objectifs de sûreté, de disponibilité et de coûts tout en se conformant aux règles de protection de l'environnement, de sécurité du personnel, de radioprotection et aux autres réglementations en vigueur.

Des essais de requalification sont réalisés à la fin de toute intervention de maintenance. Les essais de requalification après intervention de maintenance préventive sur un matériel permettent de vérifier qu'il fournit les performances requises. Par conséquent, ils suffisent pour prononcer la disponibilité du matériel après une intervention de maintenance. Les essais et les critères à vérifier sont propres à l'intervention effectuée.

### 2.4.2. PRINCIPES DE LA MAINTENANCE PREVENTIVE

Les principes de maintenance préventive tiennent compte :

- des objectifs des Etudes Probabilistes de Sûreté (EPS) en termes de fréquences de fusion du combustible et de fréquences de rejets radiologiques anormaux ;
- des objectifs de dosimétrie ;
- des objectifs définis en termes de maîtrise des coûts de maintenance ;

## **DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 3**

- de l'objectif global de disponibilité sur la durée de fonctionnement de l'installation.

### **2.4.3. STRATEGIE DE MAINTENANCE**

La stratégie de maintenance permet d'assurer une exploitation sûre de l'installation ayant la confiance du public, et d'atteindre une performance économique par l'obtention d'une excellente disponibilité et la maîtrise des coûts de maintenance.

Les opérations de maintenance préventive doivent être réalisées en conformité avec les Règles Générales d'Exploitation (RGE) afin de respecter les hypothèses des études de sûreté.

L'élaboration des programmes de maintenance s'appuiera sur une méthodologie qui permet :

- de classer les différents matériels en fonction de leur importance fonctionnelle, de l'intensité du cycle de fonctionnement, et de l'ambiance de fonctionnement ;
- de prendre en compte les programmes standards des tâches de maintenance et de surveillance associés à une famille de matériels ;
- d'ajuster les programmes de maintenance en fonction du retour d'expérience et du suivi des matériels.

### **2.4.4. REQUIS ET RECOMMANDATIONS**

Pour certains systèmes utilisés dans toutes les conditions de fonctionnement normal (en puissance, états d'arrêt), la maintenance réacteur en puissance est préférée : groupes froids, systèmes de climatisation, chauffage et ventilation, refroidissement de la piscine de stockage du combustible utilisé.

Par ailleurs, afin de ne pas dégrader significativement et de manière inacceptable le coefficient de disponibilité du fait d'un allongement sensible des durées d'arrêt, certains systèmes sont maintenus réacteur en puissance comme les sources internes alternatives de puissance principales.

Pour d'autres systèmes, en raison d'une conception disposant de trois trains de sauvegarde, une partie de la maintenance préventive ne pourra pas être effectuée autrement qu'en période d'arrêt dans un état où le système n'est pas requis.

## DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 3

### 3. CONDUITE EN SITUATION INCIDENTELLE ET ACCIDENTELLE

#### 3.1. PRINCIPES DE CONDUITE EN SITUATION INCIDENTELLE ET ACCIDENTELLE

Les principes de conduite concernant la conduite incidentelle / accidentelle doivent couvrir, dans la mesure où celle-ci s'applique :

- les conditions de fonctionnement de dimensionnement DBC2-4 ;
- les conditions de fonctionnement avec défaillances multiples DEC-A ;
- les situations liées aux agressions.

La conduite incidentelle / accidentelle doit couvrir tous les états du réacteur (voir chapitre 2 du présent volume).

La conduite incidentelle / accidentelle permet à l'opérateur d'effectuer les actions manuelles de conduite prévues dans les études de sûreté. Elle consiste à rejoindre l'état d'arrêt sûr des conditions de fonctionnement DBC2-4 et DEC-A, tout en assurant le contrôle permanent des trois fonctions de sûreté : réactivité, refroidissement et confinement.

La conduite en situation incidentelle / accidentelle est conçue sur la base d'une Approche Par États (APE) de l'installation qui sera reconduite, dans ses principes, de l'APE mise en place sur l'EPR Flamanville.

#### 3.2. CONDUITE EN ACCIDENT GRAVE

La conduite accident grave couvre les conditions de fonctionnement avec fusion du cœur DEC-B.

A la différence de la conduite incidentelle / accidentelle qui se focalise sur la sauvegarde du cœur, les priorités de la conduite accident grave sont orientées vers le maintien du confinement et la limitation des rejets dans l'environnement.

Les principaux objectifs de conduite accident grave sont :

- la dépressurisation du circuit primaire ;
- le contrôle de l'hydrogène ;
- la protection du radier ;
- l'évacuation de la chaleur hors de l'enceinte ;
- le contrôle de la pression dans l'enceinte ;
- la limitation des rejets.

Des systèmes dédiés sont conçus pour atteindre ces objectifs de conduite.

La conduite de l'installation en accident grave inclut :

- la réalisation des actions nécessaires par l'opérateur ;
- la surveillance de l'efficacité du processus de mitigation ;
- la surveillance de l'état général de l'installation et des rejets dans l'environnement.

### DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 3

Certaines actions de conduite accident grave peuvent être effectuées, par anticipation, dans le cadre de la conduite incidentelle/accidentelle (cas de la dépressurisation du circuit primaire).

Ces actions sont réalisées à l'aide de trois catégories d'instrumentation accident grave :

- catégorie conduite (catégorie  $A_{\text{conduite}}$ ) : ensemble des informations nécessaires aux opérateurs pour pouvoir réaliser les actions de conduite sur le chemin de mitigation ;
- catégorie état maîtrisé (catégorie  $A_{\text{pp}}$ ) : ensemble des informations permettant la surveillance des fonctions de sûreté accident grave afin de diagnostiquer l'atteinte et le maintien de l'état maîtrisé ;
- catégorie robustesse accident grave (catégorie B) : ensemble des informations utilisées dans la conduite accident grave et qui ne sont pas couvertes par les deux premières catégories.

**DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 3****4. MOYENS DE CONDUITE****4.1. SALLE DE COMMANDE PRINCIPALE**

La salle de commande principale contient les moyens de conduite suivants (voir chapitre 5 du volume 2) :

- le moyen informatique de conduite (PICS) ;
- le moyen conventionnel de conduite (SICS) ;
- le pupitre accident grave (PAG).

[ ]

En complément, un synoptique mural non-classé (constitué d'écrans de grandes dimensions et reliés au PICS) permet de donner une vision d'ensemble et une référence commune à l'équipe de conduite.

**4.2. STATION DE REPLI**

En cas d'inhabitabilité de la salle de commande principale, la station de repli située dans le bâtiment des auxiliaires de sauvegarde 3 (BAS3) [ ] permet d'atteindre l'état d'arrêt sûr.

Cette salle contient des postes opérateurs du moyen informatique de conduite (PICS).

En cas d'incendie en salle de commande principale, l'équipe de conduite applique les consignes de sécurité en commençant par lutter contre l'incendie avec les moyens disponibles. En cas de nécessité, l'équipe de conduite quitte la salle de commande principale pour rejoindre la station de repli, en déclenchant l'arrêt automatique de réacteur et en coupant les alimentations électriques des calculateurs correspondant aux postes de conduite de la salle de commande principale. Des commutateurs situés dans la station de repli [ ] assurent la coupure des liaisons filaires du panneau conventionnel de la salle de commande principale.

**4.3. LOCAL DE SUPPORT TECHNIQUE**

Cette salle permet à l'équipe de support technique d'avoir les mêmes informations que l'équipe de conduite.

Cette salle contient des postes opérateurs du moyen informatique de conduite (PICS) mais configurés en mode supervision (l'envoi de commande n'est pas possible).

**DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 3**

## **DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 3**

### **5. INGENIERIE DES FACTEURS HUMAINS**

L'Ingénierie des Facteurs Humains (IFH) contribue à la définition et la mise en pratique des orientations pour la conception des situations de travail, afin d'assurer une exploitation sûre et fiable et de contribuer ainsi à la disponibilité du réacteur.

L'approche IFH, basée sur une méthodologie propre aux Facteurs Humains (FH), est, par essence, systémique, transverse et itérative. Elle est déployée sur les éléments de conception de l'installation en prenant en compte les trois composantes principales des situations de travail : organisationnelles, environnementales et techniques.

Le programme d'IFH s'intéresse aux activités industrielles futures. Les activités industrielles sont les activités tournées vers le processus de production d'électricité ou en support de ce processus :

- conduite du processus ;
- essais et contrôles (Essais Périodiques, Essais Non Destructifs, etc.) ;
- maintenance des équipements et toutes installations ;
- logistique.

L'ensemble des phases d'exploitation (conduite, maintenance, périodes d'arrêt, etc.) est considéré.

Le programme FH, incluant un retour d'expérience pour l'ensemble des thèmes concernés, sera engagé dès la phase de « basic design » sur les activités qui seront traitées en priorité au cours de cette phase.

A ce stade, les travaux sur la documentation concerneront principalement la documentation de conduite.

Dans une phase ultérieure et appropriée de la conception (connaissance des équipements), un travail sur la documentation de maintenance pourra être réalisé.

#### **5.1. PRÉSENTATION GENERALE DE LA DEMARCHE**

Le programme d'ingénierie des Facteurs Humains (IFH) est piloté par une équipe de spécialistes Facteurs Humains (FH) qui réalisent les études amont et appuient les concepteurs dans la mise en œuvre du programme pour l'atteinte des objectifs.

Pour ce faire, les experts FH produisent des exigences à destination des métiers de conception concernés par les objectifs du programme.

Ainsi le programme IFH s'appuie sur un déploiement auprès des ingénieurs de conception, à la fois par le biais d'exigences formulées vers les métiers de conception mais aussi par un accompagnement de ces métiers pour favoriser l'atteinte des objectifs du programme FH.

Dans leur activité, les experts FH sont particulièrement en lien avec les représentants de l'exploitant et l'ingénieur du domaine retour d'expérience (ingénieur REX).

Les missions des experts FH sont de :

- recueillir des connaissances pertinentes sur l'homme au travail ;
- recueillir des connaissances spécifiques sur les situations de travail ;
- développer et mettre en œuvre des méthodes de construction de repères pour la conception ;

## DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 3

- produire des guides et repères de conception, les déployer ;
- guider les architectes dans leurs choix de conception par un travail de co-construction.

Pour illustration, les experts FH ont par exemple formulé des exigences sur :

- les points de levage : ils doivent être bien positionnés au centre de gravité de l'équipement ou du module à manutentionner ;
- les choix de positionnement de points d'accroche et de levage : ils doivent être faits en anticipant les équipements environnant qui pourraient gêner la manutention ;
- les points d'accroche pour levage : ils doivent être connectés à des rails.

Un travail de co-construction est réalisé avec les ingénieurs en charge de l'installation pour décliner ces exigences.

### 5.2. DECLINAISON DU PROGRAMME IFH

Le programme d'Ingénierie des Facteurs Humains (IFH) fait partie intégrante des objectifs du projet EPR NM. Il est décliné concrètement par les travaux suivants :

- définition de principes de conduite et de maintenance : cette activité vise à définir des principes clés structurant les opérations de conduite et de maintenance (principes d'automatisation, conditions de réalisation des opérations de maintenance, etc.) ;
- sélection des activités « en local » à analyser (étant donné le volume d'activités en local, une sélection est nécessaire) ;
- analyses Facteurs Humains (FH) qui permettent de définir des données d'entrée et exigences pour la conception des situations de travail. Il s'agit d'analyses du retour d'expérience, analyse des tâches, allocation des fonctions, analyses d'activité réelles sur des installations existantes, analyse des référentiels.

Ces travaux seront ensuite exploités et appliqués aux différents types d'activités de conception :

- études FH pour la conception des activités futures de conduite, des systèmes, interfaces et documentations de conduite, des moyens de formation ;
- études FH pour la conception des bâtiments et l'installation des équipements dans les bâtiments. Ces études traiteront ultérieurement des conditions d'ambiance dans les locaux et de la signalétique ;
- études FH pour la conception des équipements, visant à produire des exigences pour leur conception. L'analyse FH sera approfondie lorsque les équipements concernés seront relatifs à des activités sensibles pour la sûreté ou les conditions de travail.

Ces études comporteront des phases d'analyse d'activité réelle existante sur les installations en exploitation, de projection et simulation des activités futures afin d'en évaluer la pertinence et les faire évoluer si nécessaire, processus correspondant au cycle de vérification et validation de la conception.

Les résultats relatifs au programme d'ingénierie des Facteurs Humains seront tracés et les documents correspondants intégrés dans la documentation du projet.



## DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 3

Le programme décrit correspond à l'ensemble des phases de conception du réacteur. Il sera déroulé au travers d'activités adaptées aux phases de « basic design » et de conception détaillée, dans chaque domaine de conception.

Les éléments ci-dessous illustrent concrètement la mise en œuvre du programme dans les principales activités de conception.

### 5.2.1. CONCEPTION DES SYSTÈMES ELEMENTAIRES

Il s'agit d'apporter aux ingénieurs de conception des systèmes élémentaires un appui et des données d'entrée pour qu'ils intègrent les exigences FH liées à l'exploitation de façon systématique et homogène dans la conception des systèmes élémentaires :

- définir des critères d'automatisation des actions, en fonction des objectifs de sûreté et de la place dédiée à l'Homme dans la conduite des installations ;
- apporter des informations sur les besoins de l'exploitant pour la conduite des systèmes. Ce travail se basera sur la construction de principes de conduite, notamment relatifs à la place dédiée à l'Homme dans les installations ;
- apporter un appui dans le travail d'allocation des fonctions à l'homme et à la machine et l'application des critères d'automatisation ;
- contribuer à la conception du système d'alarmes pour intégrer des exigences FH, par exemple une exigence d'absence d'avalanche d'alarmes en cas d'événement ;
- contribuer à l'identification des Essais Périodiques sensibles et à la conception des gammes d'Essais Périodiques.

[ ]

### 5.2.2. CONCEPTION DES MOYENS DE CONDUITE

Ce domaine représentera une part importante des travaux du programme FH.

Concrètement un travail FH sera réalisé pour contribuer :

- aux choix d'architecture du contrôle-commande en relation avec les moyens de conduite : recommandations et analyse des impacts des choix d'architecture sur l'activité de conduite ;
- à la définition des moyens de conduite (nature, fonctionnalités, imagerie, documentation papier, etc.) ;
- aux aménagements de chaque salle de commande (salle de commande principale, station de repli, etc.) ;
- aux évaluations des moyens de conduite.

[ ]

### 5.2.3. CONCEPTION DES BATIMENTS ET DES EQUIPEMENTS

#### 5.2.3.1. Méthode de sélection des activités à analyser

Etant donné le caractère vaste du périmètre des activités en local, la méthode développée pour intervenir dans les études de conception des équipements et des bâtiments intègre une étape de sélection des activités « en local » à analyser.

La première étape consiste en une description des familles d'équipements. Pour chaque

## DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 3

famille on identifie les activités associées : métiers concernés, tâches réalisées, conditions d'exploitation, fréquence et effectif mobilisé.

Une pondération est ensuite instruite :

- identification des conséquences de potentielles erreurs ;
- identification des contraintes et exigences des activités (espace, accessibilité, contraintes physiques, exigences informationnelles, risques d'exposition, co-activité, contraintes temporelles, degré de nouveauté) ;
- identification du retour d'expérience correspondant.

Un score est attribué à chaque item (par les experts qui ont une expérience terrain des activités identifiées). Le score global situe l'équipement et les activités associées sur une échelle de criticité.

La pondération permet d'obtenir une hiérarchisation des activités en local à analyser sous l'angle FH.

Afin d'anticiper les travaux FH pour la conception, les études concernant les activités en local ont débuté sur des activités de maintenance sélectionnés en fonction des priorités projet :

- sur les bâtiments conçus en premier dans le projet / bâtiment réacteur, bâtiment des auxiliaires de sauvegarde ;
- sur les équipements qui sont dimensionnant pour les études d'installation : Générateurs de Vapeur (GV), Groupes Moto-Pompes Primaires (GMPP), pompes.

Le retour d'expérience exprimé par les experts sur les activités maintenance et logistique correspondantes permet de travailler à la formulation de repères pour la conception sur ces premières activités.

### 5.2.3.2. Études FH pour la conception des équipements

L'activité FH consistera en un apport de connaissances sur les activités réelles menées sur site, afin de concevoir des équipements de façon à faciliter leur exploitation et leur maintenance et à limiter les risques d'erreur lors des interventions sur ces équipements. Ces connaissances seront d'une part un retour sur les difficultés rencontrées et des points positifs dans les situations réelles, d'autre part des informations factuelles détaillées sur les activités menées. L'analyse des situations réelles, ainsi que l'apport de principes de maintenance et de prévention des erreurs (intégration de systèmes de détrompage par exemple) fourniront des exigences et précisions aux concepteurs des équipements.

### 5.2.3.3. Études FH pour la conception des bâtiments

De manière similaire, les équipes FH apporteront à la fois des exigences et un appui aux concepteurs des bâtiments, afin que ces bâtiments correspondent au mieux aux activités de maintenance et d'exploitation à réaliser. Ces connaissances seront d'une part un retour sur les difficultés rencontrées et des points positifs dans les situations réelles, d'autre part des informations factuelles détaillées sur les activités menées, les contraintes associées, les besoins en espace, outillages, moyens logistiques.

Les spécialistes FH mèneront également des simulations du déroulement des activités dans certains locaux, avec le support des outils de maquettage utilisés dans le projet, afin d'évaluer et accompagner la conception, et s'assurer que l'organisation des bâtiments et l'installation des équipements dans les locaux, sont adaptées aux activités à y réaliser.

## DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 3

Les activités à analyser sous l'angle FH pour le domaine maintenance et autres activités en local, sont définies sur une entrée « équipement » qui est pertinente pour identifier les activités menées en local. Pour le domaine conduite, la sélection s'appuie principalement sur la connaissance et l'analyse de transitoires majeurs dans les différents domaines de conduite – conduite normale ou incidentelle / accidentelle. La maturité dans les deux domaines est cohérente, mais on notera que le degré de maturité de la phase d'identification des activités à analyser est plus élevé dans le domaine conduite, par l'expérience des projets précédents.

### 5.3. CONCLUSION

Le programme d'ingénierie des Facteurs Humains construit pour la phase de « basic design » sera poursuivi dans les phases suivantes. Il sera développé en phase de conception détaillée afin d'être adapté aux objectifs et enjeux de cette phase de conception, ainsi qu'aux problématiques qui auront potentiellement été soulevées en phase de « basic design ».

En fin de « basic design », des éléments relatifs aux sujets suivants auront été construits au moins partiellement :

- choix à un niveau macroscopique du contrôle-commande et impact sur les Interface Homme-Machine (IHM) ;
- principes de conduite ;
- critères et principes d'automatisation ;
- analyses de tâches conduite et maintenance ;
- principes de maintenance ;
- exigences pour la conception des bâtiments et des équipements ;
- études d'accompagnement de la conception des bâtiments.

## DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – VOLUME 3

### 6. RADIOPROTECTION

#### 6.1. PRINCIPES DE RADIOPROTECTION

La CIPR 103 (voir chapitre 1.1 du volume 1) propose un ensemble de recommandations spécifiant les trois principes de base s'appliquant à la radioprotection :

- le principe de justification : une activité ou une intervention nucléaire ne peut être entreprise ou exercée que si elle est justifiée par les avantages qu'elle procure, notamment en matière sanitaire, sociale, économique ou scientifique, rapportés aux risques inhérents à l'exposition aux rayonnements ionisants auxquels elle est susceptible de soumettre les personnes ;
- le principe d'optimisation : l'exposition aux rayonnements ionisants des personnes résultant de leurs activités ou interventions est maintenue au niveau le plus faible qu'il est raisonnablement possible d'atteindre, compte tenu de l'état des techniques, des facteurs économiques et sociaux (démarche ALARA). Des efforts sont ainsi consacrés, dès la conception, sur les activités d'exploitation identifiées à fort enjeu en termes de doses individuelles et collectives.
- le principe de limitation : l'exposition d'un individu aux rayonnements ionisants résultant de son activité ne peut porter la somme des doses reçues au-delà des limites fixées par la réglementation.

Les principes cités ci-dessus sont développés par la Communauté Européenne dans la Directive Euratom 2013/59 du 5 décembre 2013 fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants.

En France, les principes généraux de la démarche ALARA ont été officiellement pris en compte dans le code de la santé publique, Articles L. 1333-1 à L. 1333-20 (voir chapitre 1.1 du volume 1).

#### 6.2. OBJECTIF DE DOSE COLLECTIVE

Pour EPR NM, la cible de conception pour la dose collective est égale à celle de l'EPR Flamanville, à dispositions de conception équivalentes, soit 0,35 H.Sv/an par unité de production moyennée sur dix ans.

#### 6.3. MOYENS MIS EN ŒUVRE POUR LA RADIOPROTECTION

Les moyens de protection contre l'irradiation (en particulier les règles de zonage radiologique) ainsi que les moyens de protection contre la contamination devraient être reconduits de l'EPR Flamanville. En particulier, la démarche EVEREST est appliquée : accès aux zones propres de la zone contrôlée en tenue conventionnelle (bleu de travail) et accès aux zones contaminées en tenue adaptée aux risques de contamination.

Par ailleurs, le concept dit « two rooms » n'est pas appliqué sur EPR NM.

**DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – GLOSSAIRE**

**DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – GLOSSAIRE****GLOSSAIRE**

**DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – GLOSSAIRE**

**DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – GLOSSAIRE****TRIGRAMMES DES PRINCIPAUX SYSTEMES**

AAD	Alimentation Arrêt et Démarrage
ABP	Poste d'eau basse pression et réchauffeurs
ADG	Alimentation et dégazage
AHP	Poste d'eau haute pression, moyenne pression et réchauffeurs
APA	Motopompes alimentaires
APG	Circuit de purge des générateurs de vapeur
ARE	Alimentation normale des générateurs de vapeur
ATD	Circuit de conditionnement chimique et thermique du secondaire
CET	Circuit d'étanchéité turbine
CEX	Circuit d'extraction
CRF	Circuit d'eau de circulation
CVI	Circuit de vide au condenseur
DAS	Système de contrôle-commande diversifié
DCL	Conditionnement de la salle de commande et des locaux électriques
DEL	Production d'eau glacée secourue
DER	Production d'eau glacée normale
DFL	Désenfumage
DMK	Appareils et engins de manutention du bâtiment combustible
DVD	Ventilation et chauffage des bâtiments diesels
DVE	Ventilation et chauffage des locaux des vannes VVP et ARE
DVL	Ventilation des locaux électriques
DVW	Ventilation des locaux non contaminables de la tour d'accès
DWA	Ventilation de l'atelier chaud et des magasins outillages en zones contrôlées
DWK	Ventilation du bâtiment combustible
DWL	Ventilation de la zone contrôlée
DWQ	Ventilation du bâtiment de traitement des effluents
DWW	Ventilation des locaux contaminables de la tour d'accès
EAS	Aspersion enceinte
EBA	Balayage du bâtiment réacteur
ECP	Pupitre inter postes opérateurs
EPP	Etanchéité et contrôle des fuites de l'enceinte
ETY	Système de surveillance et de contrôle de l'atmosphère de l'enceinte
EVF	Filtration interne
EVR	Ventilation continue du bâtiment réacteur
EVU	Evacuation ultime de chaleur du bâtiment réacteur
EVUi	Evacuation ultime de chaleur intermédiaire
GCT	Contournement turbine condenseur
GEX	Excitation et régulation alternateur
GGR	Circuit de graissage
GHE	Huile d'étanchéité alternateur
GMPP	Groupe Moto-Pompe Primaire
GRE	Réglage et contrôle turbine



## DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – GLOSSAIRE

GRH	Réfrigération alternateur
GSE	Sécurités turbine
GSS	Groupe sécheurs surchauffeurs
GST	Réfrigération stator
GSY	Synchronisation, couplage
GV	Générateur de Vapeur
ISIP	Panneau de signalisation inter synoptiques
JAC	Production eau incendie
JDT	Détection incendie
JPD	Production et distribution incendie ilot conventionnel
JPH	Production et distribution incendie cuve à huile salle des machines
JPI	Production et distribution incendie ilot nucléaire
JPS	Production et distribution incendie de site
JPT	Production et distribution incendie des transformateurs
JPV	Production et distribution incendie des diesels
KER	Contrôle et Rejets des effluents de l'îlot nucléaire
KRT	Système de mesure de radioprotection
PAG	Pupitre Accident Grave
PAS	Système d'automatisme de tranche
PICS	Moyen informatique de conduite
PIPS	Process Instrumentation Pre-processing System : Système de découplage d'acquisition
PMS	Système de gestion des priorités
PS	Protection System - système de protection du réacteur
PTR	Traitement et refroidissement d'eau des piscines
RBS	Borication de sécurité
RCSL	Système de limitation, de surveillance et de contrôle du réacteur
RCV	Contrôle chimique et volumétrique
REA	Système d'appoint en eau borée ou déminéralisée
REN	Echantillonnage nucléaire
RGL	Commande des grappes
RIC	Instrumentation interne du cœur
RIS	Injection de sécurité
RPE	Purges, événements et exhaures nucléaires
RPN	Mesure de la puissance nucléaire
RRI	Réfrigération intermédiaire
RSC	Récupération et stabilisation du corium
SA	Système de gestion de situation d'accident grave
SAS	Système d'automatisme de sûreté
SEC	Eau brute secourue
SED	Distribution d'eau déminéralisée (pH 7)
SEK	Circuit de recueil, contrôle et rejet des exhaures de la salle des machines
SEL	Distribution d'eau chaude produite électriquement
SEM	Système d'appoint en eau de secours

**DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – GLOSSAIRE**

SER	Distribution d'eau déminéralisée (pH 9)
SICS	Moyen de conduite de secours
SRU	Réfrigération ultime
TAM	Tampon d'Accès Matériel
TEG	Traitement des effluents gazeux
TEK	Circuit de contrôle et rejet des effluents liquides
TEP	Effluents liquides primaires
TER	Réservoir complémentaire de santé
TES	Effluents solides
TEU	Circuit de traitement des effluents usés
TRI	Système de réfrigération du BTE
VDA	Système de décharge vapeur à l'atmosphère
VVP	Circuit vapeur principal

**DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – GLOSSAIRE**

**DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – GLOSSAIRE****AUTRES ABREVIATIONS**

AAR	Arrêt Automatique Réacteur
AIEA	Agence Internationale pour l'Energie Atomique
ALARA	As Low As Reasonably Achievable – aussi bas que raisonnablement possible
ALARP	As Low As Reasonably Practicable – aussi bas que raisonnablement praticable
AMC	Arrivée Massive de Colmatant
APE	Approche Par État
APRP	Accidents de Perte de Réfrigérant Primaire
ARIA	Analyse, Recherche et Information sur les Accidents
ASG	Système d'alimentation en eau de secours des générateurs de vapeur
ASN	Autorité de Sûreté Nucléaire
ATEX	ATmosphère EXPlosive
ATWS	Anticipated Transient Without Scram – arrêt automatique du réacteur sans chute de barres
BAN	Bâtiment des Auxiliaires Nucléaires
BARPI	Bureau d'Analyse des Risques et des Pollutions Industrielles
BAS	Bâtiment des Auxiliaires de Sauvegarde
BD	Bâtiments diesels
BK	Bâtiment Combustibles
BP	Basse pression
BR	Bâtiment Réacteur
BTE	Bâtiment de Traitement des Effluents
CDU	Critère de Défaillance Unique
CIPR	Commission Internationale de Protection Radiologique
CPP	Circuit Primaire Principal
CNPE	Centrale Nucléaire de Production Electrique
CSP	Circuits Secondaires Principaux
DAC	Décret d'Autorisation de Création
DBC	Design Basis Conditions – Conditions de fonctionnement de référence
DBH	Design Basis external Hazard – agression externe de référence
DCC	Défaillances de cause commune
DCH	Direct Containment Heating – échauffement direct de l'enceinte
DDT	Déflagration à la Détonation
DEC	Design Extension Conditions (code RCC-CW)
DEC-A	Conditions de fonctionnement avec défaillances multiples
DEC-B	Conditions de fonctionnement avec fusion du cœur
DED	Design Extension Domain – domaine d'extension du dimensionnement (code RCC-CW)
DEE	Design Extension Earthquake – séisme d'extension du dimensionnement (code RCC-CW)
DEH	Design Extension Hazard – agression d'extension du dimensionnement (code RCC-CW)
DESC	Design Extension Seismic Capacity
DF	Diffusion faible
DGSNR	Direction Générale de la Sûreté Nucléaire et de la Radioprotection
DL	Distribution électrique

**DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – GLOSSAIRE**

DN	Diamètre Nominal
DOS	Dossier d'Options de Sûreté
DPN	Division de Production Nucléaire
EDE	Espace entre-enceintes
EDG	Ejection De Grappe
EDI	Etats dégradés de l'installation
EE	Evacuation de l'Energie
EIP	Eléments Importants pour la Protection
EIU	Evénement Initiateur Unique
EPR	European Pressurised Reactor – réacteur européen à eau pressurisée
EPR NM	EPR Nouveau Modèle
EPRI	Electrical Power Research Institute
EPS	Etudes Probabilistes de Sûreté
ESF	Elementary System Function
ESPN	Equipements Sous Pression Nucléaire
EVEREST	Evoluer vers une entrée sans tenue
FARN	Force d'Action Rapide Nucléaire
FH	Facteur Humain
FPPI	Fonctionnement Prolongé à Puissance Intermédiaire
GC	Génie civil
GMPP	Groupe motopompes primaires
GTA	Groupe turbo-alternateur
GV	Générateur de vapeur
HCLPF	High Confidence, Low Probability of Failure – faible probabilité de défaillance avec un haut niveau de confiance
HMP	Haute et Moyenne Pression
HVAC	Heat, ventilation and air-conditionning – chauffage, ventilation et refroidissement
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
ICR	Interface Centrale Réseau
IFH	Ingénierie des Facteurs Humains
IHM	Interface Homme-Machine
IN	Îlot nucléaire
INB	Installation Nucléaire de Base
INSEE	L'Institut national de la statistique et des études économiques
IPG	Interaction Pastille-Gaine
IRWST	In-containment Refuelling Water Storage Tank – réserve d'eau d'appoint intérieur enceinte
IS	Injection de sécurité
ISBP	Injection de sécurité basse pression
ISMP	Injection de sécurité moyenne pression
JEPP	Jours Equivalents Pleine Puissance
JO	Journal Officiel
LCO	Limiting Conditions of Operation – conditions limites de fonctionnement
LIM	Fonctions de limitation

**DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – GLOSSAIRE**

LMP	Level Measurement Probe – sonde de niveau
Loi RCN	Loi relative à la responsabilité civile dans le domaine de l'énergie nucléaire
Loi TSN	Loi relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire
MDTE	Manque De Tension Externe
MDTG	Manque de tension généralisé
MEL	Masses et Energies Libérées
MOX	Mélange d'OXYde de plutonium et d'OXYde d'uranium
MP	Moyenne pression
NC	Non classé
NOP	Fonctionnement normal et régulations primaires principales
NPSH	Net Positive Suction Head – différence entre la pression d'un liquide et sa pression de vapeur saturante.
NSG	Nuclear Safety Guide – guide de sûreté nucléaire de l'AIEA
ORFEO	Forme de corrélation de flux critique
PC	Pression de conception
PCA	Produit de Corrosion Activé
Pcc	Puissance de court-circuit
PLM	Plant Lifecycle Management – gestion du cycle de vie de l'installation
PN	Puissance nominale
PPI	Plans Particuliers d'Intervention
PPRT	Plan de prévention des risques technologiques
PTAE	Perte Totale de l'Alimentation Electrique
PUI	Plan d'Urgence Interne
PWR	Pressurized Water Reactor – réacteur à eau pressurisée
PZR	Pressuriseur
RA	Refroidissement à l'arrêt
RCP	Circuit primaire principal
RDP	Réservoir de Décharge Pressuriseur
RFS	Règles Fondamentales de Sûreté
RFTC	Rapport de flux thermique critique
RGE	Règles Générales d'Exploitation
RT	Reactor trip – arrêt automatique réacteur
RTE	Réseau de Transport d'Electricité
RTE	Rupture de tuyauterie d'alimentation en eau des Générateurs de Vapeur
RTGV	Rupture de Tube de Générateur de Vapeur
RTV	Rupture de Tuyauterie Vapeur
SEXTEN	Surveillance de l'étanchéité de l'enceinte
SF	System Feature
SG	Safety Guide - guide de sûreté AIEA
SSC	Structure, Système et Composant
SSCs	Structures, Systèmes et Composants
STE	Spécifications Techniques d'Exploitation
TGI	Toutes Grappes Insérées

**DOSSIER D'OPTIONS DE SURETE – GLOSSAIRE**

TGI-1	Toutes Grappes Insérées sauf la plus anti-réactive
TGI-x	Toutes Grappes Insérées sauf les x plus anti-réactives
THE	Très Haute Efficacité
TP	Transformateur principal
V-LOCA	Accident de bipasse du confinement
WENRA	Western European Nuclear Regulators Association