3.1.2. Dispositions relatives à la réévaluation du niveau de sûreté

3.1.2.1. Dispositions relatives aux accidents sans fusion du cœur

A l'occasion du RP4 900, les études d'accidents du rapport de sûreté ont été réexaminées en prenant en compte l'état des connaissances et des pratiques actualisées.
Afin de vérifier le respect des critères de sûreté et tendre vers des niveaux de conséquences radiologiques ne nécessitant pas la mise en œuvre de mesures de protection de la population, deux types d'études sont menées :

- Des études de scénarios accidentels postulés de manière déterministe ; en particulier, un exercice de transposition des situations accidentelles et délais d'intervention des opérateurs chargés de la conduite des réacteurs, pris en compte sur l'EPR FLA 3, a permis de vérifier le bon comportement des moyens de protection disponibles sur les réacteurs 900 MWe ;
- Des études probabilistes de sûreté relatives au risque de fusion du cœur ont montré une amélioration vis-à-vis du 3e réexamen périodique avec une diminution significative du risque de fusion du cœur.

Les dispositions suivantes sont proposées sur le thème « Accidents sans fusion du cœur ».

Intitulé	**Augmentation de la pression des accumulateurs en eau borée du système d'injection de sécurité**
Thème	Sûreté / Accidents sans fusion
Typologie	Disposition matérielle
Applicabilité	Générique Palier

Objectif : limiter les conséquences radiologiques des accidents étudiés dans le Rapport de Sûreté.

Eclairage technique : dans le rapport de sûreté, EDF étudie l'accident de perte de réfrigérant primaire causé par une brèche hypothétique sur le circuit. L'accident se caractérise par la vidange du circuit primaire. La dépressurisation brutale du circuit primaire initialement causée par la brèche peut mener à un découvrement du cœur du réacteur et à une montée en température des crayons combustible (*voir Figure 3*) qui ne sont alors plus refroidis par l'eau.

L'objectif de cette disposition est d'augmenter la pression des accumulateurs en eau borée du système d'injection de sécurité. Cela permet d'injecter dans le circuit primaire l'eau contenue dans ces accumulateurs de façon plus précoce dans la séquence accidentelle, ce qui est favorable vis-à-vis du refroidissement des crayons.

La disposition proposée consiste à modifier le réglage des détendeurs d'alimentation en gaz, assurant la pressurisation des accumulateurs et de la soupape déverseuse, ainsi que les seuils d'alarme « haut » et « bas » de pression et l'étalonnage des capteurs de niveau d'eau des accumulateurs.

Intitulé	Elargissement de la démonstration de sûreté nucléaire relative aux accidents
Thème	Sûreté / Accidents sans fusion
Typologie	Approfondissement d'études de la démonstration de sûreté intégrées dans le Rapport de Sûreté et disposition d'exploitation (conduite de l'installation en cas d'accident)
Applicabilité	Générique Palier

Objectif : confirmer la robustesse de l'installation face à de nouveaux scénarios intégrés au rapport de sûreté ou, pour les scénarios existants, à de nouvelles hypothèses d'études prenant en compte des évolutions des connaissances (phénomènes physiques, méthodes de calculs).

Eclairage technique : ces dispositions élargissent la couverture de la démonstration de sûreté nucléaire pour les accidents sans fusion du cœur : prise en compte des suites d'instructions des Groupes Permanents d'Experts[3] relatifs aux critères de tenue du combustible et aux études d'accidents du 4e Réexamen Périodique des réacteurs de 900 MWe, amélioration des modélisations des phénomènes physiques (amélioration des connaissances), prise en compte de nouveaux scénarios accidentels issus de nouvelles hypothèses ou de l'EPR. Les évolutions sont notamment les suivantes :

- L'intégration de nouveaux transitoires accidentels au Rapport de Sûreté :
  - le transitoire de rupture de tuyauterie vapeur de catégorie 2 sans sollicitation de l'Injection de Sécurité (dit brèche interface de sollicitation de l'Injection de Sécurité),
  - le transitoire d'éjection de grappe sans arrêt automatique du réacteur par augmentation du flux neutronique,
  - les transitoires de rupture de tuyauterie vapeur du circuit secondaire, à 100% de puissance nominale, avec et sans manque de tension externe à la centrale,
  - le transitoire de dilution homogène par rupture d'un tube du circuit d'échangeur des pompes primaires, dans tous les états de fonctionnement du réacteur.
- L'amélioration des modélisations des phénomènes physiques sur certaines études :
  - utilisation d'une méthode de calcul simulant de manière plus fine (modélisation à trois dimensions) les phénomènes physiques pour le transitoire de retrait du cœur d'une grappe de commande en puissance,
  - compléments de calculs permettant de couvrir l'ensemble du spectre de taille de brèche pour les ruptures de tuyauterie vapeur,
  - mise en œuvre d'un nouveau code de calcul pour l'estimation de l'évacuation de la puissance résiduelle du cœur sur le long terme pour le transitoire d'accident de perte de réfrigérant primaire par brèche intermédiaire,
  - mise en œuvre d'un nouveau code de calcul pour l'estimation de la puissance résiduelle à court terme pour le transitoire d'accident de perte de réfrigérant primaire par brèche intermédiaire.
- Prise en compte de l'impact de la déformation des assemblages combustibles vis-à-vis des phénomènes neutroniques et thermohydrauliques. Cette démonstration

[3] Pour préparer ses décisions les plus importantes relatives aux enjeux de sûreté nucléaire ou de radioprotection, l'ASNR s'appuie sur les avis et les recommandations de huit groupes permanents d'experts. L'ASNR consulte ces groupes permanents sur des sujets relevant de leurs domaines d'expertise respectifs.

valorise la disposition matérielle « *Limitation des mouvements de grappes de régulation du groupe « R »* » (cf. paragraphe dédié à cette disposition dans la suite de ce document).

- L'extension des études de sûreté à un plus grand nombre de configurations d'assemblages combustibles au sein du cœur du réacteur exploité en gestion « *Parité Mox* » (cycles de gestion combustible pour l'accroissement de la protection de la cuve et cycles dits « *variables* »).
- L'extension de la démonstration de maîtrise de la criticité aux cas de chutes accidentelles d'assemblages combustibles dans le bâtiment réacteur, avec la prise en compte du nouveau référentiel criticité relatif aux activités dans le bâtiment combustible et en réacteur pour les états cuve ouverte.
- L'intégration des nouveaux critères d'études sur la tenue du combustible en situation accidentelle :
  - vérification de l'absence de dispersion de combustible en cas d'endommagement de sa gaine, pour les transitoires d'éjection de grappe et de rotor bloqué d'une motopompe primaire,
  - vérification de l'absence de fusion en périphérie de la pastille de combustible pour les transitoires de retrait incontrôlé au démarrage et d'éjection de grappes contrôlant la réactivité,
  - vérification de la fusion limitée du combustible au point le plus chaud du cœur, pour les transitoires accidentels de 3e catégorie[4] du rapport de sûreté.

Intitulé	Limitation des mouvements de grappes de régulation du groupe « R »
Thème	Sûreté / Accidents sans fusion
Typologie	Disposition d'exploitation (spécifications techniques d'exploitation) + disposition matérielle
Applicabilité	Générique Palier

Objectif : maîtriser la distribution de puissance dans le cœur du réacteur, en réduisant certains phénomènes physiques au sein du cœur du réacteur.

Eclairage technique : sous l'effet cumulé des contraintes hydrauliques et mécaniques, de l'irradiation et de la température, les assemblages de combustible sont susceptibles de se déformer latéralement. Ce phénomène se traduit par des élargissements de « lames d'eau » présentes entre les assemblages qui sont pénalisantes en termes de puissance neutronique locale atteinte dans certaines situations accidentelles (chute incidentelle des grappes de contrôle de la réactivité).

La disposition vise à réduire la plage d'exploitation du réacteur vis-à-vis des mouvements des grappes de régulation du groupe « R » en extraction hors du cœur du réacteur, ce qui permet de compenser l'effet pénalisant cité ci-dessus.

La disposition matérielle proposée consiste à modifier sur l'installation les réglages des protections du réacteur vis-à-vis des mouvements de ces grappes et à afficher l'activation de cette protection en salle de commande du réacteur.

[4] Les transitoires incidentels et accidentels étudiés dans le Rapport de Sûreté sont regroupés en catégories en fonction de leurs fréquences d'occurrence et de leurs conséquences.

Intitulé	Vérification de la limite de flambage des grilles d'un assemblage combustible
Thème	Sûreté / Accidents sans fusion
Typologie	Dispositions à l'étude en réponse à la prescription [Etude-D] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4e RP 900
Applicabilité	Générique Palier

Objectif : améliorer la connaissance des phénomènes physiques associés au combustible.

Eclairage technique : il s'agit d'étudier le cumul concomitant d'un accident de perte de réfrigérant primaire avec un séisme. Dans ces situations, les grilles des assemblages combustibles sont susceptibles de se plier (« flamber »), ce qui peut modifier les conditions de refroidissement des crayons ou les conditions de chute des grappes de contrôle de la réactivité dans le cœur (*la Figure 3 présente le schéma d'un assemblage combustible et les grilles*). EDF a entrepris une campagne d'essais destinés à caractériser plus finement la limite de flambage des grilles des assemblages de combustible.

Ce programme confirme que les dispositions actuelles sont suffisantes pour démontrer le bon refroidissement et la gestion de la réactivité du cœur lors de ces accidents. Conformément à la prescription [Etude-D], EDF intègrera les retombées de ces essais et des études associées dans le Rapport de Sûreté.

Intitulé	Elargissement des études du domaine complémentaire
Thème	Sûreté / Accidents sans fusion
Typologie	Dispositions d'exploitation (conduite en cas d'accident) et disposition matérielle
Applicabilité	Générique Palier

Objectif : confirmer l'aptitude des réacteurs à faire face à de nouveaux scénarios accidentels reposant sur des défaillances multiples et indépendantes.

Eclairage technique : le domaine complémentaire est un ensemble de situations accidentelles étudiées en complément des situations accidentelles de la conception initiale des réacteurs électronucléaires d'EDF. Les études EDF ont déjà conduit au déploiement de dispositions complémentaires. L'instruction du dossier avec l'ASN et l'IRSN conduit à proposer de nouvelles dispositions :

- Une évolution de la conduite accidentelle pour stabiliser le circuit primaire en phase de repli vers un état sûr à un palier de température à 190°C en cas de perte totale des alimentations électriques ou de défaillance de cause commune des tableaux auxiliaires de secours de distribution électrique (tableaux « LH ») avec secours de l'injection aux joints des Groupes Moto-Pompes Primaires (GMPP). Cette température permet de garantir le bon comportement dans le temps des joints des GMPP. Les études support au rapport de sûreté sont mises à jour en cohérence ;
- L'ouverture du dispositif de décompression-filtration de l'enceinte en cas de perte de source froide, de perte des sources électriques (y compris les diesels de secours) ou de défaillance de cause commune des tableaux électriques « LH » dans l'état du réacteur « Arrêt Pour Intervention Primaire Suffisamment Ouvert ». Cette disposition permet de gérer le risque de pressurisation de l'enceinte pour ces situations ;
- L'appoint via des réserves en eau propres au réacteur par la pompe du Noyau Dur

« EAS-ND » pour éviter le découvrement du cœur, puis le passage, par action de l'opérateur, en recirculation de l'eau à l'intérieur du bâtiment réacteur en cas de perte des sources électriques (y compris les diesels de secours), à l'échelle d'un réacteur ou en cas de défaillance de cause commune des tableaux « LH », dans l'état du réacteur « Arrêt Pour Intervention Primaire Suffisamment Ouvert ». Ces dispositions remplaceront la disposition actuelle consistant à effectuer un appoint gravitaire par le recours à un système d'appoint en eau d'un autre réacteur ;

- La valorisation du secours du système de refroidissement intermédiaire du réacteur (RRI) par l'eau froide du système de traitement et de refroidissement d'eau des piscines (PTR). Pour être efficace dans la majorité des situations, cette valorisation nécessite de procéder à un délestage automatique de certains utilisateurs classiques du système RRI, dès le début de l'incident, afin d'éviter une montée en température trop rapide de l'eau du système RRI avant son refroidissement par l'eau du système PTR. Une fois le secours du refroidissement par le PTR mis en œuvre, les principaux utilisateurs du RRI peuvent à nouveau être reconnectés, si besoin.
- L'appoint au circuit primaire par la Pompe d'Injection aux Joints des Groupes MotoPompes Primaires "Noyau Dur" (PIJ-ND) lignée en mode Injection aux Joints n°1 des Groupes MotoPompes Primaires (IJPP). Cette disposition concerne le scénario de perte des 3 pompes RCV (Pompes du système de contrôle volumétrique et chimique), consécutive à la perte du tableau LHA (système lié aux tableaux électriques des auxiliaires de sauvegarde de la tranche) cumulée à la perte intrinsèque de la pompe RCV voie B, alors que le circuit primaire est initialement intègre.
- Par ailleurs, les risques de fusion du cœur pour les initiateurs chaudière et de découvrement combustible en piscine BK, tenant compte des Dispositions Complémentaires apportées dans le cadre du quatrième réexamen de sûreté du réacteur, sont jugées acceptables et ne conduisent donc pas à l'identification de nouvelles Dispositions Complémentaires.

Intitulé	**Ajout d'un dispositif de prélèvement du fluide primaire en état d'arrêt en aval de l'échangeur CEPP (Circuit d'Etanchéité des Pompes Primaires)**
Thème	Sûreté / Accidents sans fusion
Typologie	Disposition matérielle
Applicabilité	Générique Palier

Objectif : prévenir un risque de criticité qui résulterait de l'envoi dans le circuit primaire d'eau non borée issue d'une rupture du circuit de refroidissement des joints des pompes primaires (2e barrière de confinement).

Eclairage technique : l'objectif de la disposition est d'éliminer tout risque de dilution hétérogène (envoi d'un volume d'eau claire non mélangé au reste du circuit primaire vers le cœur) dans les états d'arrêt pour intervention ou rechargement du réacteur. L'évènement initiateur est une fuite de l'échangeur du Circuit d'Etanchéité des Pompes Primaires (CEPP). Dans ces scénarios, une accumulation d'eau non borée provenant du circuit de réfrigération intermédiaire pourrait avoir lieu dans certaines zones du circuit primaire. Lors de la mise en service du premier groupe motopompe primaire pendant la phase de redémarrage du réacteur, le bouchon d'eau claire ainsi formé serait envoyé dans le cœur et pourrait potentiellement provoquer une divergence incontrôlée du cœur du réacteur.

Le principe de la disposition consiste à surveiller les caractéristiques chimiques du fluide du circuit de contrôle volumétrique et chimique en amont et en aval de l'échangeur CEPP afin de détecter une éventuelle fuite de l'échangeur CEPP. Le principe de mesure repose sur l'analyse de la concentration en sodium des prélèvements.

Deux prélèvements d'eau sont effectués et analysés en laboratoire sur la centrale : un prélèvement de fluide primaire par le système échantillonnage nucléaire (représentatif du fluide en amont de l'échangeur) et un prélèvement de fluide en aval de l'échangeur CEPP et au plus près de ce dernier.

La réalisation de ce deuxième prélèvement nécessite d'installer un système de prélèvement sur la ligne de purge des effluents liquides non réutilisables du réacteur.
Les prélèvements seront réalisés par un opérateur en arrêt normal du réacteur, refroidi par le système de refroidissement à l'arrêt, environ 8 heures avant le démarrage du premier groupe motopompe primaire. Une différence significative de concentration en sodium indiquerait la présence d'une fuite significative, interdisant alors le démarrage des groupes motopompes primaires.

Figure 3. Illustration d'un préleveur

Intitulé	Implantation d'un piquage sur la double enveloppe des circuits RIS et EAS
Thème	Sûreté / Accidents sans fusion
Typologie	Disposition matérielle
Applicabilité	Générique Palier

Objectif : contrôler l'intégrité des dispositifs de confinement de certains circuits de sauvegarde.

Eclairage technique : les tuyauteries du système d'injection de sécurité (RIS) et du système d'aspersion d'eau dans l'enceinte de confinement (EAS) disposent d'une double enveloppe dont l'objectif est de confiner une fuite accidentelle survenant sur les portions des circuits RIS et EAS situées entre les puisards et la première vanne d'isolement, ou sur la vanne elle-même. Ces doubles enveloppes contribuent ainsi au confinement des substances radioactives.

La disposition proposée consiste à créer un piquage dans les double-enveloppes des tuyauteries qui permet d'insérer une sonde endoscopique pour la surveillance visuelle de l'intérieur de la double enveloppe, en complément des autres moyens de surveillance et de détection déjà déployés. La prise endoscopique ainsi créée permet d'améliorer la capacité à contrôler l'état des double-enveloppes.

En cas de détection d'eau à l'intérieur de la double enveloppe, le piquage permet d'en faciliter le séchage.