

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.

3.1.2.2. Dispositions relatives aux agressions

Les centrales nucléaires sont conçues pour être protégées contre des agressions internes ou externes liées à des phénomènes naturels ou à des activités humaines qui pourraient entraîner de manière directe ou indirecte des dommages aux structures, systèmes et composants nécessaires aux fonctions fondamentales de sûreté.

Les études de sûreté relatives aux agressions sont constituées d'un volet d'études déterministes dont l'objectif est de démontrer la possibilité de ramener et maintenir durablement à l'état sûr le réacteur. Elles sont complétées d'un volet probabiliste (Etudes Probabilistes de Sûreté « EPS ») lorsque cela est pertinent.

Par ailleurs, le niveau des agressions a été réévalué au regard de l'état de l'art et des connaissances, notamment des conclusions des rapports du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC).

Les agressions considérées sont celles identifiées dans la réglementation (arrêté INB). Elles peuvent être d'origine interne à la centrale (par exemple incendie, explosion) ou externe (naturelles par exemple séisme, ou d'origine humaine).

Par rapport au précédent réexamen, les études ont été menées au regard des standards internationaux fixés par WENRA. En pratique, l'analyse de sûreté est rendue encore plus exigeante que les études avant le RP4 900 :

- réalisation d'études de sensibilité cumulant agressions et défaillance d'équipements, de manière pénalisante,
- réalisation d'études de sensibilité avec un délai d'intervention retardé de l'opérateur, de manière pénalisante,
- analyse, lorsque cela est techniquement pertinent, du comportement de l'installation à des niveaux d'agressions climatiques extrêmes correspondant à des fréquences d'occurrence inférieures à 10^{-4} /an, c'est-à-dire de moins d'une fois tous les 10 000 ans.

Le déploiement, dans le cadre du 4^e réexamen périodique, du « Noyau Dur » pour faire face à des agressions (séisme, inondation, etc.) d'intensité extrême, allant au-delà des niveaux retenus jusqu'ici, permet de répondre à ces exigences d'études renforcées.

Les dispositions suivantes sont proposées sur le thème « Agressions ».

Intitulé	Elargissement de la démonstration de sûreté nucléaire relative aux agressions
Thème	Sûreté / Agressions (toutes agressions)
Typologie	Dispositions d'exploitation
Applicabilité	Générique Palier

Objectif : confirmer la robustesse de l'installation face à de nouveaux scénarios d'agressions 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 agressions : prise en compte de suites d'instructions des Groupes Permanents d'experts⁵ relatifs aux agressions, amélioration des modélisations des phénomènes physiques (amélioration des connaissances), prise en compte de nouveaux scénarios d'agressions issus de nouvelles hypothèses ou des situations "Noyau Dur", prise en compte des recommandations de l'organisme WENRA (Western European Nuclear Regulators Association).

Les évolutions portent sur l'intégration de nouveaux éléments de démonstration au Rapport de Sûreté ainsi que sur l'ajustement des règles générales d'exploitation associées aux dispositions de protection contre les agressions.

Intitulé	Diminution des charges calorifiques
Thème	Sûreté / Agressions (incendie)
Typologie	Disposition matérielle
Applicabilité	Générique Palier

Objectif : renforcer les dispositions de prévention du risque incendie.

Eclairage technique : dans le cadre de l'amélioration de la prévention du risque incendie, EDF a mené des études visant à réduire les risques de feux de type papier, bois, cartons, huile dans des locaux à enjeu de sûreté nucléaire.

Les dispositions proposées consistent à diminuer la charge calorifique présente dans les locaux à enjeux. Selon le type de charge calorifique, les solutions suivantes seront appliquées :

- remplacement du mobilier en bois par du mobilier en métal,
- installation d'armoires coupe-feu pour contenir le papier et le carton, ou déplacement de cette charge hors des zones à enjeu de sûreté nucléaire,
- vidange définitive de l'huile du turbo alternateur de l'alimentation de secours, ce système étant remplacé par le DUS après le passage à l'état VD4-900.

⁵ 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.

Intitulé	Asservissement de la vanne d'isolement du circuit hydrogène avec la détection incendie (risque de jet d'hydrogène enflammé)
Thème	Sûreté / Agressions (Incendie)
Typologie	Disposition matérielle
Applicabilité	Générique Palier

Objectif : renforcer les dispositions de prévention du risque incendie en cas de cumul d'un incendie avec la défaillance d'un équipement d'une ligne hydrogénée présente dans la zone de feu.

Eclairage technique : dans le cadre de l'amélioration de la prévention du risque incendie, EDF a étudié les risques de charge calorifique supplémentaire liée à une fuite hydrogène dans la zone de l'incendie : la défaillance d'un organe sur un réseau hydrogéné dans la zone de l'incendie peut en effet produire un jet d'hydrogène enflammé, susceptible d'augmenter ponctuellement la charge calorifique (charge calorifique dihydrogène) et d'affecter ainsi les éléments de sectorisation incendie présents dans la zone du jet.

Une modification est proposée afin d'éliminer le risque d'apport d'hydrogène dans les locaux à forte charge calorifique en cas d'incendie. La solution consiste à asservir la vanne générale des réseaux hydrogène avec le système de détection incendie : en cas de détection d'un incendie dans les zones sensibles, l'automatisme permet la fermeture de la vanne et supprime ainsi l'apport d'hydrogène dans les lignes qui circulent dans la zone d'incendie.

Intitulé	Amélioration de la robustesse de l'installation vis-à-vis du risque incendie
Thème	Sûreté / Agressions (incendie)
Typologie	Dispositions relatives au risque incendie, pour répondre aux prescriptions [AGR-D] et [AGR-E] émises par l'ASNR au vu des conclusions de la phase générique du RP4 900
Applicabilité	Générique Palier

Objectif : améliorer la résistance de l'installation à l'incendie.

Eclairage technique : en réponse aux prescriptions [AGR-D] et [AGR-E], EDF a complété les études de maîtrise des risques liés à l'incendie et a identifié des dispositions complémentaires permettant :

- d'améliorer la résistance au feu de certains composants telles que :
 - la protection de chemins de câbles avec un enrubannage résistant au feu ;
 - le remplacement d'éléments de sectorisation incendie tels que des portes coupe-feu par des éléments plus résistants ;
- de diminuer l'ampleur ou l'intensité d'éventuels incendies par des dispositions telles que les systèmes fixes d'aspersion.



Figure 6. Exemple de protection de chemin de câble

Intitulé	Protection de la piscine d'entreposage du combustible vis-à-vis du risque incendie
Thème	Sûreté / Agressions (incendie)
Typologie	Dispositions à l'étude faisant suite aux études menées en réponse à la prescription [AGR-E-II] émise par l'ASNR au vu des conclusions de la phase générique du RP4 900
Applicabilité	Générique Palier

Objectif : confirmer la robustesse des systèmes d'évacuation de la puissance résiduelle du combustible présent dans la piscine d'entreposage vis-à-vis du risque incendie.

Eclairage technique : EDF a mené de nombreuses études de risque incendie dans le cadre du RP4 900 et en a tiré les enseignements pour le renforcement des installations.

En complément à ces études, l'ASNR a émis la prescription [AGR-E-II] demandant à EDF d'examiner les possibilités de renforcer ultérieurement ses installations en analysant, indépendamment de leur fiabilité, les dispositions dont la défaillance conduirait à une augmentation significative du risque de fusion du cœur, ou à la perte des moyens redondants d'appoint en eau ou des moyens de refroidissement de la piscine d'entreposage du combustible. En fonction du résultat de ces études, EDF mettra en œuvre des moyens permettant de réduire le risque de défaillance de ces dispositions.

Intitulé	Renforcement de la disponibilité du système d'évacuation de la puissance résiduelle de l'enceinte « Noyau Dur » (EAS-ND) et fiabilisation de la distribution électrique
Thème	Sûreté / Agressions (incendie), Accidents avec fusion
Typologie	Disposition matérielle
Applicabilité	Générique Palier

Objectif : assurer la robustesse du système d'évacuation de la puissance résiduelle de l'enceinte « Noyau Dur » (EAS-ND) aux agressions internes.

Eclairage technique : l'objectif de la disposition est de renforcer la disponibilité du système d'évacuation de la puissance résiduelle de l'enceinte Noyau Dur (EAS-ND) en garantissant la manœuvre des vannes qui participent à la fonction d'injection d'eau EAS-ND, y compris dans les situations Noyau Dur très dégradées avec perte des alimentations électriques des vannes (par perte du tableau de distribution électrique Noyau Dur situé dans l'îlot nucléaire) et fusion du cœur. Dans ces situations, les commandes des vannes depuis la salle de commande peuvent être inopérantes et l'accès au local des vannes n'est pas envisageable en raison des conditions d'ambiance. Un tel scénario hypothétique est issu des enseignements des études probabilistes de sûreté, notamment les études probabilistes de sûreté liées aux agressions incendie.

La disposition permet la réalimentation électrique et la manœuvre des vannes EAS-ND nécessaires à la fonction d'injection Noyau Dur, à partir du local électrique des armoires de contrôle des vannes.

La disposition consiste à créer un coffret prise, installé dans le bâtiment électrique (BL), alimenté depuis un tableau du bâtiment du Diesel d'Ultime Secours. Le coffret prise est associé à une cellule mobile d'auto-contrôle, à manœuvrer dans le local électrique pour rétablir l'alimentation des vannes et les commander.

Par ailleurs, un ajustement de la sous-distribution électrique du réacteur est réalisé, afin de tenir compte des besoins d'alimentation électrique d'autres nouveaux consommateurs « Noyau Dur » et d'améliorer la fiabilité des alimentations électriques de certains consommateurs à enjeu de sûreté.

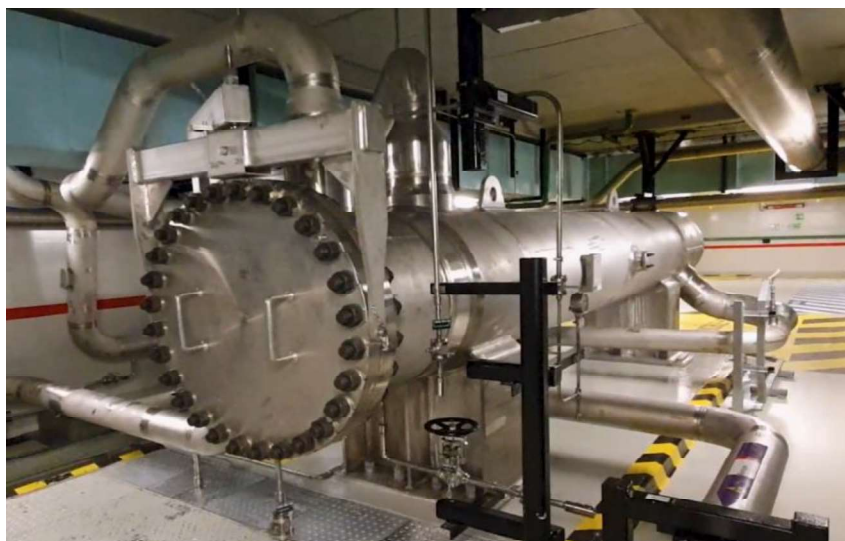


Figure 7. Photo échangeur EAS-ND

Intitulé	Protection des locaux sensibles à l'indisponibilité des systèmes fixes d'aspersion en cas d'incendie
Thème	Sûreté / Agressions (incendie)
Typologie	Dispositions à l'étude issues de la prescription [AGR-E-III] émise par l'ASNR au vu des conclusions de la phase générique du RP4 900
Applicabilité	Générique Palier

Objectif : renforcer les dispositions de prévention du risque incendie.

Eclairage technique : au-delà de la gestion mise en place par EDF relative aux indisponibilités des systèmes fixes d'aspersion, l'ASNR a émis la prescription [AGR-E-III] demandant à EDF d'identifier les locaux les plus sensibles à l'indisponibilité prolongée de ces systèmes. Sur cette base, EDF identifiera des dispositions additionnelles de protection de ces locaux vis-à-vis de l'incendie.

Intitulé	Prévention de l'entrée d'air dans le système de traitement des effluents gazeux hydrogénés
Thème	Sûreté / Agressions (explosion interne)
Typologie	Disposition matérielle
Applicabilité	Générique Palier

Objectif : renforcer les dispositions de prévention du risque explosion.

Eclairage technique : l'objectif de cette disposition est d'empêcher l'arrivée d'air dans le réservoir du système de traitement des effluents gazeux contenant de l'hydrogène depuis les dégazeurs du système de traitement des effluents primaires.

La disposition matérielle proposée consiste à créer un nouvel automatisme, qui en cas de détection d'une forte concentration en oxygène dans le système de traitement des effluents gazeux va :

- fermer automatiquement des vannes d'isolement des dégazeurs du système de traitement des effluents primaires,
- interrompre le process de dégazage, pour éviter la production supplémentaire d'effluents gazeux susceptibles de faire monter en pression des circuits en aval.

Intitulé	Mise en place d'une manchette de raccordement sur le système de stockage de gaz
Thème	Sûreté / Agressions (explosion interne)
Typologie	Disposition matérielle
Applicabilité	Générique Palier

Objectif : renforcer les dispositions d'exploitation vis-à-vis du risque explosion.

Eclairage technique : la disposition a pour but de supprimer tout risque d'explosion dans le réservoir du circuit de contrôle volumétrique et chimique du réacteur en évitant toute possibilité de mauvais lignage des vannes situées entre les circuits d'azote (N₂) et d'hydrogène (H₂) alimentant ce réservoir, lors de la phase d'inertage de ce réservoir.

Pour ce faire, le tronçon commun aux deux lignes (H₂/N₂) est supprimé et une manchette amovible sera mise en place entre la ligne d'injection d'hydrogène et le réservoir du circuit de contrôle volumétrique et chimique du réacteur pour isoler totalement le circuit d'hydrogène lors des phases d'inertage du réservoir.

Intitulé	Prévention du risque d'explosion dans les locaux batteries
Thème	Sûreté / Agressions (explosion interne)
Typologie	Disposition matérielle
Applicabilité	Générique Palier

Objectif : renforcer les dispositions de prévention du risque explosion dans les locaux batteries.

Eclairage technique : la présente disposition est issue notamment des enseignements des études probabilistes de sûreté consacrées à la thématique explosion : en phase de charge, les batteries produisent de l'hydrogène. En cas de renouvellement insuffisant de l'air dans ces locaux, une atmosphère explosive peut se former.

Les dispositions proposées consistent à :

- ajouter un recombineur autocatalytique passif dans le local le plus sensible, ce qui permet d'éviter la formation d'une atmosphère explosive, par recombinaison de l'hydrogène présent dans l'atmosphère du local. Le dispositif comprend un caisson métallique constitué de plaques catalytiques. Au contact du catalyseur, l'hydrogène est recombéné avec l'oxygène contenu dans l'air pour former de la vapeur d'eau. Cette réaction dégage de la chaleur qui provoque une diminution de la densité de gaz. De cette façon, le recombineur s'alimente automatiquement par un effet d'aspiration ;
- fiabiliser la ventilation des locaux en cas de perte d'alimentations électriques, par la mise en place de contacteurs à accrochage pour les alimentations électriques de certains des moto-ventilateurs ;
- reprogrammer le positionnement (ouvert / fermé) de certains clapets coupe-feu afin d'avoir la position la plus pertinente vis-à-vis des différents risques à couvrir.



Figure 8. Photo des locaux contenant les batteries

Intitulé	Protection de tuyauteries sur l'îlot nucléaire, vis-à-vis de l'explosion
Thème	Sûreté / Agressions (explosion interne)
Typologie	Dispositions matérielles
Applicabilité	Générique Palier

Objectif : améliorer la résistance de l'installation à l'explosion.

Eclairage technique : les études de sûreté nucléaire relatives à la thématique explosion interne ont identifié des risques d'agression de tuyauteries de l'îlot nucléaire, importantes pour la sûreté nucléaire. Les dispositions proposées consistent soit à les protéger soit à éliminer la source d'agression :

- deux lignes du circuit de réfrigération intermédiaire du réacteur situées dans le bâtiment des auxiliaires nucléaires sont à protéger par un écran qui amortira le choc en cas d'ouverture brutale de la porte du local adjacent sous l'effet d'une explosion ;

- un dispositif anti-fouettement est mis en place sur la tuyauterie à haute énergie susceptible d'agresser la ligne d'échantillonnage nucléaire connectée au pressuriseur dans le bâtiment réacteur, susceptible de véhiculer de l'hydrogène.

Intitulé	Analyses fonctionnelles de sûreté nucléaire vis-à-vis de l'explosion interne et prévention du risque dans le bâtiment réacteur
Thème	Sûreté / Agressions (explosion)
Typologie	Disposition à l'étude faisant suite à la prescription [AGR-G-I] émise par l'ASNR au vu des conclusions de la phase générique du RP4 900
Applicabilité	Générique Palier

Objectif : améliorer la résistance de l'installation à l'explosion.

Eclairage technique : EDF a mené un programme de travail conséquent vis-à-vis du risque d'explosion. La prescription [AGR-G-I] émise par l'ASNR demande à EDF d'approfondir ultérieurement ce travail par :

- l'identification des situations pour lesquelles la disponibilité des équipements nécessaires à l'atteinte et au maintien de l'état sûr du réacteur ne serait pas assurée ;
- l'évaluation, de manière quantifiée, des risques de formation d'une atmosphère explosible dans le bâtiment réacteur, y compris en cas de séisme, en étudiant les phénomènes susceptibles de se produire à proximité des fuites considérées.

En fonction des enseignements de ces études complémentaires, EDF étudiera, si besoin, des dispositions complémentaires.

Intitulé	Protections additionnelles vis-à-vis de l'explosion interne
Thème	Sûreté / Agressions (explosion)
Typologie	Dispositions à l'étude suite aux études demandées par la prescription [AGR-G-II] émise par l'ASNR au vu des conclusions de la phase générique du RP4 900
Applicabilité	Générique Palier

Objectif : confirmer la robustesse des systèmes d'évacuation de la puissance résiduelle du combustible présent dans la piscine d'entreposage vis-à-vis du risque d'explosion.

Eclairage technique : à l'instar de l'incendie, en application de la prescription [AGR-G-II] émise par l'ASNR, EDF a identifié les équipements de protection contre l'explosion, dont la défaillance, indépendamment de leur fiabilité, conduit à une augmentation significative du risque de fusion du cœur ou à la perte des moyens redondants d'appoint en eau ou des moyens de refroidissement de la piscine d'entreposage du combustible. EDF propose la mise en œuvre de dispositions d'exploitation visant à réduire le risque d'explosion associé à la défaillance de ces équipements et prévoit notamment la mise en place :

- de dispositions d'exploitation visant à limiter le risque de formation d'une atmosphère explosive lors des activités de maintenance des clapets anti-retour du circuit de contrôle chimique et volumétrique ;
- d'un dispositif d'alerte d'ouverture des portes requises fermées pour éviter la propagation d'une atmosphère explosive ;
- de dispositions d'encadrement de la maintenance des dégazeurs de traitement des effluents

primaires afin d'éviter tout risque de mélange détonnant d'O₂ et H₂ dans la bache en cas de mise en défaut d'un oxygénomètre ;

- d'un délai de réparation plus contraint en cas de perte totale de la ventilation permettant d'éviter une atmosphère explosive dans certains locaux en cas de fuite ;
- d'un suivi en exploitation du pare-buffle protégeant deux tuyauteries du circuit de réfrigération intermédiaire en cas d'explosion ;
- de dispositions d'exploitation visant à limiter le risque de formation d'une atmosphère explosive lors des activités de maintenance dans les locaux à risque particulier.

Intitulé	Perte totale des sources électriques en situations grands chauds avec une température élevée au-delà du dimensionnement
Thème	Sûreté / Agressions (grands chauds)
Typologie	Dispositions à l'étude faisant suite aux études demandées par la prescription [AGR-C] émise par l'ASNR au vu des conclusions de la phase générique du RP4 900
Applicabilité	Générique Palier

Objectif : confirmer la robustesse de l'installation vis-à-vis de scénarios de pertes totales des sources électriques externes en situation de température extérieure élevée au-delà du dimensionnement.

Eclairage technique : dans le cadre de la prescription [AGR-C] émise par l'ASNR, EDF a étudié les situations de perte des alimentations électriques externes affectant un réacteur, en concomitance avec la température maximale sur une période de retour de 10 000 ans (près de 43,9°C pour le site de Chinon).

A l'issue de ces études, les dispositions envisagées par EDF sont par exemple des évolutions de suivi en exploitation ou la mise en œuvre de dispositions matérielles (équipements mobiles ou fixes).

Intitulé	Protection contre la tornade (grilles)
Thème	Sûreté / Agressions (tornade)
Typologie	Dispositions matérielles
Applicabilité	Générique Palier

Objectif : augmenter le niveau de protection de la centrale face au risque de tornade.

Eclairage technique : dans le cadre d'une approche homogène toutes Installations Nucléaires de Base (« INB ») confondues, un niveau de tornade de référence a été fixé par l'ASNR, faisant suite à l'instruction des propositions des différents exploitants d'INB. Ainsi, la tornade de référence en France est d'intensité EF2 (sur l'échelle Enhanced Fujita) : elle est définie par une vitesse moyenne des vents de 55,5 m/s, une variation maximale de pression de 2,4 kPa et une vitesse de chute de pression associée de 0,38 kPa/s. L'agression des installations par des projectiles est prise en compte. Sont considérés : le projectile de type « planche de bois », de dimensions 0,10 x 0,25 x 3,80 m et d'une masse de 50 kg et le projectile de type bille d'acier (2,5 cm de diamètre et un poids de 70 g). La vitesse horizontale des projectiles est prise égale à un tiers de la vitesse du vent de tornade.

Les dispositions proposées reposent sur la mise en place de protections au niveau des bouches d'aération des ventilations de certains bâtiments et de protections de type écrans grillagés sur les éléments à l'extérieur à protéger. Une illustration de protection contre la tornade est présentée en Figure 20 (voir §3.1.2.5.1 relatif aux dispositions Noyau Dur).

Intitulé	Protection contre la foudre
Thème	Sûreté / Agressions, foudre
Typologie	Disposition matérielle
Applicabilité	Spécifique au réacteur

Objectif : Assurer la disponibilité des sources électriques de sûreté à la suite d'un foudroiement des lignes aériennes HTB.

Eclairage technique : La modification a pour but de protéger les sources électriques de sûreté d'un coup de foudre cumulé avec la défaillance d'un parafoudre existant sur les lignes du réseau HTB (225 kV).

Les dispositions proposées consistent à installer de nouveaux parafoudres au plus près des Transformateurs Auxiliaires (TA), en dérivation sur les bornes Basse Tension (6,6 kV). Ces parafoudres permettront d'écrêter la tension sur le réseau HTA, lorsque surviendront des élévations de potentiel qui pourraient être supérieures au niveau d'isolement des installations et des équipements électriques en aval des TA. Ils permettront d'écouler l'énergie du défaut à la terre.

Des études sont en cours vis-à-vis de la protection des TA et permettront de confirmer ou dédouaner le besoin de modifications.

3.1.2.3. Dispositions relatives à la piscine d'entreposage du combustible

EDF s'est fixé comme objectif de sûreté de rendre le découvrement des assemblages de combustible lors de vidanges accidentelles et de perte de refroidissement extrêmement improbable.

La sûreté des piscines d'entreposage du combustible a été réévaluée :

- prévention et maîtrise des incidents et accidents affectant les assemblages de combustible entreposés ou manutentionnés,
- protection des systèmes de refroidissement de la piscine d'entreposage du combustible contre les agressions d'origine interne,
- prévention des risques associés à la manutention des emballages de transport du combustible.

Les études déterministes ont permis de montrer que les critères de sûreté sont respectés pour tous les initiateurs d'accidents retenus dans le cadre de la démonstration de sûreté grâce aux dispositions existantes.

Cette démarche a été étendue aux agressions internes ; elle a montré que l'évacuation de la puissance résiduelle et le niveau d'eau de la piscine combustible sont également assurés dans ces situations.

Des études probabilistes ont été menées afin de compléter la démarche déterministe. Ces dernières montrent que les risques de découvrement du combustible sont déjà extrêmement faibles grâce aux moyens de protection existants :

- vis-à-vis du risque de vidange accidentel de la piscine : isolement automatique de la ligne d'aspiration du circuit de refroidissement de la piscine (PTR) lors de l'atteinte d'un niveau « très bas » dans la piscine ;
- vis-à-vis du risque de refroidissement : appoint d'eau à la piscine d'entreposage du combustible par le système incendie.

Les dispositions suivantes sont proposées sur le thème « piscine combustible ».