

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.

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

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.

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'ASN 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 à la prescription [AGR-D], 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 :

- L'ajout d'enrubannages de chemins de câbles de type Soustraction de Charge Calorifique ;
- Le remplacement d'éléments de sectorisation incendie tels que des portes coupe-feu par des éléments plus résistants.

Ou de diminuer l'ampleur ou l'intensité d'éventuels incendies par des dispositions telles que la valorisation de systèmes fixes d'aspersion.



Figure 4. Exemple de protection de chemin de câbles

En réponse à la prescription ASN [AGR-E], EDF a mis en place des dispositions d'exploitation concernant des locaux pour lesquels un incendie aurait un impact à enjeu vis-à-vis de la sûreté :

- Locaux pour lesquels un incendie contribue significativement au risque de fusion du cœur ou de découverture des assemblages dans la piscine d'entreposage du combustible,
- locaux dont la sectorisation est assurée par au moins une porte dont la position ouverte lors d'un incendie 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.

Dans ces locaux, des alarmes permettent à l'opérateur de savoir si une porte de sectorisation est restée ouverte. Par ailleurs, des dispositions pour y interdire l'entreposage de matière combustible et pour maîtriser les travaux par points chauds sont prises afin de limiter le risque de départ de feu ou de propagation du feu.

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'ASN 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 4^e RP 900 et en a tiré les enseignements pour le renforcement des installations.

En complément à ces études, l'ASN 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 de protection contre le risque d'incendie dont la défaillance conduit à la perte des moyens redondants d'appoint en eau ou des moyens de refroidissement de la piscine d'entreposage du combustible. L'analyse conduit à identifier des mesures d'exploitation concernant :

- Des éléments de sectorisation (chatières, trémies, fourreaux),
- Des rampes d'aspersion incendie.

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 5. Photo arrivée 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'ASN 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'ASN 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 a identifié ces locaux les plus sensibles, et a confirmé que les dispositions d'exploitation actuelles des rampes d'aspersion de ces locaux sont suffisantes vis-à-vis du risque d'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 6. 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'ASN 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'ASN 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.

Le programme de travail a permis d'identifier les locaux sensibles aux fuites en dehors des organes démontables composant le système hydrogéné (il s'agit notamment de vannes. Ces locaux seront traités par la mise en place de détection H2 si celle-ci n'est pas déjà présente dans le local. De plus, si un robinet commandable permettant d'isoler la fuite est identifié, alors la fermeture de ce robinet sera asservie à la détection d'hydrogène. Si aucun robinet commandable ne permet d'isoler la fuite, alors une conduite à tenir sera définie. Ces nouvelles dispositions seront déployées au plus tard lors des 5èmes Visites Décennales du palier 900 MWe.

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'ASN 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'ASN, 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
Thème	Sûreté / Agressions (grands chauds)
Typologie	Dispositions à l'étude faisant suite aux études demandées par la prescription [AGR-B] émise par l'ASN 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 en situation de température extérieure élevée.

Eclairage technique : dans le cadre du RP4 900, EDF s'est assurée de la tenue des groupes électrogènes de secours principaux (2 groupes par réacteur) aux températures élevées, au titre du référentiel « Grands Chauds ». Dans le cadre du bilan du réexamen, l'ASN demande à EDF, au travers de la prescription [AGR-B], d'étudier les situations de perte totale des alimentations électriques (alimentations électriques externes et groupes

électrogènes de secours principaux) affectant un réacteur ainsi que l'ensemble des réacteurs d'un site, en concomitance avec la température « longue durée » du référentiel « Grands Chauds ».

Les conclusions de ces études ont permis de définir le besoin de mettre ne place les dispositions suivantes :

- Amélioration de la réfrigération long terme de certain locaux du Bâtiment électrique dont l'îlot de survie en cas de perte de la source froide ;
- Mise en place du dispositif d'Alimentation de Secours des Générateurs de vapeur en situation Noyau Dur (ASG-ND) et de la ligne fixe de réalimentation de la piscine du bâtiment combustible (BK) par le Système d'Eau brute Généralisée (SEG) ;
- Déploiement d'une Pompe d'Injection aux Joints des Groupes MotoPompes Primaires "Noyau Dur" (PIJ-ND).

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'ASN, 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, 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 1719 (voir §3.1.2.5.1 relatif aux dispositions Noyau Dur).*