



DIRECTION DES CENTRALES NUCLEAIRES

Montrouge, le 7 mars 2014

Réf. : CODEP-DCN-2014-005838**Monsieur le Directeur
Division Production Nucléaire
EDF
Site Cap Ampère – 1 place Pleyel
93 282 SAINT-DENIS CEDEX****Objet : Réacteurs électronucléaires - EDF - Palier 1300 MWe
Réexamen de sûreté associé à la troisième visite décennale des réacteurs (VD3 1300)
Explosion****Réf. :** [1] Courrier ASN CODEP-DCN-2012-024803 du 25 juillet 2012
[2] Arrêté du 7 février 2012 modifié fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base
[3] Règle Fondamentale de Sûreté n°I.2.d du 7 mai 1982

Monsieur le Directeur,

Dans le cadre du réexamen de sûreté associé aux troisièmes visites décennales des réacteurs électronucléaires de 1300 MWe, Électricité de France (EDF) a transmis à l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) des études de réévaluation de la démonstration de la maîtrise des risques d'agression interne associés à l'explosion. Ces études concernent :

- le risque d'explosion interne à l'îlot nucléaire ;
- le risque d'explosion externe à l'îlot nucléaire et interne au site.

L'ASN considère que les études réalisées et les modifications prévues sont globalement satisfaisantes. Les études réalisées pour ce réexamen couvrent désormais les risques d'explosion liés aux tuyauteries hydrogénées externes à l'îlot nucléaire et le risque d'explosion lié au procédé d'électrochloration.

L'ASN considère cependant qu'EDF doit compléter ses études sur certains points. Vous trouverez en annexe les conclusions et demandes de l'ASN issues de l'instruction réalisée avec l'appui de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). Ainsi, je vous demande de me transmettre :

- sous trois mois, les éléments complémentaires demandés en annexe 1 et nécessaires à l'instruction en vue de la réunion du groupe permanent chargé des réacteurs nucléaires dédiée au bilan du réexamen de sûreté associé aux troisièmes visites décennales des réacteurs électronucléaires de 1300 MWe ;
- sous deux ans, les éléments complémentaires demandés en annexe 2.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Directeur, l'expression de ma considération distinguée.

Le Directeur de la DCN,

Thomas HOUDRÉ

Demandes de l'ASN

A. Risque d'explosion interne à l'îlot nucléaire hors bâtiment réacteur

La méthode d'évaluation des conséquences d'une explosion est fondée sur des « seuils forfaitaires » pour déterminer les équipements susceptibles d'être perdus, en fonction de leur vulnérabilité et de leur position par rapport au local siège de l'explosion.

La justification de ces seuils forfaitaires a fait l'objet d'une demande formulée par l'ASN à la suite de l'instruction du réexamen de sûreté associé aux premières visites décennales des réacteurs électronucléaires de 1450 MWe [1]. En réponse à cette demande, vous vous êtes engagé à transmettre des éléments de justification pour l'ensemble des réacteurs dans le cadre du projet d'extension de la durée de fonctionnement des réacteurs.

Cependant, les surpressions potentielles en cas d'explosion dans les locaux pour lesquels la teneur en hydrogène approche, voire excède, environ 30 % en volume pourraient atteindre plusieurs bars en cas de déflagration, voire plusieurs dizaines de bars en cas de détonation. L'intensité de ce type de phénomène démontre l'importance de la justification du caractère conservatif des seuils forfaitaires utilisés dans le cadre des études du risque d'explosion des centrales du palier 1300 MWe.

Demande 1 : L'ASN vous demande d'apporter les éléments de consolidation du caractère conservatif des seuils forfaitaires utilisés pour évaluer les conséquences d'une explosion dans les locaux de l'îlot nucléaire.

Vous m'informerez par ailleurs tous les ans de l'état d'avancement de vos travaux concernant la justification de ces seuils forfaitaires, de vos perspectives et des engagements que vous seriez amenés à formuler.

B. Risque d'explosion externe à l'îlot nucléaire

La prise en compte du risque d'explosion lié aux tuyauteries présentes dans des galeries techniques (centrales de Flamanville et du palier P'4), des caniveaux aériens et des caniveaux avec dalles en fonte vissées (centrale de Paluel) est entièrement fondée sur la prévention du risque de dégagement anormal d'hydrogène.

L'ASN estime que les dispositions que vous prenez permettent de limiter le risque de dégagement anormal d'hydrogène en dehors des singularités, mais pas de l'exclure au sens de la démonstration de sûreté, notamment à l'égard des phénomènes de corrosion et de choc. En outre, cette approche n'est pas conforme à la démarche de défense en profondeur prescrite par l'article 3.2 de l'arrêté en référence [2]. Enfin, la défaillance de l'unique niveau de défense actuellement retenu est susceptible d'engendrer une situation :

- inacceptable pour la sûreté dans le cas des galeries techniques ;
- dont vous n'avez pas évalué les conséquences sur la sûreté dans le cas des caniveaux aériens et des caniveaux avec dalles en fonte vissées.

Demande 2 : L'ASN vous demande d'examiner l'intérêt de disposer d'un système permettant :

- de détecter au plus tôt les situations de dégagement anormal d'hydrogène sur les tuyauteries présentes dans des galeries techniques, des caniveaux aériens et des caniveaux avec dalles en fonte vissées ;
- de limiter les conséquences de ces situations. L'intérêt de la mise en œuvre d'un système de limitation du volume inflammable susceptible d'être rejeté en cas de fuite devra notamment être étudié.

Demandes de l'ASN

C. Risque d'explosion interne à l'îlot nucléaire

C.1. Risque d'explosion interne aux locaux de l'îlot nucléaire hors bâtiment réacteur

Le retour d'expérience montre la possibilité de dégagement anormal d'hydrogène en dehors des singularités (fuites liées à la corrosion).

L'ASN estime que les dispositions que vous prenez permettent de limiter le risque de dégagement anormal d'hydrogène en dehors des singularités, mais pas de l'exclure au sens de la démonstration de sûreté, notamment à l'égard des phénomènes de corrosion et de choc, en particulier du fait de la multiplicité des canalisations concernées et de l'inaccessibilité de certaines de ces canalisations empêchant de décliner l'ensemble des dispositions de prévention prévues.

Vous retenez cependant une hypothèse d'absence de risque de fuite de gaz inflammable en dehors des singularités pour démontrer la sûreté des sites à l'égard du risque d'explosion. L'ASN considère que cette approche n'est pas conforme à la démarche de défense en profondeur prescrite par l'article 3.2 de l'arrêté du 7 février 2012.

Demande 3 : L'ASN vous demande d'évaluer les conséquences sur la sûreté d'une explosion liée à un dégagement anormal d'hydrogène en dehors des singularités à caractère démontable des circuits hydrogénés.

Vous identifieriez le cas échéant les dispositions de limitation des conséquences de dégagements anormaux d'hydrogène.

Les calculs de concentration en hydrogène que vous avez réalisés démontrent l'incapacité de la ventilation à limiter le volume inflammable dans certains locaux de l'îlot nucléaire (le débit d'extraction de ces locaux étant trop faible par rapport aux débits de fuite d'hydrogène). Dans de telles configurations, l'hydrogène présent serait susceptible de se propager par l'ensemble des fuites du local (inétanchéité des portes et des pénétrations), sans se limiter au transfert lié à la ventilation d'extraction des locaux voisins. Vous n'avez pas tenu compte de ce phénomène dans la méthodologie mise en œuvre pour l'analyse du risque d'explosion interne à l'îlot nucléaire des centrales du palier 1300 MWe. En effet, seuls les ouvertures permanentes et les transferts d'air liés à la présence des bouches de ventilation d'extraction dans les locaux voisins sont pris en compte dans votre démarche.

Demande 4 : L'ASN vous demande de compléter votre étude du risque d'explosion interne à l'îlot nucléaire en prenant en compte les possibilités de transfert vers les locaux voisins de l'atmosphère explosive se formant dans un local sans se limiter au transfert lié à la ventilation d'extraction de ces locaux voisins.

Vous avez identifié les locaux « à risque d'atmosphère explosive » comme les locaux « à risque potentiel d'atmosphère explosive » pour lesquels la concentration d'hydrogène dans le local serait susceptible de dépasser la limite inférieure d'inflammabilité (ou LIE, soit 4%) en situation de dégagement anormal d'hydrogène. Afin de calculer cette concentration, vous supposez que l'hydrogène se diffuse de façon instantanée et homogène dans tout le local (la concentration en tout point est égale à la concentration moyenne) et que la ventilation est opérationnelle. Cette hypothèse de « dilution homogène » ne permet pas de prendre en compte les volumes inflammables susceptibles de se former à proximité de la fuite ou de s'accumuler sous plafond.

Vous avez également identifié les portions des gaines des ventilations d'extraction dans lesquels du matériel antidéflagrant doit être mis en place par l'utilisation de la concentration obtenue avec l'hypothèse « dilution homogène ». Cette concentration n'est pas nécessairement enveloppe de la teneur en hydrogène susceptible d'être atteinte à l'entrée de la ventilation d'extraction, notamment pour les locaux dans lesquels la source potentielle de fuite se situe à proximité de la bouche d'extraction. De ce fait, le risque d'explosion dans les gaines de ventilation peut être sous-estimé.

Demande 5 : L'ASN vous demande de compléter votre démarche d'identification des portions des gaines des ventilations d'extraction dans lesquelles du matériel antidéflagrant doit être mis en place en vérifiant si la concentration en hydrogène du local obtenue avec l'hypothèse de « dilution homogène » est bien enveloppe de celle susceptible d'être atteinte à l'entrée des bouches de la ventilation d'extraction.

Si nécessaire, vous renforcerez les dispositions visant à limiter le risque d'explosion dans les gaines de ventilation.

À l'issue de votre évaluation des conséquences d'une explosion dans les locaux « batteries » (démarche identique à celle mise en œuvre pour les locaux contenant des circuits hydrogénés), cinq locaux « batteries » du palier P4 et deux du palier P'4 sont considérés comme « à risque majeur de sûreté ».

Vous prévoyez une modification pour que les circuits de ventilation de ces locaux soient secourus électriquement et restent fonctionnels après un séisme de niveau séisme de dimensionnement. Vous estimez ces modifications suffisantes pour « *diminuer au minimum raisonnable le risque d'atteinte des cibles de sûreté* ».

Or, en fondant entièrement la prévention du risque d'explosion dans les locaux « batteries » sur les modifications de fiabilisation de la ventilation du local prévues, vous prenez insuffisamment en considération les autres dispositions relatives aux risques d'explosion dans les locaux « batteries » qui devraient être présentées et justifiées dans la démonstration de sûreté (dont par exemple les actions associées à une détection d'hydrogène dans les locaux).

Demande 6 : L'ASN vous demande de compléter votre démonstration de sûreté à l'égard des risques d'explosion dans les locaux batteries en considérant l'ensemble des actions, automatiques et manuelles, raisonnablement envisageables.

Les cibles de sûreté que vous retenir sont « *les systèmes auxquels s'appliquent le critère de défaillance unique et les systèmes supports nécessaires à leur fonctionnement* ». La démarche d'identification des cibles de sûreté est donc fondée sur l'application du critère de défaillance unique (CDU). Or, vous n'avez pas présenté la liste exhaustive des systèmes auxquels s'applique le critère de défaillance unique, à protéger d'une explosion.

Vous avez également précisé que les systèmes supports retenus comme cibles étaient « *strictement nécessaires* » au fonctionnement des systèmes auxquels s'applique le CDU et que la réalisation d'une analyse fonctionnelle pouvait permettre de ne pas retenir certains systèmes supports. Or, vous n'avez pas communiqué ces analyses fonctionnelles justifiant de la non prise en compte de certains systèmes supports.

Demande 7 : L'ASN vous demande de :

- **lui transmettre une liste exhaustive des systèmes auxquels s'applique le critère de défaillance unique, à protéger d'une explosion ;**
- **pour chacun des systèmes supports nécessaires au fonctionnement des systèmes auxquels s'applique le CDU non retenus comme cibles de sûreté, lui transmettre le détail de l'analyse fonctionnelle ayant conduit à son exclusion.**

C.2. Risque d'explosion interne aux locaux du bâtiment réacteur (BR)

Dans votre démarche d'analyse, vous distinguez les « grands locaux » (local de grand volume ou groupement de locaux en communication permanente et significative) et les « locaux fermés ».

Concernant les « grands locaux », seuls les circuits hydrogénés reliés au pressuriseur font l'objet d'une exigence à l'égard des agressions « séisme » et « RTHE¹ ». Une rupture de tuyauterie ou de bache en conséquence de ces agressions ne peut donc pas être exclue en dehors de ces circuits. Sur la base de ce constat, vous considérez que les sources potentielles de dégagement d'hydrogène sont présentes dans l'ensemble des « grands locaux » contenant des circuits hydrogénés.

Malgré la quantité d'hydrogène relativement faible susceptible d'être rejetée au regard des volumes de ces « grands locaux », l'explosion d'un nuage inflammable susceptible de se former en champ proche d'une source de dégagement pourrait endommager des équipements « cibles » situés à proximité. Or, à la différence des locaux contenant des sources de dégagement d'hydrogène présents dans le reste de l'îlot nucléaire, vous n'avez pas étudié les conséquences sur la sûreté d'une explosion dans ces « grands locaux » du bâtiment réacteur.

Concernant les « locaux fermés » contenant des circuits hydrogénés reliés aux réservoirs RDP², RPE³ et TEG⁴, les scénarios que vous avez retenus sont fondés sur une fuite « technologique » supposée représentative d'un défaut matériel des singularités ou sur une rupture guillotine dans les locaux contenant des circuits hydrogénés non dimensionnés aux séismes ou susceptibles d'être agressés par une RTHE.

À la différence des locaux contenant des sources de dégagement d'hydrogène dans le reste de l'îlot nucléaire, vous vous appuyez, pour exclure le risque de formation d'une atmosphère explosive, exclusivement sur le calcul de la concentration maximale d'hydrogène obtenue avec l'hypothèse de « dilution homogène » de l'hydrogène libéré dans l'ensemble du volume du local. L'ASN estime que l'utilisation de l'approche « dilution homogène » seule pour exclure le risque de formation d'une atmosphère explosive dans les locaux du BR n'est pas satisfaisante, notamment au regard des volumes inflammables susceptibles de se former en champ proche de la fuite et de s'accumuler sous plafond. En fonction des enjeux de sûreté associés à la perte potentielle des équipements présents dans chacun des locaux concernés, des études complémentaires sont donc nécessaires.

Demande 8 : L'ASN vous demande de compléter votre démonstration de l'absence de conséquence sur la sûreté d'une explosion interne aux « grands locaux » et aux « locaux fermés » du bâtiment réacteur contenant un circuit hydrogéné relié aux réservoirs RDP, RPE et TEG, en tenant compte des volumes inflammables susceptibles de se former en champ proche de la fuite ou de s'accumuler sous plafond.

C.3. Risque d'explosion interne aux circuits

Vous avez analysé le retour d'expérience relatif à seize événements nationaux et cinq événements internationaux. Pour chaque événement, vous avez exposé les faits, identifié l'origine de l'événement, évalué ses conséquences potentielles, rappelé les solutions mises en œuvre et vérifié si les dispositions de conception des réacteurs du palier 1300 MWe sont suffisantes pour prévenir ce type d'événement.

L'ASN convient que cette démarche permet une prise en compte du retour d'expérience dans l'analyse du risque d'explosion interne aux circuits. Cependant, l'ASN considère que cette analyse du retour d'expérience ne tient pas compte de l'ensemble des scénarios « plausibles » de formation d'une atmosphère explosive d'origine humaine (erreur de lignage, démontage erroné...) et d'origine matérielle (perte d'étanchéité, dysfonctionnement d'un équipement...)

¹ RTHE : rupture de tuyauterie haute énergie.

² RDP : réservoir de décharge du pressuriseur.

³ RPE : circuit de purges, évènements et exhaures nucléaires.

⁴ TEG : circuit de traitement des effluents gazeux.

Demande 9 : L'ASN vous demande de compléter, dans la démonstration de sûreté, votre analyse du risque d'explosion interne aux circuits de l'îlot nucléaire en étudiant l'ensemble des scénarios potentiels et plausibles, sans vous limiter à l'examen du retour d'expérience.

Votre réponse pourra tenir compte des enseignements de futures analyses probabilistes relatives au risque d'explosion. Le cas échéant vous me tiendrez informé de vos nouveaux délais de réponse.

D. Risque d'explosion externe à l'îlot nucléaire

D.1. Analyse des scénarios d'explosion

Dans le cadre du réexamen de sûreté associé aux troisièmes visites décennales des réacteurs électronucléaires de 1300 MWe, vous avez procédé à une évaluation des risques liés aux circuits hydrogénés externes à l'îlot nucléaire (alimentation de l'alternateur et alimentation du ballon RCV⁵ du BAN) et au procédé d'électrochloration (CTE) des stations de pompage des sites de bord de mer. Néanmoins, des compléments visant à justifier les choix d'études et la pertinence de leurs résultats sont nécessaires.

Demande 10 : L'ASN vous demande de justifier les méthodologies d'analyse des scénarios d'explosion suivants :

- explosion de la nappe d'hydrogène susceptible de se former sous le plafond de la salle des machines ;
- explosion dans l'édicule de ventilation de la salle des machines ;
- explosion interne aux caniveaux avec dalles en béton non vissées et aux caniveaux dits « adaptés » ;
- explosion « en angle » et « entre deux bâtiments » liée aux tuyauteries présentes en façades des bâtiments classés de sûreté ;
- explosion liée au procédé d'électrochloration.

L'ASN vous demande, à cet égard, de lui transmettre les justifications de l'ensemble des hypothèses et des modèles physiques utilisés pour évaluer les conséquences de ces différents scénarios d'explosion.

D.2. Risque d'explosion lié aux parcs à gaz

Concernant le risque d'explosion lié aux réservoirs de gaz liquéfié, vous avez indiqué que le risque de BLEVE⁶ était pris en compte au titre de l'étude du risque d'effet domino ou d'incendie généralisé dans l'analyse des risques liés aux parcs à gaz. Vous avez ajouté que les évaporateurs d'azote des parcs à gaz SGZ⁷ ont fait l'objet d'une « étude de risque spécifique » qui a permis de définir les « mesures de sécurisation » permettant de ramener ce risque à un niveau résiduel.

Demande 11 : L'ASN vous demande de transmettre l'étude du risque d'explosion liée aux évaporateurs d'azote des parcs à gaz SGZ.

⁵ RCV : circuit de contrôle volumétrique et chimique

⁶ BLEVE : boiling liquid expanding vapor explosion, soit la vaporisation violente à caractère explosif consécutive à la rupture d'un réservoir contenant un liquide à une température significativement supérieure à sa température d'ébullition à la pression atmosphérique

⁷ SGZ : Stockage de gaz.

Dans le cadre de la réalisation de vos études, vous avez utilisé des critères de dimensionnement différents de ceux fixés par la règle fondamentale de sûreté en référence [3] pour les bâtiments abritant des équipements assurant l'une des trois fonctions de sûreté. Ces critères sont fondés sur l'utilisation de deux « seuils de découplage⁸ » dont la justification repose sur une analyse d'éléments de retour d'expérience relatifs à des dégâts constatés dans l'accidentologie complétée par un calcul de la capacité résistante d'une voile du BAN⁹ de la centrale de Cattenom.

L'approche que vous avez retenue n'apparaît cependant pas démonstrative pour les raisons suivantes :

- la nature des dégâts potentiels est directement dépendante des caractéristiques des structures soumises à l'explosion (dimensions et matériaux), pour les structures en béton comme pour les structures métalliques. L'extrapolation du comportement de bâtiments en cas d'explosion à celui des bâtiments d'une centrale nécessite donc d'être justifiée ;
- la plupart des surpressions présentées dans la note de justification des seuils de découplage ne sont pas issues de mesures, mais d'interprétations post-accidentelles de jugements d'experts ;
- le calcul réalisé pour le BAN de Cattenom ne peut être qu'indicatif car les conditions géométriques retenues pour ce calcul (voile de dimensions modestes) ne sont probablement pas représentatives des cas les plus défavorables rencontrés sur les façades de l'îlot nucléaire ;
- l'applicabilité d'un critère de découplage défini pour des structures métalliques mais utilisé pour des ouvertures telles que des portes n'est pas démontrée.

En conséquence, la justification de la tenue des bâtiments d'une centrale aux seuils de découplage devrait prendre en compte l'évaluation du comportement mécanique des structures.

Demande 12 : L'ASN vous demande de répondre aux remarques mentionnées ci dessus concernant les lacunes de votre démonstration, notamment l'absence d'évaluation du comportement mécanique des structures des bâtiments « cibles » soumis aux chargements en pression issus des explosions retenues pour les parcs à gaz.

D.3. Risque d'explosion lié au procédé d'électrochloration

Pour le procédé d'électrochloration, la maîtrise du risque d'explosion repose sur le système de ventilation du procédé (permettant de diluer et d'extraire l'hydrogène produit par électrolyse) et sur le système de coupure automatique du procédé sur détection hydrogène ou perte du débit d'extraction (permettant de limiter le volume inflammable susceptible de se former en cas de défaillance du système de ventilation du procédé).

Pour la station de pompage de la centrale de Paluel, l'inventaire des charges calorifiques présentes ne permet pas de conclure sur l'absence d'élément inflammable ou combustible dans l'environnement du procédé d'électrochloration (présence de matériels électriques).

Concernant le risque de dégagement anormal d'hydrogène induit par une agression « foudre », vous n'avez pas présenté les dispositions permettant de se prémunir contre la perte de la ventilation et du système d'arrêt du procédé à l'égard des effets indirects de la foudre.

Les arguments que vous avez avancés en cours d'instruction ne permettent donc pas d'apprécier la résistance de ces systèmes à l'égard des agressions « incendie » et « foudre ».

Demande 13 : L'ASN vous demande de justifier l'absence de risque de dégagement anormal d'hydrogène induit par les agressions « incendie » et « foudre », notamment vis-à-vis du risque de perte concomitante du système de ventilation du procédé et du système d'arrêt automatique du procédé.

⁸ Un seuil de découplage constitue le chargement limite en dessous duquel l'endommagement de la structure est jugé faible ; aucune justification par le calcul n'est alors nécessaire pour des valeurs de chargement inférieures à ce seuil.

⁹ BAN : bâtiment des auxiliaires nucléaires.