

Fontenay-aux-Roses, le 28 juin 2013

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2013-00252

Objet : Réacteurs électronucléaires - EDF

Instruction des études associées au réexamen de sûreté des réacteurs de 1300 MWe après 30 années de fonctionnement (VD3-1300).

Études de sûreté et modifications relatives au thème AGR15 « frasil ».

Réf. : Saisine CODEP-DCN-2012-048440 du 17 septembre 2012.

Dans le cadre du réexamen de sûreté associé aux troisièmes visites décennales des réacteurs de 1300 MWe (VD3-1300), l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a souhaité par sa lettre en référence recueillir l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur :

- la pertinence et la suffisance des études menées par Electricité de France (EDF) concernant le thème de réexamen AGR 15 « Frasil » ;
- la suffisance des modifications envisagées par EDF dans le cadre de ce thème.

Contexte et contour de l'analyse

Le frasil est un phénomène de formation de cristaux de glace dans l'eau à différentes profondeurs et résultant de plusieurs conditions (température de l'eau inférieure à son point de fusion, température de l'air inférieure à -5°C...). Ces cristaux de glace peuvent adhérer (frasil actif) à tout élément présent dans l'eau (végétaux, grilles, filtres...) ou constituer des plaques de glace qui recouvrent tout ou partie de la surface de l'eau (frasil passif). Il s'agit donc d'une agression climatique qui peut bloquer, par colmatage, la prise d'eau des centrales nucléaires et qui peut donc avoir un effet préjudiciable sur leur sûreté par la perte du transit de l'eau brute et à terme la perte du refroidissement du combustible. Suite au réexamen de sûreté associé aux troisièmes visites décennales des réacteurs de 900 MWe (VD3-900) et suite à l'événement de prise en glace de la grille anti-intrusion de la centrale de Chooz en 2009, EDF a complété ses études sur le phénomène de frasil. Il a également évalué la vulnérabilité de l'ensemble des sites et renforcé leurs dispositions de surveillance et de protection vis-à-vis de cette agression. Ainsi, à l'occasion du réexamen de sûreté VD3-1300, EDF a présenté des éléments dans le but de démontrer que les études et les modifications réalisées ou prévues vis-à-vis du frasil sont suffisantes.

Adresse courrier
BP 17
92262 Fontenay-aux-Roses
Cedex France

Siège social
31, av. de la Division Leclerc
92260 Fontenay-aux-Roses
Standard +33 (0)1 58 35 88 88
RCS Nanterre B 440 546 018

L'IRSN a analysé ces éléments du point de vue :

- de la caractérisation du phénomène frasil ;
- des risques liés au frasil pour les centrales nucléaires ;
- de la vulnérabilité au frasil des sites du palier 1300 MWe ;
- de la pertinence des dispositions de surveillance et de protection des sites du palier 1300 MWe contre le frasil ;
- de l'autonomie de site, pour les sites « sensibles » au frasil.

Caractérisation du phénomène frasil

Le frasil est un phénomène complexe qui implique un grand nombre de paramètres (températures, vitesse de l'eau, neige, vent...). Toutefois, pour caractériser ce phénomène puis déterminer la vulnérabilité des sites au frasil, EDF a choisi de ne retenir que le paramètre « température de l'eau » qu'il considère prépondérant (la température de l'air intervenant également dans la définition des critères de mise en place des protections) parmi l'ensemble des paramètres identifiés comme influençant la formation du frasil (vitesse d'écoulement de l'eau, vent...).

EDF considère que le frasil se forme lorsque la température de l'eau douce atteint 0°C (- 2°C pour l'eau de mer). Sur ce point, l'IRSN relève qu'EDF retient une valeur de la température de fusion de l'eau de mer non conservatrice mais que cette absence de conservatisme est couverte par la marge de 2°C prise par EDF sur la température de la source froide pour déterminer la vulnérabilité des sites au frasil. L'IRSN estime que cette approche simplificatrice est conservatrice. Par conséquent, l'IRSN estime que la démarche d'EDF est acceptable.

Risques liés au frasil pour les centrales nucléaires

Sur les centrales nucléaires, le frasil peut générer des risques au niveau des dromes flottantes, des pontons flottants, des grilles anti-intrusion, des grilles de préfiltration et des éléments de filtration (tambours filtrants ou filtres à chaînes). EDF a pris en compte ces risques dans les études qu'il a réalisées, à l'exception du risque de formation de frasil au niveau des pontons flottants présents sur les centrales nucléaires de Paluel, Flamanville et Penly. Ce point fait l'objet de l'observation n° 1 en annexe.

Pour faire face au risque de colmatage des éléments de filtration par le frasil, EDF considère, de façon qualitative, que les dispositions de protection actuelles (température de l'eau de lavage des filtres, température du local abritant les éléments de filtration...) sont suffisamment efficaces. Sur ce point, l'IRSN considère qu'EDF doit apporter des compléments quantifiés pour justifier cette position (cf. observation n° 2 en annexe).

Par ailleurs, EDF considère le cumul « grand froid + MDTE¹ de site + frasil », dans la vérification du maintien de la fonction de refroidissement de la prise d'eau, ce qui est satisfaisant selon l'IRSN. Toutefois, EDF ne prend pas en compte ni le cumul « débris végétaux + frasil », ni le cumul « frasil + PBES² ». Or, l'IRSN s'interroge sur l'impact de la présence de débris végétaux au niveau du canal d'amenée, susceptible d'amplifier le phénomène de frasil. Par conséquent, l'IRSN considère qu'EDF doit apporter des éléments de démonstration de l'innocuité des débris végétaux sur le phénomène frasil ou renforcer les dispositions de nettoyage des débris. Par ailleurs, l'IRSN considère

¹ MDTE : Manque De Tension Externe.

² PBES : Plus Basses Eaux de Sécurité.

que les bas niveaux de la source froide conduisant à l'atteinte des PBES peuvent se cumuler avec un colmatage de la station de pompage par le frasil et donc augmenter le risque d'une perte de la source froide. Par conséquent, l'IRSN estime qu'EDF doit étendre ses études relatives au frasil pour prendre en compte le cumul « frasil + PBES ». Ces points sur les PBES et les débris végétaux font l'objet de l'observation n° 3 en annexe.

Vulnérabilité au frasil des sites du palier 1300 MWe

EDF a élaboré une méthodologie pour évaluer si un site est concerné par le phénomène de frasil et s'il est suffisamment protégé contre les risques liés à celui-ci. Dans le cadre de la déclinaison de cette méthodologie aux sites du palier 1300 MWe et sur la base des chroniques de températures de l'eau observées en France, EDF considère que seuls les sites de Belleville, Saint-Alban, Golfech et Nogent sont concernés par le risque de frasil. Pour le site de Cattenom, qui dispose d'une source froide de sauvegarde particulière (lac de Mirgenbach), EDF a indiqué qu'il confirmerait l'absence de vulnérabilité au frasil de ce lac par la transmission d'études au premier semestre 2014. Sur ce point, l'IRSN considère que la position d'EDF est satisfaisante sous réserve que, dans le cas où les résultats de ces études conduiraient à considérer le site de Cattenom vulnérable au frasil, EDF mette en œuvre des dispositions de protection contre le frasil lors de la troisième visite décennale des réacteurs du site.

L'IRSN relève que la vulnérabilité des sites au frasil est établie par EDF en comparant le critère de formation de frasil sur la température de l'eau (« 0°C + marge de 2°C » pour les sites fluviaux, « - 2°C + marge de 2°C » pour les sites de bord de mer) avec les températures de l'eau observées près des sites, sur des périodes relativement courtes (17 à 31 ans suivant les sites). L'IRSN estime que cette démarche, qui tient compte des hivers les plus rigoureux en France en 1956, 1963 et 1985-1987, est recevable à condition de réévaluer régulièrement le risque.

EDF prévoit de réévaluer la vulnérabilité des sites actuellement non concernés par le frasil uniquement lors des réexamens décennaux. L'IRSN estime qu'une telle réévaluation est également à mener si des paramètres représentatifs du risque frasil sont observés entre deux réexamens ; ce point fait l'objet de la recommandation n°1 en annexe.

En outre, l'IRSN estime utile de poursuivre, à l'occasion des prochains réexamens de sûreté ou de tout autre cadre à définir, les investigations historiques et statistiques pour consolider l'évaluation de la vulnérabilité des sites au risque frasil.

Suffisance des dispositions de surveillance et de protection

Pour les sites concernés par le frasil, EDF a mis en œuvre :

- pour prévenir l'apparition du frasil, des moyens de surveillance (mesure de la température de l'eau) pour détecter le début de la formation du frasil et mettre en œuvre une stratégie de protection des grilles anti-intrusion, des grilles de préfiltration et des éléments de filtration ;
- lorsque le frasil s'est déjà formé dans le canal d'amenée, des moyens de protection de la station de pompage contre le frasil (drome, recirculation hivernale, traçage).

Dispositions de surveillance du phénomène frasil

L'IRSN a analysé les dispositions prévues par EDF sur les sites vulnérables au frasil du palier 1300 MWe pour surveiller l'apparition du phénomène de frasil au niveau des prises d'eau. L'IRSN a constaté un renforcement par EDF de cette surveillance dans la Règle Particulière de Conduite (RPC) « grand froid ». Toutefois, l'IRSN estime que des améliorations doivent être apportées par EDF concernant :

- la représentativité des mesures de température de l'eau. Sur ce point, EDF s'est engagé à étudier, au second semestre 2013, la représentativité de la température de l'eau au point de mesure ;
- le suivi des mesures de température de l'eau, qui ne garantit pas actuellement une mise en place au bon moment des protections contre le frasil.

Ce dernier point fait l'objet de la recommandation n° 2 en annexe.

Dispositions de protection contre le frasil

L'IRSN a analysé les dispositions de protection prévues par EDF sur le palier 1300 MWe en cas de formation de frasil (drome, recirculation d'eau chaude, traçage de grilles...) pour assurer le transit de l'eau brute jusqu'aux pompes de sûreté. L'IRSN constate qu'EDF a retenu des solutions anti-frasil qui ont fait leurs preuves dans d'autres pays. Toutefois, l'IRSN estime que des compléments doivent être apportés par EDF afin de :

- justifier la suffisance de la protection contre le frasil de la grille anti-intrusion, par le système de recirculation hivernale, sur le site de Belleville (cf. recommandation n° 3 en annexe) ;
- vérifier que les pontons ne peuvent pas constituer un agresseur pour la station de pompage en cas de frasil (cf. observation n° 4 en annexe).

Disposition de conduite : arrêt des pompes de production

Malgré les dispositifs de prévention et de protection contre le frasil, il est possible que les grilles anti-intrusion, les grilles de préfiltration ou les éléments de filtration subissent un colmatage ou une obstruction par le frasil et que le transit de l'eau brute soit réduit voire perdu. Dans ce cas, pour diminuer le débit appelé en station de pompage et ainsi assurer l'alimentation en eau brute des systèmes Importants Pour la Sûreté (IPS), les pompes non importantes pour la sûreté peuvent être arrêtées. Cette disposition de conduite est d'ailleurs utilisée par EDF comme unique parade contre le frasil, pour les sites en circuit ouvert³ (sur le palier 1300 MWe, il s'agit uniquement du site de Saint-Alban). Sur ce point, EDF considère que cette disposition garantit à elle seule le débit minimum de sûreté. Toutefois, bien que le déclenchement des pompes non IPS participe au maintien de la fonction de refroidissement de la prise d'eau, en cas de frasil, l'IRSN estime que cette disposition ne constitue en aucun cas à elle seule une parade suffisante contre le frasil. Par conséquent, ce point pour le site de Saint-Alban fait l'objet de la recommandation n° 4 en annexe.

³ Un site est dit « en circuit ouvert » lorsque l'eau de refroidissement est directement prélevée dans la rivière ou la mer, traverse le condenseur puis est rejetée dans la rivière ou la mer (par un chenal ou des conduites). A l'inverse, un site est dit « en circuit fermé » lorsque l'eau du circuit de refroidissement, s'étant échauffée au niveau du condenseur, est refroidie par courant d'air dans une tour de refroidissement (aéroréfrigérant).

Classement de sûreté des dispositions contre le fragil et exigences associées

A ce jour, EDF n'attribue pas systématiquement de classement de sûreté aux dispositions de surveillance et de protection vis-à-vis du fragil. L'IRSN relève qu'EDF a mis en œuvre une démarche générale « RGE⁴ agressions » qui, selon lui, devrait conduire au « classement » IPS-NC des équipements de surveillance et de protection retenus dans le cadre de l'analyse des agressions pouvant affecter l'installation. Les équipements qui pourraient faire l'objet d'un tel classement ne sont pas aujourd'hui définis. L'IRSN recommande d'ores et déjà que ce classement, ainsi que des exigences appropriées, s'appliquent aux matériels assurant la protection de la fonction de sûreté « refroidissement » contre le fragil (cf. recommandation n°5 et observation n°5 en annexe).

De façon générale, l'IRSN souligne que les recommandations et les observations qu'il formule sur le risque fragil et qui impactent la RPC « grand froid » doivent être prises en compte dans la future RPC « source froide » annoncée par EDF.

Autonomie de site sur les paliers « sensibles » au fragil

Le fragil présente un risque de mode commun de perte totale de la source froide (dite « H1 »), éventuellement cumulé avec un Manque De Tension Externe (MDTE) pour toutes les tranches d'un même site. Par conséquent, les sites doivent avoir une « autonomie » en eau suffisante pour gérer ce type de situation accidentelle, notamment pour assurer le refroidissement de la piscine de désactivation du bâtiment combustible (BK). Or, en cas de situation H1 ou H1+MDTE, le refroidissement de la piscine BK nécessite la disponibilité du circuit de production d'eau incendie (JPP), dont les pompes aspirent dans les rus d'eau de la station de pompage et dont l'opérabilité doit être assurée, y compris en cas de fragil pouvant conduire au blocage complet de la prise d'eau. Sur ce point, EDF considère que l'opérabilité des pompes JPP est garantie, y compris en cas de fragil. Toutefois, l'IRSN estime qu'EDF doit apporter des éléments de justification. Ce point fait l'objet de la recommandation n°6 en annexe.

Conclusion

L'IRSN constate des avancées importantes en termes de sûreté dans le traitement de l'agression externe « fragil », qui n'avait pas été considérée à la conception des centrales. Ces avancées portent notamment sur l'étude du phénomène fragil, l'évaluation de la vulnérabilité des sites et la mise en place de dispositions de surveillance et de protection contre cette agression. A l'issue de l'analyse des éléments présentés par EDF, l'IRSN n'émet pas d'opposition liée au risque fragil à la poursuite d'exploitation des réacteurs du palier 1300 MWe, sous réserve de la prise en compte des recommandations et, le moment venu, des observations formulées en annexe.

Pour le Directeur général de l'IRSN, et par délégation,

F. MENAGE

⁴ RGE : Règles Générales d'Exploitation.

Annexe à l'avis IRSN/2013-00252 du 28 juin 2013

Recommandations

Recommandation n° 1

Pour les sites actuellement non concernés par le phénomène frasil, l'IRSN recommande qu'EDF examine leur vulnérabilité, sans attendre le prochain réexamen de sûreté, dès lors qu'il observe :

- une température de l'eau atteignant le critère retenu pour déclarer les sites vulnérables au frasil (2°C pour de l'eau douce ou de 0°C pour de l'eau salée) ;
- une évolution anthropique (nouveaux aménagements, modifications des rejets thermiques industriels...) en amont du cours d'eau.

Recommandation n° 2

L'IRSN considère que la mise en place des protections contre le frasil doit être effective au plus tard lorsque la température de l'eau atteint 1°C. Pour respecter cet objectif, l'IRSN considère qu'EDF doit retenir dans le cadre de la surveillance de la température de l'eau, un critère incluant une pénalisation fondée sur le gradient de refroidissement de l'eau, les variations cycliques journalières de la température de l'eau et la fréquence des mesures de température.

Recommandation n° 3

L'IRSN recommande qu'EDF apporte la démonstration que le système de recirculation hivernale du site de Belleville est en mesure de protéger la grille anti-intrusion d'un risque de prise en glace par le frasil, compte tenu du positionnement du système en aval de la grille.

Recommandation n° 4

L'IRSN recommande qu'EDF mette en œuvre sur le site de Saint-Alban des dispositions de protection contre le frasil dans le but de garantir l'alimentation des pompes de sûreté. EDF devra justifier le caractère suffisant de ces dispositions.

Recommandation n° 5

L'IRSN recommande que les matériels participant à la protection de la fonction de sûreté de refroidissement en cas de frasil, notamment la recirculation hivernale, le traçage des grilles, les mesures de température de l'eau brute, de perte de charge au niveau des grilles et de perte de charge des éléments de filtration soient :

- au moins IPS-NC,
- soumis à des essais périodiques,
- secourus en cas de MDTE, compte tenu des dépendances potentielles entre le frasil et le MDTE.

Recommandation n° 6

La vulnérabilité au frasil de la prise d'eau des sites fluviaux « sensibles » à cette agression peut provoquer un blocage complet de la prise d'eau (entraînant une perte des circuits SEC et JPP). L'IRSN recommande qu'EDF justifie la disponibilité et l'efficacité des dispositions permettant de garantir l'opérabilité des pompes JPP situées en station de pompage ou, à défaut, apporte la démonstration qu'un appoint aux piscines BK est réalisable pendant 72 heures sans avoir recours à un système aspirant dans les rus d'eau de la station de pompage.

Observations

L'IRSN estime que les compléments demandés dans les observations qui suivent ne sont pas un préalable à la poursuite de l'exploitation des réacteurs de 1300 MWe.

Observation n° 1

L'IRSN considère qu'EDF devrait prendre en compte, dans sa méthodologie d'étude du frasil, l'impact du frasil sur les pontons flottants (présents sur Flamanville, Paluel et Penly) au même titre que pour les dromes.

Cette demande de compléments pourrait être traitée dans le cadre du prochain réexamen VD3-1300 spécifique de chaque premier réacteur de ces sites.

Observation n° 2

L'IRSN considère qu'EDF devrait compléter sa démonstration de la protection des éléments de filtration vis-à-vis du frasil actif⁵, notamment en quantifiant l'efficacité de ces protections (température de l'eau de lavage, température du local...).

Observation n° 3

L'IRSN considère qu'EDF doit :

- en l'absence de démonstration d'innocuité des débris végétaux sur le phénomène frasil, renforcer les dispositions de nettoyage des débris (au niveau des berges, à l'entrée de la station de pompage...) pendant les périodes où il y a un risque de formation de frasil.
- étudier le cumul « PBES + frasil » vis-à-vis des conditions d'alimentation des pompes de sûreté de la station de pompage.

Observation n° 4

Compte tenu du fait que les pontons flottants peuvent constituer, au même titre que les dromes, un agresseur des équipements de la station de pompage, suite à leur dégradation sous l'effet du frasil ou d'une débâcle, l'IRSN considère qu'EDF devra étendre la vérification de l'état des dromes, aux pontons et passerelles.

Cette demande de compléments pourrait être traitée dans le cadre du réexamen VD3-1300 spécifique du premier réacteur de chaque site de ce palier.

Observation n° 5

Au regard des indisponibilités observées pendant les périodes de grands froids, sur les matériels participant à la protection contre le frasil (dromes, recirculations hivernales, capteurs de température de l'eau brute, capteurs de perte de charge au niveau des grilles de préfiltration et au niveau des tambours filtrants et filtres à chaînes), l'IRSN considère qu'EDF devrait renforcer les vérifications prévues sur ces matériels en période de grands froids avec un risque de frasil.

⁵ Le frasil dit actif est un ensemble de cristaux de glace qui a la particularité de coller et d'agir dans l'eau, à différents niveaux de profondeur. Il peut colmater les grilles anti-intrusion, les grilles filtration et les tambours filtrants.

Cette demande de compléments pourrait être traitée dans le cadre du réexamen VD3-1300 spécifique du premier réacteur de chaque site de ce palier.