



DIRECTION DES CENTRALES NUCLEAIRES

Montrouge, le 19 juillet 2016

Réf. : CODEP-DCN-2016-016677**Monsieur le Directeur
Division Production Nucléaire
EDF
Site Cap Ampère – 1 place Pleyel
93 282 SAINT-DENIS CEDEX****Objet : Réacteurs électronucléaires - EDF
Agressions externes extrêmes à prendre en compte pour la mise en place du « noyau dur »****Réf. : Voir annexe 4**

Monsieur le Directeur,

À la suite de l'accident de Fukushima, l'ASN a prescrit à EDF, par décision citée en référence [1], de réaliser des évaluations complémentaires de sûreté afin d'étudier le comportement des installations nucléaires pour des situations allant au-delà de celles retenues jusqu'alors dans la démonstration de protection des intérêts. Ces évaluations visaient, en particulier, les situations d'agressions naturelles dites « extrêmes », dont la sévérité dépassait notablement celles des agressions considérées jusqu'alors.

À l'issue de ces évaluations complémentaires de sûreté, l'ASN a demandé à EDF, par un ensemble de décisions en date du 26 juin 2012 [2], de lui proposer la mise en place de dispositions matérielles et organisationnelles (« noyau dur ») visant, pour les situations extrêmes étudiées, à :

- a) prévenir un accident avec fusion du combustible ou en limiter la progression,
- b) limiter les rejets radioactifs massifs,
- c) permettre à l'exploitant d'assurer les missions qui lui incombent dans la gestion d'une crise.

Elle demandait dans le même temps à EDF de définir les caractéristiques des situations que cet ensemble de dispositions, ou « noyau dur », devait être en mesure de gérer.

Les propositions d'EDF, relatives aux situations devant être gérées par le noyau dur, ont été examinées dans le cadre de la réunion du Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires des 13 et 20 décembre 2012. Lors de cette réunion, le Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires a considéré que :

- pour le séisme, les aléas retenus pour le noyau dur devaient être justifiés et aller significativement au-delà de ce qui était retenu jusqu'alors dans la démonstration de protection des intérêts ;

- pour l'inondation, la proposition d'EDF était globalement satisfaisante, mais nécessitait des compléments d'études sur certains points précis (notamment pour la définition des niveaux marins à considérer pour les sites de Gravelines et du Blayais) ;
- enfin, pour les agressions externes extrêmes autres que le séisme et l'inondation, des niveaux d'aléas devaient être proposés par EDF.

À la suite de cette réunion, l'ASN a précisé, par un ensemble de décisions en date du 21 janvier 2014 [3], ses demandes, en vue de définir les caractéristiques des agressions naturelles externes à retenir pour le noyau dur.

En particulier, l'ASN a prescrit à EDF de définir un aléa sismique pour le « noyau dur » qui réponde aux caractéristiques suivantes :

[ECS-ND7]

L'aléa sismique, à prendre en compte pour les SSC¹ du noyau dur, défini par un spectre de réponse, doit :

- être enveloppe du séisme majoré de sécurité (SMS) de site, majoré de 50 % ;
- être enveloppe des spectres de site définis de manière probabiliste avec une période de retour de 20 000 ans ;
- prendre en compte pour sa définition, les effets de site particuliers et notamment la nature des sols.

Pour les SSC nouveaux du noyau dur, l'exploitant retient un spectre majoré par rapport au spectre de réponse défini ci-dessus.

Pour les niveaux d'inondation à retenir pour le noyau dur, EDF avait pris l'engagement dans son courrier [4], de transmettre des justifications complémentaires ; l'ASN lui a en outre prescrit :

[ECS-ND6]

Avant le 31 décembre 2014, l'exploitant réévalue le niveau marin selon les principes du guide n° 13 de l'ASN susvisé, corrigé d'une majoration forfaitaire justifiée.

Sur la base de cette réévaluation, l'exploitant prend en compte l'effet des vagues pour définir le niveau d'inondation retenu pour le noyau dur.

Pour les autres agressions externes, l'ASN a prescrit à EDF :

[ECS-ND8-I]

I. Avant le 30 juin 2014, l'exploitant transmet à l'Autorité de sûreté nucléaire, pour les agressions externes retenues pour le noyau dur autres que le séisme et l'inondation, ainsi que les autres agressions externes y compris les températures et les précipitations extrêmes, les hypothèses et modalités prises en compte pour la conception des SSC nouveaux et la vérification des SSC existants du noyau dur. Pour les SSC nouveaux, ces hypothèses présentent des marges renforcées.

Vous avez transmis à l'ASN les éléments correspondants, d'une part aux engagements que vous aviez pris à l'issue des instructions précédentes, d'autre part aux prescriptions rappelées ci-dessus.

À la demande de l'ASN [5], ces éléments ont fait l'objet d'un examen par le Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires, les 28 janvier et 10 février 2016, en s'appuyant sur l'analyse effectuée par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). Le Groupe permanent d'experts a diffusé son avis et ses recommandations, par la lettre citée en référence [6]. À l'issue de cet examen, vous avez transmis à l'ASN [7] les positions ainsi que les actions que vous envisagez ; celles-ci complètent les éléments techniques que vous aviez transmis en réponse aux prescriptions techniques de l'ASN.

Sur la base de l'ensemble de ces éléments, l'ASN formule ci-après des positions et des demandes sur les aléas à retenir pour le noyau dur.

¹ SSC : systèmes, structures et composants

En outre, compte tenu du fait que l'aléa sismique retenu pour le noyau dur est fondé, en partie, sur l'évaluation des SMS, vous trouverez également ci-après les positions et demandes de l'ASN relatives aux SMS à retenir pour plusieurs installations ; ceci concerne notamment les SMS associés aux réacteurs de 900 MWe, qui ont fait l'objet d'une réévaluation par EDF dans le cadre de leur quatrième réexamen périodique.

*
* *

Aléa sismique

Spectres SMS VD4-900.

Dans le cadre du réexamen périodique associé aux quatrième visites décennales des réacteurs de 900 MWe (VD4-900), vous avez procédé à la réévaluation des mouvements sismiques des sites des centrales nucléaires de 900 MWe.

Les spectres de réponse de sol réévalués par EDF ont été définis en considérant la règle fondamentale de sûreté du 31 mai 2001 relative à la détermination du risque sismique pour la sûreté des installations nucléaires de base de surface (RFS 2001-01), citée en annexe [27].

À la suite de l'instruction technique effectuée en 2015 par l'IRSN dans le cadre de la définition des spectres « noyau dur » et de l'examen du Groupe permanent d'experts pour les réacteurs, vous avez présenté dans le courrier cité en référence [7] les positions et les actions que vous envisagez. Vous vous êtes notamment engagés à :

- améliorer la connaissance de certains séismes historiques ;
- lancer un programme d'investigation des failles actives à proximité de vos sites.

L'ASN relève que quelques divergences persistent entre les experts d'EDF et de l'IRSN sur des données de sites importantes pour la détermination des mouvements sismiques à prendre en compte en application de la RFS 2001-01, notamment les caractéristiques de certains séismes de référence retenus, les modalités de mise en œuvre du « filtrage par intensité », ainsi que la calibration des lois d'atténuation de l'intensité des séismes.

Conformément à l'article L. 593-18 du code de l'environnement qui dispose que l'exploitant doit procéder au réexamen de la sûreté de son installation en prenant en compte les meilleures pratiques internationales ainsi que l'évolution des connaissances et des règles applicables aux installations similaires, l'ASN considère que, de façon générale, vous devez poursuivre le travail engagé à la suite des demandes formulées dans le cadre des troisième visites décennales des réacteurs de 1300 MWe [8] et applicables à l'ensemble de vos réacteurs, afin d'apprécier l'impact des incertitudes épistémiques inhérentes à l'application de la RFS 2001-01.

Par ailleurs, vous avez engagé la mise en œuvre d'une instrumentation sismique pour évaluer les effets dits « de site » sur l'ensemble de vos sites, ce qui est satisfaisant. Toutefois, vous trouverez en annexe 1 des demandes complémentaires **concernant les sites de Gravelines, Tricastin, Blayais et Fessenheim, pour lesquels vous devez apporter des compléments d'investigation et d'études relatifs à la prise en compte d'effets de site particuliers.** De façon générale, les résultats de ces études et investigations devront être disponibles en amont des quatrième réexamens périodiques des réacteurs de 900 MWe et devront donc être intégrés dans les rapports de réexamen périodique qui seront transmis à partir de 2020.

Bien que les études de réévaluation de l'aléa sismique présentées par EDF apparaissent perfectibles sur certains points développés en annexe 1, **l'ASN considère que les spectres de réponse des sols (SMS) que vous reprenez dans le cadre VD4-900 sont acceptables, en l'état des connaissances, et que les conservatismes de la démarche de la RFS 2001-01 couvrent raisonnablement les incertitudes associées aux données utilisées pour ces sites, à l'exception de ceux de Chinon et Fessenheim.**

Concernant la réévaluation de l'aléa sismique du site de Chinon, l'ASN considère que le spectre de réponse de sol que vous reprenez est trop faible au regard de l'état des connaissances et, en particulier, des données de sismicité historiques publiées dans le catalogue SisFrance. Le spectre proposé ne permet pas de couvrir les incertitudes épistémiques associées au jeu de données proposé.

Concernant la réévaluation de l'aléa sismique du site de Fessenheim, l'ASN considère que le spectre de réponse de sol que vous reprenez est trop faible dans les hautes fréquences et que vous devez sélectionner les séismes conduisant aux mouvements sismiques les plus forts sur l'ensemble de la plage de fréquences. De plus, vous devez engager rapidement des études de terrain visant à caractériser l'activité des failles actives localisées à proximité du site de Fessenheim.

Vous trouverez, en annexe 1, les demandes de l'ASN relatives à la reprise des études de réévaluation sismique des sites de Chinon et Fessenheim dans le cadre du réexamen VD4-900.

*

Spectres de « noyau dur ».

Conformément à la décision de l'ASN citée en référence [3], vous avez présenté votre définition des spectres « Noyau dur » en présentant l'enveloppe :

- des spectres SMS majorés de 50 % ;
- des spectres probabilistes avec une période de retour de 20 000 ans.

Composante déterministe des spectres de « noyau dur ».

Pour la définition des spectres de « noyau dur », l'ASN considère que **les SMS que vous proposez sont acceptables à l'exception de ceux retenus pour les sites de Chinon, Fessenheim, Saint-Alban et Chooz.**

Cette appréciation de l'ASN sera éventuellement reconsidérée à la lumière des conclusions des études demandées sur les effets de site particuliers, dont les résultats ne seront connus qu'à partir de 2019.

En ce qui concerne les sites sur lesquels les SMS doivent être réévalués :

- pour les sites de Chinon et Fessenheim (palier 900 MWe), les spectres SMS applicables à la quatrième visite décennale doivent être réévalués selon les demandes « VD4-900 » figurant en annexe au présent courrier ;
- pour le site de Saint-Alban (1300 MWe), le spectre SMS applicable à la troisième visite décennale a été réévalué en réponse à la demande n° 1 du courrier cité en référence [8]. L'ASN estime que **le spectre réévalué que vous proposez [9] en réponse à cette demande est acceptable et doit être utilisé en tant que SMS pour la réévaluation sismique à l'issue de la VD3-1300, ainsi que pour la définition du spectre de « noyau dur » ;**
- pour le site de Chooz (palier 1450 MWe), le spectre SMS applicable à la deuxième visite décennale doit être réévalué en réponse à la demande n° 1 du courrier cité en référence [10]. Ce spectre SMS réévalué devra être considéré également pour la définition du spectre de « noyau dur ».

Composante probabiliste des spectres de « noyau dur ».

L'ASN considère que la démarche PSHA (*Probabilistic Seismic Hazard Assessment*) employée par EDF pour définir les spectres probabilistes à 20 000 ans est globalement acceptable et conforme à la pratique internationale.

Vous avez proposé des spectres probabilistes à 20 000 ans filtrés par un paramètre CAV (*Cumulative Absolute Velocity*). L'objectif de ce filtrage est de ne retenir que les mouvements sismiques « potentiellement endommageants ». Sa pertinence pour la définition d'un aléa de référence n'est cependant pas établie. L'ASN considère donc que vous devez retenir, pour la définition des spectres de « noyau dur », des spectres probabilistes à 20 000 ans **non filtrés par le CAV**.

Par ailleurs, l'instruction technique menée par l'IRSN a montré que les choix d'hypothèses que vous avez réalisés dans votre calcul PSHA peuvent conduire à sous-estimer l'aléa.

Toutefois, pour certains sites, ces choix d'hypothèses ont peu d'impact sur les spectres probabilistes obtenus et les spectres proposés par EDF, sans filtrage par le CAV, sont similaires à ceux obtenus par l'IRSN. Ainsi, **pour les sites de Dampierre, Gravelines, Saint-Laurent, Flamanville, Penly, Paluel, Golfech, Nogent, Cattenom, Civaux et Chooz, l'ASN estime que les spectres probabilistes avec période de retour à 20 000 ans proposés par EDF sont acceptables et doivent être retenus pour la définition du spectre de « noyau dur ».**

Pour ce qui concerne les sites **de Blayais, Bugey, Cruas, Chinon et Belleville**, le choix des hypothèses conduit à des écarts notables sur les spectres probabilistes obtenus. Par conséquent, **l'ASN estime que, afin de prendre en compte la variabilité des estimations possibles, vous devez réévaluer ses spectres probabilistes**, en considérant un intervalle de confiance statistique plus grand ; cette réévaluation devra être réalisée conformément aux demandes formulées en annexe 1.

Pour les sites de Fessenheim, Tricastin et Saint-Alban, l'ASN estime que, en l'état des connaissances, il n'est pas possible de prendre position sur les spectres probabilistes proposés par EDF. L'ASN estime nécessaire de poursuivre les investigations et les analyses techniques sur ce sujet. L'ASN prendra position ultérieurement sur les spectres de « noyau dur » proposés pour ces trois sites. Néanmoins, dans l'attente d'une prise de position, **l'ASN estime que vous devez au moins retenir pour le dimensionnement des systèmes, structures et composants (SSC) situés dans les bâtiments nouveaux du « noyau dur » de ces trois sites, les spectres de sol forfaitaires proposés pour les groupes électrogènes « Diesel d'Ultime Secours » (DUS) que vous avez proposés dans votre lettre citée en référence [11].** Pour les SSC nouveaux situés dans les bâtiments existants, l'ASN estime que vous devez vous assurer de la présence de marges très significatives dans leur dimensionnement vis-à-vis des spectres de « noyau dur » que vous avez proposés.

Vous trouverez en annexe 1, l'ensemble des demandes de l'ASN relatives aux spectres probabilistes à retenir pour la définition du « noyau dur ».

*
* *

Inondations d'origine externe

Niveaux marins du Blayais et de Gravelines²

Conformément à la prescription [ECS-ND6] du 24 janvier 2014, vous avez proposé des niveaux marins pour les sites du Blayais et de Gravelines fondés sur un cumul entre la marée théorique maximale et la surcote millénale³. Vous avez également appliqué une majoration forfaitaire de 50 cm et présenté les principes de prise en compte de l'effet des vagues.

À l'issue de l'instruction, l'ASN considère que les niveaux de marée proposés par EDF sont satisfaisants.

Par ailleurs, les surcotes ont été déterminées sur la base d'une approche statistique régionale. L'ASN considère que cette méthodologie constitue une avancée notable dans l'estimation des surcotes extrêmes, en prenant mieux en compte l'information disponible à l'échelle régionale et les liens de dépendance entre des surcotes occasionnées par une même tempête. Toutefois, l'instruction a montré que des approfondissements méthodologiques et des analyses de sensibilité complémentaires restent nécessaires pour aboutir à une estimation robuste des surcotes. À ce titre, vous vous êtes engagés [7] à intégrer les données additionnelles disponibles dans la communauté scientifique qui ont un impact notable sur la hauteur des surcotes, ce que l'ASN estime satisfaisant.

Enfin, pour ce qui concerne la caractérisation des vagues, les premiers éléments fournis par EDF paraissent satisfaisants et l'ASN attend les études finalisées que vous vous êtes engagé à fournir.

L'ASN se prononcera ultérieurement sur les niveaux marins à retenir pour le dimensionnement des dispositions de protection du noyau dur du Blayais et de Gravelines, notamment après réception des derniers compléments attendus, qui devront être transmis à une échéance compatible avec la mise en œuvre des dispositions du noyau dur sur ces sites.

*

Niveaux fluviaux

Vous avez présenté :

- les niveaux d'inondation induits par des crues millénales majorées (CMM) telles que définies dans la RFS 1.2.e [16] majorées de 30 % et avez examiné l'impact de telles crues sur le comportement d'ouvrages hydrauliques, pour les sites de Cattenom, Chooz, Civaux, Nogent, Saint-Alban et Tricastin ;

² Au vu des marges importantes existant entre les cotes majorées de sécurité (CMS) des sites normands et des plateformes qui abriteront les dispositions du « noyau dur » (plus de 4 m à Penly et Flamanville et presque 18 m à Paluel), l'ASN n'a pas prescrit de définir pour ces sites un niveau marin spécifique pour la protection des dispositions « noyau dur ».

³ Une surcote est la différence entre le niveau marin observé et le niveau marin prédit (« marée théorique »). Une surcote millénale est une hauteur supplémentaire d'eau qui pourrait être dépassée avec une probabilité de 1/1000 par an.

- les niveaux d'inondation induits par des ruptures multiples de barrages sous l'effet d'un séisme.

Les analyses de l'IRSN et de l'ASN ont notamment porté sur les hypothèses des modèles hydrauliques et des scénarios de crue retenus par EDF.

L'ASN considère que la majoration de 30 % par rapport aux débits fluviaux de dimensionnement permet de couvrir les limites identifiées dans les hypothèses des modèles hydrauliques et que ces hypothèses sont globalement acceptables pour déterminer les niveaux « noyau dur ». L'ASN attend qu'EDF présente des approfondissements méthodologiques lors de la détermination des niveaux fluviaux de dimensionnement en application du guide n° 13 de l'ASN en référence [17].

L'ASN note également que :

- conformément à ses engagements, EDF a transmis après l'instruction des justifications sur certains scénarios de crues et notamment sur les hypothèses de majoration des hydrogrammes de crue. Ces compléments pourront faire l'objet de demandes ultérieures ;
- des études sont toujours en cours afin de consolider le niveau de crue au droit du site du Tricastin ;
- pour le site de Fessenheim, les niveaux de crues retenues pour le noyau dur ne permettent pas d'exclure des ruptures de digues du Grand Canal d'Alsace ; EDF transmettra des études complémentaires à ce sujet.

L'ASN se prononcera ultérieurement sur les niveaux fluviaux des sites électronucléaires d'EDF, notamment après réception des compléments attendus relatifs aux études de crue de Fessenheim et Tricastin, qui font l'objet de demandes en annexe 2.

Les études relatives aux scénarios de ruptures multiples de barrages font, quant à elles, l'objet d'une demande en annexe 2.

Pluies majorées et inondations induites par un séisme

Vous reprenez trois scénarios associés à un déversement d'eau directement sur la plateforme du site nucléaire : des pluies centennales doublées, des pluies centennales associées à une obstruction totale du réseau d'eaux pluviales ainsi qu'une inondation induite par la rupture d'ouvrages ou d'équipements du site sous l'effet d'un séisme d'intensité « noyau dur ». Enfin, des marges forfaitaires sont proposées pour dimensionner les protections des dispositions du noyau dur de chaque site.

À l'issue de l'instruction, l'ASN considère que les niveaux retenus pour les dispositions de protection en cas de pluies au-delà du dimensionnement sont acceptables.

Concernant les niveaux d'eau induits par la rupture simultanée des capacités d'eau non conçues pour résister à un séisme, l'ASN note qu'EDF s'est engagée à :

- justifier que les réservoirs temporaires d'entreposages d'effluents liquides issus du nettoyage chimique des générateurs de vapeur qui n'avaient pas été considérés dans l'étude initiale ne remettent pas en cause ces niveaux d'eau ;
- vérifier que les dispositifs visant à détecter l'inondation et à transmettre l'ordre de fermeture des vannes des tuyauteries du système d'eau de circulation (CRF) du site de Tricastin, seront bien opérationnels après un séisme d'intensité « noyau dur ».

L'ASN se prononcera définitivement sur le niveau retenu pour les dispositions de protections vis-à-vis des scénarios de ruptures de capacités d'eau non dimensionnées au séisme après instruction des compléments attendus, dont certains font l'objet de demandes spécifiques en annexe 2.

Considérations relatives à l'application future du guide n° 13 de l'ASN

En parallèle de la prise en compte du retour d'expérience de l'inondation partielle du Blayais en 1999, l'ASN a rédigé un guide détaillant les exigences de protection contre les inondations externes, avec le concours de l'IRSN, des exploitants d'INB et d'organismes compétents dans les domaines de l'hydrologie, de l'hydraulique et de la météorologie. Ce guide, publié en 2013, sera décliné lors des prochains réexamens périodiques des réacteurs de 900 et 1450 MWe. Pour les réacteurs de 1300 MWe, l'ASN a précisé les modalités de prise en compte du guide dans son courrier en référence [13] et a demandé à EDF de :

- procéder à la réévaluation de la protection contre l'inondation de ces réacteurs sur la base des dispositions du guide sur une période de 10 ans (2013-2023) ;
- de privilégier à cet effet le cadre :
 - o soit du réexamen périodique associé à la troisième visite décennale (VD3-1300) de chacun de ces réacteurs,
 - o soit, s'agissant du traitement d'une agression globale d'un site, du réexamen périodique VD3-1300 du dernier réacteur du site.

L'ASN estime que les dispositions du noyau dur doivent être protégées contre des aléas d'inondations plus sévères que ceux qui seront retenus dans le cadre de la future application du guide n° 13 de l'ASN en référence [17] pour le reste de l'installation.

Au terme de l'instruction, vous vous êtes engagé à vérifier la présence d'une marge entre les deux niveaux d'aléas pour les crues fluviales augmentées et les scénarios de pluies majorées. L'ASN considère qu'une marge doit non seulement exister mais qu'elle doit également rester significative, et ce pour l'ensemble des scénarios inondations. Ce point fait l'objet d'une demande en annexe 2 du présent courrier.

*
* *

Autres aléas climatiques : tornade, vents extrêmes, grêle, neige, températures, foudre

Températures extrêmes

En réponse à la prescription technique [ECS–ND8-I] de l'ASN citée en référence [3], vous avez indiqué que, pour les températures « extrêmes », les hypothèses à considérer pour la conception des SSC du noyau dur correspondent aux valeurs du dimensionnement des référentiels en vigueur à partir de la VD4-900.

Toutefois, à la suite de l'instruction technique de votre réponse, vous vous êtes engagés [7] à prendre en compte des températures plus élevées que celles de dimensionnement, par un programme de travail visant à « identifier d'éventuelles marges en températures dans les locaux » ainsi que « des marges sur la tenue des matériels ». Vous identifierez par ailleurs les moyens de résilience pouvant être mis en œuvre en situation de « grand chaud » et explorerez l'opportunité de procéder à une mise à l'arrêt préventive des réacteurs selon des critères à définir.

Si l'ASN considère acceptable l'absence de prise en compte du cumul entre un séisme ou une inondation extrême et des températures extrêmes, l'ASN considère que vous n'avez à ce stade pas fourni d'éléments de démonstration montrant que les températures « extrêmes » ne sont pas susceptibles de conduire à une perte durable des alimentations électriques ou de la source froide. Toutefois, l'ASN note que vous envisagez de démontrer dans le cadre des quatrièmes réexamens périodiques des réacteurs de 900 MWe [26] que les températures « extrêmes » ne sont pas susceptibles de conduire à une perte durable des alimentations électriques ou de la source froide, nécessitant la mise en œuvre du noyau dur.

L'ASN attend donc ces éléments complémentaires pour définir les niveaux de températures à retenir pour dimensionner le noyau dur.

Foudre

En réponse à la prescription technique [ECS-ND8-I] de l'ASN citée en référence [3], vous avez présenté les caractéristiques de foudre à retenir pour la protection du noyau dur, ainsi que la méthodologie relative à la vérification de la robustesse de vos matériels. **L'ASN estime que la méthodologie et les référentiels retenus par EDF pour la vérification de la protection des éléments du noyau dur vis-à-vis de la foudre extrême sont satisfaisants.**

Vents extrêmes et tornade

Vous avez transmis en novembre 2015 une révision de votre référentiel relatif à l'aléa tornade [21] pour le dimensionnement de l'installation et pour le noyau dur, qui adopte une approche régionalisée. Ce référentiel révisé, qui n'a pas pu faire l'objet d'une instruction en vue de la réunion du Groupe permanent d'experts des 28 janvier et 10 février, est actuellement en cours d'instruction par l'IRSN.

Toutefois, il ressort de ce nouveau référentiel que les niveaux de tornade pour les sites de **Gravelines, Blayais, Chinon, Saint-Laurent, Dampierre, Penly, Paluel, Flamanville, Belleville, Nogent, Civaux et Chooz** correspondent aux valeurs retenues par EDF dans le précédent référentiel pour le noyau dur, qui avait fait l'objet d'une instruction en vue de la réunion du Groupe permanents d'experts des 28 janvier et 10 février. Par conséquent, **l'ASN considère que les niveaux des tornades retenues pour le noyau dur de ces sites sont acceptables.** De plus, **pour ces sites, l'ASN considère que les effets associés à la tornade « noyau dur », permettent de couvrir les effets directs ou indirects d'un vent extrême, à l'exception des cibles du noyau dur situées à plus de 9 mètres au-dessus de la plateforme.** Ce dernier point fait l'objet d'une demande complémentaire en annexe 3.

Pour les autres sites (Fessenheim, Bugey, Tricastin, Cruas, Saint-Alban, Cattenom et Golfech), l'ASN prendra position ultérieurement sur les niveaux de tornades et de vents extrêmes que vous avez retenus.

Enfin, vous avez retenu une vitesse de vent de 200 km/h en cas de situation d'inondation extrême, afin notamment de dimensionner les dispositions de protection mises en œuvre dans ces situations. Cette vitesse de vent, en situation d'inondation extrême, n'appelle pas de remarque de la part de l'ASN.

Neige

Vous considérez que des épisodes extrêmes de neige ne constituent pas des agressions à retenir pour le noyau dur. En réponse à la prescription [ECS-ND8-I], vous avez toutefois fourni des éléments qui mettent en évidence l'existence de marges importantes garantissant la tenue des bâtiments par rapport au référentiel de dimensionnement.

En l'absence de définition d'une charge de neige « noyau dur » et de justifications détaillées de la tenue de tous les bâtiments et structures du noyau dur, notamment des toitures des bâtiments dits « bâtiments combustible » et des charpentes métalliques des locaux des « pinces vapeur », **l'ASN n'est pas en mesure d'apprécier le**

caractère suffisant de ces marges vis-à-vis des situations extrêmes à considérer, ce qui l'amène à formuler une demande en annexe 3.

Grêle

Les caractéristiques du grêlon « noyau dur » proposé par EDF, ainsi que la prise en compte des phénomènes associés (obstruction des réseaux d'évacuation, pluies...) sont satisfaisantes au vu du retour d'expérience. Par ailleurs, Vous considérez que les protections contre les risques liés à la tornade sont de nature à assurer la protection du noyau dur à l'égard des grêlons « noyau dur ». **Ce point fait l'objet d'une demande en annexe 3.**

*
* *

À l'issue de l'instruction menée par l'IRSN et par le Groupe permanent d'experts, il ressort que les caractéristiques de nombreux aléas à retenir pour le dimensionnement du « noyau dur » ne peuvent être fixées à ce stade avec suffisamment de précision, compte tenu des compléments d'études nécessaires. Il conviendra donc que vous transmettiez, au plus tôt et dans les délais indiqués dans les annexes, les compléments attendus afin que l'ASN soit en mesure d'arrêter une position définitive sur ce sujet.

Par ailleurs, l'ASN vous rappelle que, en application de la prescription [ECS-ND8], il convient que vous preniez des hypothèses présentant des marges renforcées pour la conception des SSC nouveaux du « noyau dur ».

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

Le directeur général adjoint

Julien COLLET

Aléa sismique

A. Demandes de l'ASN relatives à la prise en compte des effets de site

La RFS 2001-01 requiert la prise en compte des effets de site pour la définition du séisme majoré de sécurité (SMS). La prescription technique [ECS-ND7] de l'ASN impose à EDF de tenir compte d'éventuels effets de site pour la définition du spectre de réponse « noyau dur », d'une part dans sa composante déterministe qui correspond au SMS majoré de 50 %, d'autre part dans sa composante probabiliste UHS à 20 000 ans.

De façon générale, des effets d'amplification du mouvement sismique peuvent être observés pour certains sites situés sur de fortes épaisseurs de sédiments ou ceux situés dans une cuvette sédimentaire.

A.1. Sites situés sur une forte épaisseur de sédiments

Vous avez présenté une analyse de la potentialité des effets de site pour l'ensemble des réacteurs et vous considérez [15] que les sites situés sur une grande épaisseur de sédiments sont pour la plupart situés dans des bassins sédimentaires de grande extension. Vous estimez que ces configurations géologiques ne peuvent pas être considérées comme pouvant générer un effet de site particulier car elles sont homogènes sur leurs régions. Vous indiquez que ces « *effets de sites régionaux* » sont contenus dans les intensités macrosismiques des séismes historiques ayant affecté la région. Vous considérez que ces « effets de site régionaux » sont également contenus dans les équations de prédictions du mouvement sismique utilisées aussi bien dans l'approche déterministe au titre de la RFS 2001-01, que dans l'application des lois de prédiction du mouvement sismique pour la définition des spectres probabilistes à 20 000 ans.

Dans le cadre de l'instruction technique, vous estimez [7] avoir apporté la démonstration que les données disponibles permettent d'écarter qualitativement tout risque d'amplification significative des ondes sismiques liée à une forte épaisseur de sédiments pour les sites de Blayais, Gravelines, Fessenheim, Golfech et Belleville.

Toutefois, l'ASN relève le manque de connaissances disponibles permettant d'apprécier les propriétés mécaniques des couches géologiques du sous-sol de ces sites. L'instruction technique a montré que seuls les cent premiers mètres du sous-sol au droit de ces sites sont caractérisés et que, en particulier, les vitesses des ondes de cisaillement en profondeur ainsi que les contrastes éventuels entre la couche sédimentaire et le substratum rocheux sont mal connus pour certains sites. De plus, le critère que vous avez retenu pour exclure les effets de site associés à de forts contrastes de vitesse de propagation des ondes de cisaillement n'a pas fait l'objet d'une justification technique satisfaisante.

Le Groupe permanent d'experts a estimé, dans son avis cité en référence [6], que les résultats présentés lors de l'instruction ne permettent pas de conclure que les spectres proposés couvrent l'ensemble des effets de site particuliers pour Blayais, Gravelines, Fessenheim, Golfech et Belleville.

En conséquence, l'ASN estime que des investigations complémentaires sont nécessaires, avant que vous ne soyez en mesure d'écarter les effets de site pour les installations situées sur de fortes épaisseurs de sédiments. A cette fin, des investigations de terrain devront être menées afin de caractériser les propriétés du sous-sol en profondeur et confirmer les valeurs des paramètres utilisés dans la prédiction du mouvement sismique pour la définition des spectres SMS VD4-900 et le spectre de « noyau dur ».

Demande n° 1 : L'ASN vous demande de caractériser, sous deux ans, pour les sites de Blayais, Gravelines, Fessenheim, Golfech et Belleville, la géométrie des couches géologiques et les propriétés du sol en profondeur, incluant le substratum, par le biais de mesures géophysiques et géotechniques. Vous proposerez à l'ASN, au plus tard au 31 décembre 2016, un plan d'action permettant de mettre en œuvre ces campagnes de terrain. Vous préciserez notamment les moyens techniques que vous prévoyez de mettre en œuvre ainsi que le niveau de précision attendu des résultats.

Ces investigations devront être complétées par des modélisations de la propagation des ondes sismiques aux travers de modèles de sol représentatifs de ces sites.

Demande n° 2 : L'ASN vous demande de réaliser, sous quatre ans, pour les sites de Blayais, Fessenheim, Golfech et Belleville, des modélisations de la propagation des ondes sismiques aux travers de modèles de sol représentatifs des sites, prenant en compte les résultats des études de terrain mentionnés à la demande n° 1 du présent courrier ainsi que les incertitudes associées aux mesures et aux modèles. Vous tiendrez compte des résultats de ces modélisations pour la détermination des spectres SMS et spectres de « noyau dur » associés à chaque site. Vous traiterez en priorité le site de Fessenheim, dont la remise du rapport des conclusions du réexamen périodique du réacteur n° 1 est prévue pour 2020.

Lors de la période probatoire de la RFS 2001-01, vous avez fourni des études relatives à l'évaluation des effets de site pour Gravelines. Dans cette analyse, vous avez effectué des simulations de la propagation des ondes de cisaillement dans les colonnes de sol. Ces études sont basées sur des données issues des investigations géologiques réalisées lors de la construction du site. Vous estimez que les données acquises lors de cette campagne offrent une bonne connaissance de la géométrie des couches et de leurs propriétés géotechniques sur une centaine de mètres sous le site. A la suite de ces études, fournies dans le cadre de la VD3-900, vous avez conclu qu'aucun effet de site particulier n'était à prendre en compte pour ce site au-delà de 1 Hz.

Dans le cadre de l'instruction VD4-900, vous avez repris votre simulation numérique de la propagation des ondes pour le site de Gravelines et maintenu votre position [7].

Toutefois, l'instruction technique a mis en lumière des points susceptibles de remettre en cause les conclusions de cette étude. En effet, votre analyse de propagation des ondes ne met pas en œuvre des accélérogrammes représentatifs des spectres SMS que vous proposez dans le cadre des VD4-900 et du spectre probabiliste à 20 000 ans. Dans son avis cité en référence [6], le Groupe permanent d'expert a souligné ce point et a recommandé qu'EDF apporte des compléments d'étude pour justifier ses conclusions quant à une absence d'effet de site particulier pour le site de Gravelines.

L'ASN estime ainsi que l'analyse spécifique à Gravelines que vous avez fournie, en application de la RFS 2001-01 concernant le paramètre dit « Vs30 », ne permet pas d'exclure tout effet de site et qu'il convient, par conséquent, que vous révisiez cette étude.

Demande n° 3 : L'ASN vous demande de réviser sous quatre ans, pour le site de Gravelines, l'étude numérique relative aux effets de site, en tenant en compte des incertitudes sur les données et modèles de sol et en utilisant des accélérogrammes représentatifs des spectres déterministes de chacun des SMS retenus pour le quatrième réexamen de ce site et du spectre probabiliste à 20 000 ans. Vous prendrez en compte les résultats des études de terrain mentionnés à la demande n° 1 du présent courrier ainsi que les incertitudes associées aux mesures et aux modèles.

A.2. Effets de site particuliers pour les sites situés dans une cuvette sédimentaire

Le site de Tricastin est, comme le site de Saint-Alban, situé dans la paléovallée du Rhône, qui présente une configuration de cuvette sédimentaire. Dans cette paléovallée, un effet de site particulier peut être produit aussi bien par la configuration géométrique complexe que par l'épaisseur et les propriétés des sédiments à l'aplomb du site.

Vous considérez [15] que ces effets de site sont déjà pris en compte en application de la RFS 2001-01. De plus, vous considérez que la largeur importante de la paléovallée, la position du site au sein de cette paléovallée, les données disponibles sur la fréquence fondamentale de résonance de la structure géologique locale ainsi que l'évolution de la vitesse des ondes de cisaillement avec la profondeur permettent d'écarter toute suspicion d'effet de site particulier. Vous estimez également que, en l'état des connaissances, une modélisation de la propagation multidimensionnelle des ondes n'apparaît pas pertinente au regard des difficultés techniques pour modéliser la réponse d'un site au-delà d'une fréquence de 2 Hz.

Dans votre courrier cité en référence [7], vous avez rappelé votre engagement de déployer dès 2016 sur le site de Tricastin une instrumentation visant à caractériser la réponse du site sous sollicitation sismique.

L'ASN considère que les mesures de vibrations ambiantes réalisées par EDF, ainsi que le programme de déploiement de vélocimètres sur le site du Tricastin constituent un progrès dans l'optique d'appréhender un éventuel effet de site particulier au droit du CNPE.

Toutefois, l'ASN considère que les éléments que vous avez présentés ne permettent pas de quantifier une éventuelle amplification du mouvement sismique liée à la configuration particulière de la paléovallée. Le caractère suffisamment enveloppe de la réponse de site vis-à-vis des effets de site, implicite dans l'application de la RFS 2001-01, est insuffisamment démontré.

À cet égard, dans son avis cité en référence [6], le Groupe permanent d'experts estime que la démonstration d'EDF relative aux effets de sites particuliers pour le site de Tricastin nécessite des compléments d'études et notamment une analyse numérique de propagation des ondes.

Demande n° 4 : L'ASN vous demande d'évaluer sous trois ans, dans le cadre du quatrième réexamen des réacteurs du site du Tricastin, ainsi que pour la définition du spectre « noyau dur » de ce site, les éventuels effets de site sur la base d'une étude numérique de propagation multidimensionnelle des ondes sismiques. Cette étude devra tenir compte des incertitudes sur les données et les modèles de sol et utiliser des accélérogrammes représentatifs du spectre SMS, du paléoséisme et du spectre probabiliste à 20 000 ans.

L'ASN vous rappelle que, dans le cadre de l'évaluation de l'aléa « noyau dur » pour les installations nucléaires de base (INB) du cycle du combustible, il a été demandé à AREVA d'évaluer les éventuels effets de site sur son installation de Tricastin, en prenant en compte la géométrie complexe des couches et la forte épaisseur de sédiment liés à la paléovallée du Rhône. Afin que vous disposiez des données les plus pertinentes possibles, l'ASN estime donc souhaitable que vous meniez un programme de travail conjoint avec les exploitants des autres INB présentes sur le site du Tricastin.

Demande n° 5 : L'ASN vous demande de lui indiquer, sous six mois, la manière dont vous articulez vos travaux avec ceux des exploitants des autres INB présentes sur le site du Tricastin afin de répondre à la demande n° 4 du présent courrier.

En ce qui concerne le site de Saint-Alban, également situé dans une cuvette sédimentaire, l'ASN note que vous vous êtes engagé, à la suite du courrier de positions et actions en référence [7], à vous prononcer sur

l'existence d'effet de site particulier à l'horizon de 2020. Cette position sera établie sur la base de données d'investigations de terrain, en cours, ainsi que sur les résultats d'études numériques. L'ASN prend également note de votre engagement d'intégrer ces résultats dans la définition du SMS ainsi que pour le spectre de « noyau dur » du site de Saint-Alban.

B. Demandes de l'ASN relatives aux réévaluations sismiques VD4-900

B.1. Réévaluation de l'aléa sismique de Chinon

Dans le cadre de la réévaluation sismique associée aux VD4-900, vous avez retenu pour le site de Chinon, les séismes de Lanvaux (1930) et de Langeais (1706) comme séismes de référence. Vous ne retenez pas les séismes plus anciens de 1522, 1657 et 1704 identifiés dans la base de données SisFrance avec une intensité épacentrale supérieure. Dans votre courrier cité en référence [7], vous indiquez en effet avoir révisé à la baisse les données de SisFrance relatives au séisme de 1657 et estimez que les séismes de 1522 et 1704 sont mal connus et ne doivent pas être retenus pour le calcul.

L'ASN considère que vous n'avez pas suffisamment justifié la révision à la baisse (par rapport aux anciennes valeurs issues de la base de données SisFrance) des intensités épacentrales du séisme de 1657.

Par ailleurs, vous avez dans un premier temps écarté les séismes de 1522 et 1704 identifiés dans la base SisFrance, considérant que ceux-ci faisaient l'objet de trop peu d'observations exploitables pour être utilisés dans l'application de la RFS 2001-01. Or l'ASN considère que les informations disponibles sur les séismes plus anciens précités, même s'ils sont moins connus, sont néanmoins pertinentes à prendre en compte. Vous avez au cours de l'instruction transmis des éléments complémentaires fondés sur les intensités figurant dans la base SisFrance ; ceux-ci n'ont pas permis d'apprécier le caractère conservatif du SMS proposé sur toute la plage de fréquences d'intérêt et de démontrer que le spectre SMS retenu couvre raisonnablement les incertitudes liées à ce choix.

L'ASN estime donc que votre choix de ne pas retenir les séismes plus anciens et mal connus n'est pas correctement justifié et que le spectre que vous proposez ne permet pas, en l'état des connaissances, de couvrir raisonnablement les incertitudes.

Demande n° 6 : L'ASN vous demande, dans le cadre du quatrième réexamen périodique et de la définition du séisme de « noyau dur » des réacteurs du site de Chinon, de revoir votre choix des séismes de référence et de définir un spectre de réponse tenant compte des intensités macrosismiques identifiées dans la base de données SisFrance, pour l'ensemble des séismes situés dans la zone du site.

B.2. Réévaluation de l'aléa sismique de Fessenheim

Dans le cadre de la réévaluation de l'aléa sismique du site de Fessenheim pour les VD4-900, vous ne retenez que le séisme de Bâle (1356) comme séisme de référence. Le séisme plus proche de Kaiserstuhl (1926) n'est pas retenu, selon l'application du filtrage par l'intensité mentionné dans le chapitre 2.2.3 de la RFS 2001-01.

Dans votre courrier en référence [7], vous avez confirmé votre position et maintenez que cette pratique est conforme à la Règle Fondamentale de Sécurité applicable aux INB.

Ce point d'interprétation de la RFS 2001-01 constitue un désaccord historique entre les experts de l'IRSN et ceux d'EDF. Dans son courrier du 2 juin 2003 référencé [12], l'ASN avait estimé que, sur ce point, votre démarche était effectivement conforme à la RFS 2001-01. Toutefois, dans ce courrier, l'ASN avait rappelé que les séismes d'intensités macrosismiques les plus importantes ne correspondent pas nécessairement aux pseudo-accélérations les plus fortes, notamment à haute fréquence, et qu'il convenait alors d'étudier les éventuels impacts de ces écarts sur la qualification sismique des équipements.

Dans le cas précis de Fessenheim, le choix d'EDF d'exclure le séisme de Kaiserstuhl a un impact direct sur le spectre à haute fréquence, puisque ce dernier conduit à une pseudo-accélération à très haute fréquence significativement supérieure à celle correspondante au spectre proposé par EDF en prenant uniquement en compte le séisme proche de Bâle.

Dans son avis cité en référence [6], le Groupe permanent d'experts estime que les choix d'hypothèses réalisés par EDF et leur influence sur le niveau d'aléa sismique qu'il retient pour ce site ne permettent pas de d'obtenir un SMS suffisamment enveloppe pour couvrir raisonnablement les incertitudes.

Par conséquent, l'ASN considère que le spectre SMS que vous proposez pour la réévaluation sismique VD4-900 du site de Fessenheim n'est pas acceptable.

Demande n° 7 : L'ASN vous demande de retenir, dans le cadre du quatrième réexamen des réacteurs du site de Fessenheim, le séisme de Kaiserstuhl de 1926 pour définir le spectre de réponse du SMS, en complément du séisme de Bâle de 1356.

Vous vous êtes engagés à présenter, au plus tard fin 2016, un plan d'action présentant les programmes d'investigation visant à caractériser les failles et leur éventuel potentiel sismogénique dans un rayon de 25 km autour du site. Cet engagement fait suite à une demande générique de l'ASN dans son courrier en référence [8].

Dans son avis cité en référence [6], le Groupe permanent d'experts estime que le plan d'action sur lequel EDF s'est engagé n'est pas suffisant et qu'EDF doit compléter son programme par des investigations *in situ* visant à caractériser les failles à proximité du site.

Demande n° 8 : L'ASN vous demande d'engager, sous six mois, en complément des actions en cours, des investigations de terrain visant à caractériser l'activité des failles à proximité du site de Fessenheim. Vous utiliserez les méthodes et moyens usuels de la paléosismologie dans le but notamment de caractériser les taux d'activité des failles. Vous présenterez à l'ASN, sous six mois, le programme de ces investigations et le calendrier de transmission des résultats.

B.3. Calibration des lois d'atténuation de l'intensité des séismes

Dans le cadre de la VD4-900, vous avez proposé une évolution des coefficients des lois d'atténuation de l'intensité, utilisées en application de la RFS 2001-01 pour déterminer les caractéristiques de magnitude et de profondeur d'un séisme selon les intensités macrosismiques observées. Les évolutions proposées permettent de mieux prendre en compte les différences régionales d'atténuation de l'intensité macrosismique sur le territoire métropolitain.

L'ASN estime que le travail proposé constitue un progrès et que vous devez poursuivre cette démarche dans le cadre de l'amélioration des connaissances. La détermination des caractéristiques d'un séisme dans l'évaluation de l'aléa sismique doit reposer sur des lois d'atténuation de l'intensité statistiquement fiables. À ce titre, l'ASN considère, après l'analyse de l'IRSN et l'avis du Groupe permanent d'experts, que la calibration des lois d'atténuation de l'intensité du séisme doit être consolidée.

En effet, l'instruction technique a montré certaines limites dans la méthodologie que vous avez mise en œuvre, associées en particulier à la méconnaissance des caractéristiques de magnitude et de profondeur des séismes de calibration sélectionnés ainsi qu'au faible nombre de ces séismes dans l'échantillon servant à établir les lois de chaque région. L'ASN considère, en outre, que vous devez consolider la calibration des lois régionales en vous fondant sur un échantillon de séismes élargi à l'Europe, en regroupant les séismes issus de régions aux propriétés atténuantes similaires.

Demande n° 9 : L'ASN vous demande de consolider sous trois ans et dans l'optique des futurs réexamens périodiques, la calibration des lois d'atténuation de l'intensité des séismes proposées, en les fondant sur un échantillon de séismes élargi à l'échelle de l'Europe et en regroupant les séismes issus de régions aux propriétés atténuantes similaires. Pour cette calibration, vous privilégieriez des séismes ayant fait l'objet d'enregistrements de bonne qualité et correspondant à des gammes de magnitudes pertinentes pour l'estimation des séismes de référence de forte magnitude.

C. Demandes de l'ASN relatives au calcul de la composante probabiliste du spectre de « noyau dur »

C.1. Utilisation du filtrage par le CAV dans le calcul du spectre de « noyau dur »

Dans le cadre de la définition de l'aléa sismique de « noyau dur », vous avez proposé des spectres probabilistes à 20 000 ans filtrés par le paramètre CAV (Cumulative Absolute Velocity). L'objectif de ce filtrage est de ne retenir que les mouvements sismiques potentiellement endommageants. Vous considérez que cette pratique, introduite par l'« Electric Power Research Institute » (EPRI), induit une meilleure prise en compte du potentiel de nocivité des sources sismiques contribuant à l'aléa sismique que la méthode fondée sur l'utilisation d'une magnitude minimale.

L'instruction technique des spectres proposés par EDF filtrés par le CAV a mis en évidence plusieurs points susceptibles de mettre en cause la pertinence de son utilisation. En particulier, pour la mise en œuvre du filtrage dans la méthode « Probabilistic Seismic Hazard Assessment » (PSHA), vous ne respectez pas le référentiel de l'EPRI pour la définition du CAV.

L'ASN relève, en outre, qu'une telle démarche ne relève pas de l'estimation de l'aléa sismique, mais d'une évaluation du risque, soit un calcul conjoint de l'aléa et de la vulnérabilité des systèmes, structures et composants (SSC) du noyau dur. De plus, dans son avis cité en référence [6], le Groupe permanent d'experts estime que le caractère endommageant d'un séisme est difficile à apprécier car propre à chaque SSC considéré et que cette démarche ne doit pas, en l'état actuel des connaissances, être retenue pour la détermination des spectres de réponse représentatifs des aléas applicables à la protection du noyau dur des réacteurs nucléaires.

Demande n° 10 : L'ASN vous demande de retenir, pour la définition du spectre sismique du « noyau dur », des spectres probabilistes élaborés sans filtrage utilisant le paramètre « CAV » (Cumulative Absolute Velocity).

C.2. Spectres probabilistes à retenir dans le cadre du noyau dur

En réponse à la prescription technique [ECS-ND7] des décisions de l'ASN citées en référence [3], vous avez fourni, pour l'ensemble de vos sites, des spectres probabilistes médians correspondant à une période de retour de 20 000 ans. La méthode PSHA que vous utilisez pour déterminer ces spectres nommés « UHS » (Uniform Hazard Spectrum) s'appuie sur la connaissance scientifique internationale et apparaît comme une approche classique dans ce domaine. Vous avez également consulté deux experts pour recueillir leur avis sur ces études. Cette consultation a conclu positivement sur la méthode mise en œuvre tout en notant le caractère perfectible de l'étude, notamment en termes d'exploration des incertitudes inhérentes à l'application du calcul PSHA.

L'instruction technique réalisée par l'IRSN a permis d'identifier des paramètres clés de la méthode PSHA ayant un impact significatif sur le niveau des spectres probabilistes : magnitude maximale considérée dans le calcul probabiliste, taux de sismicité des zones géographiques, poids des différents zonages sismo-tectoniques retenus dans les arbres logiques et hypothèses retenues dans les modèles par failles.

Selon l'IRSN, les choix d'hypothèses réalisés par EDF sont de nature à sous-évaluer les spectres probabilistes à 20 000 ans pour les sites suivants : Blayais, Bugey, Chinon, Cruas, Fessenheim, Tricastin, Belleville et Saint-Alban. Dans votre courrier cité en référence [7], vous avez rappelé votre position exprimée lors de l'instruction et estimé recevables et argumentées les hypothèses prises dans le calcul probabiliste.

Dans son avis du 18 février 2016 cité en référence [6], après analyse des arguments présentés par les experts d'EDF et de l'IRSN, le Groupe permanent d'experts ne s'estime pas en mesure de statuer entre les deux approches, et donc entre les deux résultats concernant les spectres probabilistes à 20 000 ans.

L'ASN estime que, dans l'état des connaissances et au vu des éléments transmis au cours de l'instruction, les débats techniques doivent se poursuivre afin d'aboutir à un consensus scientifique sur la méthode PSHA applicable au contexte français.

Toutefois, pour répondre à la prescription technique [ECS-ND7], vous devez retenir une composante probabiliste pour le spectre « noyau dur » correspondant à un spectre probabiliste avec période de retour à 20 000 ans. Dans cette optique, et pour le déploiement des SSC du noyau dur, l'ASN estime que vous devez retenir un spectre probabiliste permettant de couvrir raisonnablement les incertitudes liées à vos choix d'hypothèses dans la démarche PSHA.

L'ASN estime donc que, pour les sites de Blayais, Bugey, Cruas, Chinon et Belleville, le niveau d'aléa que vous proposez est potentiellement sous-évalué à basse fréquence. Aussi, l'ASN considère qu'il convient, pour ces sites et aux basses fréquences, de ne pas retenir l'évaluation médiane d'EDF mais de considérer les spectres d'EDF associés au fractile 84 % afin de mieux prendre en compte les variations observées en fonctions des hypothèses retenues.

Demande n° 11 : Dans le cadre de la définition du spectre probabiliste utilisé pour la définition du spectre « noyau dur » des sites de Blayais, Belleville, Bugey, Cruas et Chinon, l'ASN vous demande de retenir, en dessous de 3 Hz, le spectre associé au fractile 84 % du spectre probabiliste à 20 000 ans issu de la démarche de calcul que vous avez présentée.

Pour ce qui concerne les sites de Fessenheim, Tricastin et Saint-Alban, l'ASN estime, au regard des désaccords profonds entre les experts d'EDF et de l'IRSN, qu'il n'est pas possible, en l'état des connaissances, de retenir une majoration pertinente des spectres probabilistes à 20 000 ans que vous proposez.

Dans le but de conclure les débats techniques relevés lors de l’instruction des niveaux d’aléa « noyau dur », ainsi que de prendre position sur les spectres probabilistes à 20 000 ans des sites de Fessenheim, Tricastin et Saint-Alban, l’ASN estime nécessaire de poursuivre les investigations et les débats techniques. **L’ASN prendra position ultérieurement sur les spectres de « noyau dur » proposés pour ces trois sites.**

Compte tenu des différentes réévaluations à apporter aux spectres SMS et aux spectres probabilistes à 20 000 ans qui seront retenus pour la définition du spectre de « noyau dur », l’ASN estime qu’EDF doit présenter les spectres qu’il retient à la suite des demandes formulées dans le présent courrier ainsi que dans le cadre des réexamens périodiques VD3-1300 et VD2-N4, à l’exception des sites de Fessenheim, Tricastin et Saint-Alban.

Demande n° 12 : L’ASN vous demande de présenter sous quatre ans, dans une note synthétique, les spectres de « noyau dur » que vous retenez pour la vérification des SSC existants du noyau dur, prenant en compte les différentes demandes de réévaluation de l’ASN, pour l’ensemble des sites à l’exception de Fessenheim, Tricastin et Saint-Alban.

C.3. SSC nouveaux du noyau dur

En réponse à la prescription [ECS-ND7] de la décision ASN cité en référence [3], vous devez confirmer que les spectres de sol retenus pour le dimensionnement des SSC nouveaux du noyau dur sont majorés par rapport aux spectres « noyau dur » spécifiques à chaque site.

Demande n° 13 : L’ASN vous demande de confirmer, sous deux ans, que les spectres retenus pour la conception des SSC nouveaux du noyau dur sont majorés par rapport aux spectres « noyau dur » définis site par site et présentés en réponse à la demande n° 12 du présent courrier.

Par ailleurs, dans l’attente d’une position de l’ASN pour les sites de Fessenheim, Saint-Alban et Tricastin, l’ASN estime que vous devez retenir, pour le dimensionnement des SSC nouveaux du noyau dur, le spectre de sol forfaitaire que vous avez proposé pour les groupes électrogènes « Diesel d’Ultime Secours » (DUS) dans la lettre citée en référence [11].

Demande n° 14 : L’ASN vous demande de retenir pour le dimensionnement des structures nouvelles du noyau dur des sites de Tricastin, Saint-Alban et Fessenheim, dans l’attente d’un positionnement de l’ASN sur les niveaux de séisme « noyau dur » de ces sites, le spectre forfaitaire adopté pour la justification parasismique du « Diesel d’Ultime Secours » (DUS). Vous retiendrez également, pour ces trois sites, ce même spectre forfaitaire pour le dimensionnement des matériels présents à l’intérieur des structures nouvelles du noyau dur.

Pour les SSC nouveaux situés dans les bâtiments existants, vous vous assurerez de la présence de marges très significatives dans leur dimensionnement par rapport aux spectres « noyau dur » que vous avez proposés pour ces trois sites.

Inondations d'origine externe

Conformément à la prescription [ECS-1] de l'ASN, vous avez proposé, le 30 juin 2012, des dispositions matérielles et organisationnelles pour le noyau dur et les niveaux de protection associés. Concernant le risque d'inondation externe, vous avez proposé des aléas majorés forfaitairement qui ont été définis en visant des fréquences d'occurrence, en ordre de grandeur, significativement inférieures à 10^{-4} par an.

Après consultation du Groupe permanent d'experts en décembre 2013, l'ASN a estimé que la démarche générale retenue pour définir les niveaux d'inondation « noyau dur » était acceptable, à l'exception de ce qui concerne les niveaux marins. Pour cet aléa, l'ASN avait estimé nécessaire que vous teniez compte des préconisations du guide n° 13 en référence [17] qui apporte des évolutions notables par rapport au référentiel actuellement en vigueur et a émis la prescription [ECS-ND6] applicable aux sites de Blayais et Gravelines. En regard des marges importantes entre les cotes majorées de sécurité (CMS) et les niveaux des plateformes des autres sites marins (Flamanville, Paluel et Penly), l'ASN n'a pas prescrit la définition d'un niveau marin pour la protection des dispositions du noyau dur de ces sites. Vos propositions méthodologiques relatives aux autres aléas d'inondation externe ayant été jugées acceptables, l'ASN n'avait pas prescrit d'éléments relatifs aux méthodes utilisées pour la définition d'un niveau de protection contre les autres aléas (crues fluviales, pluies et inondations sismo-induites) pour les dispositions du noyau dur.

Considérant que, dans la mesure du possible, les niveaux d'inondation vis-à-vis desquels doivent être protégées les dispositions du noyau dur ne doivent pas être remis en cause par les réévaluations réalisées dans le cadre des prochains réexamens périodiques, l'analyse de l'IRSN et de l'ASN a été menée en regard du référentiel actuellement en vigueur, issu de la démarche « REX Blayais », mais également des préconisations du guide n° 13 en référence [17], dont la déclinaison est en cours sur les réacteurs d'EDF.

A. Niveaux marins

A.1. Blayais et Gravelines

Dans ses décisions du 21 janvier 2014, l'ASN vous a imposé, pour les sites du Blayais et de Gravelines, la prescription suivante :

« [ECS-ND6] Avant le 31 décembre 2014, l'exploitant révalue le niveau marin selon les principes du guide n° 13 de l'ASN susvisé, corrigé d'une majoration forfaitaire justifiée. Sur la base de cette réévaluation, l'exploitant prend en compte l'effet des vagues pour définir le niveau d'inondation retenu pour le noyau dur ».

Conformément aux préconisations du guide n° 13 en référence [17]⁴ et à la prescription de l'ASN, vous avez proposé des niveaux marins pour Blayais et Gravelines en cumulant les niveaux suivants :

- la marée théorique maximale,

⁴ Le guide n° 13 de l'ASN préconise de définir le niveau marin de référence comme la conjonction du niveau maximal de la marée théorique, de la surcote millénaire, d'une majoration d'un mètre et de l'évolution du niveau marin moyen (extrapolée jusqu'au réexamen périodique suivant). Le guide indique également qu'il est possible, sous réserve d'utiliser une approche adaptée et justifiée pour le calcul des surcotes extrêmes (comme une analyse régionale), de ne pas appliquer la majoration forfaitaire d'un mètre.

- la surcote millénaire en vous appuyant sur une analyse statistique régionale, basée sur l'identification d'« empreintes » de tempêtes, en étudiant la propagation de celles-ci à partir des surcotes de pleine mer mesurées en différents ports, puis sur la détermination de régions homogènes de surcotes,
- une majoration forfaitaire de 50 cm, permettant en partie de couvrir les évolutions du changement climatique,
- l'effet des vagues sur le niveau statique de la mer.

L'analyse de l'IRSN a porté sur l'ensemble de ces éléments.

Marée théorique maximale :

À l'issue de l'instruction réalisée, l'ASN considère que la détermination de la marée théorique maximale, cohérente avec les dernières évaluations du SHOM⁵, est satisfaisante.

Surcote millénaire :

L'ASN considère que l'approche de régionalisation des surcotes que vous avez développée constitue une avancée notable dans l'estimation des surcotes extrêmes, en prenant mieux en compte l'information disponible à l'échelle régionale et les liens de dépendance entre les surcotes causées par une même tempête.

Toutefois, l'ASN note que cette approche nécessite des approfondissements méthodologiques et que des analyses de sensibilité sont encore nécessaires afin de disposer d'estimations régionales robustes, notamment pour ce qui concerne :

- la définition des « empreintes » des tempêtes,
- l'impact du choix de localisation des frontières des régions notamment pour les sites situés à proximité de ces frontières,
- le modèle de dépendance des surcotes régionales⁶,
- la sélection de la surcote maximale d'une tempête, notamment vis-à-vis des biais potentiels liés aux lacunes dans les séries de surcotes ou à la faible représentation d'une tempête dans une région,
- les extrapolations statistiques, en regard des effets de saisonnalité, des lois d'ajustements retenues et de la précision des données disponibles,
- la prise en compte des données additionnelles disponibles dans la communauté scientifique pour des événements extrêmes.

Cependant, au regard de la majoration forfaitaire de 50 cm que vous proposez, l'ASN considère que les hypothèses que vous retenez restent acceptables pour déterminer les niveaux marins pour la protection des dispositions du noyau dur, hormis pour la prise en compte des données additionnelles disponibles. En effet, la prise en compte de ces données additionnelles a un impact notable sur la détermination des surcotes : les évaluations de l'IRSN conduisent notamment à majorer vos évaluations de surcotes d'environ 50 cm.

L'ASN considère donc que, pour la définition des niveaux marins « noyau dur », vous devrez intégrer les données additionnelles disponibles et pertinentes (notamment les tempêtes non mesurées par les marégraphes mais recensées dans la communauté scientifique) dans les échantillons de surcotes.

À ce titre, par courrier en référence [7], vous vous êtes engagé à réévaluer les surcotes de Blayais et Gravelines en intégrant l'ensemble des données pertinentes. **L'ASN attend la transmission de ces éléments à une échéance compatible avec la mise en œuvre des dispositions du noyau dur.**

⁵ SHOM : Service hydrographique et océanographique de la Marine

⁶ Une tempête impactant plusieurs sites dans une même région, la probabilité d'observer une surcote sur n'importe quel site de la région doit être estimée en prenant en compte la dépendance spatio-temporelle entre les surcotes de la région.

Majoration forfaitaire proposée par EDF :

Conformément à la prescription [ECS-ND6] de l'ASN, vous avez proposé une majoration forfaitaire de 50 cm à cumuler avec le niveau marin statique (comprenant la marée et la surcote). D'après vous, cette majoration procure un gain de l'ordre d'une décade sur la période de retour de la composante aléatoire du niveau marin.

Bien que cette majoration forfaitaire permette également de couvrir les évolutions associées au changement climatique jusqu'au prochain réexamen périodique des réacteurs de Blayais et de Gravelines, l'ASN considère que le gain apporté par cette majoration en termes de période de retour reste significatif. **Elle constitue ainsi une marge pertinente pour la protection des dispositions du noyau dur de Blayais et Gravelines.**

Effet des vagues :

Concernant les effets des vagues, vous avez uniquement transmis, dans le cadre de l'instruction, des résultats préliminaires. La méthode de caractérisation des vagues repose sur des modèles numériques (pour la houle) et des formules empiriques (pour le clapot et le cumul des spectres d'énergie des trains de houle et de clapot). Elle s'appuie également sur des analyses de sensibilité, ce que l'ASN juge satisfaisant. Au cours de l'instruction, quelques incohérences ou imprécisions ont été soulevées par l'IRSN, notamment vis-à-vis du clapot se propageant dans les terrains sud-est du site de Gravelines. **Vous vous êtes engagé à réaliser des études complémentaires [7] ; l'ASN attend ces éléments à une échéance compatible avec la mise en œuvre des dispositions du noyau dur.**

*

L'ASN se prononcera donc ultérieurement sur les niveaux marins à retenir pour le dimensionnement des dispositions de protection du noyau dur du Blayais et de Gravelines, notamment après réception des derniers compléments attendus.

A.2. Flamanville, Paluel et Penly

Au vu des marges importantes entre les cotes majorées de sécurité des sites normands et les niveaux des plateformes qui abriteront les dispositions du noyau dur (plus de 4 m à Penly et Flamanville et presque 18 m à Paluel), l'ASN n'a pas prescrit la définition d'un niveau d'inondation pour le noyau dur de ces sites.

Conformément à vos engagements, vous avez vérifié la robustesse des digues protégeant les sites de Flamanville et Penly et notamment les dispositions du noyau dur face à un niveau marin statique forfaitaire équivalent à la CMS majorée de 1,5 m cumulé à une houle centennale. Étant donnée la marge entre les niveaux marins et la plateforme de Paluel, vous n'avez pas réalisé d'étude similaire pour ce site. Les études concluent à une possible dégradation des ouvrages de Flamanville et Penly sans remettre en cause leur aptitude à protéger les plateformes de franchissements significatifs.

Après instruction par les services de l'IRSN, l'ASN relève que le niveau marin forfaitaire que vous reprenez pour réaliser ces études permet de couvrir des niveaux marins obtenus selon la même approche que pour les sites du Blayais et de Gravelines (cumul de la marée théorique maximale, d'une surcote millénale régionalisée, en utilisant le modèle d'EDF complété par les données disponibles pertinentes identifiées par l'IRSN et d'une majoration de 50 cm). **L'ASN considère donc que le niveau marin forfaitaire que vous proposez pour évaluer la robustesse des digues de Flamanville et Penly est satisfaisant.**

Les conclusions des études de robustesse des digues pourront faire l'objet de demandes ultérieures de la part de l'ASN.

B. Niveaux fluviaux

Pour les sites fluviaux, les dispositions du noyau dur doivent être protégées vis-à-vis du plus haut niveau d'eau atteint par :

- la crue millénaire majorée telle que définie dans la RFS 1.2.e en référence [16], dont le débit est majoré de 30 %, appelée crue fluviale augmentée ;
- les ruptures multiples de barrages sous l'effet d'un séisme.

En 2011, les niveaux fluviaux préliminaires considérés dans le cadre des ECS ont été définis sur la base d'extrapolations d'études et de modèles ayant parfois un niveau de détail grossier. Conformément à vos engagements, vous avez présenté, en 2014, une consolidation des niveaux des crues fluviales augmentées et avez examiné l'impact éventuel de phénomènes induits par de telles crues sur le comportement d'ouvrages hydrauliques, pour les sites de Cattenom, Chooz, Civaux, Nogent, Saint-Alban et Tricastin⁷. L'expertise de l'IRSN a notamment porté sur les hypothèses des modèles hydrauliques et les scénarios de crue retenus par EDF.

Les niveaux fluviaux atteints par les scénarios de ruptures multiples de barrages, transmis tardivement, n'ont pas été examinés dans le cadre de cette instruction.

B.1. Crues fluviales augmentées

Modèles hydrauliques :

À l'issue de l'instruction, l'ASN considère que les modifications apportées aux modèles hydrauliques permettent de représenter de manière plus réaliste les écoulements des fleuves considérés. Dans le même temps, elle estime que des approfondissements méthodologiques restent nécessaires, notamment pour mieux caractériser l'impact des paramètres influents⁸, comme les ruptures de digues.

L'ASN note également que certaines données topographiques et bathymétriques retenues par EDF datent de plus de vingt ans alors que des données récentes et plus précises sont disponibles (en particulier pour le Rhône).

Toutefois, l'ASN considère, qu'en regard de la majoration forfaitaire de 30 % de la crue millénaire majorée, vos choix et vos hypothèses dans les modèles hydrauliques sont acceptables pour déterminer les niveaux de protection des dispositions du noyau dur vis-à-vis des crues fluviales augmentées.

Scénarios de crue :

L'IRSN a relevé que certains paramètres pouvant avoir un impact direct sur les volumes de crue mis en jeu sont différents entre les sites de Saint-Alban et Tricastin, notamment les hypothèses de majoration des hydrogrammes de crue⁹. À l'issue de l'instruction et conformément à vos engagements, vous avez transmis une justification de ces hypothèses. Ces éléments pourront faire l'objet de demandes ultérieures de la part de l'ASN.

Vous nous avez indiqué au cours de l'instruction que :

⁷ Les premières évaluations réalisées dans le cadre des ECS concluaient que les plateformes de ces sites n'étaient pas inondées par la crue fluviale augmentée.

⁸ Un paramètre influent est un paramètre dont les variations ont une incidence significative sur les résultats du calcul du niveau d'eau, comme le coefficient de Strickler (coefficient de frottement, exprimé en $m^{1/3}/s$, qui caractérise la rugosité d'un terrain ou d'un ouvrage hydraulique) ou la rupture de certaines digues.

⁹ L'hydrogramme est la variation temporelle du débit d'écoulement d'eau. Pour le site de Saint-Alban, l'hydrogramme de crue correspondant au noyau dur est déterminé en majorant de 30 % l'hydrogramme de la crue millénaire majorée telle que définie dans la RFS 1.2.e à chaque pas de temps, tandis que seul le débit de pointe est majoré de 30 % pour le site du Tricastin.

- le niveau de crue au droit du site de Tricastin doit encore être consolidé, les scénarios modélisés conduisant à 10 ou 50 cm d'inondation de la plateforme, selon la prise en compte ou non de la mise en place des batardeaux amovibles ;
- concernant le site de Fessenheim, les ruptures de digues du Grand Canal d'Alsace ne pouvant pas être exclues, de nouvelles études tenant compte d'éventuelles défaillances de ces digues en cas de crue fluviale augmentée sont nécessaires.

Demande n° 15 : L'ASN vous demande de lui transmettre :

- sous 6 mois, l'étude de crue fluviale augmentée susmentionnée du site du Tricastin ;
- sous 1 an, l'étude de crue fluviale augmentée susmentionnée du site de Fessenheim.

B.2. Ruptures multiples de barrages

À l'issue des réunions du Groupe permanent d'experts des 28 janvier et 10 février, vous avez transmis les niveaux atteints par les ruptures multiples de barrages pour l'ensemble des sites fluviaux, sans joindre les notes d'études associées. L'ASN ne peut pas engager l'instruction de ce scénario sans disposer de ces études supports.

Demande n° 16 : L'ASN vous demande de lui transmettre, sous 2 mois, les études de ruptures multiples de barrages.

*

L'ASN se prononcera ultérieurement sur les niveaux fluviaux à retenir au titre du noyau dur pour les sites électronucléaires d'EDF, notamment après réception des compléments attendus relatifs aux hypothèses de majoration des hydrogrammes, des études de crue de Fessenheim et Tricastin et des études de ruptures multiples de barrages.

C. Pluies majorées et inondations induites par un séisme au-delà du dimensionnement

Pour répondre à vos engagements pris à l'issue des réunions du Groupe permanent d'experts des 8, 9 et 10 novembre 2011 [18] et des 13 et 20 décembre 2012 [4], vous avez présenté les scénarios d'inondation vis-à-vis desquels les dispositions du noyau dur doivent être protégées :

- un scénario de pluies majorées, en tenant compte d'intensités centennales doublées par rapport aux pluies retenues pour le dimensionnement ;
- un scénario de pluies centennales d'une durée d'une heure cumulées à l'obstruction des avaloirs du réseau d'évacuation des eaux pluviales du site ;
- un scénario d'inondation induite par un séisme au-delà du dimensionnement, en considérant la ruine simultanée des ouvrages présents sur la plateforme ou à son aplomb, susceptibles de constituer des sources d'inondation à la suite d'un séisme au-delà du dimensionnement.

Vous proposez ensuite des marges supplémentaires pour dimensionner les protections des dispositions du noyau dur, correspondant à la hauteur entre le niveau théorique de la plateforme et l'arase des protections, ce qui procure, *in fine*, des marges variant de 4 à 9 cm par rapport à la lame d'eau maximale obtenue par ces trois scénarios.

C.1. Scénarios de pluies

Pluies majorées

Les scénarios de pluies majorées ont été déterminés sur la base de la démarche « REX Blayais » mais intègrent des évolutions issues du guide n° 13 de l'ASN en référence [17].

À l'issue de l'instruction, l'ASN considère que les hypothèses que vous avez retenues pour déterminer les niveaux de pluies majorées dans le cadre du noyau dur sont acceptables, bien que le réalisme des coefficients de ruissellement mérite d'être justifié.

Votre méthodologie comporte par ailleurs certains conservatismes grâce aux hypothèses suivantes :

- les intensités moyennes centennales sont doublées,
- les ruissellements des bassins versants extérieurs sont intégralement orientés vers les plateformes des centrales nucléaires concernées,
- des marges sont considérées pour dimensionner les protections.

Au vu des conservatismes importants retenus dans la méthodologie et des résultats du scénario de pluies cumulées à l'obstruction des avaloirs du réseau d'évacuation des eaux pluviales (cf. paragraphe suivant), l'ASN considère que les niveaux retenus pour les dispositions de protection du noyau dur sont acceptables en regard de ce scénario de pluies.

Pluies cumulées à l'obstruction des avaloirs du réseau d'évacuation des eaux pluviales

L'étude de ce scénario permet de compléter le scénario de pluies majorées (cf. paragraphe précédent) et de considérer des scénarios de pluie allant significativement au-delà des scénarios définis dans le référentiel actuel de dimensionnement.

L'ASN note que le scénario que vous avez défini est cohérent avec les préconisations du guide n° 13 de l'ASN en référence [17] et présente des conservatismes supplémentaires puisqu'il ne considère pas seulement une indisponibilité locale du réseau pluvial (dépendante des bâtiments ou équipements à protéger), comme préconisé dans le guide, mais une obstruction totale des avaloirs du site (à l'exception éventuelle des évacuations de bassins versants en amont).

À l'issue de l'instruction, l'ASN considère que les hypothèses que vous avez retenues pour déterminer les niveaux de pluies cumulées à l'obstruction des avaloirs du réseau d'évacuation des eaux pluviales sont acceptables et qu'*in fine*, les niveaux retenus pour les dispositions de protection du noyau dur permettent bien de couvrir ce scénario.

C.2. Scénario d'inondation induite par un séisme au-delà du dimensionnement

Vous avez évalué les lames d'eau induites par une rupture des ouvrages d'eau (réservoirs, aéroréfrigérants, tuyauteries, singularités telles que des brides ou des compensateurs, bassins, etc.) dont la tenue en cas de séisme au-delà du dimensionnement n'est pas garantie et vous avez analysé les conséquences potentielles associées.

Les hypothèses générales associées au déversement d'eau sont cohérentes avec les préconisations du guide n° 13 en référence [17].

Au cours de l'instruction, vous vous êtes par ailleurs engagé à :

- justifier l'absence d'impact des réservoirs temporaires d'entreposages d'effluents liquides issus de nettoyages chimiques des générateurs de vapeur ;
- vérifier que les dispositifs visant à détecter l'inondation et à transmettre l'ordre de fermeture en cas de rupture des tuyauteries du système d'eau de circulation (CRF) du site de Tricastin seront bien opérationnels après un séisme « noyau dur » ;

- réviser l'étude de robustesse des réservoirs des systèmes de recueil, contrôle et rejet des effluents liquides de l'îlot nucléaire (KER), des effluents du circuit secondaire (SEK) et des réservoirs supplémentaires de santé (TER) du site de Cattenom, lors d'un séisme « noyau dur ».

L'ASN considère que les hypothèses que vous avez retenues pour le scénario d'inondation induite par un séisme sont acceptables, sous réserve du respect de vos engagements.

L'ASN se prononcera sur le caractère suffisant du niveau retenu pour la hauteur des dispositions de protections vis-à-vis du scénario d'inondation induite par un séisme au-delà du dimensionnement (batardeaux, murets, etc.) après réception des compléments, attendus sous une échéance compatible avec le déploiement du noyau dur.

*

La robustesse des digues de Tricastin et de Fessenheim vis-à-vis d'un séisme au-delà du dimensionnement a, quant à elle, fait l'objet des courriers en références [19] et [27].

Arrêts des pompes du circuit d'eau brute secourue (SEC) en cas de rupture des tuyauteries de rejets SEC sur le site du Blayais

Les tuyauteries de rejet SEC ne sont pas dimensionnées à un séisme d'une intensité supérieure au niveau de dimensionnement. Conformément à votre méthodologie, vous avez donc évalué la lame d'eau induite par une défaillance de ces tuyauteries.

Vous estimez que, pour l'ensemble des sites, les pompes SEC peuvent rester en fonctionnement, à l'exception du site du Blayais pour lequel les pompes SEC doivent être arrêtées dans un délai de 2 heures.

Pour ce site, l'ASN considère que, si l'arrêt des pompes SEC est nécessaire pour assurer la protection des dispositions du noyau dur en cas de rupture des tuyauteries de rejet SEC, vous devez démontrer que la stratégie de conduite permet bien de garantir l'arrêt des pompes dans les délais requis.

Demande n° 17 : Si l'arrêt des pompes SEC dans un délai de 2 heures est nécessaire pour garantir la protection des dispositions du noyau dur du site du Blayais, l'ASN vous demande de démontrer, sous 6 mois, que la stratégie de conduite prévue et les moyens associés permettent d'atteindre cet objectif.

C.3. Suffisance du niveau des dispositions de protection du noyau dur vis-à-vis des pluies majorées et du risque d'inondation sismo-induite

Vous présentez des marges entre la lame d'eau atteinte pour ces différents scénarios et les niveaux des dispositions de protection du noyau dur comprises, en fonction des sites, entre 4 et 9 cm. **L'ASN attire votre attention sur la nécessité de garantir cette marge dans le temps, notamment au regard des tassements ou des travaux qui pourraient modifier les ruissellements d'eau de ces scénarios.**

D. Considérations relatives à l'application future du guide n° 13 de l'ASN

À l'issue de l'instruction, réalisée avec le support technique de l'IRSN, l'ASN note que :

- l'approche de régionalisation des surcotes doit encore faire l'objet d'approfondissements méthodologiques ;
- certaines hypothèses de détermination des crues fluviales augmentées ou des scénarios de pluies et d'inondations sismo-induites restent basées sur la démarche « REX Blayais ».

Les aléas d'inondations seront réévalués dans le cadre des prochains réexamens périodiques sur la base du guide n° 13 en référence [17]. La prise en compte de certaines de ses préconisations (réévaluation des intensités centennales des pluies, prise en compte de durées de pluies différentes pouvant induire des débordements locaux des réseaux pluviaux plus importants, prise en compte de la topographie détaillée et notamment des obstacles pouvant limiter les étalements et donc augmenter localement les niveaux d'eau, majoration du paramètre influent dans les modélisations fluviales, etc.) pourrait conduire à augmenter certains niveaux d'inondation, et ainsi réduire la marge disponible pour la protection des dispositions du noyau dur. L'ASN estime que les dispositions du noyau dur doivent être protégées contre des aléas d'inondations plus sévères que ceux qui seront obtenus dans le cadre de la future application de ce guide.

Au terme de l'instruction, vous vous êtes engagé à vérifier la présence d'une marge entre les niveaux des protections du noyau dur et les niveaux qui seront calculés pour les SRI¹⁰ associées à la crue sur un grand bassin versant, à la rupture d'un ouvrage de retenue et aux pluies locales. L'ASN estime que vous devez justifier le caractère suffisant des marges entre ces deux niveaux pour l'ensemble des aléas d'inondation, et pas uniquement pour certains SRI du guide n° 13 en référence [17]. L'ASN considère également non seulement qu'une marge doit exister mais qu'elle doit rester significative.

Demande n° 18 : Dans le cadre de l'application du guide n° 13 en référence [17] et sous des délais compatibles avec la mise en œuvre des dispositions du noyau dur, l'ASN vous demande de :

- **vérifier la présence d'une marge entre le niveau des SRI déterminés sur la base du guide n° 13 en référence [17], et ceux retenus pour définir les protections des dispositions du noyau dur ;**
- **justifier le caractère suffisant de cette marge.**

¹⁰ SRI : Situations de référence à prendre en compte pour l'étude du risque d'inondation en application du guide n° 13 en référence [17]

Autres aléas climatiques : Tornade, Vent, Grêle, Neige

A. Tornade

Vous avez transmis en novembre 2015 par le courrier [20] une révision du référentiel relatif à l'aléa tornade [21] et de la méthodologie ayant servi à le définir [22]. Vous proposez une approche régionalisée basée sur la localisation des tornades les plus puissantes et proposez *in fine* des niveaux différents à retenir suivant les zones définies. Vous reprenez selon l'échelle « enhanced Fujita » :

- pour le domaine de dimensionnement, un niveau EF0 (au lieu de EF3 précédemment, qui correspondait à un vent de 234 km/h) pour l'ensemble du territoire métropolitain ;
- pour les situations relevant des agressions « noyau dur », un niveau EF4 et EF3 respectivement pour la zone océanique¹¹ et la zone « Reste de la France »¹² (au lieu d'un niveau précédemment EF4 pour l'ensemble du territoire métropolitain, qui correspondait à une vitesse maximale du vent d'environ 300 km/h).

Ce nouveau référentiel est actuellement en cours d'instruction par l'IRSN et fera l'objet d'une position ultérieure de l'ASN quant aux niveaux d'aléa tornade retenus par EDF au titre du dimensionnement des installations et des situations relevant des agressions « noyau dur ».

Toutefois, il ressort de ce nouveau référentiel que les niveaux de tornade pour les sites de la zone océanique n'ont pas évolué, en regard des valeurs précédemment présentées par EDF pour le noyau dur et considérées acceptables par l'IRSN. Par conséquent, **l'ASN considère que les niveaux des tornades retenus pour le noyau dur sont acceptables pour les sites de Gravelines, Blayais, Chinon, Saint-Laurent, Dampierre, Penly, Paluel, Flamanville, Belleville, Nogent, Civaux et Chooz.**

B. Vents extrêmes

Pour les situations relevant des agressions « noyau dur », vous ne reteniez initialement l'aléa « vent » qu'en tant que phénomène lié à l'inondation, en considérant une vitesse de vent « noyau dur » de 200 km/h. En réponse à la prescription [ECS-ND8-I], vous avez ensuite indiqué que la protection du noyau dur serait assurée vis-à-vis des vents liés à une tornade¹³ [23, 24]. Vous estimez que la vitesse significativement plus élevée du niveau de la tornade retenue pour la protection du « noyau dur » permet de couvrir des vents extrêmes qui, sur la base des études statistiques réalisées par EDF, ne dépasseraient pas 200 km/h [25].

Pour la situation du vent associé à une inondation externe extrême, l'ASN considère qu'une hypothèse de vent de 200 km/h est satisfaisante pour dimensionner les protections contre l'inondation extrême (batardeaux...), au regard de la conjonction des phénomènes naturels extrêmes considérés.

¹¹ La zone océanique inclut les sites de Gravelines, Blayais, Chinon, Saint-Laurent, Dampierre, Penly, Paluel, Flamanville, Belleville, Nogent, Civaux et Chooz.

¹² La zone « Reste de la France » inclut les sites de Fessenheim, Bugey, Tricastin, Cruas, Saint-Alban, Cattenom et Golfech.

¹³ Au cours de l'instruction, vous avez précisé qu'une vitesse de vent de 200 km/h (vent en rafale) serait considérée dans le cadre de la mise en place du noyau dur, dans des cas particuliers où des combinaisons avec le vent extrême seraient nécessaires, par exemple s'il s'avérait nécessaire de dimensionner aux effets directs du vent extrême certaines protections contre l'inondation. Pour ces cas, EDF considère que la vitesse de 200 km/h est globalement conservative pour les effets directs et indirects, sur l'ensemble des sites.

Pour la situation de vent extrême (sans conjonction avec une inondation extrême), pour les sites pour lesquels le niveau de la tornade (niveau EF4) n'a pas évolué dans le nouveau référentiel relatif aux tornades [21], la vitesse de vent en cas de tornade de niveau EF4 (300 km/h) est notablement supérieure à 200 km/h. Par conséquent, bien que les phénomènes physiques observés lors d'une tornade diffèrent de ceux observés en cas de vents extrêmes, la protection du noyau dur à l'égard d'une tornade extrême, pour ces sites, permet de protéger le noyau dur à l'égard d'un vent extrême. Toutefois, cette conclusion ne s'applique pas aux éventuelles cibles du noyau dur qui seraient situées à plus de 9 mètres au-dessus de la plateforme. En effet, par le courrier en référence [7], vous indiquez, sans en apporter la démonstration, que le projectile pris en compte pour la tornade « noyau dur » (de type « tube d'acier ») est le plus pénalisant pour les SSC au-dessus de 9 mètres, même si l'énergie cinétique de ce dernier est inférieure au projectile qui serait projeté par un vent extrême (de type « tôle de bardage »). Aussi, l'ASN considère que vous devrez vérifier que les impacts des projectiles générés par la tornade « noyau dur » au-delà d'une hauteur de 9 mètres couvrent les impacts des projectiles générés par un vent « noyau dur ».

Demande n° 18 : L'ASN vous demande de vérifier, sous un an, que les impacts potentiels des projectiles générés par la tornade « noyau dur » couvrent effectivement les impacts potentiels des projectiles « tôle de bardage » et « planche de bois » générés par le vent « noyau dur » pour les cibles du noyau dur situées à plus de neuf mètres au-dessus de la plateforme du site nucléaire. Le cas échéant, vous proposerez des études d'agression supplémentaires et des dispositions de protection renforcées.

Pour les autres SSC du noyau dur, l'ASN considère que les valeurs de tornades « extrêmes » retenues **pour les sites de Gravelines, Blayais, Chinon, Saint-Laurent, Dampierre, Penly, Paluel, Flamanville, Belleville, Nogent, Civaux et Chooz permettent de couvrir les effets directs ou indirects du vent « extrême ».**

Pour les sites de Fessenheim, Bugey, Tricastin, Cruas, Saint-Alban, Cattenom et Golfech, le nouveau référentiel relatif aux tornades [21], en cours d'instruction par l'IRSN, prévoit un niveau EF3 (au lieu de EF4 précédemment) et il n'est pas possible en l'état de conclure sur le caractère suffisant du dimensionnement des dispositions de protection qui seront prévues vis-à-vis d'un vent extrême. **L'ASN fera part de sa position ultérieurement quant au caractère conservatif du niveau d'aléa tornade retenu par EDF vis-à-vis du vent extrême à considérer pour ces sites.**

C. Grêle

La grêle, accompagnant parfois des orages violents, n'a pas été étudiée lors du dimensionnement des installations.

Dans le cadre de la protection du noyau dur et en réponse à la prescription de l'ASN [ECS-ND8-I], vous reprenez les caractéristiques de grêle présentées en 2012 [24] : un grêlon de 50 mm de diamètre, avec une vitesse de 32 m/s et une densité de l'ordre de 0,9 g/cm³.

L'ASN considère que les caractéristiques du grêlon « noyau dur » proposé, ainsi que la prise en compte des phénomènes associés notamment vis-à-vis du risque d'obstruction et de la charge sur les structures, sont satisfaisantes au vu du retour d'expérience et des autres aléas retenus pour le noyau dur par EDF.

Concernant le risque de perforation par la grêle des éventuels matériels du noyau dur situés à l'extérieur, vous avez indiqué, au cours de l'instruction, qu'ils seront protégés grâce aux capotages en acier utilisés pour protéger ces matériels des projectiles de type « bille d'acier » considérés en cas de tornade, bien que l'énergie cinétique

d'un grêlon « noyau dur » soit potentiellement plus importante que celle d'une « bille d'acier » projetée par la tornade de référence¹⁴.

Le référentiel « tornade » n'ayant pas encore été décliné à ce jour pour les réacteurs en exploitation, il n'existe pas d'information sur la prise en compte du projectile « bille d'acier » ou sur les protections associées.

Demande n° 20 : L'ASN vous demande, sous un an :

- **de justifier que les protections mises en place pour protéger les matériels extérieurs du noyau dur de l'aléa « tornade » (projectiles de type « bille d'acier ») offrent une résistance suffisante vis-à-vis de l'impact des grêlons pris en compte pour le dimensionnement du noyau dur ;**
- **dans le cas particulier où aucune protection ne serait prévue contre l'impact des « billes d'acier » projetées par une tornade, de mettre en place une protection adaptée aux grêlons « noyau dur » ou de justifier l'absence de risque pour cet aléa.**

D. Neige

Bien que la prescription [ECS-ND8-I] de l'ASN demande des « marges renforcées » pour les nouveaux éléments du noyau dur, vis-à-vis des hypothèses retenues pour les autres agressions externes, vous considérez que des épisodes extrêmes de neige ne constituent pas des agressions à retenir pour le noyau dur.

Vous indiquez que les bâtiments et structures existants ont été dimensionnés aux effets de la neige selon les règles nationales de calcul « Neige et Vent NV65 » en vigueur au moment de leur conception. Pour les nouveaux bâtiments conçus pour accueillir des équipements du noyau dur, vous indiquez que le cas de charge de neige issu de l'Eurocode 1¹⁵ sera retenu [23]. Ces nouveaux bâtiments (notamment celui abritant le groupe électrogène DUS) seront constitués de structures en béton, résistantes à des charges bien supérieures aux charges considérées pour la neige [25].

Les éléments que vous avez fournis en réponse à la prescription [ECS-ND8-I] mettent en évidence l'existence de marges importantes pour la stabilité des bâtiments, notamment liées au fait que certaines structures sont dimensionnées pour résister à d'autres agressions externes (tels que les bâtiments en béton ou certaines charpentes métalliques vis-à-vis de l'explosion externe), aux effets plus préjudiciables que la neige.

Néanmoins, en l'absence d'une charge de neige « noyau dur » et de justifications détaillées de la stabilité de tous les bâtiments et structures du noyau dur, notamment des toitures des bâtiments dits « bâtiments combustible » et des charpentes métalliques des locaux des « pinces vapeur », l'ASN n'est pas en mesure d'apprécier le caractère suffisant de ces marges vis-à-vis des situations extrêmes à considérer.

Demande n° 21 : L'ASN vous demande de justifier sous 6 mois la présence d'une marge significative en termes de stabilité des bâtiments et structures du noyau dur par rapport aux charges de neige retenues dans les pratiques actuelles de dimensionnement.

E. Températures extrêmes

Dans le cadre de la préparation à la réunion du Groupe permanent d'experts pour les réacteurs de décembre 2012, vous aviez indiqué [4] que les températures extrêmes ne constituaient pas, selon vous, une agression du noyau dur et n'aviez pas retenu, pour la protection du noyau dur, de températures au-delà des niveaux de dimensionnement.

¹⁴ Selon les calculs de l'IRSN, l'énergie cinétique d'un grêlon (sur la base des caractéristiques d'une grêle « noyau dur ») serait de 30 joules alors que l'énergie cinétique d'une bille d'acier projetée par une tornade « noyau dur » serait de 2 joules.

¹⁵ L'Eurocode 1 est une norme européenne qui définit, pour les structures du génie civil, les actions à considérer pour leur dimensionnement ou pour vérifier leur stabilité (en particulier les charges liées à la neige). Depuis 2010, la réglementation Eurocode 1 remplace les règles nationales « Neige et Vent NV65 ».

En réponse à la prescription technique [ECS–ND8-I] de l’ASN citée en référence [3], vous avez fourni des éléments techniques et indiqué que, pour les agressions externes autres que celles retenues pour le noyau dur (séisme et inondation), les hypothèses à considérer pour la conception des SSC du noyau dur sont les valeurs du dimensionnement des référentiels en vigueur à partir de la VD4-900.

Ainsi, vous considérez que, vis-à-vis des situations de « grand froid » et « grand chaud », les SSC du noyau dur doivent pouvoir assurer leur fonction dans les conditions définies pour les référentiels de dimensionnement en vigueur (sans retenir les températures associées à la canicule). Vous ne considérez aucun cumul entre une situation de noyau dur (induite par un séisme extrême ou une inondation extrême) et une agression « grand chaud » ou « grand froid ».

Vous considérez également qu’une situation de température « extrême » n’est pas susceptible de conduire à une perte durable des alimentations électriques ou de la source froide qui nécessiterait la mise en œuvre du noyau dur. En ce qui concerne le groupe électrogène à moteur diesel d’ultime de secours ainsi que la source froide ultime, vous proposez des températures hautes, présentant des marges par rapport au dimensionnement actuel, que vous prévoyez de justifier *a posteriori*.

A la suite de l’instruction technique de votre réponse à la prescription [ECS-ND8-I], vous vous êtes engagés [7] à prendre en compte de manière générale des températures plus élevées que celles de dimensionnement, par un programme de travail visant à « identifier d’éventuelles marges en températures dans les locaux » ainsi que « des marges sur la tenue des matériels ». Vous identifierez par ailleurs les moyens de résilience pouvant être mis en œuvre en situation de « grand chaud » et explorerez l’opportunité de définir des critères de température de mise à l’arrêt de réacteur.

Si l’ASN considère acceptable l’absence de prise en compte du cumul entre un séisme ou une inondation extrême et des températures extrêmes, elle considère que vous n’avez à ce stade pas fourni d’éléments de démonstration montrant que les températures « extrêmes » ne sont pas susceptibles de conduire à une perte durable des alimentations électriques ou de la source froide. Toutefois, l’ASN note que de tels éléments de démonstration sont attendus dans le cadre des quatrièmes réexamens de sûreté des réacteurs de 900 MWe [26], ce qui correspond au calendrier de déploiement du noyau dur sur les réacteurs de 900 MWe.

L’ASN prend note de votre position sur les températures proposées pour le dimensionnement du noyau dur.

F. Foudre

En réponse à la prescription technique [ECS–ND8-I] de l’ASN citée en référence [3], vous avez présenté les caractéristiques de foudre à retenir pour la protection du noyau dur, ainsi que la méthodologie relative à la vérification de la robustesse de vos matériels. Vous avez précisé que les caractéristiques de la foudre « noyau dur » intègrent des marges significatives par rapport aux référentiels actuels.

À la suite de l’instruction technique menée par l’IRSN, l’ASN considère que les paramètres choisis par EDF pour définir les caractéristiques de la foudre « noyau dur » sont cohérents avec l’état de l’art pour la vérification de la robustesse des matériels vis-à-vis de cette agression. L’ASN estime que la combinaison des caractéristiques retenues en réponse à la prescription [ECS–ND8-I] conduit à considérer un phénomène de foudre **significativement supérieur à l’aléa retenu pour le dimensionnement, ce qui est satisfaisant.**

Enfin, l’ASN estime que la méthodologie et les référentiels retenus par EDF pour la vérification de la protection des éléments du noyau dur vis-à-vis de la foudre extrême sont satisfaisants.

Références

- [1] Décision ASN n° 2011-DC-0213 du 5 mai 2011
- [2] Décisions ASN n° 2012-DC-0274 à n° 2012-DC-0292 du 26 juin 2012
- [3] Décisions ASN n° 2014-DC-0394 à n° 2014-DC-0412 du 21 janvier 2014
- [4] Lettre EDF DPI/DIN/EM/MRC/PC-13/002 du 28 février 2013 : Positions et Actions pour la réunion du Groupe Permanent d'Experts Réacteurs des 13 et 20 décembre 2012
- [5] Lettre CODEP-DCN-2015-002780 du 22 janvier 2015
- [6] Avis et recommandations du Groupe Permanent « Réacteurs » du 18 février 2016 : Agressions externes extrêmes retenues pour le « noyau dur » des réacteurs à eau sous pression d'EDF en construction ou en exploitation
- [7] Lettre EDF D455616016218 du 12 avril 2016 : GP « Aléas du noyau dur » : Positions et actions EDF
- [8] Lettre ASN-CODEP-DCN-2014-051797 du 18 décembre 2014 : Réacteurs électronucléaires – EDF – Palier 1300 MWe – Réexamen de sûreté associé aux troisièmes visites décennales des réacteurs VD3-1300. Réévaluation de l'aléa sismique
- [9] Lettre EDF D305515021716 du 30 mars 2015 : VD3-1300 – Réévaluation de l'aléa sismique
- [10] Lettre ASN – CODEP-DCN-2016-006877 du 20 mai 2016 : Réacteurs électronucléaires – EDF – Palier N4 – Réexamen de sûreté associé aux deuxièmes visites décennales Mouvements sismiques à prendre en compte pour la sûreté des installations nucléaires en application de la RFS 2001-01
- [11] Lettre EDF D305516002989 du 28 janvier 2016 : PNPPi666. Suites de la réunion EDF/ASN du 11 janvier 2016
- [12] Lettre DGSNR / SD2 / N°0337 du 2 juin 2003 : Réexamen de sûreté des centrales nucléaires VD2 1300 MWe et VD3-900 MWe – Détermination des mouvements sismiques à prendre en compte en application de la RFS 2001-01.
- [13] Lettre ASN - CODEP-DCN-2013-069557 du 12 février 2014 - Réexamen de sûreté associé à la troisième visite décennale des réacteurs (VD3 1300) - Protection contre les inondations d'origine externe
- [14] Note EDF D309515012728 du 15 juin 2015 : Réponse aux questions Q10 et Q12 du questionnaire IRSN.
- [15] Note EDF D309515014078 du 12 juin 2015 : Pris en compte des effets de site particuliers pour la définition de l'aléa sismique pour les SSC du noyau dur.
- [16] Règle fondamentale de sûreté (RFS) n° 1.2.e du 12 avril 1984 : Prise en compte du risque d'inondation d'origine externe
- [17] Guide n° 13 de l'ASN du 8 janvier 2013 : Protection des installations nucléaires de base contre les inondations externes.
- [18] Courrier EDF DPI/DIN/EM/MRC/PC-13/002 : Post-Fukushima - Groupe permanent d'experts pour les réacteurs et usines des 8, 9 et 10 novembre 2011 - Positions et Actions EDF
- [19] Courrier ASN CODEP-DCN-2015-043655 du 26 novembre 2015 : Réacteurs électronucléaires – EDF – PT ECS 11 du 26 juin 2012
- [20] Lettre EDF D305515097890 du 26 novembre 2015.
- [21] Note EDF D305915017293 du 9 novembre 2015 - « Les tornades – actualisation de l'évaluation de la probabilité d'occurrence en France »
- [22] Note EDF D305915017295 du 6 novembre 2015 - « Référentiel des exigences de sûreté de protection contre les risques associés à la tornade »
- [23] Fiche de synthèse EDF D305914010496, 24 juin 2014 - « Décisions n°2014-DC-0394 à 412 du 21 janvier 2014 – PT [ECS-ND8].I – Parc en exploitation/EPR » (courrier D305514041364 du 30 juin 2014).
- [24] Note d'étude EDF D305914007278 [A], 26 juin 2014 - « Noyau Dur ECS : principes de définition et exigences ».
- [25] Fiche de synthèse EDF D305915003399, 25 mai 2015 - « Noyau Dur ECS : principes de définition et exigences ».
- [26] Courrier ASN CODEP-DCN-2016-007286 du 20 avril 2016 : Orientations génériques du réexamen périodique associé aux quatrièmes visites décennales des réacteurs de 900 MWe d'EDF

[27] Courrier ASN CODEP-DCN-2016-019174 du 24 mai 2016 : Réacteurs électronucléaires – EDF – PT
ECS 11 du 26 juin 2012 – Robustesse sismique des ouvrages de protection contre l'inondation du CNPE de
Fessenheim