



**Autorité de Sûreté Nucléaire**

**RÉPUBLIQUE FRANÇAISE**

**GROUPE PERMANENT D'EXPERTS  
POUR LES RÉACTEURS  
NUCLÉAIRES**

Paris, le 18 février 2016

*Le Président*

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté  
nucléaire

**Réf : CODEP-MEA-2016-007211**

**Objet : Avis et recommandations du Groupe Permanent « Réacteurs » des 28 janvier et  
10 février 2016  
Agressions externes extrêmes retenues pour le « noyau dur » des réacteurs à  
eau sous pression d'EDF en construction ou en exploitation**

Monsieur le Président,

Je vous prie de bien vouloir trouver, en pièce jointe, l'avis et les recommandations du Groupe Permanent « Réacteurs » établis à l'issue de sa réunion des 28 janvier et 10 février 2016 consacrée aux agressions externes extrêmes retenues pour le « noyau dur » des réacteurs à eau sous pression d'EDF en construction ou en exploitation.

**P. SAINT RAYMOND**

PJ : Avis et recommandations

**GROUPE PERMANENT D'EXPERTS  
POUR LES RÉACTEURS NUCLÉAIRES**

**Avis  
relatif aux agressions externes extrêmes  
retenues pour le « noyau dur » des réacteurs à eau  
sous pression d'EDF en construction ou en exploitation**

## I

Conformément à la demande de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), notifiée par la lettre CODEP-DCN-2015-002780 du 22 janvier 2015, le Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires, assisté de membres du Groupe permanent d'experts pour les usines, a examiné les agressions externes extrêmes proposées par EDF pour la définition du « noyau dur » post-Fukushima des réacteurs à eau sous pression du parc électronucléaire français.

## II

Pour répondre à la demande précitée, le Groupe permanent s'est réuni le 28 janvier et le 10 février 2016 et a entendu le rapport de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) établi sur la base des éléments transmis par EDF en réponse aux différentes prescriptions techniques notifiées par l'Autorité de sûreté nucléaire, concernant les agressions externes extrêmes à retenir pour la mise en place du noyau dur sur les réacteurs à eau sous pression d'EDF.

Le Groupe permanent note que, pour ce qui concerne les spectres sismiques du noyau dur, les décisions de l'ASN prescrivent la prise en compte de spectres établis en retenant, pour les systèmes, structures et composants (SSC) du noyau dur, l'enveloppe d'un spectre déterministe correspondant au séisme majoré de sécurité (SMS) majoré de 50 % et d'un spectre probabiliste avec une période de retour de 20 000 ans et, pour les SSC nouveaux du noyau dur, un spectre majoré par rapport à cette enveloppe.

Le Groupe permanent a examiné :

- pour l'aléa sismique :
  - la pertinence des spectres de réponse établis par EDF pour les SMS réévalués dans le cadre du réexamen de sûreté associé aux quatrièmes visites décennales des réacteurs de 900 MWe (VD4-900) ;
  - la prise en compte des effets de site particuliers ;
  - la pertinence d'un filtrage du spectre de réponse probabiliste utilisant le paramètre dit CAV (Cumulative Absolute Velocity) ;
  - le bien-fondé de la méthode et des hypothèses considérées par EDF pour établir les spectres de réponse probabilistes pour une période de retour de 20 000 ans ;
  - l'acceptabilité des spectres de réponse proposés par EDF pour la mise en place du noyau dur ;
- pour les aléas d'inondation :
  - les niveaux marins proposés par EDF, notamment pour les sites du Blayais et de Gravelines ;
  - les niveaux fluviaux associés à une crue extrême ;
  - les hauteurs d'eau associées à des pluies extrêmes ou à une inondation induite par un séisme extrême ;
- pour les aléas climatiques : les paramètres, les hypothèses et les niveaux retenus par EDF

pour caractériser les agressions extrêmes pouvant être occasionnées par le vent, la grêle, la foudre, la neige ainsi que par des températures élevées ou basses.

Au cours de l'instruction technique, EDF a pris un certain nombre d'engagements qu'il devra confirmer à l'Autorité de sûreté nucléaire.

### III

Pour déterminer les spectres de réponse associés aux SMS qu'il a retenus pour les sites des réacteurs de 900 MWe, EDF a proposé d'utiliser de nouvelles lois d'atténuation de l'intensité sismique en fonction de la magnitude et de la profondeur des séismes. Ces nouvelles lois sont des lois régionales alors qu'une seule loi était auparavant définie pour tout le territoire métropolitain. Le Groupe permanent estime que la démarche d'EDF va dans le sens d'une meilleure évaluation des caractéristiques (magnitude, profondeur) des séismes historiques. Cependant, les nouvelles lois d'atténuation étant fondées sur des échantillons trop restreints de séismes, le Groupe permanent considère qu'EDF devra poursuivre sa démarche, dans la perspective des réévaluations futures des SMS, en la fondant notamment sur un échantillonnage plus large de séismes historiques.

Ce nonobstant, le Groupe permanent estime que les spectres de réponse associés aux SMS retenus par EDF pour les sites du palier 900 MWe couvrent raisonnablement les incertitudes et sont satisfaisants, à l'exception des spectres relatifs au site de Fessenheim pour lesquels des compléments d'études sont nécessaires.

En outre, le Groupe permanent note qu'EDF a prévu de mener des études visant à préciser l'activité des failles à proximité des sites des différentes centrales nucléaires. Le Groupe permanent souligne que les investigations de terrain nécessaires devront être engagées au plus tôt autour du site de Fessenheim.

\*\*\*

Pour ce qui concerne les effets de site particuliers, EDF estime que, pour l'ensemble de ses sites, les spectres déterministes calculés selon la démarche préconisée par la RFS 2001-01 et les spectres probabilistes calculés en appliquant des équations de prédiction du mouvement sismique permettent de prendre suffisamment en compte les éventuels effets de site. À titre de vérification, EDF mène des études complémentaires pour le site de Saint-Alban et s'est en outre engagé à mettre en place une instrumentation sismique sur l'ensemble de ses sites. Le Groupe permanent considère que ces dispositions constituent un progrès. Toutefois, au vu des résultats disponibles, il n'est pas possible de conclure pour tous les sites que les spectres proposés par EDF couvrent l'ensemble des effets de site particuliers ; cela concerne notamment les sites du Blayais, de Fessenheim, de Golfech et de Belleville localisés sur de fortes épaisseurs de sédiments, ainsi que les sites de Gravelines et du Tricastin qui présentent aussi d'autres caractéristiques propices aux effets de sites particuliers. Des justifications ou compléments d'étude doivent être fournis pour ces sites.

\*\*\*

Pour établir les spectres de réponse applicables aux systèmes, structures et composants (SSC) du noyau dur, EDF a mis en œuvre un filtrage des séismes par le paramètre CAV afin de définir

les spectres probabilistes de période de retour 20 000 ans. Dans son principe ce filtrage, inspiré de la méthode proposée par l'EPRI et acceptée par la NRC pour l'estimation du risque sismique, vise à exclure du calcul d'aléa les scénarios sismiques qui ne seraient pas endommageants. Le Groupe permanent souligne que le caractère endommageant d'un séisme est difficile à apprécier, car propre à chaque SSC considéré. Dès lors, il estime que cette démarche ne doit pas, en l'état actuel des connaissances, être retenue pour la détermination des spectres de réponse applicables à la protection du noyau dur des réacteurs nucléaires.

\*\*\*

EDF a transmis un recueil de spectres de réponse pour le dimensionnement et la vérification des SSC du noyau dur pour l'ensemble de ses sites nucléaires. Ces spectres ont été établis, conformément aux prescriptions de l'ASN, en retenant l'enveloppe d'un spectre déterministe correspondant au SMS majoré de 50 % et d'un spectre probabiliste de période de retour 20 000 ans.

Concernant la composante déterministe, le Groupe permanent note que, compte tenu des résultats d'études récentes, les spectres de réponse associés aux SMS seront réexaminés pour les sites de Chooz et de Saint-Alban, et devront l'être pour le site de Fessenheim comme mentionné plus haut.

Concernant la démarche mise en œuvre pour établir les spectres probabilistes utilisés pour définir les spectres de réponse applicables aux SSC du noyau dur, le Groupe permanent souligne qu'un travail important a été réalisé par EDF.

Toutefois, certaines hypothèses retenues par EDF ne font pas l'objet de consensus alors qu'elles ont une influence significative sur le calcul de l'aléa ; ces hypothèses concernent en particulier les taux de sismicité retenus et la prise en compte des magnitudes maximales. En prenant d'autres hypothèses qu'il estime plus adaptées, l'IRSN a réalisé ses propres calculs et proposé ses propres spectres.

Dans un certain nombre de cas, les spectres probabilistes proposés par EDF sans filtrage par le paramètre CAV d'une part et par l'IRSN d'autre part sont très voisins. Le Groupe permanent estime qu'il est alors opportun de retenir cette estimation commune pour composante probabiliste du spectre représentant l'agression extrême « noyau dur ». Dans le cas contraire, le Groupe permanent ne s'estime pas en mesure de trancher entre les deux approches, et donc entre les deux résultats. Il estime qu'il convient de retenir au moins le spectre EDF non filtré par le paramètre CAV. Il souligne que l'approche probabiliste a très généralement l'effet de majorer le spectre à retenir dans les basses fréquences par rapport à l'approche déterministe, ce qui lui paraît satisfaisant.

Compte tenu des composantes tant probabilistes que déterministes, les spectres « noyau dur » non filtrés par le paramètre CAV établis par EDF apparaissent acceptables au moins pour les sites de Dampierre, Saint-Laurent-des-Eaux, Cattenom, Flamanville, Golfech, Nogent-sur-Seine, Paluel, Penly et Civaux.

Le Groupe permanent rappelle par ailleurs que les décisions de l'ASN précisent que, pour les SSC nouveaux du noyau dur, l'exploitant doit retenir un spectre majoré par rapport au spectre de

réponse déterminé pour le site correspondant. Le Groupe permanent a noté qu'EDF présentera ultérieurement les modalités de détermination de la majoration qu'il aura retenue.

#### IV

Pour ce qui concerne les aléas d'inondation à retenir pour la protection des SSC du noyau dur des réacteurs nucléaires, le Groupe permanent considère que :

- la démarche d'EDF relative à la définition des niveaux marins à retenir est satisfaisante, compte tenu de l'engagement d'EDF de prendre en compte des données additionnelles de surcotes pour les sites du Blayais et de Gravelines ;
- les études relatives aux crues fluviales extrêmes sont convenables ;
- les études relatives aux pluies extrêmes et les études relatives aux inondations induites par un séisme extrême ainsi que les hauteurs associées de protection des SSC du noyau dur proposés par EDF sont acceptables.

Le Groupe permanent souligne toutefois que les exigences à retenir pour la protection des SSC du noyau dur à l'égard des niveaux fluviaux extrêmes restent à conforter en tenant compte des résultats des études relatives aux ruptures multiples de barrages, qu'EDF n'avait pas encore transmis à la clôture de l'instruction.

#### V

Pour ce qui concerne les aléas climatiques, le Groupe permanent considère que les niveaux de vent, de grêle, de foudre, de neige et de températures, retenus par EDF pour la protection des SSC du noyau dur, sont acceptables. Le Groupe permanent a noté qu'EDF a transmis récemment un nouveau référentiel traitant de la prise en compte des tornades pour le noyau dur, qui sera examiné ultérieurement.

Le Groupe permanent relève toutefois que, pour dimensionner les SSC du noyau dur, EDF ne prend pas systématiquement en compte des températures plus sévères que celles du référentiel de dimensionnement. Le Groupe permanent souligne qu'EDF devra démontrer la capacité des installations et des organisations à faire face, en faisant appel ou non au noyau dur, à de telles situations. Il note qu'EDF a prévu d'engager un programme de travail à ce sujet, dans le cadre du réexamen de sûreté associé aux quatrièmes visites décennales des réacteurs de 900 MWe.

## VI

Le Groupe permanent souligne que des avancées significatives ont été réalisées par EDF dans l'estimation des agressions externes extrêmes à considérer pour le noyau dur des réacteurs nucléaires ; des compléments restent toutefois à apporter pour pouvoir conclure sur les exigences à retenir pour certains sites. À cet égard, en complément des actions qu'Électricité de France s'est engagé à mener, le Groupe permanent estime qu'EDF devra prendre en compte les recommandations formulées en annexe au présent avis.

---

## Annexe

### Recommandations

#### **Recommandation n°1**

Dans la perspective des réévaluations futures des SMS, le Groupe permanent recommande que, sous trois ans, EDF consolide la calibration des lois d'atténuation de l'intensité des séismes, en se 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.

#### **Recommandation n°2**

Pour la réévaluation des SMS du site de Fessenheim, le Groupe permanent recommande qu'EDF retienne, en complément du séisme de Bâle (1356), le séisme de Kaiserstuhl (1926) produisant les effets les plus forts en termes de mouvements sismiques à hautes fréquences et propose un spectre de réponse réévalué en conséquence.

#### **Recommandation n°3**

Afin de caractériser l'activité des failles localisées dans l'environnement proche du site de Fessenheim, le Groupe permanent recommande qu'EDF engage, dans un délai compatible avec leur utilisation pour les études de réalisation de la quatrième visite décennale, des études de terrain utilisant les méthodes et moyens usuels de la paléosismologie. Les résultats de ces études devront être pris en compte, le cas échéant, pour conforter l'estimation probabiliste des aléas.

#### **Recommandation n°4**

Le Groupe permanent recommande que EDF justifie l'absence de prise en compte d'effets de site particuliers pour les sites du Blayais, de Fessenheim, de Golfech et de Belleville.

#### **Recommandation n°5**

Pour la réévaluation des SMS et pour la définition du spectre « noyau dur » du site de Gravelines, le Groupe permanent recommande qu'EDF complète l'étude relative aux effets de site particuliers en prenant en compte le SMS associé au séisme de la Manche de 1580.

#### **Recommandation n°6**

Pour la réévaluation du SMS et du paléoséisme ainsi que pour la définition du spectre « noyau dur » du site du Tricastin, le Groupe permanent recommande que, en vue de la quatrième visite décennale, EDF évalue les éventuels effets de site sur la base d'une étude numérique de la propagation bidimensionnelle des ondes sismiques.



**Recommandation n°7**

Le Groupe permanent recommande que la définition du spectre « noyau dur » des sites nucléaires d'EDF soit fondée sur des spectres probabilistes élaborés sans filtrage utilisant le paramètre « CAV » (Cumulative Absolute Velocity).