



Fontenay-aux-Roses, le 28 avril 2023

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

## AVIS IRSN N° 2023-00061

---

**Objet :** Réacteurs électronucléaires – EDF – Palier 900 MWe – Gestion GARANCE  
Analyse des études d'accidents de la chaudière sans fusion du cœur associées au quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe

---

**Réf. :** [1] Avis IRSN n° 2019-00002 du 11 janvier 2019.  
[2] Avis GPR – CODEP–MEA–2019-006797 du 18 février 2019.  
[3] Avis IRSN n° 2019-00245 du 25 octobre 2019.  
[4] Courrier ASN – CODEP-DCN-2022-051264 du 24 novembre 2022.  
[5] Décision ASN n° 2021-DC-0706 du 23 février 2021.

---

En vue de poursuivre l'exploitation des réacteurs du palier 900 MWe exploités en gestion de combustible GARANCE<sup>1</sup> au-delà de leur quatrième visite décennale (VD4 900), Électricité de France (EDF) a transmis à l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) les études réalisées en support à la démonstration de sûreté de ces réacteurs.

Les 32 réacteurs du palier 900 MWe du parc EDF sont exploités avec trois gestions de combustible :

- la gestion de combustible CYCLADES pour les réacteurs du palier CPO ;
- les gestions de combustible PARITÉ-MOX et GARANCE, pour les 28 réacteurs du palier CPY.

Plus précisément, six réacteurs sont exploités en gestion de combustible GARANCE, à savoir les réacteurs n° 3 et n° 4 du centre nucléaire de production d'électricité (CNPE) du Blayais et les quatre réacteurs du CNPE de Cruas. Deux types de combustible sont utilisés pour cette gestion : l'uranium naturel enrichi et l'uranium de retraitement enrichi, ce dernier ne concernant que les réacteurs du CNPE de Cruas.

Ainsi, venant après les expertises des études de sûreté des gestions de combustible PARITÉ-MOX ([1] et [2]) et CYCLADES [3], l'expertise des études de sûreté de la gestion de combustible GARANCE clôt la phase générique du quatrième réexamen périodique (RP4) en ce qui concerne les transitoires incidentels et accidentels du rapport de sûreté (RDS). Dans le cadre du RP4 900, EDF a prévu des modifications matérielles et des modifications des règles générales d'exploitation. Elles seront déployées, pour chaque gestion de combustible, en deux phases distinctes, dites phase « A » et phase « B », auxquelles est venue s'ajouter une troisième phase dite « phase B complémentaire » incluant des modifications supplémentaires issues des instructions.

---

<sup>1</sup> GARANCE est l'acronyme pour « Gestion Avancée des REP avec Adaptation aux Nouveaux Combustibles Envisagés ».

Dans ce contexte, et tenant compte des conclusions des expertises des études d'accidents du palier 900 MWe en gestions de combustible PARITÉ-MOX et CYCLADES, l'ASN souhaite disposer de l'analyse de l'IRSN [4] quant à l'acceptabilité des études d'accidents en gestion de combustible GARANCE sur le plan de la sûreté, en considérant :

- les spécificités de cette gestion de combustible (matériels, combustible, méthodes d'études) à l'état technique RP4 ;
- l'éventuelle applicabilité des conclusions des instructions récentes aux études de la gestion GARANCE ;
- les réponses apportées par EDF à ses engagements pris dans le cadre du 4<sup>ème</sup> réexamen périodique des réacteurs en gestions de combustible PARITÉ-MOX et CYCLADES, transposables à la gestion de combustible GARANCE.

Par ailleurs, il convient de noter que certaines études de la gestion GARANCE phase A intègrent dès à présent des modifications qui relèvent, pour les réacteurs en gestion PARITÉ-MOX, de la phase B. Ainsi, l'ASN souhaite également disposer de l'avis de l'IRSN sur les études de ces deux gestions concernées par ces modifications.

Les principales conclusions de l'analyse menée par l'IRSN sont présentées ci-après.

## 1. HYPOTHÈSES ASSOCIÉES AUX ÉTUDES D'ACCIDENTS

La gestion de combustible GARANCE présente quelques spécificités par rapport aux autres gestions du palier 900 MWe, notamment au regard de l'utilisation de l'uranium de retraitement enrichi qu'elle est la seule à utiliser sur le parc en exploitation. Avec l'absence de combustible MOX dans le cœur, cela induit des propriétés neutroniques distinctes par rapport à la gestion PARITÉ-MOX des autres réacteurs du palier CPY, et donc un comportement physique pouvant être différent pour un transitoire donné. Par ailleurs, la présence d'un nombre plus faible de grappes d'arrêt implique des marges plus faibles pour la maîtrise de la réactivité pour les situations de repli après l'arrêt automatique du réacteur.

Pour l'essentiel, les hypothèses des études d'accidents de la gestion GARANCE sont équivalentes à celles des études de la gestion PARITÉ-MOX. Par ailleurs, les conclusions des précédentes expertises menées par l'IRSN ont été prises en compte par EDF. Les paragraphes qui suivent précisent certains points notables liés à la gestion GARANCE.

### Évolutions du référentiel de sûreté

Les études d'accidents associées à la gestion GARANCE reprennent celles de la gestion PARITÉ-MOX, complétées par des études additionnelles issues de l'expertise de la gestion PARITÉ-MOX. Les outils de calcul scientifique (OCS) utilisés pour les études VD4 900 GARANCE sont les mêmes que ceux utilisés pour les études VD4 900 PARITÉ-MOX et CYCLADES. De même, EDF reconduit les méthodes utilisées pour les gestions de combustible PARITÉ-MOX et CYCLADES à la gestion GARANCE, à l'exception de celles utilisées pour trois conditions de fonctionnement<sup>2</sup>. Pour ces dernières, soit la méthode utilisée a fait l'objet d'une analyse antérieure par l'IRSN, soit EDF propose des évolutions mineures jugées acceptables.

S'agissant des anomalies d'études, toutes celles ayant fait l'objet d'une déclaration à l'ASN en amont de la réalisation des études d'accidents sont résorbées pour la gestion GARANCE. Les anomalies d'étude déclarées postérieurement ont été examinées au cas par cas. En particulier, des actions sont en cours en vue de résorber l'anomalie liée à l'incomplétude de recherche du scénario pénalisant en phase moyen terme de l'accident d'éjection de grappe au regard de la maîtrise de la réactivité. **Il conviendra qu'EDF tienne compte, à terme, des conclusions de ces actions sur les études d'accidents concernées en gestion VD4 900 GARANCE.**

---

<sup>2</sup> À savoir : le retrait incontrôlé d'une grappe en puissance, l'éjection d'une grappe de commande, la rupture d'une tuyauterie vapeur en puissance avec cumul d'un manque de tension externe.

**Dossier combustible**

L'assemblage de combustible de référence pour les réacteurs de 900 MWe du palier CPY exploités en gestion de combustible GARANCE est l'assemblage AFA 3GA à structure Zy-4 à gainage M5 de conception Framatome. **L'IRSN estime qu'EDF a apporté la démonstration du bon comportement de ces assemblages dans les situations de fonctionnement normal, incidentelles et accidentelles**, hormis pour ce qui concerne l'impact mécanique de la déformation latérale des assemblages sur la tenue des grilles lors de transitoires accidentels, qui fait l'objet d'une prescription technique de l'ASN [5], et sera expertisé dans un cadre dédié.

**Conception thermohydraulique et neutronique du cœur**

Pour ce qui concerne la conception thermohydraulique du cœur, EDF utilise, dans le cadre du RP4 900, la corrélation de flux critique<sup>3</sup> FC2002r, développée pour les assemblages de l'EPR de Flamanville, pour prédire le risque d'entrée en crise d'ébullition<sup>4</sup>. **L'IRSN estime que les éléments apportés par EDF permettent de justifier son applicabilité aux assemblages de conception Framatome utilisés dans les réacteurs de 900 MWe.**

Pour la gestion de combustible GARANCE, EDF a appliqué la méthodologie générique développée pour tenir compte de l'effet de la déformation latérale des assemblages au regard du risque d'entrée en crise d'ébullition, ce que l'IRSN estime satisfaisant dans le principe. En revanche, l'analyse d'EDF relative à l'impact thermohydraulique de ce phénomène suppose que la corrélation de flux critique utilisée reste applicable en périphérie d'assemblages déformés. À cet égard, l'IRSN a estimé que des essais simulant la crise d'ébullition en périphérie d'assemblages déformés sont nécessaires à la démonstration, ce qui a fait l'objet d'une prescription technique de l'ASN [5]. **L'IRSN estime qu'EDF devra mettre à jour la note de conception thermohydraulique afin de tenir compte des résultats d'analyse des campagnes expérimentales spécifiques demandées par cette prescription.**

Pour ce qui concerne l'effet de la déformation<sup>5</sup> latérale des assemblages sur le nombre maximal de crayons du cœur susceptibles d'entrer en crise d'ébullition en cas de situation incidentelle, l'IRSN a la raisonnable assurance qu'elle ne sera pas de nature à mettre en cause les conclusions des études pour les transitoires concernés de la gestion GARANCE à l'état VD4.

S'agissant de la conception neutronique du cœur, les données neutroniques<sup>6</sup> de la gestion de combustible GARANCE sont jugées satisfaisantes par l'IRSN, de même que la modélisation retenue pour l'évaluation de la puissance résiduelle. Contrairement aux gestions de combustible PARITÉ-MOX et CYCLADES, la conception neutronique de la gestion GARANCE tient compte de l'effet de la déformation latérale des assemblages de combustible sur la distribution de puissance au sein de l'assemblage. **Elle est jugée satisfaisante en l'état par l'IRSN, d'autant plus que le remontage des incertitudes associées à la distribution de puissance à l'échelle du crayon cumule de manière déterministe la pénalité pour tenir compte de la déformation latérale des assemblages et la pénalité pour le fléchissement des crayons<sup>7</sup>.**

<sup>3</sup> La corrélation de flux critique permet, en fonction des conditions thermohydrauliques locales (pression, température, vitesse massique du réfrigérant) de prédire le flux critique, c'est-à-dire le niveau de flux thermique qui conduirait à l'apparition de la crise d'ébullition (voir note de bas de page n° 4). Cette corrélation est notamment utilisée pour dimensionner les alarmes et les protections du cœur du réacteur.

<sup>4</sup> La crise d'ébullition correspond à la vaporisation de l'eau du circuit primaire en contact avec les gaines des crayons de combustible. Elle entraîne une dégradation locale des échanges thermiques entre la gaine et l'eau, ce qui conduit à une augmentation importante de la température de la gaine.

<sup>5</sup> La déformation latérale des assemblages modifie notamment le flux neutronique et les propriétés thermodynamiques locales du réfrigérant, pouvant ainsi entraîner une augmentation du nombre de crayons entrant en crise d'ébullition en cas de situation accidentelle.

<sup>6</sup> Données d'entrée utilisées de manière générique dans les études d'accidents, en général avec une modélisation simplifiée du cœur, qui intègrent des incertitudes, des pénalités et éventuellement des provisions pour aléas de gestion.

<sup>7</sup> Dans les espaces inter-grilles, les crayons de combustible peuvent présenter une courbure dont l'amplitude augmente au cours de l'irradiation. Ce phénomène est pris en compte dans les études par une pénalité dite de fléchissement.

## 2. AXES DE L'EXPERTISE

À l'issue des expertises des études d'accidents des gestions de combustible PARITÉ-MOX et CYCLADES VD4 900 phase A, EDF a proposé des actions en réponse aux projets de recommandation et d'observation de l'IRSN. L'exploitant s'est engagé à les transposer, lorsque applicables, à la gestion de combustible GARANCE, ce que l'IRSN estime satisfaisant.

De surcroît, les études d'accidents intégrant dès à présent des modifications intellectuelles associées aux conditions de fonctionnement de dimensionnement et complémentaire du dossier d'amendement phase B pour la gestion de combustible PARITÉ-MOX ont fait l'objet d'une analyse par l'IRSN. Les études correspondantes de la gestion PARITÉ-MOX ont également fait l'objet d'une analyse.

Il convient de noter que certaines études d'accidents n'ont pas été reprises explicitement pour la gestion de combustible GARANCE, mais ont fait l'objet d'un argumentaire pour justifier de leur couverture par des études de la gestion PARITÉ-MOX. **Ces études, traitées par argumentaire pour la gestion GARANCE, n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN.**

L'IRSN a par ailleurs réalisé une analyse détaillée des études présentant un enjeu de sûreté important (études participant au dimensionnement d'un système de protection ou de sauvegarde ou dont le niveau de conservatisme est réduit ou encore dont les marges aux critères d'étude sont faibles) ou faisant l'objet d'une évolution significative par rapport aux études de la gestion PARITÉ-MOX.

**Seules les études ayant appelé des remarques notables de la part de l'IRSN au cours de l'expertise sont décrites ci-après.**

## 3. ÉTUDE DES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT DE DIMENSIONNEMENT

### Accidents de réactivité et de refroidissement

S'agissant de l'étude de capacité de puissance de catégorie 2<sup>8</sup>, l'IRSN constate que la nouvelle méthode utilisée pour la gestion GARANCE n'a pas fait l'objet d'un dossier de méthode justificatif, ce qui n'a pas permis de finaliser les échanges sur cette méthode dans un délai compatible avec la présente expertise. EDF devra présenter un dossier de méthode complet en amont des prochaines applications. À ce stade, **l'IRSN estime que la méthode n'est pas acceptable en l'état**. Cependant, du fait de la similarité des réacteurs concernés et du mode de pilotage, une comparaison inter-gestions (PARITÉ-MOX et GARANCE) a permis de vérifier la suffisance des seuils de protection dimensionnés par cette étude. **L'IRSN n'émet donc pas de réserve à ce sujet, in fine.**

L'étude générique d'éjection d'une grappe de commande présente peu de marges à la fois sur le critère associé au nombre maximal de crayons susceptible d'entrer en crise d'ébullition sur l'ensemble du cœur et sur l'absence d'entrée en crise d'ébullition pour les crayons à haut taux d'épuisement. Ainsi, il apparaît opportun d'inclure les paramètres dominants<sup>9</sup> pour ces aspects du transitoire dans les paramètres clés<sup>10</sup> de la démarche de vérification de la sûreté en recharge. Or, ce n'est pas le cas pour la vérification de l'absence d'entrée en crise d'ébullition pour les crayons à haut taux d'épuisement. À ce sujet, EDF a montré, *via* un grand nombre de simulations de transitoires (effectués sur une variabilité plus large que les cycles de conception), qu'il restait une marge

<sup>8</sup> L'objectif de cette étude est de justifier le bon dimensionnement des chaînes de protection  $\Delta T$ , qui permet de garantir l'absence d'entrée en crise d'ébullition pour les accidents de réactivité de catégorie 2.

<sup>9</sup> Les paramètres dominants sont ceux dont les variations entraînent une variation importante des marges aux critères de sûreté.

<sup>10</sup> La démonstration de sûreté en recharge repose sur le respect, pour certains paramètres neutroniques dits paramètres clés, de valeurs limites issues des études génériques. Afin de limiter le nombre de paramètres concernés par cette vérification, une démarche d'exclusion est mise en place.

significative au critère en RFTC<sup>11</sup>, et donc qu'à ce titre il était légitime de ne pas inclure ce volet de l'étude dans la vérification en recharge, **ce que l'IRSN estime *in fine* acceptable.**

S'agissant des études de refroidissement du circuit primaire, il ressort de l'expertise que l'évolution méthodologique, pour la gestion GARANCE à l'état VD4, de l'étude de rupture de tuyauterie vapeur initiée en puissance et cumulée à un manque de tension externe (MDTE) à l'instant de l'arrêt automatique du réacteur (AAR) est acceptable et permet de démontrer le respect des critères de sûreté.

**À l'issue de l'expertise, l'IRSN n'a donc pas de remarque spécifique à la gestion de combustible GARANCE à formuler pour cette famille de transitoires.**

#### **Accident de rupture de tube de générateur de vapeur (RTGV)**

L'accident de rupture de tube de générateur de vapeur de quatrième catégorie conduit à une perte d'intégrité de la deuxième barrière de confinement avec un bipasse de la troisième barrière. La gaine restant alors la seule barrière entre le combustible et l'environnement, son intégrité doit absolument être démontrée. À court terme, avant l'intervention de l'AAR, la dépressurisation du circuit primaire provoquée par la RTGV induit un risque d'endommagement de la première barrière par entrée en crise d'ébullition. Ce risque est en particulier élevé lorsque le réacteur fonctionne initialement à pleine puissance et que l'accident est cumulé à un MDTE (considéré en tant qu'hypothèse). Celui-ci entraîne en effet l'arrêt de l'alimentation des groupes motopompes primaires, et donc une baisse de débit primaire.

Au cours de l'expertise, EDF a démontré que, en considérant un MDTE aux instants conventionnels<sup>12</sup>, un transitoire de RTGV ne conduit pas à un risque d'entrée en crise d'ébullition. EDF a également justifié au cours de l'expertise, *via* des études de robustesse, que la prise en compte d'instant non conventionnels de cumul du MDTE ne mettait pas en cause le respect des critères de sûreté, ce qui est satisfaisant. Cependant, compte tenu de l'enjeu de sûreté associé à cette étude et des faibles marges constatées vis-à-vis du critère en RFTC, **l'IRSN estime qu'EDF devrait intégrer l'étude du risque de crise d'ébullition lors de la phase court terme de l'accident de rupture de tube de générateur de vapeur de catégorie 4 dans les prochaines révisions des rapports de sûreté RP4 900 associés aux différentes gestions de combustible, et ce, en considérant également la démonstration de la sûreté en recharge associée.**

Enfin, l'IRSN estime que l'évaluation des rejets à l'environnement en eau liquide et vapeur résultant des transitoires de RTGV est satisfaisante pour la gestion GARANCE dans le référentiel RP4 900.

#### **Accident de perte de réfrigérant primaire par brèche intermédiaire (APRP BI)**

À l'issue de son expertise, compte tenu d'une part des marges élevées, d'autre part de la prise en compte d'une modification matérielle favorable à la gestion de cet accident mise en œuvre dans le cadre du RP4 900<sup>13</sup>, **l'IRSN estime que la démonstration du respect des critères de sûreté pour la phase court terme d'un APRP est apportée pour la gestion GARANCE.**

S'agissant de la phase moyen terme de l'APRP BI, EDF valorise une adaptation de la méthode déployée pour la phase court terme de l'accident. Les réponses aux demandes de l'ASN relatives à cette méthode étant jugées insuffisantes pour la phase moyen terme, l'IRSN estime que l'étude de cette phase n'est pas satisfaisante en l'état. **Cependant, l'IRSN a la raisonnable assurance que les marges élevées aux critères sont suffisantes pour accommoder les réserves méthodologiques et ne pas mettre en cause les conclusions de la phase moyen terme de l'APRP BI pour la gestion GARANCE à l'état RP4 900. En revanche, pour les prochaines applications de cette méthode à la phase moyen terme de l'accident de perte de réfrigérant primaire, l'IRSN considère qu'EDF devra**

<sup>11</sup> Le RFTC est le rapport entre le flux thermique critique et le flux thermique local.

<sup>12</sup> Les instants conventionnels du cumul du MDTE sont : l'instant initial (initiateur), l'instant de l'AAR et l'instant du signal d'injection de sécurité.

<sup>13</sup> Il s'agit de l'augmentation de la pression de remplissage des accumulateurs du système RIS.

tenir compte des demandes de l'ASN formulées pour la phase court terme, applicables à la phase moyen terme.

### **Phases C des transitoires du domaine de dimensionnement**

L'objectif de l'étude de la phase C des conditions de fonctionnement de dimensionnement est de démontrer la capacité de l'opérateur à ramener le réacteur dans un état d'arrêt sûr en appliquant les procédures de conduite incidentelle et accidentelle et en maîtrisant à tout instant les trois fonctions fondamentales de sûreté.

Seule l'étude de la phase C de la PTAAE<sup>14</sup> a appelé des remarques de la part de l'IRSN pour la gestion GARANCE à l'état RP4 900. En effet, l'expertise a mis en évidence une pénalisation différente sur le débit de décharge du GCT-a<sup>15</sup> entre les études des différentes gestions. Plus précisément, il s'avère qu'un débit de décharge aux GCT-a maximisé, considéré dans l'étude GARANCE, est plus pénalisant qu'un débit minimisé (considéré auparavant dans les études VD4 900). *De facto*, les évaluations des consommations d'eau de la bêche ASG<sup>16</sup> en phase C de l'incident de PTAAE présentées dans les RDS relatifs à la VD4 900 phase A des gestions de combustible PARITÉ-MOX et CYCLADES ne sont pas enveloppes. **À ce titre, EDF devrait étudier l'opportunité de déclarer une anomalie pour ces études.**

## **4. ÉTUDE DES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT COMPLÉMENTAIRES**

L'objectif de la démarche d'étude du domaine complémentaire est de définir la liste des dispositions complémentaires<sup>17</sup> visant à ramener à un niveau acceptable les conséquences d'autres initiateurs que ceux pris en compte dans le dimensionnement conventionnel de base. Ces initiateurs résultent généralement de défaillances multiples. À ces dispositions complémentaires sont associées des exigences de classement et d'exploitation, en cohérence avec leur rôle dans la démonstration de sûreté.

### **Perte totale de la source froide, réacteur en puissance ou en arrêt normal sur les générateurs de vapeur**

L'analyse par l'IRSN de cette condition de fonctionnement complémentaire n'a pas amené de réserve majeure. Cependant, une étude de sensibilité réalisée par EDF montre que les volumes utiles des bêtes ASG et SER<sup>18</sup> sont des paramètres dominants vis-à-vis de l'autonomie en eau du circuit secondaire. **À ce titre, l'IRSN considère qu'EDF devra les considérer, lors des prochains réexamens de sûreté, comme paramètres dominants de l'étude de perte totale de la source froide, au regard de l'autonomie en eau secondaire, et les pénaliser selon les règles du domaine complémentaire.**

### **Perte des alimentations électriques externes et internes (H3) et défaillance de cause commune des tableaux LH (DCC-LH)**

S'agissant de la maîtrise de la réactivité, en situation H3 ou DCC-LH en puissance cumulée avec un échec de la mise en service de l'injection aux joints des pompes primaires (qui permet d'assurer la protection desdits joints mais également d'apporter de l'eau borée), la marge à la criticité est très faible pour certaines configurations. Or, pour ces cas, cette marge n'est assurée que par la chute complète de toutes les grappes, et l'antiréactivité associée ne fait l'objet d'aucune vérification en recharge. À la fin de l'expertise, EDF a justifié l'absence de

<sup>14</sup> PTAAE : Perte totale des alimentations électriques externes.

<sup>15</sup> GCT-a : Groupe de contournement de la turbine à l'atmosphère.

<sup>16</sup> ASG : Eau d'alimentation de secours des générateurs de vapeur.

<sup>17</sup> Dispositif automatique ou manuel, non préventif (vis-à-vis de l'initiateur), spécifique à la gestion des situations accidentelles non couvertes par le dimensionnement conventionnel de base et nécessaire à la vérification du niveau de sûreté de l'installation, eu égard aux objectifs probabilistes.

<sup>18</sup> SER : Système de distribution d'eau déminéralisée – Conventionnel.

nécessité de vérifier ce paramètre, en valorisant certains conservatismes de l'étude. **L'IRSN estime ces justifications acceptables et ne formule pas de remarque complémentaire sur ce sujet, sous réserve de l'acceptabilité de la méthode utilisée pour calculer la marge à la criticité, dite « démarche  $\Delta C_b$  », expertisée actuellement dans un cadre dédié.**

#### **Atteinte d'un état durablement sûr et stable**

Selon les règles du domaine complémentaire, l'étude associée à une condition de fonctionnement complémentaire est réalisée jusqu'à l'atteinte d'un état stable dans lequel les trois fonctions fondamentales de sûreté sont assurées (maîtrise de la réactivité, évacuation de la puissance résiduelle et confinement des substances radioactives). Sauf cas particulier, les études du domaine complémentaire portent sur une période conventionnelle de 24 heures. Or, il peut s'avérer nécessaire de considérer une durée plus longue dans certaines situations, en particulier pour tenir compte d'événements qui surviendraient après 24 heures de façon inéluctable, par exemple la disparition du xénon<sup>19</sup> ou la vidange de la bêche PTR<sup>20</sup>. Deux transitoires ont été identifiés par l'IRSN au cours de l'expertise comme étant possiblement sensibles à cette problématique : la perte totale des alimentations électriques en API/SO<sup>21</sup> et l'ATWS<sup>22</sup> avec blocage mécanique de grappes à la suite d'une perte de l'eau alimentaire normale des GV ou d'une ouverture intempestive d'une soupape secondaire. **Pour ces études, l'IRSN considère à ce stade que la démonstration de l'atteinte d'un état sûr et stable après 24 heures n'est pas acquise. La justification de l'atteinte d'un état sûr et stable pour les conditions de fonctionnement complémentaires fait l'objet d'une analyse dans un autre cadre.**

## **5. ÉTUDE DES CONSÉQUENCES RADIOLOGIQUES**

L'évaluation des conséquences radiologiques des situations accidentelles de la gestion de combustible GARANCE se fonde sur une démonstration de leur couverture par celles associées à la gestion PARITÉ-MOX. Les accidents avec fusion du combustible sont exclus du périmètre de la présente expertise.

À l'issue de son analyse, l'IRSN estime que la démonstration par EDF du caractère enveloppe des conséquences radiologiques évaluées pour la gestion PARITÉ-MOX pour la gestion GARANCE est acceptable pour les accidents du domaine de dimensionnement et du domaine complémentaire, induisant ou non des ruptures de gaines de combustible.

## **6. CONCLUSION**

Au terme de son analyse, l'IRSN estime que les études des conditions de fonctionnement de dimensionnement et complémentaires, transmises par EDF pour la gestion de combustible GARANCE à l'état technique VD4 900, sont acceptables. En particulier, EDF a pris en compte de manière satisfaisante les conclusions des expertises associées aux gestions de combustible PARITÉ-MOX et CYCLADES à l'état VD4 900.

Par ailleurs, l'IRSN estime acceptables les études de la gestion PARITÉ-MOX de la phase B qui intègrent des modifications qui, pour la gestion GARANCE, relèvent de la phase A.

---

<sup>19</sup> L'isotope 135 du xénon est un produit de fission qui présente la particularité d'être un très puissant absorbant neutronique : il influe donc au premier ordre sur la réactivité. Par ailleurs, cet isotope est radioactif avec une demi-vie d'environ 9h : il disparaît donc spontanément après l'arrêt du réacteur, générant une augmentation de la réactivité qui doit être contrebalancée lors du repli.

<sup>20</sup> Circuit de Traitement et de Refroidissement des piscines.

<sup>21</sup> Arrêt pour intervention, circuit primaire suffisamment ouvert.

<sup>22</sup> ATWS : « *Accidental transient without scram* », condition de fonctionnement au cours de laquelle l'arrêt automatique du réacteur est défaillant (les causes de défaillance peuvent varier – blocage de plusieurs grappes ou défaillance d'un disjoncteur, ...).

Enfin, les évaluations des conséquences radiologiques des conditions de fonctionnement de dimensionnement et complémentaires de la gestion GARANCE, fondées sur une démonstration de leur couverture par celles issues de la gestion de combustible PARITÉ-MOX, sont jugées acceptables par l'IRSN.

**IRSN**

Le Directeur général

Par délégation

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au directeur de l'expertise de sûreté