

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

**AVIS RELATIF À L'EXAMEN DU RETOUR  
D'EXPÉRIENCE DU COMPORTEMENT  
DU COMBUSTIBLE DES RÉACTEURS À EAU SOUS  
PRESSION D'EDF POUR LA PÉRIODE 2010 - 2019**

## I

Conformément à la demande de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), notifiée par la lettre CODEP-DCN-2022-018234 du 29 avril 2022, le groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires s'est réuni le 7 juillet 2022 pour examiner le retour d'expérience, pour la période allant de 2010 à 2019, du comportement du combustible (assemblages combustibles et grappes) mis en œuvre dans les réacteurs à eau sous pression d'EDF en France ainsi que les enseignements qu'EDF en a tirés. Lors de son examen, le groupe permanent a tenu compte d'évènements survenus plus récemment afin de compléter son appréciation d'ensemble du comportement du combustible dans les réacteurs et a examiné les suites données par EDF aux demandes résultant de l'examen précédent qu'il a effectué en 2011.

Au cours de cette réunion, les membres du groupe permanent ont pris connaissance de l'expertise réalisée par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur la base du dossier transmis par EDF et des éléments complémentaires qu'il a recueillis au cours de l'expertise. Dans ce cadre, EDF a pris différents engagements qu'il devra confirmer à l'ASN compte tenu des discussions qui ont eu lieu en séance. Les membres du groupe permanent ont par ailleurs entendu les explications et commentaires présentés en séance par EDF.

Les sujets suivants ont été traités au cours de cette réunion :

- les évolutions du combustible et des gestions de combustible dans les réacteurs ;
- la fabrication du combustible ;
- l'exploitation des cœurs des réacteurs ;
- la surveillance du combustible ;
- les programmes expérimentaux associés au combustible ;
- les éléments de la démonstration de sûreté associés au combustible.

## II

### **ÉVOLUTIONS DU COMBUSTIBLE ET DES GESTIONS DE COMBUSTIBLE DANS LES RÉACTEURS**

Le groupe permanent relève qu'EDF et ses fournisseurs (Framatome et Westinghouse) ont mené au cours de la période examinée de nombreuses évolutions de la conception et de la fabrication du combustible, de la composition des cœurs des réacteurs et de la chimie de leur circuit primaire. Ces évolutions visent à améliorer la sûreté, la fiabilité et les performances du combustible en exploitation, à tenir compte des évolutions de la démonstration de sûreté des réacteurs, en veillant également à la cohérence du cycle du combustible nucléaire, et à inclure le retour d'expérience acquis en fabrication et en exploitation en France et à l'étranger. Le groupe permanent estime que cette démarche est satisfaisante et qu'elle a permis des évolutions pertinentes apportant notamment une amélioration de la sûreté en exploitation.

\*\*\*

Le groupe permanent souligne que plusieurs évènements anormaux ayant affecté ou affectant des assemblages combustibles auraient pu être anticipés ou évités compte tenu du retour d'expérience acquis à l'étranger. De même, certaines améliorations de conception des assemblages combustibles ont été mises en œuvre tardivement en France alors qu'elles étaient déjà déployées à l'étranger. Le groupe permanent considère donc qu'EDF doit mieux analyser le retour d'expérience disponible à l'étranger en termes de conceptions du combustible, de techniques de fabrication et de dispositions en exploitation. À cet égard, EDF s'est engagé à s'organiser pour prendre davantage en compte le retour d'expérience et les signaux faibles en France et à l'étranger. Le groupe permanent estime que, dans le principe, cet engagement est satisfaisant et insiste sur les nécessaires vigilance et réactivité sur ces sujets.

### III

#### FABRICATION DU COMBUSTIBLE

Le groupe permanent relève que le retour d'expérience ne met pas en évidence de dérive dans la maîtrise de la fabrication du combustible hormis pour les assemblages combustibles à base d'oxyde d'uranium et d'oxyde de plutonium (MOX). Notamment, le nombre d'incidents de fabrication est resté globalement stable par rapport à la période allant de 2003 à 2009 couverte par l'examen précédent. De plus, tous les incidents de fabrication ont fait l'objet d'un traitement par les fournisseurs.

\*\*\*

Le groupe permanent constate que la surveillance exercée par EDF sur ses fournisseurs de combustibles a permis de détecter un nombre significatif d'événements anormaux en plus de ceux qui ont été identifiés par les fournisseurs. Malgré le caractère satisfaisant de ce constat, le groupe permanent considère que l'efficacité du système qualité de ces fournisseurs doit être améliorée.

\*\*\*

S'agissant des assemblages combustibles MOX, le groupe permanent note que l'usine de fabrication concernée (usine Melox d'Orano) rencontre des difficultés persistantes, notamment du fait de la modification du mode de production de la poudre d'oxyde d'uranium utilisée. Des actions de remise à niveau de cette usine sont engagées dans le but d'améliorer la qualité des assemblages combustibles produits et de retrouver des capacités de production cohérentes avec les objectifs du cycle du combustible nucléaire retenus par EDF. Le groupe permanent considère qu'EDF doit veiller à l'avancement des actions engagées et s'assurer de leur efficacité.

### IV

#### EXPLOITATION DES COEURS DES RÉACTEURS

Le groupe permanent estime que la prise en compte du retour d'expérience d'exploitation des cœurs des réacteurs d'EDF au cours de la période examinée est satisfaisante, EDF et ses fournisseurs ayant systématiquement pris les dispositions nécessaires pour remédier aux difficultés survenues. En particulier, le groupe permanent relève la baisse significative, pour les deux fournisseurs d'EDF, du nombre d'assemblages combustibles inétanches par rapport à la période allant de 2003 à 2009, les causes des pertes d'étanchéité de la première barrière de confinement ayant toutes fait l'objet d'un traitement correctif. De plus, la situation des réacteurs du parc en exploitation concernant la déformation latérale des assemblages combustibles s'est nettement améliorée. En outre, le groupe permanent note avec satisfaction qu'EDF poursuit ses efforts pour améliorer les moyens d'identification des défaillances du combustible et pour déployer de nouvelles conceptions du combustible en s'appuyant notamment sur des programmes expérimentaux d'irradiation.

Sur la base de ces constats, le groupe permanent estime qu'EDF et ses fournisseurs doivent poursuivre leurs efforts pour tendre vers un objectif de zéro fuite d'assemblages combustibles.

\*\*\*

Le groupe permanent relève que plusieurs événements notables liés au comportement du combustible ont récemment affecté l'exploitation de certains réacteurs, comme l'endommagement de la grille inférieure de maintien des assemblages combustibles de conception Westinghouse dans plusieurs réacteurs des paliers 900 MWe et 1300 MWe, le dépôt de produits de corrosion conduisant à des pertes d'étanchéité de la première barrière de confinement pour certains assemblages combustibles du réacteur n° 2 du centre nucléaire de production d'électricité de Paluel et la corrosion accélérée du gainage M5 de conception Framatome affectant principalement les réacteurs du palier 1450 MWe. À cet égard, il note que des mesures compensatoires ont été mises en œuvre par EDF dans l'attente de la généralisation des mesures correctives. Ces événements confirment que la plus grande vigilance est nécessaire concernant le comportement du combustible en réacteur. En particulier, l'événement de Paluel 2 montre l'importance de la mise en œuvre de conditions d'exploitation favorables à l'intégrité des gaines de combustible, notamment dans les situations complexes de redémarrage après un arrêt long de réacteur.

## V

### SURVEILLANCE DU COMBUSTIBLE

Le groupe permanent note qu'EDF continue d'enrichir les données acquises sur le comportement du combustible, notamment en vue d'une meilleure compréhension des phénomènes physiques, en réalisant une surveillance des produits concernés, ce que le groupe permanent juge satisfaisant.

\*\*\*

Le retour d'expérience montre toutefois que la détection d'évènements récents aurait pu être plus précoce grâce à des examens télévisuels mieux adaptés des assemblages combustibles irradiés. Le groupe permanent considère que l'engagement d'EDF d'étendre le champ de ces examens et d'améliorer leur réalisation et leur suivi est satisfaisant.

## VI

### PROGRAMMES EXPÉRIMENTAUX ASSOCIÉS AU COMBUSTIBLE

Le groupe permanent relève qu'EDF a achevé au cours de la période allant de 2010 à 2019 des programmes expérimentaux engagés au cours de la période couverte par l'examen précédent et a commencé de nouveaux programmes. Ces programmes visent notamment à acquérir des connaissances sur les nouveaux combustibles pour confirmer leur bon comportement en réacteur ainsi que les améliorations attendues en matière de sûreté, de fiabilité et de performance. Pour ce qui concerne la sûreté, le groupe permanent estime que les programmes expérimentaux réalisés ont répondu convenablement aux objectifs visés et que les nouveaux programmes engagés sont adaptés.

\*\*\*

Compte tenu des améliorations attendues en matière de fiabilité et de performance pour la nouvelle conception d'assemblages combustibles à structure renforcée développée par Framatome et dénommée GAIA, le groupe permanent note qu'EDF s'est engagé à entreprendre l'étape de qualification de cette conception dans un réacteur du palier 1300 MWe ou du palier 1450 MWe. Le groupe permanent estime que, dans le principe, cet engagement est satisfaisant.

## VII

### ÉLÉMENTS DE LA DÉMONSTRATION DE SÛRETÉ ASSOCIÉS AU COMBUSTIBLE

Le groupe permanent rappelle que la démonstration de sûreté des réacteurs a fait l'objet d'évolutions notables au cours de la période allant de 2010 à 2019, dont certaines font encore l'objet d'expertises par l'IRSN, pour tenir compte de l'état réel du combustible et des cœurs dans les réacteurs, de l'état des connaissances concernant le comportement du combustible ainsi que des nouveaux développements de méthodes d'étude ou d'outils de calcul.

\*\*\*

Le groupe permanent relève notamment que les cœurs mixtes, composés d'assemblages combustibles de plusieurs types, ainsi que les variations des recharges d'assemblages combustibles par rapport aux hypothèses retenues dans les études du rapport de sûreté sont désormais correctement traités dans la démonstration de sûreté. De plus, le groupe permanent souligne le travail important réalisé par EDF pour réviser et compléter en tant que de besoin les critères techniques d'acceptation relatifs au comportement du combustible et tenir compte des effets de la déformation latérale des assemblages combustibles dans la démonstration de sûreté. Enfin, le groupe permanent souligne qu'il est important que la justification de l'applicabilité des corrélations de flux critique, permettant d'apprécier le risque de crise d'ébullition, s'appuie sur des essais de flux critique aussi représentatifs que possible des assemblages combustibles chargés dans les réacteurs et des conditions thermohydrauliques rencontrées dans les différentes situations de fonctionnement.

## VIII

### CONCLUSION

Le groupe permanent relève que les évolutions relatives au combustible mises en œuvre sur la période allant de 2010 à 2019 ont effectivement permis d'améliorer la sûreté, la fiabilité et les performances en exploitation, notamment pour tenir compte des événements survenus au cours de cette période.

En conclusion, le groupe permanent estime que la prise en compte du retour d'expérience pour la période allant de 2010 à 2019 est globalement satisfaisante, mais souligne que des événements survenus plus récemment en France doivent conduire EDF à faire preuve d'une vigilance soutenue concernant le comportement du combustible en réacteur, notamment grâce à des examens télévisuels plus performants. De plus, il considère qu'EDF doit mieux tenir compte et dans des délais plus courts du retour d'expérience disponible à l'étranger. Le groupe permanent considère satisfaisants les engagements pris en ce sens par EDF.

**Mme et MM. les membres du Groupe Permanent « Réacteurs »  
ayant participé à la rédaction de l'avis du 7 juillet 2022**

M.	CHARLES	Président
M.	BOSSU	
M.	BOUTEILLE	
M.	COUTURIER	
M.	DEVOS	
M.	DUBOIS	
M.	FRESON	
Mme	HERVIOU	
M.	MENAGE	
M.	MIRAU COURT	
M.	NEDELEC	
M.	NICAISE	
M.	RAYMOND	
M.	SAINT RAYMOND	
M.	SERVIERE	
M.	SIDANER	
M.	VINCKE	
M.	VITTON	