

23 juin 2011

## Synthèse du rapport de l'IRSN sur le retour d'expérience relatif au comportement du combustible de 2003 à 2009

L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a souhaité recueillir l'avis du Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires (GPR) sur la prise en compte par EDF du retour d'expérience du combustible, y compris les grappes absorbantes, en exploitation sur la période 2003-2009. Plus particulièrement, l'ASN a souhaité que le GPR se prononce sur :

- le comportement du combustible et des grappes en exploitation sur le parc,
- la prise en compte par l'exploitant des enseignements du retour d'expérience des événements survenus,
- l'adéquation et la suffisance des programmes de surveillance, d'expérimentation et de recherche et développement vis-à-vis des problèmes soulevés par le comportement du combustible en exploitation.

L'évaluation réalisée par l'IRSN au cours de l'instruction technique correspondante a été présentée à la réunion du GPR du 23 juin 2011.

Les orientations stratégiques retenues par EDF pour la gestion du combustible en réacteur au cours de la période 2003-2009 étaient les suivantes :

- privilégier l'accroissement de la production nucléaire par rapport à l'obtention de très hauts taux de combustion,
- améliorer la sûreté et les performances en exploitation,
- maintenir dans la durée sa capacité à diversifier les combustibles et les fournisseurs,
- maîtriser la cohérence du cycle, notamment en adaptant les flux des combustibles MOX et URE aux besoins.

Ces orientations se sont traduites par diverses évolutions au cours de la période 2003-2009. D'une part des évolutions de gestion ont été mises en œuvre pour l'accroissement de la production nucléaire, d'autre part des évolutions portant sur la structure et le gainage des combustibles ont été mises en place afin d'améliorer leur fiabilité et leur robustesse. La période 2003-2009 a également été marquée par l'introduction accrue du combustible Westinghouse dans les tranches des paliers 1300 MWe et CPY, jusqu'alors chargées majoritairement de combustibles AREVA.

L'introduction de nouveaux combustibles doit se faire dans le respect du référentiel de sûreté en vigueur (critères de sûreté, modèles et méthodes...). De plus, EDF doit apporter la démonstration de la compatibilité mécanique, neutronique et thermohydraulique des nouveaux combustibles avec les assemblages de référence. L'IRSN souligne toutefois que la coexistence de différents types d'assemblages dans un cœur conduit, compte

tenu des différences de perte de charge de ces types d'assemblages, à des redistributions de débit entre assemblages qui sont de nature à affecter certaines études de situations accidentelles. L'IRSN a mis en évidence des lacunes dans le traitement de ces redistributions de débit dans la démonstration de sûreté, qu'EDF s'est engagé à combler rapidement dans un dossier complémentaire.

Pour ce qui concerne les effets de l'oxydation des gaines sur les performances des combustibles chargés dans les réacteurs, l'IRSN note que le zircaloy 4 utilisé depuis le début de l'exploitation du parc électronucléaire reste très présent, notamment dans les tranches de 900 MWe (en gestion CYCLADES ou GARANCE) et de 1300 MWe (en gestion GEMMES). Malgré la disponibilité sur le marché de gaines présentant des performances supérieures en termes de corrosion, 31 réacteurs sont encore chargés avec des assemblages à gainage en zircaloy 4. Dans le passé, l'IRSN avait estimé que les épaisseurs maximales de corrosion pour les gaines en zircaloy 4 étaient sous-évaluées par le modèle d'EDF qui détermine l'épaisseur maximale des oxydes présents sur les gaines en fonction de l'historique de puissance des crayons concernés. EDF a donc révisé son modèle enveloppe de corrosion des gaines en zircaloy 4. L'IRSN considère que ce modèle de corrosion révisé est acceptable : il permet de rendre compte de l'accélération du phénomène de corrosion pour les gaines en zircaloy 4 fortement corrodées. Cependant, l'IRSN constate que les épaisseurs d'oxyde maximales calculées avec le modèle de corrosion révisé atteignent 115  $\mu\text{m}$  pour les trois gestions précitées. Elles dépassent donc le critère de conception relatif à l'oxydation (100  $\mu\text{m}$ ) retenu par EDF pour se prémunir d'une diminution trop importante des caractéristiques mécaniques de la gaine. Ces dépassements pourraient mettre en cause la démonstration de sûreté. De ce fait, l'IRSN a demandé à EDF de préciser les conséquences d'un tel dépassement pour les études des situations accidentelles et d'en tenir compte. Par ailleurs, l'IRSN a analysé l'effet sur la corrosion des gaines en zircaloy 4 des expérimentations menées par EDF en matière de chimie du circuit primaire. A la lumière du retour d'expérience, il apparaît que la chimie modifiée bore-lithium pourrait avoir un effet néfaste sur la corrosion à hauts taux de combustion. A cet égard, l'IRSN a noté qu'EDF complètera les mesures d'épaisseur d'oxyde pour des crayons des tranches dont la chimie a été modifiée et en tirera les conséquences sur le caractère enveloppe du modèle de corrosion.

L'IRSN a examiné la tenue en exploitation des combustibles. 119 assemblages inétanches ont été détectés parmi les 2 800 assemblages déchargés des tranches du parc au cours de la période 2003-2009. L'analyse des défaillances a permis de mettre en évidence trois types de défaillances, à savoir la présence de corps migrants, l'usure par fretting et des problèmes de fabrication. La période considérée a été marquée par une augmentation du taux de défaillances (% d'assemblages non étanches parmi les assemblages déchargés) pour les paliers 1300 MWe et N4, du fait des problèmes d'usure par fretting et de percement des gaines en alliage M5. L'IRSN constate qu'EDF a mis en place de nombreuses dispositions visant à éviter les pertes d'étanchéité des crayons à gainage en alliage M5 dont l'origine est imputable aux procédés de fabrication (soudage des crayons ou insertion de ces derniers dans les grilles). Les modifications relatives au soudage des bouchons des crayons se sont déjà révélées appropriées. L'efficacité des mesures visant à éviter les effets néfastes de l'insertion des crayons dans les grilles, mises en œuvre postérieurement, ne peut pas être évaluée à ce jour. Enfin, au cours de cette période 2003-2009, des cas d'usure par fretting ont été constatés sur des assemblages Westinghouse

sur le palier 900 MWe. Afin de remédier aux problèmes d'usure par fretting, EDF a décidé en 2006 de ne charger que des assemblages Westinghouse munis d'une grille complémentaire en pied d'assemblage pour limiter les vibrations.

Par ailleurs, toujours au cours de la période 2003-2009, deux types d'incidents ont affecté les combustibles sans pour autant mener à des pertes d'étanchéité des crayons, à savoir des déformations latérales excessives des assemblages et des incidents de manutention :

- L'IRSN note que le comportement des assemblages en termes de déformation a été stabilisé au cours de la période examinée pour les paliers 900 MWe et 1300 MWe. Toutefois, la situation du palier N4, satisfaisante jusqu'en 2009, nécessite d'être suivie compte tenu des déformations résiduelles maximales atteintes en 2010 pour le réacteur 2 de Chooz B. A cet égard, l'IRSN souligne qu'EDF a engagé au cours des dernières années différentes actions de R&D en vue d'améliorer la compréhension des phénomènes conduisant à des déformations des assemblages sous irradiation. Les déformations d'assemblages peuvent conduire d'une part à ralentir voire bloquer la chute des grappes en cas d'arrêt automatique du réacteur, d'autre part à endommager des grilles d'assemblage lors de la manutention des assemblages dans le cœur. L'IRSN note qu'EDF a mis en place des dispositions d'exploitation complémentaires et que AREVA a modifié la conception des plaquettes externes des grilles afin de limiter les risques d'accrochage lors des manutentions. La mise en œuvre de ces dispositions apparaît à ce jour efficace : une stabilisation puis une baisse du nombre annuel des dégradations de ce type a en effet été constatée par EDF entre 2007 et 2009 ;
- les incidents de manutention survenus au cours de la période 2003-2009 comportent trois événements d'accrochage d'assemblages combustibles lors de la levée des Equipements Internes Supérieurs (EIS). Ces événements récurrents ont conduit EDF à revoir les différents examens et contrôles prescrits pour éviter ces accrochages.

Le retour d'expérience montre une amélioration du comportement des grappes en termes d'usure. En revanche, la période 2003-2009 a vu apparaître un phénomène de gonflement de grappes, affectant surtout les grappes de commande qui restent insérées dans le réacteur en puissance, c'est-à-dire directement soumises au flux neutronique. Ce phénomène a pour conséquence de ralentir la chute des grappes en cas d'arrêt automatique du réacteur, voire de bloquer certaines grappes dans le rétreint des tubes guides d'assemblage combustible. L'IRSN note qu'afin d'éviter un gonflement important des grappes, EDF a fait évoluer les stratégies de remplacement des grappes à partir de 2008, en limitant leur durée d'utilisation et en abaissant les critères de mise au rebut.

EDF a transmis un bilan des évaluations réalisées lors des études de sûreté relatives aux recharges transmises à l'ASN en amont de chaque campagne. Ces évaluations ont pour objectif que la recharge respecte les hypothèses retenues dans les études présentées dans le rapport de sûreté. Par ailleurs, EDF a présenté un bilan des différences entre les cœurs effectivement chargés dans les réacteurs en exploitation (nombre de cycles d'irradiation des assemblages, nombre d'assemblages neufs rechargés, présence d'assemblages

d'enrichissement différent de celui de la gestion prévisionnelle) et ceux retenus dans les gestions prévisionnelles du combustible en support des études génériques de sûreté. L'IRSN est conscient de la nécessité pour l'exploitant d'adapter la composition des cœurs rechargés pour faire face aux aléas d'exploitation. Toutefois, l'IRSN appelle l'attention sur les inconvénients de traiter les dossiers correspondants dans l'urgence. Compte tenu de la complexité des dossiers de ce type, une réflexion de fond est nécessaire à ce sujet et est déjà engagée entre EDF et l'IRSN.