

GROUPE PERMANENT D'EXPERTS
POUR LES REACTEURS NUCLEAIRES

**AVIS RELATIF AUX ETUDES D'ACCIDENTS SANS FUSION DU
CŒUR DU REACTEUR EPR2 (DOMAINE DE CONCEPTION DE
REFERENCE ET DOMAINE DE CONCEPTION ETENDU AVEC
DEFAILLANCES MULTIPLES) DANS LE CADRE DU DOSSIER
DE DEMANDE D'AUTORISATION DE CREATION D'UNE PAIRE
DE REACTEURS SUR LE SITE DE PENLY**

I

Conformément à la saisine de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR), notifiée par la lettre CODEP-DCN-2025-017602 du 18 juillet 2025, le groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires (GPR) s'est réuni les 25 et 26 novembre 2025 pour examiner les études d'accidents sans fusion du cœur du réacteur EPR2, pour lequel EDF a déposé en juin 2023 une demande d'autorisation de création (DAC) d'une paire de réacteurs sur le site de Penly.

Cette réunion s'inscrit dans un cycle d'examens thématiques consacrés au rapport préliminaire de sûreté du réacteur EPR2. Le premier examen concernant les systèmes de sûreté de ce réacteur a fait l'objet de la séance du groupe permanent des 19 et 20 juin 2025.

Au cours de cette réunion, le groupe permanent a pris connaissance des conclusions de l'examen réalisé par la Direction de l'expertise en sûreté de l'ASNR du dossier transmis par EDF, des éléments complémentaires recueillis au cours de cet examen et des engagements pris par EDF dans ce cadre. Il a noté les principales évolutions apportées par EDF aux études par rapport à celles menées pour le réacteur EPR de Flamanville (EPR/FA3) et a entendu les explications et commentaires formulés en séance par EDF.

II

Le groupe permanent a, conformément à la saisine précitée, examiné :

- « les évolutions de référentiels (y compris les méthodes, outils de calculs et hypothèses) par rapport au référentiel approuvé pour le réacteur EPR de Flamanville ;
- la conception de l'instrumentation du cœur et du système de protection du réacteur ;
- la couverture des études pour la gestion de combustible envisagée et le dossier portant sur le combustible ;
- les études d'accidents DBC affectant le cœur du réacteur ou le combustible en piscine, ainsi que le caractère suffisant de la liste des transitoires étudiés et le niveau de détail des études ;
- la déclinaison de la démarche d'identification des situations et dispositions DEC-A, les études justifiant l'efficacité de ces dispositions, ainsi que le caractère suffisant de la liste des transitoires étudiés et le niveau de détail des études ;
- les études justificatives particulières ;
- les études de maîtrise du risque de criticité lors des situations incidentelles ou accidentelles ;
- les études des masses et énergies libérées dans l'enceinte ainsi que dans les bâtiments périphériques, dans le but de définir le profil de qualification hors accident avec fusion du combustible ;
- les études des conséquences radiologiques des situations DBC et DEC-A, ainsi que le caractère suffisant des études réalisées ;
- la prise en compte du retour d'expérience du démarrage des premiers réacteurs EPR pour ce qui concerne le cœur et le combustible ;
- la vérification que les études DBC, DEC-A et de conséquences radiologiques non réalisées au stade de la demande d'autorisation de création des installations ne sont pas susceptibles de remettre en cause notablement la conception. »

Pour l'examen de ces différents sujets, le groupe permanent a tenu compte des suites données par EDF aux demandes formulées par l'ASN pour le réacteur EPR2 à la suite de l'instruction du dossier d'options de sûreté du réacteur EPR NM qui le préfigure (lettre CODEP-DCN-2021-012726 du 2 juillet 2021) et à la suite de l'instruction anticipée du rapport préliminaire de sûreté du réacteur EPR2 (lettre CODEP-DCN-2023-025565 du 28 juillet 2023), ainsi que des enseignements tirés par EDF du retour d'expérience d'exploitation des premiers réacteurs EPR.

Le groupe permanent précise que ses travaux ont porté sur les études ayant été considérées par la Direction de l'expertise en sûreté comme nécessitant un examen particulier et qui sont traitées explicitement dans le rapport d'expertise qu'elle a établi en support à la réunion du groupe.

Le groupe permanent note que seule la partie déterministe de la démonstration de sûreté du réacteur EPR2 a été soumise à son examen. Il souligne l'importance de la partie probabiliste de cette démonstration pour disposer d'une vision complète de la sûreté de ce réacteur.

III

Corps d'hypothèses des études d'accidents

Référentiel des études de sûreté

Les règles considérées pour la réalisation des études de sûreté du réacteur EPR2 et les critères techniques d'acceptation retenus sont similaires à ceux en vigueur pour les autres réacteurs du parc français d'EDF, incluant le réacteur EPR/FA3.

Le groupe permanent note que le dossier associé à la demande de mise en service (DMES) tiendra compte de l'évolution des connaissances et de phénomènes physiques comme la déformation latérale des assemblages de combustible attendue en fonctionnement normal, le déconditionnement mécanique des crayons de combustible et la perte d'étanchéité de crayons. Il relève que ces évolutions pourraient notamment induire des modifications de critères techniques d'acceptation. En tout état de cause, il considère que les critères relatifs à la tenue du combustible en situation accidentelle devront être clarifiés au plus tard au stade de la DMES anticipée. Il note également que d'autres évolutions sont d'ores et déjà prévues pour prendre en compte le retour d'expérience d'exploitation des premiers réacteurs EPR.

Concernant la maîtrise de la réactivité, le groupe permanent souligne que, comparé au réacteur EPR/FA3, le réacteur EPR2 comporte des évolutions de conception favorables. Notamment, le système de borication RBS bénéficie d'un troisième train avec un débit augmenté et une injection au plus près du cœur. Cependant, le groupe permanent note que, pour les études du domaine de conception étendu, le critère de maîtrise de la réactivité retenu pour l'atteinte de l'état sûr considère une marge à la criticité nulle. Le groupe permanent rappelle que les études du domaine de conception étendu présentées pour la DMES devront montrer la sous-criticité du cœur et son maintien sur le long terme, avec le niveau de couverture requis pour ce domaine.

Après examen, moyennant les remarques ci-dessus, le groupe permanent considère globalement satisfaisant le référentiel présenté par EDF pour réaliser les études de sûreté.

Méthodes et outils de calculs scientifiques

Le groupe permanent note que les études de sûreté du réacteur EPR2 mettent en œuvre en général les mêmes méthodes que celles utilisées pour le réacteur EPR/FA3. Lorsque des méthodes plus avancées sont utilisées, celles-ci tiennent compte des instructions passées, dès lors que les conclusions étaient disponibles au moment de la réalisation des études.

Le groupe permanent estime que les méthodes employées sont appliquées de manière satisfaisante dans les études d'accidents examinées.

De plus, le groupe permanent estime que les outils de calculs scientifiques utilisés par EDF pour réaliser les études d'accidents sont adaptés et convenablement mis en œuvre dans le cadre de la DAC. Il note qu'EDF prévoit l'utilisation de nouveaux outils de calculs dans le cadre du rapport de sûreté associée à la DMES.

Instrumentation du cœur

L'instrumentation neutronique du cœur du réacteur EPR2 est similaire à celle du réacteur EPR/FA3. Le groupe permanent rappelle que la solution retenue découle du choix de ne pas recourir à des traversées du fond de cuve. Ceci constitue un compromis raisonnable entre la précision de l'instrumentation neutronique et les exigences liées à la gestion des accidents.

Après examen, il n'a pas de remarque sur l'instrumentation du cœur retenue par EDF.

Système de protection du réacteur et du cœur

Le système de protection du réacteur EPR2 est similaire à celui du réacteur EPR/FA3, en adaptant certains seuils aux spécificités du réacteur EPR2. À l'exception des points mentionnés ci-après au sujet de la conception thermohydraulique du cœur, le groupe permanent ne formule pas de remarque à ce stade du dossier.

Conception du combustible

Le groupe permanent considère, à ce stade, que les justifications de la conception thermomécanique des crayons de combustible et de la conception mécanique de l'assemblage présentées dans le dossier examiné sont acceptables.

Par ailleurs, le groupe permanent note que, dès la tête de série, EDF prévoit d'utiliser des assemblages plus robustes, identiques à ceux prévus pour le deuxième cycle du réacteur EPR/FA3. À cet égard, le groupe permanent souligne l'intérêt que, dès le premier cœur, les assemblages chargés soient munis de grilles intermédiaires de mélange supplémentaires, compte tenu des avantages en termes de risque de crise d'ébullition.

Conception neutronique du cœur

Le groupe permanent note que, pour les cycles de la gestion prévisionnelle utilisant du combustible contenant de l'uranium naturel enrichi (UNE), les plans de chargement ont été optimisés de manière à rendre certaines données neutroniques plus favorables pour la sûreté. Un travail similaire sera réalisé pour les cycles avec du combustible contenant un mélange d'oxydes d'uranium et de plutonium (MOX).

Le groupe permanent constate que l'impact sur les études présentées dans le dossier examiné des écarts de distribution de puissance observés lors de l'exploitation des premiers réacteurs EPR entre les prédictions issues de l'outil de calculs scientifiques utilisé et les mesures *in situ* a été évalué par EDF et a fait l'objet d'une justification complémentaire, ce qui est satisfaisant.

Enfin, le groupe permanent note qu'EDF s'est engagé à évaluer la faisabilité de ne pas recourir à des grappes sources secondaires pour le réacteur EPR2 afin de limiter les rejets en tritium, ce qui est satisfaisant.

Conception thermohydraulique

Le groupe permanent considère que les valeurs des seuils de surveillance et de protection du cœur permettant de se prémunir du risque de crise d'ébullition devront être consolidées afin de justifier les incertitudes retenues et de tenir compte du retour d'expérience des premiers réacteurs EPR quant au fonctionnement des collecteurs assurant la surveillance du cœur.

Le groupe permanent note qu'EDF envisage deux évolutions substantielles du fonctionnement thermohydraulique du réacteur : l'ajout d'un double tambour en fond de cuve pour tenir compte du retour d'expérience des premiers réacteurs EPR et l'augmentation de la température dans le dôme de la cuve en fonctionnement normal. Concernant ce dernier point, le groupe permanent considère nécessaire qu'EDF fournisse, dans les meilleurs délais, une analyse des avantages et des inconvénients de la disposition retenue, du point de vue des aspects thermohydraulique et mécanique en fonctionnement normal et accidentel.

Études des conditions de fonctionnement de référence (DBC)

Le groupe permanent constate que l'ensemble des transitoires participant au dimensionnement des systèmes de protection et de sauvegarde ont été étudiés au stade de la DAC, à l'exception du transitoire d'ouverture intempestive d'une soupape du pressuriseur pour lequel EDF s'est engagé à réaliser l'étude de manière anticipée par rapport à la DMES.

Le groupe permanent estime que les études d'EDF permettent, sous réserve de compléments qu'EDF s'est engagé à transmettre, de conclure au respect des critères de sûreté. Il souligne tout particulièrement les engagements suivants d'EDF relatifs à :

- l'étude du manque de tension externe, avec la démonstration de l'intégrité du réservoir de décharge du pressuriseur de manière anticipée par rapport à la DMES ;
- l'étude de la rupture d'une tuyauterie de vapeur en puissance, avec notamment la démonstration de l'absence de rupture de gaines pendant l'éventuelle phase de retour en puissance après l'arrêt automatique du réacteur.

Le groupe permanent considère ces engagements satisfaisants, mais, concernant le second point, il attire l'attention sur les difficultés à démontrer, dans tous les cas, l'absence de rupture de gaine.

Concernant les études de la rupture de tube(s) de générateur de vapeur (RTGV), le groupe permanent constate que, par rapport au réacteur EPR/FA3, EDF a supprimé la fonction automatique de refroidissement partiel par le groupe de contournement de la turbine vers le condenseur, ce qui constitue potentiellement une régression. Toutefois, la suppression de cet automatisme permet d'exclure l'occurrence de l'accident d'augmentation excessive de débit de vapeur initié par l'activation intempestive de cet automatisme. Afin de statuer sur cette évolution, le groupe permanent considère nécessaire qu'EDF fournisse une analyse des avantages et des

inconvenients de l'abandon de cette fonction automatique, incluant les aspects probabilistes en termes de risque de fusion du cœur. Dans ce cadre, le groupe permanent souligne également l'intérêt d'étudier, le cas échéant, la faisabilité de son maintien en adaptant les seuils de contrôle commande.

Par ailleurs, le groupe permanent n'a pas l'assurance à ce stade que les cas pénalisants de ces études de RTGV ont tous été identifiés, mais souligne qu'EDF s'est engagé à réaliser des études de sensibilité pour justifier le choix des hypothèses retenues, ce qui est satisfaisant. Enfin, le groupe permanent considère nécessaire qu'EDF apporte, pour la DMES, la démonstration de l'intégrité de la gaine du combustible en situation de RTGV, compte tenu de la perte d'intégrité des deux autres barrières de confinement.

Concernant les études d'accident de perte de réfrigérant primaire à la suite d'une brèche de taille intermédiaire, le groupe permanent note que la méthode mise en œuvre pour le réacteur EPR2 est la méthode statistique, dénommée « CathSBI », qui permet une analyse plus complète et plus systématique du comportement du réacteur en situation accidentelle. Cette méthode a fait l'objet de demandes de la part de l'ASN, qui n'ont cependant pas pu être toutes prises en compte à ce stade. À cet égard, EDF a pris l'engagement de réviser ces études dans les meilleurs délais. De plus, EDF a pris l'engagement de vérifier que le niveau d'eau dans le réservoir IRWST situé au fond de l'enceinte restera suffisant pour garantir la disponibilité des pompes d'injection de sécurité dans l'ensemble des situations qui la requièrent. Le groupe permanent considère que ces engagements sont satisfaisants.

Concernant les études évaluant les évolutions de pression et de température dans les bâtiments en cas de rupture de tuyauterie à haute énergie, le groupe permanent constate que, pour l'évaluation dans les bâtiments où une partie du système d'injection de sécurité est localisée, EDF s'est engagé à compléter sur plusieurs points ses études à l'échéance de la DMES, ce qui est convenable. Toutefois, il note que, dans la méthode utilisée pour ces évaluations, les incertitudes des modèles physiques de l'outil de calculs utilisé pour évaluer les masses et énergie libérées n'ont pas été spécifiquement prises en compte, ce qui ne permet pas de s'assurer du caractère enveloppe des résultats de simulation. Le groupe permanent souligne que le caractère enveloppe des résultats devra être justifié au stade de la DMES.

Par ailleurs, le groupe permanent constate qu'une nouvelle démarche de prise en compte du cumul du manque de tension externe est retenue, afin de couvrir de façon générique la plupart des conditions de fonctionnement de référence. Il estime que des compléments doivent être apportés pour justifier son caractère enveloppe au regard de l'évolution des paramètres physiques propres à chaque initiateur de catégories 2 à 4.

Enfin, les études d'accidents affectant le combustible entreposé dans la piscine du bâtiment du combustible n'appellent pas de remarque de la part du groupe permanent.

Études des conditions de fonctionnement étendues (DEC-A)

Le groupe permanent considère que la démarche d'identification des conditions de fonctionnement et des dispositions DEC-A pour le réacteur EPR2 est pertinente et a permis d'identifier, à un stade précoce de la conception, des besoins de diversification et de nombreuses dispositions DEC-A. Il souligne l'importance de la dernière étape de cette démarche, basée sur l'étude probabiliste de sûreté de niveau 1 « événements internes », qui a vocation à conforter la liste des conditions de fonctionnement et des dispositions DEC-A à retenir pour le réacteur EPR2. Cette dernière étape devra être actualisée au stade de la DMES.

Le groupe permanent estime nécessaire d'inclure, dans la liste des dispositions DEC-A, les dispositions DBC identifiées au sens de la famille 1 de la démarche d'EDF (dispositions DBC palliant une défaillance par mode commun d'une autre disposition DBC), afin que les exigences découlant des études DEC-A soient bien prises en compte dans les spécifications de conception et dans les règles d'exploitation.

Concernant l'étude de la perte totale de l'alimentation en eau des générateurs de vapeur, le groupe permanent relève que la mise en œuvre par l'opérateur de la parade dite de « gavé-ouvert » provoque un découvrement transitoire important des assemblages de combustible. Le groupe permanent recommande qu'EDF limite autant que possible ce découvrement ; il formule sur ce sujet la recommandation en annexe du présent avis.

Le groupe permanent note qu'EDF n'exclut pas de mobiliser les deux lignes de décharge du pressuriseur (LDP) en condition de fonctionnement DEC-A au titre du niveau 3b de la défense en profondeur, bien qu'une de ces deux lignes appartienne au niveau 4 de la défense en profondeur. Compte tenu du fait que cela ne défiabilise pas la fonction d'ouverture d'une LDP en situation d'accident grave, le groupe permanent n'a pas d'objection de principe à ce choix.

Concernant la situation de manque de tension généralisé, le groupe électrogène diversifié dédié à la gestion des transitoires DEC-A permet d'atteindre un état où le refroidissement du réacteur est assuré par le système de refroidissement à l'arrêt, ce qui constitue selon EDF une amélioration de sûreté. Le groupe permanent constate une forte dissymétrie au sein du circuit primaire dans le cadre de ce scénario, seuls deux générateurs de vapeur étant alimentés en eau. Cette particularité induit notamment des risques spécifiques dans les générateurs de vapeur asséchés en cas de redémarrage de leur alimentation en eau ; ces risques nécessitent un examen particulier. En tout état de cause, le groupe permanent estime que les équipes de conduite devraient être formées spécifiquement à ce transitoire atypique et qu'EDF devrait prendre en compte, dans les procédures de conduite accidentelle, la possibilité d'alimenter en eau l'ensemble des générateurs de vapeur en fonction de la puissance réellement disponible du groupe électrogène diversifié DEC-A et des matériels qu'il alimente. Par ailleurs, le groupe permanent relève que ce scénario implique l'ouverture multiple des soupapes du pressuriseur. Compte tenu de l'ensemble de ces éléments, le groupe permanent considère nécessaire qu'EDF réexamine sa stratégie de gestion de cette situation pour éviter la forte dissymétrie observée au sein du circuit primaire et l'ouverture multiple des soupapes du pressuriseur.

Études justificatives particulières

Les quatre études justificatives particulières présentées dans le dossier examiné, à savoir l'accident de perte de réfrigérant primaire par grosse brèche primaire doublement débattue, l'accident de rupture de tuyauterie de vapeur principale doublement débattue, l'accident de vidange de deux générateurs de vapeur et enfin les études évaluant le risque de rupture de gaine des crayons de combustible par le phénomène d'interaction pastille-gaine, n'appellent pas, à ce stade, de remarque de la part du groupe permanent.

Maîtrise des risques de criticité

Le groupe permanent ne formule pas de réserve notable concernant la maîtrise des risques de criticité dans le bâtiment du combustible. Il souligne toutefois qu'EDF devra apporter des compléments d'analyse dans le cadre de la DMES, notamment pour les situations de déformation de l'assemblage de combustible en cas de chute et pour les situations normales de chargement ou de déchargement des assemblages de combustible dans les emballages de transport.

Concernant la maîtrise des risques de criticité dans le bâtiment du réacteur lorsque la cuve est ouverte, les analyses associées aux situations retenues par EDF n'appellent pas, à ce stade, de remarque de la part du groupe permanent.

Étude des conséquences radiologiques

Le groupe permanent considère acceptable, au stade de la DAC, l'approche d'EDF consistant à fournir une évaluation des conséquences radiologiques pour les conditions de fonctionnement de référence identifiées comme étant susceptibles d'entraîner les rejets les plus élevés et à fournir, pour un certain nombre d'accidents, une évaluation des rejets en s'appuyant sur un accident « enveloppe » pour lequel une évaluation des conséquences radiologiques est effectuée.

Après examen, le groupe permanent estime que les évaluations réalisées permettent de considérer que les objectifs qu'EDF s'est fixés en matière de conséquences radiologiques associées aux accidents sans fusion du cœur pourront être atteints.

Suffisance des études réalisées au stade de la DAC

À l'issue de son examen, le groupe permanent estime acceptables les éléments apportés par EDF pour justifier le périmètre des études des accidents sans fusion du cœur transmises au stade de la DAC. En particulier, EDF a étudié les conditions de fonctionnement participant au dimensionnement des systèmes de protection et de sauvegarde, ou impliquant l'utilisation de nouvelles méthodes ou de nouveaux outils de calculs.

IV

Conclusion

Le groupe permanent souligne que les travaux menés par EDF ont permis de disposer d'un dossier adapté à ce stade de la procédure. Il note également les efforts menés par EDF pour prendre en compte le retour d'expérience d'exploitation des premiers EPR.

Il estime que les éléments présentés dans le rapport préliminaire de sûreté des réacteurs EPR2 du site de Penly permettent de conclure, compte tenu des engagements pris par EDF et sous réserve de la prise en compte du présent avis, que les résultats des études d'accidents sans fusion du cœur réalisées au stade de la DAC sont acceptables au regard des objectifs de sûreté assignés à ces réacteurs.

Enfin, le groupe permanent observe que des évolutions interviendront d'ici à la DMES. Ces évolutions sont susceptibles de modifier les résultats des études d'accidents. Il considère qu'EDF devra informer l'ASNR au plus tôt dans l'éventualité où les conclusions des études présentées dans le dossier examiné seraient remises en cause.

Annexe

Le groupe permanent recommande qu'EDF propose des dispositions permettant de limiter autant que possible le découvrement transitoire des assemblages de combustible en cas de passage en « gavé-ouvert ».

Membres du GPR ayant participé à la rédaction de l'avis

M. CHARLES Président
M. SIDANER Vice-président

M. BELLESSA
M. BIGOT
M. CHABOD
Mme DEGEYE
M. DEVOS
M. FRANCARD
M. MARIGNAC
M. MENAGE
M. MIRAUCOURT
M. NEDELEC
M. NICAISE
Mme PICHEREAU
M. RAMBACH
M. RAYMOND
M. ROCHWERGER
M. ROYER
M. SEKRI
M. SERVIERE
M. SEVESTRE
Mme TOMBUYES
M. VITTON