

Montrouge, le 26/07/2021

Référence courrier :
CODEP-DCN-2021-028877

**Monsieur le Directeur
DIPNN-DP-FA3 Direction technique
97 avenue Pierre Brossolette
93 542 Montrouge**

OBJET :

Réacteurs électronucléaires EPR

Impact du retour d'expérience du démarrage du premier EPR sur la modélisation du cœur et de son instrumentation ainsi que sur la validation des outils de calcul scientifiques utilisés pour la démonstration de sûreté de l'EPR Flamanville 3.

RÉFÉRENCES :

- [1] Lettre ASN CODEP-DCN-2019-007092 du 15 février 2019 – Prise en compte du retour d'expérience du démarrage du réacteur n°1 de Taishan
- [2] Courrier ASN CODEP-DCN-2020-003906 du 15 janvier 2020 – Demande d'avis technique
- [3] Avis IRSN 2020-00167 du 28/10/2020 – Impact du REX du premier EPR sur la modélisation du cœur et sur la validation des OCS utilisés dans la démonstration de sûreté
- [4] Rapport d'expertise IRSN 2020-00794 – Impact du REX du premier EPR sur la modélisation du cœur et sur la validation des OCS utilisés dans la démonstration de sûreté
- [5] Guide ASN/IRSN n°28 – Version du 25/07/2017 – Qualification des outils de calcul scientifiques utilisés dans la démonstration de sûreté nucléaire
- [6] Courrier EDF D458520020914 du 3 juillet 2020 – EPR FA3 – Impact du REX du premier EPR sur la modélisation du cœur et sur la validation des OCS utilisés dans la démonstration de sûreté – Positions Actions
- [7] Courrier EDF D458520025631 du 23 juillet 2020 – EPR FA3 – Impact du REX du premier EPR sur la modélisation du cœur et sur la validation des OCS utilisés dans la démonstration de sûreté – Positions Actions
- [8] Note Framatome – DTIPD-F FFP D02-ARV-01-142-695 indice A du 30 avril 2019 : « EPR FA3 : Analyse des causes des écarts observés au démarrage d'un premier EPR lors des essais physiques »
- [9] Note EDF D305919006018 du 9 mai 2019 – Fiche de synthèse
- [10] Note EDF D305919008319 du 30 novembre 2019 – Fiche de synthèse
- [11] Note EDF D305919092911 ind.A du 9 décembre 2019- « Applicabilité de CASSIOPEE à l'EPR »
- [12] Note Framatome – D02-ARV-01-150-874 indice B du 12 décembre 2019 : « Interprétation de FLAMANVILLE 301 dans des conditions représentatives de l'arrêt à froid avec SCIENCE V2 et MCNP5»
- [13] Note Framatome – D02-ARV-01-146-629 indice A du 26 juin 2019 : « Interprétation de l'expérience PERLE I avec le code MCNP5 et la bibliothèque ENDF/B-VIII.0 »
- [14] Note EDF D305919098360 du 13 décembre 2019 – Fiche de synthèse

Monsieur le directeur,

Par courrier en référence [1], l'ASN vous a transmis une liste de demandes relatives à la prise en compte du retour d'expérience (REX) des essais physiques de démarrage du premier réacteur de type EPR, qui ont mis en évidence des défauts de représentativité¹ de grandeurs physiques calculées avec les Outils de Calcul Scientifiques (OCS) utilisés dans la démonstration de sûreté des EPR, à savoir, la chaîne de calcul SCIENCE V2, développée par FRAMATOME et utilisée dans les études accidentelles du rapport de sûreté (RDS), et la chaîne de calcul CASSIOPEE, développée par vos soins, et utilisée principalement² pour la démonstration de sûreté des recharges de combustibles.

Dans le cadre de l'instruction relative à la mise en service de l'EPR de Flamanville 3 (EPR FA3), l'ASN vous a demandé d'apporter des éléments relatifs à la prise en compte :

- du retour d'expérience du démarrage du premier EPR (demandes I.1 à I.3 de la lettre [1]),
- de l'impact de cette prise en compte sur la validation des outils de calcul scientifiques pour le réacteur EPR de Flamanville (demandes II.1 à II.8 de la lettre [1]),
- de l'impact du REX du démarrage du premier EPR sur la démonstration de sûreté de l'EPR FA3, produite dans le cadre de sa mise en service (demandes III.1 à III.4 de la lettre [1]).

Vous avez transmis vos premiers éléments de réponse à l'ASN, par courriers en référence [8] à [14], pour lesquels je vous prie de trouver ci-dessous mes remarques et demandes.

I. Analyse du retour d'expérience du démarrage du premier EPR

Le programme d'essais physiques réalisé dans le cadre du démarrage du premier EPR est similaire à celui de l'EPR FA3. Les essais ont pour objectif de vérifier que le cœur se comportera conformément aux prévisions des études de fonctionnement normal, incidentel et accidentel de la démonstration de sûreté, élaborée à l'aide des OCS. Cette vérification se fait notamment par la mesure de paramètres représentatifs du comportement neutronique du réacteur et leur comparaison à des valeurs attendues. Les écarts entre le calcul et la mesure de certains paramètres physiques doivent être suffisamment faibles pour confirmer la conformité du cœur aux études de la démonstration de sûreté ainsi que le bon réglage du système de protection.

Lors des essais de démarrage du premier EPR, les mesures relatives à la réactivité et à la distribution radiale de puissance ont présenté des écarts supérieurs aux critères d'acceptabilité des essais. Puis, au cours du cycle, un écart a également été observé sur la distribution axiale de puissance, dont le paramètre représentatif est l'axial-offset³ (AO).

Écart sur la réactivité

Les mesures de la concentration en bore du circuit primaire lors des essais physiques à puissance nulle ont mis en évidence une sous-estimation de la réactivité évaluée avec la chaîne de calcul CASSIOPEE. Cette tendance est également présente dans une moindre mesure sur les réacteurs du parc en exploitation pour lesquels vous effectuez un ajustement dans la chaîne de calcul pour restaurer la qualité des évaluations de la concentration en bore. L'ASN note que pour le premier EPR, l'absence de mise en œuvre de cet ajustement explique une partie des biais observés entre les calculs et les mesures de concentration en bore lors des essais.

Écart sur la distribution radiale de puissance

¹ Ecart entre le calcul prédictif d'une grandeur physique et sa mesure *in situ*.

² La chaîne CASSIOPEE est également utilisée pour le traitement de quelques études accidentelles du RDS.

³ L'AO est le rapport de l'écart entre la puissance haute et basse du cœur sur la puissance totale du cœur.

Lorsque le réacteur fonctionne à puissance nulle, l'analyse des écarts entre les valeurs calculées et mesurées (via le réactimètre) des efficacités neutroniques des groupes permet d'évaluer l'aptitude des chaînes de calcul à simuler la distribution radiale de puissance. Lorsque le réacteur fonctionne en puissance, la distribution de puissance dans le cœur est mesurée directement par le système de mesures *in core* de l'EPR (système AMS). Ces deux moyens de mesures indépendants ont permis de mettre en évidence une sous-estimation par les calculs de la puissance des assemblages au centre du cœur et une surestimation de la puissance de ceux situés en périphérie. Les valeurs des écarts entre le calcul et la mesure de la puissance des assemblages ont diminué lors de la montée en puissance du réacteur. Selon vous, le choix de la bibliothèque de données nucléaires utilisée dans les OCS est une des causes importantes de ces écarts. En effet, les nouveaux calculs de référence¹ que vous avez effectués, utilisant des bibliothèques à l'état de l'art, ont permis de simuler plus précisément la distribution de puissance observée lors des essais physiques de démarrage du premier EPR. Toutefois, l'ASN note que le choix des données nucléaires à prendre en compte afin d'améliorer la représentativité des chaînes de calcul ne fait pas encore l'objet d'un consensus. À ce titre, l'ASN note que vous vous êtes engagés (cf. action PO2 de la référence [6]) à poursuivre l'analyse des causes à l'origine de cette perte de représentativité de distribution radiale de puissance.

Écart sur la distribution axiale de puissance

Le démarrage du premier EPR a mis en évidence une perte de représentativité de la distribution axiale de puissance évaluée avec la chaîne CASSIOPEE lors de la première moitié du cycle. Les causes de cet écart, ainsi que ses éventuelles conséquences sur les études de sûreté réalisées avec cet OCS n'ont pas été complètement identifiées. L'ASN note que vous vous êtes engagés (cf. action PR2 de la référence [7]) à apporter les éléments d'analyse manquants.

II. Réexamen des dossiers de validation de SCIENCE V2 et CASSIOPEE

II.1 Modélisations neutroniques du cœur de l'EPR FA3

Dans le cadre de l'identification des paramètres de modélisation susceptibles de conduire à des écarts de représentativité, les modèles neutroniques du cœur de l'EPR FA3 dans les chaînes de calculs² ont été analysés et comparés aux modèles utilisés pour les réacteurs du parc en exploitation (en complément des différences liées aux assemblages et aux plans de chargement) :

- pour la chaîne de calcul SCIENCE V2, les spécificités de l'EPR FA3 ont conduit à ajuster 2 données nucléaires dans la bibliothèque utilisées pour les calculs de niveau « assemblage » ;
- pour la chaîne de calcul CASSIOPEE, hormis l'ajustement permettant de corriger le calcul de la réactivité (non réalisé initialement sur EPR - cf. I), seul le modèle de réflecteur que vous retenez pour l'EPR FA3 diffère de celui utilisé pour les réacteurs du parc. Les éléments de validation de la méthode de modélisation du réflecteur de l'EPR (méthode dite « SF ») ayant été jugé insuffisants, l'ASN note que vous vous êtes engagés (cf. action PO6 de la référence [6]) à fournir les compléments nécessaires;
- d'autre part, la bibliothèque de données nucléaires utilisée pour les calculs support à la démonstration de sûreté des réacteurs EPR est identique à celle utilisée pour démontrer la sûreté des réacteurs du parc en exploitation.

¹ Conformément au guide [5], il s'agit de calculs réalisés avec un OCS dont les performances prédictives sont jugées supérieures à celles attendues de l'OCS à valider. Dans le cas traité ici, ce sont des OCS de type Monte-Carlo qui ont été utilisés comme OCS de référence. Les OCS à valider étant SCIENCE V2 et CASSIOPEE.

² Ces modèles sont utilisés pour établir la démonstration de sûreté actuellement dans le RDS de l'EPR FA3

II.2 Ajustements de la modélisation neutronique du cœur de l'EPR FA3 suite aux résultats des essais physiques du premier EPR

Les résultats d'essais physiques du premier EPR ont mis en évidence des écarts entre les mesures et les calculs réalisés à l'aide des OCS de référence qui participent, avec les résultats expérimentaux, à définir certains ajustements des modèles utilisés dans les chaînes industrielles SCIENCE V2 et CASSIOPEE. La prise en compte de bibliothèques de données nucléaires à l'état de l'art permet d'améliorer les prévisions par les OCS de référence, des phénomènes physiques observés lors des essais.

Compte tenu des similarités entre l'EPR FLA3 et le premier EPR, l'ASN considère pertinent de reconduire, pour la réalisation de calculs de référence de l'EPR FA3, la prise en compte des données nucléaires à l'état de l'art retenues pour le premier EPR. En conséquence, au titre de la prise en compte du REX du démarrage du premier EPR, les ajustements dans SCIENCE V2 et CASSIOPEE décrits ci-dessous ont été définis de manière à minimiser les écarts entre les chaînes de calculs et les calculs de référence.

Correction de l'écart sur la réactivité

Conformément à la méthode employée sur les réacteurs du parc en exploitation, vous avez corrigé le biais sur la réactivité dans la chaîne de calcul CASSIOPEE par l'ajustement du coefficient RI. L'ASN considère que cet ajustement est acceptable pour le premier cycle, mais que l'interprétation des essais physiques de l'EPR FA3 constituera une étape importante de sa validation.

Correction de l'écart sur la distribution radiale de puissance

Vous avez corrigé l'écart de représentativité sur la distribution radiale de puissance en ajustant dans SCIENCE V2 et CASSIOPEE la valeur du coefficient de diffusion des neutrons rapides du réflecteur (coefficient D1). L'augmentation de ce coefficient (+25%) permet de diminuer la puissance en périphérie par augmentation des fuites et donc, par effet de normalisation, d'augmenter la puissance au centre du cœur. Les calculs effectués dans le cadre de l'évaluation de l'ajustement de D1 ne permettent toutefois pas de s'assurer du gain en représentativité pour une configuration de cœur avec une faible concentration de bore dans le circuit primaire (fin de cycle). En conséquence, l'ASN note que vous vous êtes engagés (cf. action PR4 de la référence [6]) à compléter votre dossier par une analyse de la sensibilité de l'ajustement de la distribution radiale de puissance à l'évolution, en cours de cycle, de la concentration en bore du circuit primaire.

L'ASN note que les calculs de référence qui ont permis de définir l'ajustement du coefficient D1 dans les chaînes SCIENCE V2 et CASSIOPEE ne prennent pas en compte les incertitudes relatives aux données nucléaires utilisées. Les analyses que vous avez réalisées montrent que la prise en compte de ces incertitudes dans les calculs de référence entraînerait une majoration de 35% au lieu de 25% du coefficient D1. L'ASN note également que cette majoration supplémentaire du coefficient D1 augmente¹ les valeurs des facteurs de points chauds² de l'EPR FA3 évaluées avec les OCS SCIENCE V2 et CASSIOPEE, ce qui est de nature à réduire les marges vis-à-vis des critères de la démonstration de sûreté. Or, l'analyse d'impact du REX du premier EPR sur la démonstration de sûreté de l'EPR FA3 que vous avez menée s'appuie sur une majoration du coefficient D1 de seulement 25%. L'ASN note que vous considérez que les incertitudes appliquées aux calculs des facteurs de points chauds dans la démonstration de sûreté sont suffisamment conservatives pour couvrir les conséquences d'une majoration supplémentaire du coefficient D1 à 35%. Par ailleurs, en l'absence de résultats expérimentaux ou de calculs de référence à l'échelle du crayon combustible permettant de consolider les incertitudes de calculs des facteurs de points chauds de l'EPR FA3, le conservatisme des facteurs de points chauds évalués dans le cadre des analyses de sûreté n'est pas non plus démontré. **En conséquence, en l'absence de données de validation du calcul des**

¹ Le passage d'un D1 de +25% à un D1 de +35% entraîne une augmentation des facteurs de points chauds d'environ 2%

² Il s'agit de facteurs de forme permettant de caractériser la distribution de puissance dans le cœur. Le facteur FQ (point chaud) représente le rapport entre la puissance linéique maximale et la puissance linéique moyenne dans le cœur. Le facteur $F\Delta H$ (facteur d'élévation d'enthalpie) représente le rapport entre l'élévation d'enthalpie maximale, évaluée dans le canal chaud du cœur, et l'élévation d'enthalpie moyenne dans le cœur.

Ces facteurs de points chauds sont calculés à partir de l'évaluation de la distribution de puissance à l'échelle des crayons combustibles.

facteurs de point chaud, l'ASN considère que l'analyse d'impact précitée et qui sera instruite dans un cadre ultérieur, pourrait prendre en compte un ajustement du coefficient D1 à 35%.

D'autre part, l'ASN constate que vous ne prévoyez pas de reconduire pour les cycles ultérieurs de FA3 l'ajustement sur le coefficient D1 retenu pour le premier cycle. Selon vous, la spécificité du chargement du premier cycle¹ de l'EPR FA3 conduit à accentuer le bombement de la distribution radiale de puissance. Au cours de l'instruction, vous avez en effet présenté des éléments qui montrent que les écarts entre les distributions de puissance évaluées avec les OCS industrielles et les OCS de référence s'atténuent pour les cycles ultérieurs. Toutefois, dans le but d'identifier les éventuels plans de chargement qui présenteraient une sensibilité forte à la difficulté de modélisation de la distribution radiale de puissance, l'ASN estime nécessaire que vous proposiez une disposition à mettre en œuvre avant la montée en puissance permettant de détecter une éventuelle perte de représentativité de la distribution radiale de puissance. L'analyse de ce point sera poursuivie lors de l'instruction de l'impact du REX du démarrage du premier EPR sur le chapitre X et la démonstration de sûreté de l'EPR FA3.

II.3 Validation intégrale des modèles neutroniques recalés du cœur de l'EPR FA3

En l'absence de REX disponible, les dossiers de validation des chaînes SCIENCE V2 et CASSIOPEE pour l'EPR FA3 s'appuient sur des comparaisons à des calculs de référence. La validation des modèles neutroniques recalés de l'EPR FA3 (i.e. intégrant les ajustements précités) implique donc les 2 étapes successives suivantes :

- validation de l'utilisation des nouvelles données nucléaires dans les OCS de référence sur la base de réinterprétation des essais physiques du premier EPR, d'essais physiques représentatifs issus de certains réacteurs du parc en exploitation ou encore d'expériences représentatives des spécificités neutroniques de l'EPR (présence d'un réflecteur « lourd » à forte teneur en acier notamment) ;
- validation des chaînes de calcul recalées SCIENCE V2 et CASSIOPEE sur la base de comparaison avec des calculs réalisés avec des OCS de référence.

Validation des calculs de référence Monte-Carlo avec les nouvelles données nucléaires

L'ASN note que vous avez apporté des éléments permettant de justifier l'utilisation des bibliothèques « ENDF/B-VIII » et « CEA_T2 » avec les logiciels MCNP et TRIPOLI, pour simuler la réactivité et la distribution de puissance du cœur de l'EPR FA3. Toutefois, les éléments relatifs aux conditions d'exploitation en basse pression et basse température sont insuffisants pour s'assurer de la pertinence des calculs des OCS de référence avec ces nouvelles données nucléaires. En conséquence, l'ASN note que vous vous êtes engagés (cf. action PR8 de la référence [6]) à fournir une réinterprétation d'essais physiques représentatifs de ces conditions d'exploitation.

Validation de la chaîne de calcul SCIENCE V2 recalée pour l'EPR FA3

La justification de la validation de la chaîne SCIENCE V2 recalée est basée sur l'analyse des écarts avec des calculs de référence². L'ASN note que :

- vous vous êtes engagés (cf. action PO9 de la référence [6]) à fournir des éléments de validation relatifs à l'évaluation de la réactivité de l'EPR FA3 dans les états d'arrêt pour intervention (API) et d'arrêt pour rechargement (APR) ;
- vous n'avez pas présenté de calculs de référence ou de relevés expérimentaux, permettant de s'assurer du conservatisme des incertitudes affectées aux calculs des facteurs de point chaud (i.e. calcul de la distribution de puissance au niveau du crayon combustible) de l'EPR FA3. En conséquence, l'ASN n'est pas en mesure de conclure sur l'acceptabilité de la reconduite de ces incertitudes pour l'EPR FA3. L'instruction de ce point sera réalisée dans le cadre de l'analyse du chapitre X des RGE de l'EPR FA3.

¹ Le premier chargement de l'EPR se caractérise par de nombreux assemblages fortement enrichis en ²³⁵U positionnées en vis-à-vis du réflecteur lourd. Pour les cycles ultérieurs, les assemblages les plus enrichis seront davantage répartis dans le cœur.

² Pour SCIENCE V2, l'OCS de référence est le logiciel MCNP utilisant la bibliothèque de données nucléaires ENDF/B-VIII.

- vous vous êtes engagés (cf. action PR10 de la référence [6]) à fournir des éléments de validation complémentaires relatifs à l'évaluation des contre-réactions neutroniques et des efficacités de groupes de l'EPR FA3.

Validation de la chaîne de calcul CASSIOPEE recalée pour l'EPR FA3

La justification de la validation de la chaîne CASSIOPEE recalée est basée sur le même principe que celui évoqué pour SCIENCE V2¹. L'ASN note que :

- à l'instar de SCIENCE V2, l'acceptabilité de la reconduite des incertitudes affectée aux calculs des facteurs de point chaud de l'EPR FA3 avec CASSIOPEE n'est pas justifiée ;
- les éléments fournis pour justifier, dans l'attente de la réalisation des essais physiques de démarrage de l'EPR FA3, le conservatisme de l'incertitude de 1000 pcm affectée aux calculs de réactivité de l'EPR FA3 par CASSIOPEE ne sont pas suffisants. **En conséquence, l'ASN estime nécessaire que vous procédiez à l'évaluation, avec l'OCS de référence TRIPOLI, de l'écart sur le calcul de la réactivité dû à l'utilisation de la bibliothèque de données nucléaires CEA_T2 à la place de l'ancienne bibliothèque.** Cette évaluation contribuera à vérifier le conservatisme de l'incertitude de calcul de la réactivité par la chaîne CASSIOPEE.
- les écarts de calcul de la réactivité, entre CASSIOPEE et l'OCS de référence, pour les cycles ultérieurs de l'EPR FA3 sont significativement supérieurs à ceux évalués pour le premier cycle. **En conséquence, l'ASN estime nécessaire que vous fournissiez une interprétation physique des écarts entre les chaînes CASSIOPEE et TRIPOLI observés sur la réactivité pour les cycles ultérieurs au premier cycle de l'EPR FA3.**

II.4 Modélisation de l'instrumentation nucléaire *in core* du cœur de l'EPR FA3

Des modèles physiques sont implémentés dans les chaînes de calcul SCIENCE V2 et CASSIOPEE afin de simuler les réponses de l'instrumentation nucléaire de l'EPR FA3. L'ASN a instruit les modèles que vous utilisez dans vos chaînes de calcul ainsi que l'impact du REX du démarrage du premier EPR sur les éléments de validation associés.

En amont du démarrage des premiers EPR, vous avez modifié certaines hypothèses de la modélisation du système AMS implémentée dans la chaîne SCIENCE V2. Cette nouvelle modélisation vise à tenir compte de l'influence du taux d'épuisement du combustible, de la concentration en bore du circuit primaire ainsi que de la densité du modérateur sur l'évaluation des sections efficaces du vanadium utilisées pour calculer la réponse des détecteurs AMS. Par ailleurs, cette nouvelle modélisation tient désormais compte des caractéristiques géométriques du détecteur et de son environnement. L'ASN note que vous vous êtes engagés à apporter dans la documentation idoine, des précisions et des justifications relatives à cette nouvelle modélisation (cf. action PR12 de la référence [7]).

L'ASN note que la modélisation de l'instrumentation nucléaire (collectrons, AMS) implémentée dans la chaîne CASSIOPEE ne tient pas compte des effets liés à la présence de cette instrumentation sur le flux neutronique, et *in fine*, sur la distribution de puissance. En effet, la présence permanente d'une canne d'instrumentation (collectrons et/ou AMS) au sein d'un assemblage, à la place de l'eau initialement présente dans les tubes guides, modifie localement le rapport de modération. Cette sous-modération locale entraîne la diminution de la puissance des crayons situés au voisinage de l'instrumentation et un sous épuisement de ces derniers. Les études de sûreté de l'EPR FA3 qui s'appuient sur une modélisation 3D du cœur doivent donc prendre en compte des facteurs correctifs de la distribution de la puissance locale, ce qui n'est pas le cas pour celles réalisées avec la chaîne CASSIOPEE. **En conséquence, je vous demande de mettre à jour les études de sûreté s'appuyant sur une modélisation tridimensionnelle du cœur avec CASSIOPEE en prenant en compte l'effet de la présence de l'instrumentation nucléaire (collectrons, AMS) située à l'intérieur du cœur sur la distribution de puissance.**

¹ Pour CASSIOPEE, l'OCS de référence est le logiciel TRIPOLI utilisant la bibliothèque de données nucléaires CEA_T2.

II.5 Validation des modèles de l'instrumentation nucléaire *in core* du cœur de l'EPR FA3

En l'absence de résultats expérimentaux, la validation de ces modèles s'appuie sur des comparaisons de la réponse théorique de l'instrumentation (taux de réactions nucléaires) calculée avec SCIENCE V2 et CASSIOPEE à celle calculée avec des OCS de référence.

La prise en compte du REX du démarrage du premier EPR a conduit à l'utilisation de données nucléaires à l'état de l'art dans les OCS de référence. Suite aux résultats de calculs présentés, l'ASN note que l'utilisation de bibliothèques de données nucléaires adaptées à l'EPR FA3, n'a pas d'impact sur le calcul par les OCS de référence des taux de réaction de l'instrumentation *in core* et de la distribution de puissance autour des détecteurs. Ces résultats illustrent *a priori* le fait que le REX du premier EPR n'a pas d'impact sur le dossier de validation de la modélisation de l'instrumentation nucléaire *in core*.

Toutefois, ces calculs complémentaires, ne prennent en compte qu'un seul couple de densité du modérateur et de concentration en bore, dont l'évolution peut impacter le calcul des taux de réaction. En conséquence, l'ASN note que vous vous êtes engagés à mener une analyse permettant de confirmer que la variabilité des conditions de fonctionnement du réacteur n'est pas de nature à remettre en cause l'innocuité de l'utilisation de nouvelles données nucléaires dans les calculs de référence et par conséquent la validation des modèles de l'instrumentation nucléaire SCIENCE V2 et CASSIOPEE.

D'autre part, les calculs de validation de la réponse de l'instrumentation *in core* ne prennent pas en compte une configuration géométrique représentative de la proximité du réflecteur lourd. Or, certains assemblages instrumentés se situent justement à proximité. En conséquence, l'ASN note que vous vous êtes engagés (cf. action PO15 de la référence [7]) à apporter des éléments permettant d'étendre la validation des modèles de l'instrumentation nucléaire SCIENCE V2 et CASSIOPEE aux cas des détecteurs situés près du réflecteur lourd.

II.6 Modélisation et validation de la réponse du boremètre RCV et de l'instrumentation *excore*

L'ASN note que votre dossier n'intègre aucun élément relatif à la validation de la modélisation des signaux du boremètre RCV et de l'instrumentation nucléaire *excore* dans les chaînes de calcul.

La fonction du boremètre RCV est de mesurer la concentration en bore du circuit primaire. Cette mesure est utilisée par les chaînes de protection anti-dilution afin de détecter et de limiter les conséquences d'une dilution intempestive en maintenant la sous-criticité du réacteur. Les seuils de ces chaînes de protection sont dimensionnés par les études des accidents de dilution du circuit primaire réalisées avec SCIENCE V2. Compte tenu des éléments présentés, l'ASN estime que l'incertitude de calcul de la concentration en bore de SCIENCE V2 considérée pour dimensionner ces seuils n'est pas mise en cause par le REX du démarrage du premier EPR.

L'instrumentation nucléaire *excore* permet la mesure du flux neutronique du cœur pour différents niveaux de puissance : à basse puissance, la mesure est faite par les chaînes neutroniques sources (CNS), à moyenne puissance par les chaînes neutroniques intermédiaires (CNI) et à haute puissance par les chaînes neutroniques de puissance (CNP). Seules les CNI et les CNP sont valorisées dans la démonstration de sûreté nucléaire.

Bien que valorisées dans l'étude d'une dilution homogène du circuit primaire lors des essais de démarrage de l'EPR FA3 (réalisée avec SCIENCE V2), vous n'avez apporté aucun élément relatif à la modélisation des CNI. Enfin, la réponse théorique des CNP dans les études de sûreté est reconstruite à partir du calcul de la puissance de chaque assemblage (P_i) avec SCIENCE V2 et de l'évaluation d'un « facteur d'importance » par assemblage (W_i) déterminé avec le logiciel DORT. Vous avez présenté des éléments de validation de la distribution de puissance calculée par SCIENCE V2. En revanche, aucun élément de validation concernant le logiciel DORT n'a été présenté et l'ASN note que vous vous êtes engagés (cf. action PR14 de la référence [7]) à démontrer l'absence d'impact significatif du REX du premier EPR sur la validation du logiciel DORT pour le calcul des facteurs d'importance des assemblages de l'EPR FA3.

En conséquence, l'ASN estime que vous devriez présenter, en cohérence de la documentation établie pour l'instrumentation *in core*, la modélisation des CNP et des CNI de l'EPR retenue dans SCIENCE V2 et CASSIOPEE, ainsi que les éléments de validation associés prenant en compte le retour d'expérience du démarrage du premier EPR.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le directeur, l'expression de ma considération distinguée.

Signé par le chef du bureau cœur-études

Laurent FOUCHER