

Fontenay-aux-Roses, le 30 juin 2021

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2021-00116

Objet	Établissement Orano Cycle de La Hague - Usines UP2-800 (INB n° 117) et UP3-A (INB n° 116) Evolution de la méthode de mesure de la combustion massique moyenne des assemblages combustibles aux postes P1 des ateliers R1 et T1
Réf.	Lettre ASN CODEP-DRC-2020-039829 du 03 novembre 2020.

Par lettre citée en référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sollicite l'avis et les observations de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur la demande d'autorisation de modification, transmise par Orano Cycle (devenu Orano Recyclage en 2021) en juillet 2020, relative à l'évolution de la méthode de mesure de la combustion massique moyenne des assemblages combustibles aux postes P1 des ateliers R1 de l'usine UP2-800 (installation nucléaire de base (INB) n° 117) et T1 de l'usine UP3-A (INB n° 116).

Afin de se prononcer sur cette demande d'autorisation, l'ASN demande à l'IRSN d'examiner plus précisément l'évolution de la méthode de mesure de la combustion massique moyenne des assemblages combustibles à partir de l'activité en ^{137}Cs absolue, et notamment la démarche de qualification de la méthode de calcul du taux de combustion moyen, et les conséquences, du point de vue de la sûreté et de la radioprotection, des modifications matérielles associées sur la maîtrise des risques relatifs aux réactions en chaîne et aux facteurs organisationnels et humains (FOH).

De l'évaluation des documents transmis, tenant compte des informations transmises par l'exploitant Orano Cycle au cours de l'expertise, l'IRSN retient les principaux points suivants.

1. CONTEXTE

Les usines UP2-800 et UP3-A sont deux usines en exploitation de l'établissement Orano Cycle de La Hague destinées au traitement des combustibles usés. Le taux de combustion moyen (TC moyen) de chaque assemblage combustible et le taux de combustion de la partie la moins irradiée de l'assemblage (TC moyen extrémité) sont évalués aux postes P1 des ateliers R1 et T1 assurant le cisailage et la dissolution des assemblages. Le TC moyen de l'assemblage est comparé au taux de combustion moyen déclaré par l'exploitant du réacteur d'origine (TC réacteur) pour valider l'identification de l'assemblage. Le TC moyen extrémité est utilisé pour calculer la masse maximale admissible de combustible pouvant être chargée dans chacun des godets du dissolvant, contribuant ainsi à la prévention des risques de criticité.

Les postes P1 des ateliers R1 et T1, constitués d'un puits de mesure de conception similaire, assurent une mesure par spectrométrie gamma des activités en ^{134}Cs et en ^{137}Cs et un comptage neutronique de l'assemblage.

Actuellement, la méthode dite « de référence » pour déterminer le TC moyen d'un assemblage de type REP UOX entrant dans les ateliers R1 et T1 utilise le rapport des activités du ^{134}Cs et du ^{137}Cs mesurées par spectrométrie gamma (méthode dite « Rapport $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ »).

Si l'écart entre le TC moyen et le TC réacteur est inférieur à 15 %, l'identification de l'assemblage est validée et le poste P1 détermine la masse maximale admissible de combustible pouvant être chargée par godet, compte tenu de l'enrichissement initial en ^{235}U et du TC moyen extrémité. Si cet écart est supérieur à 15 %, le TC moyen établi à partir de la mesure neutronique est utilisé pour valider le TC réacteur avec le même critère d'acceptation de 15 %. Néanmoins, dans ce cas, la masse maximale admissible par godet est calculée à partir des caractéristiques de l'assemblage considéré comme non irradié, contribuant ainsi favorablement à la prévention des risques de criticité. Si aucune des deux mesures ne permet de valider le TC réacteur, l'assemblage est retourné en panier d'entreposage.

La période radioactive du ^{134}Cs (2,07 ans) étant courte au regard de la durée d'entreposage avant traitement, dès lors qu'un assemblage combustible est peu irradié ou présente un temps de refroidissement important, l'incertitude associée à la mesure de l'activité en ^{134}Cs devient trop importante pour utiliser la méthode « Rapport $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ ». Ainsi, dans la présente demande d'autorisation, l'exploitant souhaite modifier les postes P1 afin de pouvoir déterminer le taux de combustion des assemblages, dont l'activité en ^{134}Cs est trop faible, à partir de la mesure de leur activité en ^{137}Cs . A l'appui de sa demande, l'exploitant a transmis un dossier de sûreté qui justifie notamment le domaine d'utilisation de cette méthode dite « ^{137}Cs absolue » et l'absence d'incidence de cette modification sur la démonstration de sûreté, en particulier celle relative à la prévention des risques de criticité.

2. PRESENTATION ET EVALUATION DE LA MODIFICATION

La modification consiste à pouvoir appliquer la méthode « ^{137}Cs absolue », basée sur la mesure directe de l'activité en ^{137}Cs de l'assemblage combustible, pour déterminer le TC moyen et le TC moyen extrémité. Cette mesure, existant déjà dans les postes P1, n'est actuellement pas utilisée car la méthode « ^{137}Cs absolue » n'a pas fait l'objet d'une qualification. Aussi, Orano Cycle a défini un certain nombre de modifications matérielles des postes P1 et un domaine d'utilisation, en termes de caractéristiques d'assemblages, dans lequel la méthode « ^{137}Cs absolue » est applicable. Pour qualifier cette méthode, l'exploitant s'est attaché à démontrer que l'incertitude globale associée à la détermination du TC moyen par la méthode « ^{137}Cs absolue » est compatible avec le critère en vigueur de 15 % retenu pour l'acceptation d'un assemblage.

Orano Cycle a ainsi évalué les différentes sources d'incertitudes contribuant à l'incertitude globale sur le TC moyen et a défini une stratégie de qualification du nouveau dispositif de mesure, incluant les modifications matérielles apportées aux postes P1. **Sur le principe, cette démarche n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.** Ces différents éléments sont examinés dans les paragraphes suivants.

2.1. DOMAINE D'UTILISATION DE LA METHODE « ^{137}Cs ABSOLUE »

Compte tenu de la forte atténuation des rayons gamma dans les matériaux de structure et dans les crayons combustibles, les détecteurs gamma des postes P1 mesurent principalement les rayons gamma émis par les crayons situés en périphérie de l'assemblage, ce qui limite l'utilisation de la méthode à des assemblages ne présentant pas d'hétérogénéité, notamment en termes d'enrichissement en ^{235}U . En outre, contrairement à la méthode « Rapport $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ », la méthode « ^{137}Cs absolue » nécessite un étalonnage du poste de mesure spécifique aux caractéristiques géométriques d'un assemblage.

Dans ces conditions, Orano Cycle retient d'utiliser la méthode « ^{137}Cs absolue » uniquement pour des assemblages combustibles irradiés complets REP 17×17 à base d'oxyde d'uranium, non reconstitués, non vrillés, et issus d'un centre nucléaire de production d'électricité (CNPE) d'EDF.

Orano Cycle a également défini les caractéristiques des assemblages pour lesquels la méthode « Rapport $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ » n'est pas applicable en termes d'activité en ^{134}Cs et d'incertitude sur cette activité à partir de

l'analyse de mesures réalisées, en 2019, sur des assemblages EDF REP 17×17. **Le domaine d'utilisation de la méthode « ^{137}Cs absolue », défini par Orano Cycle, n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

L'IRSN estime toutefois que les domaines d'utilisation des méthodes « ^{137}Cs absolue » et « Rapport $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ » utilisées pour évaluer le TC moyen et le TC moyen extrémité des assemblages combustibles devront être intégrés dans les règles générales d'exploitation (RGE) des ateliers R1 et T1. **Ceci conduit l'IRSN à formuler la recommandation n° 1 en annexe 1 au présent avis.**

2.2. MODIFICATIONS MATERIELLES DES POSTES P1

L'exploitant prévoit d'implanter dans le système de collimation associé à chaque détecteur gamma une source de ^{137}Cs , dite de « bon fonctionnement », permettant de vérifier le bon fonctionnement des voies de mesure par comptage du signal émis par ces sources en l'absence d'assemblage. Il envisage également de remplacer les détecteurs gamma actuels à refroidissement par azote liquide par des détecteurs équivalents avec refroidissement cryoélectrique, conduisant à limiter le nombre d'interventions sur les détecteurs. Les supports des détecteurs seront également remplacés afin d'assurer un positionnement des détecteurs plus précis et reproductible. Enfin, l'exploitant prévoit d'adapter le logiciel du poste P1 pour intégrer le domaine d'utilisation de la méthode « ^{137}Cs absolue » et de mettre à jour l'algorithme permettant de sélectionner la méthode retenue pour la détermination du TC moyen et du TC moyen extrémité.

Selon Orano Cycle, ces modifications n'ont pas d'incidence sur les méthodes de mesure actuelles (« Rapport $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ » et neutronique). **Ces éléments n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN.**

2.3. EVALUATION DES INCERTITUDES DE LA METHODE « ^{137}CS ABSOLUE »

L'exploitant a évalué les différentes incertitudes associées aux paramètres permettant la détermination du TC moyen d'un assemblage à partir de son activité en ^{137}Cs mesurée et conclut que l'incertitude globale, avec un niveau de confiance de 95 %, est inférieure au seuil de 15 % retenu pour valider l'identification d'un assemblage combustible. L'exploitant considère ainsi que la méthode « ^{137}Cs absolue », permettant de déterminer le TC moyen et le TC moyen extrémité des assemblages EDF REP 17×17 non reconstitués et non vrillés, répond aux critères métrologiques requis.

Si cette démarche de l'exploitant est satisfaisante sur le principe, l'IRSN estime toutefois que certaines incertitudes sont sous-estimées, en l'état actuel des justifications apportées par l'exploitant, alors qu'elles contribuent de manière significative à l'incertitude globale et que certaines sources d'incertitudes n'ont pas été prises en compte par l'exploitant. Ces points sont développés dans les paragraphes suivants.

Incertitude relative à l'ouverture des fentes des collimateurs

L'incertitude relative à l'ouverture des collimateurs a été évaluée par l'exploitant en considérant une loi triangulaire de distribution des hauteurs d'ouverture, sans toutefois apporter de justification sur la loi retenue. L'IRSN considère qu'une distribution uniforme des ouvertures conduirait à une incertitude plus élevée. Aussi, l'IRSN estime que l'exploitant devrait justifier son choix de retenir une loi de probabilité triangulaire pour décrire la distribution des hauteurs d'ouverture des collimateurs. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 1 en annexe 2 au présent avis.**

Incertitude relative à la déformation de l'assemblage combustible

L'IRSN note que l'exploitant n'a pas retenu d'incertitude due à une éventuelle déformation d'un assemblage combustible par vrillage. Orano Cycle considère que les contrôles visuels réalisés au déchargement du réacteur, au chargement de l'emballage de transport et à son déchargement, permettent d'exclure la réception d'assemblages fortement vrillés sur le site de la Hague. L'IRSN relève que les dimensions des aménagements internes d'un emballage de transport permettent à des assemblages légèrement vrillés d'être transportés. L'IRSN estime que ce vrillage limité induit une incertitude de quelques pourcents et que l'exploitant devra prendre des

dispositions permettant de garantir une valeur de vrillage maximal et évaluer l'incertitude associée à ce vrillage. **Ceci conduit l'IRSN à formuler la recommandation n° 2 en annexe 1 au présent avis.**

L'IRSN estime également que l'exploitant doit considérer l'incertitude relative à ce vrillage dans le calcul de l'incertitude globale associée à la méthode de mesure du TC moyen « ^{137}Cs absolue ». Ce point est intégré dans la recommandation n° 4 en annexe 1 au présent avis.

Incertitude relative au gradient du taux de combustion de l'assemblage combustible

Orano Cycle évalue l'incertitude due à un gradient de taux de combustion entre les deux faces mesurées de l'assemblage à partir d'un calcul analytique qui ne prend pas en compte la géométrie réelle de l'assemblage et qui considère un gradient maximum de 30 % du taux de combustion entre les deux faces. Sur la base d'une modélisation réaliste de l'assemblage, dont le taux de combustion varie selon la même distribution que celle retenue par l'exploitant, l'IRSN obtient une valeur de cette incertitude supérieure à celle évaluée par Orano Cycle. Aussi, l'IRSN considère que l'exploitant devra réviser son estimation de l'incertitude due à un éventuel gradient du taux de combustion entre les deux faces mesurées d'un assemblage en considérant une modélisation plus réaliste de l'assemblage. Ce point est intégré dans la recommandation n° 4 en annexe 1 au présent avis.

D'autre part, Orano Cycle a justifié le caractère enveloppe du gradient de 30 % sur la base des mesures des postes P1 réalisées sur une seule année (2019). L'IRSN estime que l'exploitant devrait consolider, en s'appuyant sur un retour d'expérience plus étendu, l'hypothèse relative au gradient maximal de 30 % de taux de combustion entre les deux faces mesurées d'un assemblage REP retenu dans son évaluation des incertitudes de la méthode « ^{137}Cs absolue ». **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 2 en annexe 2 au présent avis.**

Incertitude relative à la statistique de comptage

Dans son évaluation des incertitudes, l'exploitant considère que chaque voie de mesure contribue de manière équivalente à l'incertitude sur le TC moyen déterminé. D'après l'évaluation réalisée par l'IRSN, ceci est justifié uniquement si les taux de comptage mesurés par chaque voie sont proches. L'IRSN estime que l'exploitant devra prendre des dispositions pour s'assurer du respect de cette condition lors des mesures. **Ceci conduit l'IRSN à formuler la recommandation n° 3 en annexe 1 au présent avis.**

Conclusion sur l'évaluation des incertitudes de mesure

L'IRSN estime que l'incertitude globale relative à l'estimation du TC moyen déterminé par la méthode « ^{137}Cs absolue », avec un niveau de confiance de 95 %, est légèrement supérieure au critère de validation du TC réacteur (15 %) en vigueur. L'IRSN considère néanmoins que ce faible dépassement ne met pas en cause l'applicabilité de la méthode, compte tenu de l'ensemble des dispositions organisationnelles et techniques mises en œuvre pour vérifier les caractéristiques de l'assemblage. **Toutefois, l'IRSN estime que l'exploitant devra retenir l'incertitude globale réévaluée dans la détermination du TC moyen extrémité conformément à la recommandation n° 4 formulée en annexe 1 au présent avis.**

2.4. DEPLOIEMENT ET QUALIFICATION DE LA METHODE ^{137}Cs ABSOLUE

L'exploitant indique que la démarche de qualification pour l'utilisation industrielle de la méthode « ^{137}Cs absolue », mise en œuvre sur l'installation modifiée, repose sur une analyse du retour d'expérience (REX) relatif aux résultats de mesures obtenus avant et après modification des postes P1.

La première phase de qualification consistera à valider la fonctionnalité des modifications matérielles réalisées sur les postes P1 et à vérifier la non-régression des méthodes actuelles de détermination du taux de combustion moyen. À cet égard, Orano Cycle a prévu de réaliser cette vérification sur un nombre très limité d'assemblages au regard de l'étendu du domaine de traitement des combustibles pour lesquels la méthode « Rapport $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ » peut être utilisée. L'IRSN estime que l'exploitant devrait justifier la représentativité de l'échantillon d'assemblages combustibles testés lors de la première phase du programme de qualification. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 3 en annexe 2 au présent avis.**

La seconde phase de qualification consistera à qualifier la nouvelle méthode « ^{137}Cs absolue » sur l'installation modifiée en comparant les valeurs de TC moyen obtenues avec cette méthode et celles obtenues avec l'actuelle méthode « Rapport $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ » et le TC réacteur. L'IRSN souligne que la mesure neutronique, n'étant pas affectée par les modifications des postes P1, constitue une référence supplémentaire pour une telle comparaison. Aussi, l'IRSN estime que, pour les assemblages pour lesquels l'actuelle méthode « Rapport $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ » n'est pas applicable, la validation de la méthode « ^{137}Cs absolue » devrait intégrer une comparaison avec la méthode neutronique existante, en plus de la comparaison avec le TC réacteur. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 4 en annexe 2 au présent avis.**

3. INCIDENCE DE LA MODIFICATION SUR L'ANALYSE DES RISQUES

Dans son analyse de sûreté, l'exploitant étudie l'incidence de la modification sur la maîtrise des risques de criticité et des risques liés aux facteurs organisationnels et humains (FOH). Il indique que la modification n'a pas d'incidence sur la maîtrise des autres risques. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

3.1. PREVENTION DES RISQUES DE CRITICITE

La prévention des risques de criticité dans le dissolvant repose sur le respect de la masse maximale admissible de combustible chargée par godet, calculée à partir de la détermination du TC moyen extrémité. L'incidence de l'utilisation de la méthode « ^{137}Cs absolue » et des incertitudes associées sur la détermination de ce TC moyen extrémité est évaluée au §2.3 du présent avis. Par ailleurs, Orano Cycle a analysé l'incidence de l'utilisation de la méthode « ^{137}Cs absolue » au regard du risque de l'appliquer hors de son domaine d'utilisation. L'exploitant estime que ce risque est maîtrisé par l'application des dispositions actuelles de constitution des dossiers d'acceptation de traitement qui prévoient un double contrôle des caractéristiques des combustibles. L'adaptation de ces dispositions permettra notamment de vérifier les caractéristiques pour lesquelles la méthode ^{137}Cs absolue est applicable (section de l'assemblage, caractère non reconstitué, activités des radionucléides du césium, etc.). **Ceci est satisfaisant.**

Par ailleurs, au titre du retour d'expérience et en prévision de l'utilisation de la méthode « ^{137}Cs absolue », Orano Cycle a analysé les résultats des mesures du ^{137}Cs réalisées en 2019 dans les ateliers R1 et T1. Celles-ci conduisent à des écarts entre le TC moyen mesuré et le TC réacteur plus faibles que ceux observés en utilisant les mesures du rapport $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$. Ces résultats montrent que la méthode « ^{137}Cs absolue » a tendance à sous-estimer légèrement le TC moyen des assemblages. **Aussi, en cas d'erreur dans la sélection de la méthode de mesure, l'IRSN estime que la sûreté-criticité du dissolvant ne serait pas mise en cause.**

3.2. RISQUES LIES AUX FACTEURS ORGANISATIONNELS ET HUMAINS

Orano Cycle n'identifie pas d'activités sensibles pour la sûreté spécifiques à la mise en œuvre de la méthode de détermination du TC moyen par mesure de l'activité absolue en ^{137}Cs aux postes P1.

Selon l'exploitant, le mode de fonctionnement global des postes P1 et des unités de cisailage des ateliers R1 et T1 ne sera pas modifié et les postes de travail des opérateurs ne seront pas affectés. Le PC industriel du poste P1 sélectionnera, pour les assemblages combustibles répondant aux critères requis, la méthode « ^{137}Cs absolue » pour déterminer le TC moyen des assemblages combustibles. **Ces différents éléments n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN.**

Lors de la mise en œuvre de la modification, la documentation liée au paramétrage du Contrôle Nucléaire Procédé, les documents d'exploitation des postes P1 et les documents de maintenance (gammes opératoires, fiches de contrôle) seront mis à jour. **Ceci est satisfaisant.**

4. CONCLUSION

Sur la base des documents examinés et en tenant compte des informations transmises par Orano Cycle au cours de l'expertise, l'IRSN considère que l'utilisation de la mesure de l'activité absolue en ^{137}Cs pour déterminer le taux de combustion moyen et le taux de combustion moyen extrémité d'un assemblage combustible est acceptable sur le domaine d'utilisation défini par Orano Cycle, sous réserve de la prise en compte des recommandations formulées en annexe 1 au présent avis, relatives à la révision de l'évaluation des incertitudes associées à la mesure et à l'intégration du domaine d'utilisation dans les RGE des ateliers R1 et T1.

En outre, l'IRSN estime qu'Orano Cycle devrait tenir compte des observations formulées en annexe 2 au présent avis visant à améliorer la démonstration de sûreté.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Eric LETANG

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE 1 A L'AVIS IRSN N° 2021-00116 DU 30 JUIN 2021

Recommandations de l'IRSN

Recommandation n° 1

L'IRSN recommande que l'exploitant intègre, dans les RGE des ateliers R1 (INB n° 117) et T1 (INB n° 116), les domaines d'utilisation des méthodes « ^{137}Cs absolue » et « Rapport $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ » employées pour mesurer le TC moyen et le TC moyen extrémité des assemblages combustibles.

Recommandation n° 2

L'IRSN recommande que l'exploitant prenne des dispositions permettant de garantir une valeur de vrillage maximal des assemblages combustibles usés mesurés au poste P1 et évalue l'incertitude associée à ce vrillage.

Recommandation n° 3

L'IRSN recommande que l'exploitant prenne des dispositions afin de s'assurer que les taux de comptage, mesurés par les deux voies de mesure gamma, sont suffisamment proches pour que l'hypothèse d'égalité des contributions des deux voies de mesure, retenue dans son évaluation des incertitudes de la méthode « ^{137}Cs absolue », soit respectée.

Recommandation n° 4

L'IRSN recommande que, pour la détermination du TC moyen extrémité, l'exploitant considère l'incertitude globale sur le TC moyen, déterminé par la méthode « ^{137}Cs absolue », réévaluée en tenant compte :

- de l'incertitude associée au vrillage maximal ;
- d'un éventuel gradient du taux de combustion entre les deux faces mesurées d'un assemblage, en considérant une modélisation réaliste de l'assemblage.

ANNEXE 2 A L'AVIS IRSN N° 2021-00116 DU 30 JUIN 2021

Observations de l'IRSN

Observation n° 1

L'IRSN estime que l'exploitant devrait justifier le recours à une loi de probabilité triangulaire pour décrire la distribution des hauteurs d'ouverture des collimateurs dans son évaluation des incertitudes de la méthode « ^{137}Cs absolue ».

Observation n° 2

L'IRSN considère que l'exploitant devrait consolider, sur la base d'un retour d'expérience plus étendu, l'hypothèse relative au gradient maximal de 30 % de taux de combustion entre les deux faces mesurées d'un assemblage REP retenu dans son évaluation des incertitudes de la méthode « ^{137}Cs absolue ».

Observation n° 3

L'IRSN estime que l'exploitant devrait justifier la représentativité de l'échantillon d'assemblages combustibles testés lors de la première phase du programme de qualification de la méthode « ^{137}Cs absolue ».

Observation n° 4

L'IRSN estime que, dans le cadre de la seconde phase du programme de qualification relative aux assemblages combustibles pour lesquels la méthode « Rapport $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ » ne peut être appliquée, l'exploitant devrait prévoir une comparaison de la méthode « ^{137}Cs absolue » avec la méthode neutronique, en plus de la comparaison avec le TC réacteur.