

Fontenay-aux-Roses, le 23 juillet 2021

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2021-00138

Objet	CEA / Cadarache - INB n°37-A / Station de traitement des déchets (STD) Mise en œuvre de l'emballage ETCMI dans l'installation – Compléments d'analyse de risques
Réf.	[1] Lettre ASN CODEP-MRS-2021-032062 du 6 juillet 2021 [2] Avis IRSN 2021-00030 du 23 février 2021

Par lettre citée en première référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sollicite l'avis et les observations de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur les compléments transmis par le Commissariat à l'Énergie Atomique et aux énergies renouvelables (CEA) à la suite de l'avis de l'IRSN, cité en seconde référence, établi dans le cadre de l'instruction de la demande d'autorisation du CEA de mettre en œuvre l'emballage de transport ETCMI dans l'INB n°37-A située sur le centre CEA de Cadarache.

1. CONTEXTE

L'INB n°37-A assure le conditionnement des déchets solides MI (moyennement irradiants) en colis « 500 L MI ». Ce conditionnement consiste en un compactage de poubelles de 60 L, à l'aide d'une presse de 500 T, puis en l'injection d'un liant hydraulique dans le tunnel-presse situé dans le bâtiment 313-extension de l'installation. Les colis ainsi constitués sont ensuite transférés, après séchage, jusqu'à un puits d'entreposage temporaire (appelé puits E5), pouvant accueillir jusqu'à quatre colis, avant d'être évacués vers l'INB n°164 (CEDRA) également implantée sur le site de Cadarache. Les colis constitués peuvent également être directement évacués vers l'installation CEDRA. L'ensemble des opérations de transfert de colis de déchets dans l'INB n°37-A est actuellement réalisé avec des « châteaux MI ».

L'emballage ETCMI, utilisé pour le transport de colis 500 L MI, est destiné à remplacer les châteaux MI pour les transports de colis de déchets entre l'INB n°37-A et l'INB n°164. L'ETCMI est déjà mis en œuvre dans les INB n°56 (également implantée sur le site de Cadarache) et n°164. Les transferts internes de colis de déchets effectués au sein de l'INB n°37 entre le tunnel-presse et le puits E5 resteront assurés au moyen de châteaux MI.

Dans le cadre de l'instruction de la demande d'autorisation de mettre en œuvre l'emballage ETCMI dans l'INB n°37-A, l'ASN a demandé au CEA de transmettre plusieurs séries de compléments. À la suite de l'expertise des éléments de réponse apportés par ce dernier en 2020, l'IRSN a rappelé que des compléments relatifs à la maîtrise du risque de chute d'un emballage de transport (emballage ETCMI et château MI) dans l'installation restaient à apporter [2]. Ces compléments de démonstration attendus de la part du CEA sont précisément portés

par les demandes de l'ASN et la recommandation formulée par l'IRSN dans son avis [2], rappelées en annexe 1 au présent avis.

Afin de répondre à ces demandes de compléments, le CEA a transmis une étude complémentaire de chute d'un emballage en position inclinée, une évaluation des débits de dose dans le hall situé à l'aplomb du puits (hall MI) après une chute éventuelle d'emballage, ainsi que des éléments d'analyse concernant l'endommagement potentiel du château MI en cas de chute.

De l'évaluation de ces compléments, tenant compte des informations apportées par le CEA au cours de l'expertise, l'IRSN retient les principaux points suivants.

2. EVALUATION DE SURETE

2.1. ETUDE DE LA CHUTE D'UN EMBALLAGE AU-DESSUS DU PUIES E5

En réponse à la demande de justification du caractère pénalisant du scénario de chute d'un emballage à plat, étudié initialement, par rapport à un scénario de chute d'un emballage en position inclinée, le CEA a transmis une étude complémentaire comprenant une note d'hypothèses et une note de calculs.

Pour rappel, le puits d'entreposage E5 est un puits cylindrique percé dans un massif en béton et fermé en partie supérieure par une trappe. La trappe sera elle-même surplombée par une structure mise en place pour les besoins spécifiques d'utilisation de l'emballage ETCMI, dite « semelle d'exploitation ».

Il convient de rappeler que le puits E5 est classé « élément important pour la protection » (EIP) au titre de la maîtrise de l'exposition externe aux rayonnements ionisants. L'exigence définie associée à cet EIP est le respect du zonage radioprotection du hall MI de l'installation (zone contrôlée jaune). Les exigences de comportement retenues en cas de chute d'un emballage sont l'absence de perforation de la trappe et la stabilité d'ensemble du massif en béton entourant le puits E5.

2.1.1. Configurations de chute étudiées et hypothèses d'étude

Dans l'étude complémentaire transmise, le CEA étudie la chute axiale et inclinée d'un emballage ETCMI (vide puis chargé), ainsi que la chute d'un château MI chargé au-dessus du puits E5.

Les masses considérées correspondent aux masses maximales des emballages, tels qu'utilisés dans l'INB n°37-A. Ces masses dites « réalistes » sont plus faibles que celles utilisées lors de l'étude précédemment transmise lors de l'instruction de la demande d'autorisation de mettre en œuvre l'emballage ETCMI dans l'installation.

Les hauteurs de chute retenues pour les calculs sont les hauteurs de manutention maximales prévues au-dessus de la semelle d'exploitation, à savoir 20 cm pour l'ETCMI chargé et le château MI (au lieu de 30 cm dans l'étude précédente) et 30 cm pour l'ETCMI vide. Au cours de l'expertise, le CEA a précisé que cette dernière valeur résulte d'une évolution de la position des centreurs qui sont survolés lors de la phase d'accostage de l'ETCMI sur la semelle d'exploitation. L'IRSN rappelle à cet égard que l'accostage d'un ETCMI chargé n'est pas exclu par le référentiel d'exploitation de l'installation (cas d'un renvoi d'un colis de déchets en cas d'aléa perturbant le transport entre installations du centre par exemple), ce qui implique de considérer en toute rigueur le cas d'une chute, d'une hauteur de 30 cm, d'un ETCMI chargé. Compte tenu du fait que ce cas de figure a été étudié dans l'étude précédente pour une configuration axiale et eu égard aux éléments complémentaires relatifs aux études de chute inclinée transmis par le CEA (cf. § 2.1.3), l'IRSN estime que l'ensemble des configurations à retenir dans l'analyse de sûreté sont couvertes par les études réalisées par le CEA. L'IRSN considère toutefois que les différentes hauteurs de manutention des emballages retenues dans la démonstration de sûreté doivent figurer dans les règles générales d'exploitation. **Sur ce point, le CEA a transmis, en fin d'expertise, des éléments portant engagement de modifier les RGE de l'INB n°37-A afin de prendre en compte les différentes configurations possibles de manutention des emballages dans l'installation. Ces éléments n'appellent pas de remarque de l'IRSN.**

L'IRSN relève que l'évolution des hypothèses de chute retenues par le CEA entre les différentes études se traduit par une diminution des énergies cinétiques en jeu et donc une réduction des chargements induits sur les structures affectées lors d'une chute d'emballage (massif en béton, semelle d'exploitation et trappe). **Toutefois, l'IRSN estime *in fine* que les nouvelles hypothèses considérées par le CEA pour les chutes à plat sont globalement cohérentes avec les conditions d'utilisation des emballages de transport dans le hall MI de l'installation.** Par ailleurs, l'étude des chutes inclinées a été réalisée par le CEA en considérant des ruptures successives des palonniers utilisés pour les manutentions. Cette approche réaliste, **qui est acceptable pour l'IRSN**, conduit à limiter significativement l'énergie cinétique initiale comparativement aux chutes à plat. Ceci explique une réduction des effets sur les structures impactées lors de la chute d'un emballage (cf. § 2.1.3).

2.1.2. Endommagement du béton

Sur la base de l'étude complémentaire réalisée, le CEA conclut que la fissuration du béton consécutivement à la chute d'un emballage est envisageable mais que les fissures correspondantes ne seraient pas traversantes. Il évalue une ouverture maximale des fissures de 0,1 mm, considérant ainsi que la fissuration du béton n'est pas significative. Pour autant, il retient, pour l'étude des débits de dose dans le hall MI en cas de chute d'un emballage, une ouverture de fissures égale à 5 mm.

Pour l'IRSN, les calculs réalisés par le CEA mettent en évidence, à l'instar des calculs qu'il avait réalisés précédemment, la présence de zones fissurées dans le béton, avec des fissures possiblement traversantes dans les zones où le béton est sollicité en traction. À cet égard, les comparaisons entre essais et calculs, présentées par le CEA dans le cadre du projet de rénovation de l'INB n°37-A appelé PAGODE, montrent que le logiciel qu'il utilise permet de prédire de manière globalement fiable la localisation de zones de béton fissurées. L'IRSN relève par ailleurs que le CEA n'a pas fourni d'évaluation d'incertitudes quant à l'ouverture maximale des fissures. Enfin, les structures en béton modélisées sont supposées sans défaut préexistant, ce qui n'est pas justifié par le CEA.

En tout état de cause, compte tenu de la majoration de l'ouverture de la fissure retenue par le CEA, l'IRSN considère que les hypothèses considérées par celui-ci pour les évaluations des débits de dose en cas de fissuration du béton sont convenables.

2.1.3. Endommagement des équipements mécaniques

Sur la base de l'étude complémentaire réalisée, le CEA conclut que l'endommagement de la trappe et de la semelle d'exploitation en cas de chute d'emballage serait significatif mais qu'aucune rupture de matériau n'est à redouter. Les résultats obtenus montrent que les chutes inclinées ont des effets plus importants pour ce qui concerne la semelle d'exploitation mais plus faibles s'agissant de la trappe et le béton situé en partie supérieure du puits. Le scénario de chute à plat reste donc le plus pénalisant pour l'étude du comportement de la trappe et du béton. Enfin, l'étude montre que le tiroir de la trappe pourrait ne plus être manœuvrable après impact par un emballage lors de sa chute.

Pour l'IRSN, l'étude présentée par le CEA permet de répondre à la demande de justification du caractère pénalisant, par rapport à un scénario de chute inclinée, du scénario de chute à plat étudié initialement, pour ce qui concerne les équipements dotés d'une exigence de comportement en cas de chute d'emballage (trappe et le béton du puits). Elle confirme en outre les résultats établis dans le cadre de l'étude précédente, à savoir que les équipements mécaniques seraient endommagés à la suite de la chute de l'emballage. **Ainsi, pour l'IRSN, la semelle d'exploitation ne serait plus opérante et la trappe plus manœuvrable.** Par ailleurs, le risque d'entrebâillement de la trappe, lié à une ouverture du tiroir, à une déformation des portées de joints ou à une rupture des liaisons vissées au niveau du caisson, ne peut être exclu. **Toutefois, l'IRSN considère que ces équipements ne seraient pas susceptibles de se rompre au point de constituer des agresseurs des colis entreposés dans le puits.**

Enfin, le CEA indique que les soudures de la semelle d'exploitation devront être redimensionnées. **Ce point n'appelle pas de commentaire.**

3. ANALYSE DU RISQUE D'EXPOSITION EXTERNE

En réponse à la demande de justification de l'acceptabilité d'éventuelles fissures traversantes dans le béton en tête de puits en cas de chute d'un emballage, le CEA a transmis une évaluation des débits de dose dans le hall MI dans cette situation, le puits étant supposé contenir quatre colis de déchets (remplissage maximal).

3.1. ETUDE DES DÉBITS DE DOSE EN CAS DE FISSURATION DU GÉNIE CIVIL

L'étude réalisée par le CEA comporte deux étapes de calcul. Dans la première étape, l'utilisation d'une modélisation simplifiée à l'aide du logiciel MICROSIELD permet au CEA d'obtenir un ordre de grandeur du débit d'équivalent de dose (DED) à différentes hauteurs au-dessus de la trappe. Sur cette base, le CEA conclut que le zonage radiologique du hall MI serait respecté (zone contrôlée jaune) en cas de fissuration du béton. **Sur la base de ses propres calculs, l'IRSN confirme cette première estimation.**

Dans une seconde étape, le CEA a réalisé des calculs à l'aide du logiciel RAYXPRT permettant une modélisation plus fine des équipements mécaniques supposés présents au-dessus du puits (trappe, semelle, emballage) et de la fissuration du béton. Comme indiqué au paragraphe 2.1.2 du présent avis, le CEA suppose dans cette situation une fissure traversante dans le béton d'épaisseur égale à 5 mm. Sur la base de cette seconde estimation, le CEA confirme que le zonage radiologique du hall MI (zone contrôlée jaune) serait respecté en cas de chute d'emballages.

En conclusion, le CEA considère que, en cas de chute de l'ETCMI, les conséquences de la fissuration du massif en béton, en termes de débits de dose dans le hall MI, seraient limitées du fait de la présence des équipements mécaniques et du caractère très localisé d'un éventuel dépassement du DED par rapport au zonage radiologique du hall MI. En outre, le CEA précise que, en cas de chute d'un colis ou d'un emballage, le respect du zonage radiologique fera l'objet d'une vérification par le service de protection contre les rayonnements (SPR), **ce qui est satisfaisant.**

Aussi, bien que les écarts apparents entre les valeurs de DED obtenues avec les deux modélisations n'aient pas pu être complètement justifiés au cours de l'expertise, les conclusions du CEA n'appellent pas de remarque.

Pour l'IRSN, l'étude présentée par le CEA permet de répondre à la demande de justification de l'acceptabilité, du point de vue des débits de dose résultants, d'éventuelles fissures traversantes dans le béton en tête de puits en cas de chute d'un emballage (ETCMI ou château MI).

Toutefois, comme indiqué dans l'avis [2], l'IRSN estime qu'un endommagement de la trappe aurait dû être pris en compte dans les estimations du CEA. Ce point est discuté ci-après.

3.2. PRISE EN COMPTE DE L'ENDOMMAGEMENT DE LA TRAPPE DANS L'ÉVALUATION DES DÉBITS D'ÉQUIVALENT DE DOSE DANS LE HALL MI

Pour le CEA, les études présentées au paragraphe 3.1 du présent avis démontrent que l'ED associée à l'EIP « massif béton du puits E5 » n'est pas remise en cause en cas de fissuration du béton en tête de puits et d'endommagement de la trappe. **Aucune ouverture de la trappe n'est cependant modélisée par le CEA**, celui-ci considérant en effet, sur la base de l'étude mécanique qu'il a réalisée (cf. § 2.1.3), que cette ouverture n'est pas réaliste.

À ce sujet, l'IRSN souligne que le dispositif d'ouverture et de fermeture de la trappe (vis sans fin) n'est pas modélisé. Au cours de l'expertise, le CEA a précisé que l'étude mécanique de chute d'un emballage était limitée au comportement structurel des éléments impactés par la chute (trappe, semelle d'exploitation, génie civil). Le modèle par éléments finis réalisé par le CEA n'intègre pas de composants de taille réduite tels que la vis sans fin du dispositif d'ouverture et de fermeture de la trappe, ceci afin que les durées de calculs dynamiques restent raisonnables. **Lors de l'expertise, le CEA a convenu que, au vu des résultats de calculs obtenus, la dégradation de la vis sans fin ne pouvait pas être exclue.**

Dans ce contexte, le CEA précise que, en cas d'ouverture intempestive de la trappe, les protections biologiques de la semelle et de l'emballage, ainsi que le tiroir de la semelle et les tiroirs de la trappe, contribueraient à la limitation du DED dans le hall MI. En outre, comme indiqué plus haut, le respect du zonage sera en tout état de cause vérifié *in situ* par le SPR qui réalisera, avant toute intervention dans le hall MI après une chute d'emballage, des mesures de DED. En cas de non-respect des exigences définies, des mesures conservatoires (mise en place de protections biologiques mobiles, établissement d'une zone d'exclusion balisée, etc.), définies par l'exploitant et le SPR dans le cadre de la gestion de la chute incidentelle, seront mises en œuvre.

L'IRSN relève que le CEA n'évalue pas le DED dans le hall MI après retrait de l'ETCMI du puits. Au cours de l'expertise, le CEA a précisé que, dans cette configuration, des mesures conservatoires, analogues à celles précitées, seront également mises en œuvre.

Les dispositions de vérifications et de limitation des DED prévues par le CEA en cas de chute d'emballage afin de maintenir la zone du puits en zone contrôlée jaune n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN.

4. ENDOMMAGEMENT DU CHÂTEAU MI EN CAS DE CHUTE

En réponse à la demande de l'ASN de justifier l'absence d'endommagement significatif du château MI en cas de chute lors de son transfert au-dessus de la semelle d'exploitation, le CEA a analysé le risque de poinçonnement de la plaque inférieure du château MI par les tubes carrés de la semelle d'exploitation. **Les calculs du CEA montrent qu'aucune déformation plastique n'apparaît au niveau du contact entre ces éléments.**

Le CEA présente également une synthèse des paramètres de qualification des emballages comparés à leurs conditions d'utilisation dans l'installation, notamment la hauteur de manutention. Les règles techniques d'exploitation (RTE) du château MI mentionnent à cet égard une hauteur de manutention maximale du château MI de 1,2 m. Or les règles générales d'exploitation de l'INB n°37-A et la procédure de manutentions de l'installation mentionnent une hauteur de 1,4 m. **L'IRSN estime que le CEA doit mettre en cohérence le référentiel de sûreté de l'INB n°37-A sur ces aspects. Ceci est intégré aux éléments transmis par le CEA en fin d'expertise portant engagement de modifier les RGE de l'INB n°37-A pour prendre en compte les différentes configurations possibles de manutention des emballages dans l'installation, ce qui est satisfaisant.**

L'analyse du risque d'endommagement du château MI en cas de chute lors de son transfert n'appelle pas d'autre remarque de la part de l'IRSN. Elle permet de répondre à la demande de l'ASN précitée.

5. RISQUE D'EXPLOSION DÛ À LA RADIOLYSE

Les dispositions de prévention d'un risque d'explosion dû au dégagement d'hydrogène de radiolyse par les colis de déchets consistent à mettre l'ETCMI fermé en position d'état sûr (connexion au sas d'exploitation, raccordement à la ventilation procédé, ouverture du couvercle supérieur). En cas de chute de l'ETCMI et d'indisponibilité du pont 20 tonnes, ces dispositions ne pourraient pas être mises en œuvre. Le CEA a précisé que la mise à l'air libre de la cavité interne de l'ETCMI s'effectuerait alors par dévissage et retrait des capots et couvercle supérieurs de l'emballage. **Ceci n'appelle pas de remarque de l'IRSN.**

Enfin, il convient de noter que la révision du dossier de sûreté du modèle d'emballage ETCMI est en cours d'instruction. **La comparaison entre les paramètres de qualification de l'emballage et les conditions d'utilisation de celui-ci dans l'installation au regard de la maîtrise des risques liés au dégagement de gaz de radiolyse pourra être effectuée dans ce cadre.**

6. CONCLUSION

Sur la base des documents examinés, tenant compte des informations transmises par le CEA au cours de l'expertise, l'IRSN estime que le CEA a répondu de manière globalement satisfaisante aux demandes de l'ASN formulées dans le cadre de l'instruction de la demande d'autorisation de mettre en œuvre l'emballage ETCMI dans l'INB n°37-A.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Emmanuel GROLLEAU

Chef du Service de Sécurité des installations nucléaires de recherche,
des installations de traitement des effluents et des déchets, des irradiateurs
et des installations en démantèlement

ANNEXE 1 À L'AVIS IRSN N° 2021-00138 DU 23 JUILLET 2021

Rappel des demandes formulées par l'ASN

Dans le cadre de l'instruction de la demande d'autorisation de mise en œuvre de l'emballage ETCMI dans l'INB n° 37-A, les compléments suivants demandés par l'ASN au CEA restaient à apporter :

- démontrer l'acceptabilité d'éventuelles fissures traversantes dans le béton en tête de puits en cas de chute d'un colis ;
- justifier l'absence d'endommagement significatif du château MI en cas de chute lors de son transfert au-dessus de la semelle d'exploitation ;
- justifier que le scénario de chute à plat reste pénalisant par rapport à un scénario de chute inclinée.

Rappel de la recommandation formulée dans l'avis cité en référence [2]

L'IRSN recommande que le CEA réalise une étude visant à évaluer les débits de dose dans le hall des puits après une chute de l'emballage ETCMI, en tenant compte d'un endommagement enveloppe de la trappe X6 induit par la chute.