

Fontenay-aux-Roses, le 10 février 2017

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2017-00056

Objet : Transport - Établissement AREVA NC de La Hague
Système de transport interne HERMES-MERCURE

Réf. Lettre ASN CODEP-DTS-2016-020463 du 6 septembre 2016

Par lettre citée en référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) demande l'avis et les observations de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur les éléments présentés en août 2016 par la société AREVA NC pour améliorer la sûreté du système de transport dit « HERMES-MERCURE ».

Contexte

Le système de transport HERMES-MERCURE est utilisé pour le transport, à l'intérieur de l'établissement AREVA NC de La Hague, des fûts contenant des déchets de structure issus des opérations de cisailage et de dissolution des assemblages combustibles. Le système de transport est composé de l'emballage, de son contenu et de la plate-forme de transport. Il existe deux exemplaires de l'emballage, dénommés respectivement HERMES et MERCURE, et deux plates-formes de transport.

En 2014, dans le cadre de l'analyse du dossier de réexamen de sûreté de l'INB n°116, l'IRSN a présenté aux groupes permanents d'experts pour les usines et les transports son évaluation de la sûreté du système de transport HERMES-MERCURE. En conclusion, ces groupes permanents ont souligné que les principes de conception de ce système de transport ne correspondaient pas à l'état de l'art actuel, dans la mesure notamment où sa sûreté repose en grande partie sur des dispositions opérationnelles visant à limiter les situations incidentelles et accidentelles. Dans ce contexte, AREVA NC s'est engagé à revoir la sûreté de ce système de transport, en améliorant le comportement des éléments de sûreté (protection radiologique et confinement) en situations incidentelles et accidentelles.

Les éléments transmis en août 2016 présentent les modifications des emballages et des plates-formes de transport définies par l'exploitant, ainsi que les études de pré-dimensionnement associées. De l'expertise de ces éléments, l'IRSN retient les points importants suivants.

Adresse courrier
BP 17
92262 Fontenay-aux-Roses
Cedex France

Siège social
31, av. de la Division Leclerc
92260 Fontenay-aux-Roses
Standard +33 (0)1 58 35 88 88
RCS Nanterre B 440 546 018

Description du système de transport HERMES-MERCURE

Emballage et plate-forme de transport

L'emballage HERMES-MERCURE, de forme parallélépipédique, est constitué :

- d'une embase horizontale en acier,
- de trois panneaux verticaux et d'un toit, composés d'environ 20 cm de plomb et d'une enveloppe d'acier,
- d'une porte de type guillotine, composée d'environ 20 cm de plomb et d'une enveloppe d'acier.

Les trois panneaux verticaux, l'embase et le toit de l'emballage sont fixés entre eux par des vis ou des tiges filetées. La porte est verrouillée en position fermée par deux pions situés en partie inférieure, qui viennent se placer dans des logements usinés dans l'embase, ainsi que par deux tourillons en partie haute, qui se positionnent dans des équerres rapportées sur la face supérieure du toit. Le toit de l'emballage présente deux orifices pour le système de ventilation qui maintient la cavité de l'emballage en dépression.

La plate-forme dédiée aux transports du colis HERMES-MERCURE est un véhicule routier automoteur de type « plate-forme élévatrice ». Elle est équipée d'un système d'arrimage de l'emballage.

Contenus et aménagements internes

Les contenus transportés sont des déchets de structure issus des opérations de cisailage et de dissolution des assemblages combustibles. Ces déchets sont :

- les embouts des assemblages en acier inoxydable,
- les coques (tronçons de gaines de combustibles) et les éléments des assemblages (grilles, ressorts...), majoritairement en alliage de zirconium,
- des fines issues du cisailage des gaines et des fines de dissolution (insolubles) en faible quantité,
- le cas échéant, des tronçons de chemises d'assemblages combustibles.

Les déchets sont conditionnés dans des fûts de type « fûts navette » ou « fûts ECE ». Un emballage peut contenir au plus deux fûts placés sur un chariot.

Situations incidentelles et accidentelles retenues et critères de dimensionnement associés

Pour le dimensionnement des renforcements du système de transport, l'exploitant définit les situations incidentelles et accidentelles à considérer et les exigences de sûreté associées.

Les situations incidentelles retenues pour ce système de transport sont :

- un choc latéral contre un trottoir au cours du roulage à vitesse maximale (7 km/h),
- un choc frontal contre un quai d'accostage à vitesse réduite (0,5 km/h).

Les situations accidentelles retenues pour ce système de transport sont :

- un choc frontal contre un obstacle fixe à vitesse maximale de roulage (7 km/h),
- une collision latérale, par un véhicule tiers, entraînant le basculement du système de transport.

Pour rappel, dans le cadre du réexamen de sûreté de l'INB n°116, il a été justifié qu'un incendie ne mettrait pas en cause la sûreté du système de transport HERMES-MERCURE.

Enfin, l'exploitant ne retient pas de cumul des situations incidentelles et accidentelles.

L'IRSN estime globalement satisfaisantes les situations incidentelles et accidentelles retenues, compte tenu des conditions opérationnelles de transport du système de transport HERMES-MERCURE. Néanmoins, l'exploitant étudie la situation accidentelle de choc frontal uniquement en marche avant. Le système de transport HERMES-MERCURE effectuant certaines manœuvres en marche arrière, l'IRSN estime qu'une collision en marche arrière doit être considérée comme situation accidentelle. **Ce point fait l'objet de la recommandation 1.1 présentée en annexe 1 au présent avis.**

L'exploitant définit des exigences de sûreté associées aux situations incidentelles et accidentelles, d'une part pour les intervenants, d'autre part pour le public et l'environnement. À cet égard, dans le cadre du réexamen de sûreté de l'INB n°116, il avait retenu pour ces situations un débit de dose maximal de 10 mSv/h à 1 mètre du colis. Ce critère est celui retenu dans la réglementation des transports sur la voie publique pour les situations accidentelles. Selon l'exploitant, ce critère est respecté dès lors que la porte guillotine de l'emballage ne se soulève pas de plus d'environ 2 cm. **Ceci n'appelle pas de remarque de l'IRSN.**

Aussi, pour les analyses du comportement mécanique du système de transport, les critères retenus par l'exploitant sont la non-déformation des structures en situation incidentelle (contraintes inférieures à la limite d'élasticité des matériaux) et leur non-rupture en situation accidentelle (déformations plastiques des matériaux inférieures à la celle à la rupture). **Le critère retenu en situation incidentelle n'appelle pas de remarque de l'IRSN.** Concernant les situations accidentelles, l'IRSN considère que des marges par rapport à la rupture doivent être conservées, a minima pour certains éléments essentiels, tels que les éléments de fixation des panneaux de l'emballage (vis, tiges filetées, inserts, écrous). En effet, la rupture de ces éléments est susceptible d'entraîner une augmentation très importante du débit de dose (effet falaise). **Ceci fait objet de la recommandation 4.1 présentée en annexe 1 au présent avis.**

Enfin, dans le dossier examiné, l'exploitant ne considère pas la fonction de confinement des matières radioactives assurée par les fûts. Pour rappel, dans le cadre du réexamen de sûreté de l'INB n°116, il s'est engagé à renforcer le système de fermeture des fûts « navette » et à qualifier leur comportement en situations incidentelles et accidentelles par des essais. Le comportement des fûts ECE a été jugé suffisant, compte tenu des essais de chute déjà réalisés pour ces derniers. L'exploitant a transmis, en 2014, des éléments d'amélioration des fûts « navette ». Toutefois, l'IRSN a estimé que la suffisance de ces améliorations devait être confirmée par les essais, qui n'ont toujours pas été réalisés.

Modifications du système de transport

En l'état actuel, le système d'arrimage de l'emballage sur la plate-forme de transport est constitué de quatre butées (deux à l'avant et deux à l'arrière de l'emballage) et de deux verrous bloquant les translations longitudinales. L'exploitant a défini les modifications suivantes de ce système :

- renforcement des quatre butées et suppression des verrous,
- mise en place de quatre vérins hydrauliques, solidaires de la plate-forme, placés au contact de l'embase de l'emballage pour bloquer ses déplacements latéraux.

De plus, afin d'améliorer le comportement de l'emballage en situation incidentelle ou accidentelle, l'exploitant a décidé d'installer autour de l'emballage un exosquelette soudé à la plate-forme de transport. Cet exosquelette est équipé d'une porte, verrouillée par deux loquets, permettant l'entrée et la sortie de l'emballage. Il est équipé d'amortisseurs d'impact sur ses faces latérales, constitués d'une enveloppe en acier inoxydable remplie de mousse phénolique. Enfin, en configuration de transport, des vérins fixés à l'exosquelette viennent au contact de l'emballage (quatre vérins hydrauliques au niveau de chaque panneau latéral de l'emballage, quatre vis-vérins au niveau de la porte). Par ailleurs, des butées sur le toit de l'emballage réduisent le jeu entre ce toit et l'exosquelette.

En outre, l'exploitant renforce les équerres de support des tourillons de la porte de l'emballage afin de limiter le risque de soulèvement de cette porte en situation accidentelle.

L'IRSN estime que, sur le principe, ces renforcements amélioreront la sûreté du système de transport HERMES-MERCURE.

Le dossier de l'exploitant ne précise pas le jeu entre le toit de l'emballage et l'exosquelette, tenant compte des butées. Or, le comportement du système de transport en situation accidentelle de basculement pourrait être sensible à la valeur de ce jeu. Lors de l'instruction, l'exploitant indique qu'il pourrait être de l'ordre de 10 mm. Ceci n'appelle pas de commentaire.

Par ailleurs, l'exosquelette ne présente pas d'appui sur le panneau arrière de l'emballage, où se situe notamment le système de confinement dynamique de l'emballage. De ce fait, la situation accidentelle de collision en marche arrière pourrait conduire à un déplacement du panneau arrière, les efforts induits par le choc dans le panneau et ses fixations n'étant pas repris. Comme indiqué précédemment, **l'IRSN estime que la prise en compte d'une collision accidentelle en marche arrière devra être analysée, en considérant la vitesse retenue pour les marches arrière.**

Pré-dimensionnement des modifications

L'exploitant a transmis :

- une étude de dimensionnement des quatre butées et des quatre vérins hydrauliques du système d'arrimage,
- des analyses de comportement mécanique du système de transport HERMES-MERCURE dans les situations incidentelles et accidentelles retenues.

Éléments de fixation

Pour le dimensionnement des butés et vérins hydrauliques, l'exploitant s'appuie sur un modèle de calcul par éléments finis du système de transport avec ses fixations. Ceci est satisfaisant sur le principe. Cependant, la modélisation des fixations des panneaux n'est pas suffisamment détaillée et pourrait être inadaptée pour prendre en compte les efforts de cisaillement de ces fixations. Par ailleurs, la tenue des inserts, des écrous et des filets des vis et tiges filetées n'est pas analysée. En outre, les efforts de précharge ne sont pas pris en compte. Enfin, les contraintes calculées dans les vis et tiges filetées de fixation des panneaux de l'emballage ne sont pas systématiquement précisées, ou il n'est pas distingué dans les résultats les contraintes de cisaillement et de traction.

Ces points font l'objet des recommandations 2.1 et 2.2 présentées en annexe 1 et de l'observation 1.1 en annexe 2 au présent avis.

En outre, même après la mise en place des améliorations, l'intégrité de l'emballage, en particulier la tenue en place des panneaux, repose sur la tenue des éléments de fixation (vis, tiges filetées, écrous et inserts). Or, l'étude de dimensionnement réalisée par l'exploitant pour la situation accidentelle de basculement latéral conclut à des marges de sécurité limitées, alors que le critère adopté est la limite à la rupture.

Par ailleurs, les emballages HERMES et MERCURE ont été fabriqués respectivement en 1986 et 1990. Aucune opération de maintenance n'est prévue pour la visserie. L'exploitant, dans le cadre de la démarche d'examen de la conformité et du vieillissement, a examiné les emballages HERMES et MERCURE, mais n'a pas pu se prononcer sur les caractéristiques mécaniques réelles des éléments de visserie (vis, tiges filetées, inserts, écrous), sur leur serrage ou leur profondeur d'implantation. **Étant donné l'importance de ces éléments, l'IRSN considère que l'exploitant devrait étudier la possibilité de réaliser des investigations complémentaires. À cet égard, compte tenu des difficultés pour réaliser de telles investigations, l'IRSN considère nécessaire de prendre des marges de sécurité pour ces éléments. Ce point est intégré dans la recommandation 4.1 en annexe 1 au présent avis.**

Vérins hydrauliques

Le système de transport HERMES-MERCURE modifié comporte douze vérins hydrauliques répartis sur les deux faces latérales (quatre au niveau de l'embase et huit au niveau des panneaux latéraux). Il s'agit de dispositifs peu utilisés jusqu'à présent pour les moyens de transport de matière radioactive.

Dans le dossier transmis, les vérins sont assimilés à des butées. Or, les vérins hydrauliques sont des systèmes dynamiques et leur réponse (raideur, oscillations...) dépend de la manière dont les efforts sont appliqués. À cet égard, l'IRSN estime que l'exploitant devrait qualifier les vérins utilisés pour caractériser leur réponse aux efforts, en situations incidentelles et accidentelles.

Par ailleurs, l'exploitant n'a pas spécifié d'exigence de non-endommagement des vérins hydrauliques dans les différentes conditions de transport. Or, si un vérin est dégradé lors d'un évènement (par exemple percement de sa chambre hydraulique), sa réponse sera modifiée. Aussi, l'IRSN estime que l'exploitant devrait spécifier une exigence de non-endommagement des vérins hydrauliques dans les différentes conditions de transport.

Ces points font l'objet des recommandations 3.1 et 3.2 présentées en annexe 1 au présent avis et de l'observation 2.1 en annexe 2 au présent avis.

Analyse de comportement mécanique du système HERMES-MERCURE modifié

Dimensionnement des éléments du système d'arrimage

Le dimensionnement du nouveau système d'arrimage est réalisé en considérant les accélérations en transport routier issues de la norme *NF EN 12195*. S'agissant de transport interne à vitesse réduite, cette hypothèse est enveloppe et n'appelle pas de remarque de l'IRSN.

L'exploitant dimensionne les vérins et les butées s'appuyant sur l'embase pour reprendre les efforts en situation incidentelle. L'embase étant ainsi immobilisée, les efforts subis par le colis sont uniquement ceux dus au poids des panneaux et des fûts soumis à la décélération liée au choc. L'exploitant vérifie que les contraintes équivalentes dans les vis des panneaux de l'emballage, les pions, les tourillons et les équerres de la porte restent inférieures à la limite élastique des matériaux. **Hormis les commentaires formulés ci-avant sur la modélisation des éléments de fixation de l'emballage, cette analyse n'appelle pas de remarque de l'IRSN.**

Modélisation de l'exosquelette

L'exploitant analyse par calcul le comportement mécanique, en situations incidentelles et accidentelles, du système de transport HERMES-MERCURE équipé de son exosquelette. Plusieurs éléments (butées, vérins hydrauliques, vis-vérins, équerres de la porte, verrous et charnières de la porte de l'exosquelette...) ne sont pas à ce stade explicitement modélisés. Ils ont remplacés par des modèles simplifiés, dans l'objectif d'évaluer les efforts subis par ces composants dans les différentes configurations incidentelles et accidentelles. Les efforts évalués sont par la suite utilisés pour dimensionner le composant concerné. Cette démarche est recevable à ce stade du dossier.

Étude des situations incidentelles de transport

Concernant le scénario de choc contre le quai d'accostage à la vitesse réduite, les études montrent que les contraintes restent inférieures à la limite d'élasticité des matériaux. **Ceci est satisfaisant.**

Pour le scénario de choc contre un trottoir, les contraintes obtenues dans certains composants (enveloppes d'acier de l'emballage, éléments de la plate-forme et de l'exosquelette...) dépassent la limite d'élasticité. Toutefois, l'exploitant estime que cela n'est pas de nature à mettre en cause la sûreté du système de transport HERMES-MERCURE, ces dépassement étant limités et très locaux. **L'IRSN estime cette analyse acceptable.**

En conclusion, pour les situations incidentelles, l'exploitant estime que le déplacement maximal de la porte de l'emballage est inférieur à 5 mm, valeur inférieure au critère de 2 cm retenu. **Ces résultats n'appellent pas de remarque.**

Aussi, au stade actuel des études, l'IRSN note que les améliorations définies par l'exploitant devraient permettre de dimensionner le système de transport aux situations incidentelles de transport.

Étude des situations accidentelles de transport

Dans toutes les situations accidentelles modélisées (choc contre un obstacle fixe et basculement), les déformations plastiques dans les composants restent inférieures à leur déformation à la rupture. Pour les situations accidentelles, l'exploitant conclut à un déplacement maximal de la porte de

l'emballage inférieur à 1 cm, inférieur au critère de 2 cm retenu. En outre, à partir des efforts mesurés, l'exploitant a déterminé les caractéristiques mécaniques minimales pour les équerres de la porte de l'emballage, les charnières de la porte, les supports de vérin de l'exosquelette et les dimensions de la soudure des vis vérins de la porte de l'exosquelette.

Cependant, comme indiqué précédemment, toutes les contraintes dans les éléments de fixation, en particulier dans les vis, ne sont pas précisées. De plus, certaines vis dépassent leur limite élastique, en particulier dans la situation accidentelle de basculement.

À cet égard, pour la situation accidentelle de basculement, les marges de sûreté dégagées par les calculs sont réduites. Compte tenu des remarques formulées précédemment, concernant la modélisation utilisée, les critères retenus et l'analyse de la conformité des emballages, l'IRSN estime que, à ce stade, le dimensionnement du système de transport modifié au scénario de basculement du système de transport n'est pas acquis.

En outre, l'exploitant devrait vérifier que la hauteur des pions situés en partie inférieure de la porte est suffisante pour exclure leur sortie des logements lors du soulèvement maximal de la porte. Ceci fait objet de l'observation 3.1 présentée en annexe 2 au présent avis.

Conclusion

L'IRSN estime satisfaisantes les situations incidentelles et accidentelles définies par l'exploitant, ainsi que les exigences de sûreté associées.

Sur la base des éléments de prédimensionnement transmis, l'exploitant conclut que les améliorations définies (renforcement de l'arrimage, exosquelette...) permettent de dimensionner le système de transport pour l'ensemble des situations incidentelles et accidentelles retenues.

Toutefois, l'intégrité de l'emballage HERMES-MERCURE modifié repose avant tout sur les éléments de fixation de ses parois (embase, parois latérales, panneau de fond et toit). Les améliorations apportées visent à limiter les efforts subis par ces éléments de fixation mais ne peuvent pas les reprendre entièrement. À cet égard, l'exploitant n'est pas en mesure de contrôler ces éléments de fixation et l'analyse de ces éléments réalisée à ce stade reste sommaire. De plus, les contraintes calculées dégagent peu de marge, notamment pour le scénario de basculement du système de transport.

Aussi, à ce stade des études, si les améliorations définies par l'exploitant devraient permettre de dimensionner le système de transport aux situations incidentelles de transport et à la situation accidentelle de choc frontal, l'IRSN estime que le dimensionnement du système de transport modifié à la situation accidentelle de basculement n'est pas acquis.

Aussi, l'exploitant doit continuer à analyser les améliorations possibles à l'égard de ce scénario, notamment des dispositions complémentaires visant à empêcher le déboitement du panneau arrière de l'emballage, qui n'est pas en appui sur l'exosquelette.

Toutefois, compte tenu des apports pour la sûreté des améliorations proposées, l'IRSN est favorable à la poursuite des actions engagées et à la mise en place des renforcements définis. Pour leur dimensionnement final, l'exploitant devra toutefois prendre en compte les recommandations rappelées en annexe 1 au présent avis.

Par ailleurs, les marges de sûreté pour la situation de basculement apparaissant d'ores et déjà réduites, l'IRSN estime que l'exploitant doit compléter les dispositions adoptées lors des transports pour limiter l'occurrence d'un tel scénario (par exemple par la mise en place de barrières assurant lors des transports l'absence de véhicule tiers) et définir pour ce scénario un scénario accidentel dans le plan d'urgence interne (PUI) de l'établissement.

Enfin, l'exploitant devrait également prendre en compte les observations présentées en annexe 2 du présent avis.

Pour le Directeur général et par délégation,
Igor LE BARS,
Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

Annexe 1 à l'avis IRSN n° 2017-00056 du 10 février 2017

Recommandations de l'IRSN

1 Situation accidentelle de transport à prendre en compte

- 1.1 Retenir, comme situation accidentelle de transport, la collision en marche arrière du système de transport HERMES-MERCURE contre un objet fixe.

2 Éléments de fixation

- 2.1 Vérifier la tenue de l'ensemble des éléments participant à la fixation des panneaux de l'emballage (vis, tiges filetées, écrous, inserts) dans les situations incidentelles et accidentelles de transport.
- 2.2 Pour la vérification de la tenue des vis, en particulier des vis de fixation des panneaux de l'emballage, prendre en compte la précharge appliquée au serrage de ces éléments.

3 Vérins hydrauliques

- 3.1 Spécifier une exigence de non-endommagement des vérins hydrauliques dans les différentes conditions de transport.
- 3.2 Caractériser la réponse du système de vérin retenu aux efforts, dans l'axe du vérin et normalement à l'axe du vérin, induits dans les situations incidentelles et accidentelles de transport. Démontrer que le modèle utilisé dans les études (butée fixe) est pertinent (dans l'axe du vérin et normalement à l'axe du vérin).

4 Critères de dimensionnement

- 4.1 Identifier les éléments fondamentaux pour lesquels le critère de dimensionnement mécanique en situation accidentelle doit conserver des marges par rapport au critère de non-rupture et définir un critère de dimensionnement portant sur la contrainte et l'allongement calculés, considérant des marges par rapport à la rupture. Dans cette démarche, prendre en compte les incertitudes portant sur la conformité et le vieillissement des éléments.

Annexe 2 à l'avis IRSN n° 2017-00056 du 10 février 2017

Observations de l'IRSN

1 Éléments de fixation

- 1.1 Distinguer, dans le calcul de la contrainte dans les vis de fixation des panneaux, la part due aux efforts en traction et la part due aux efforts en cisaillement.

2 Vérins hydrauliques

- 2.1 Transmettre le protocole de qualification des vérins hydrauliques, avant sa mise en oeuvre.

3 Critères de dimensionnement

- 3.1 Vérifier que la hauteur des pions situés en partie inférieure de la porte est suffisante pour qu'ils ne sortent pas de leurs logements lors du soulèvement maximal de la porte.