

Fontenay-aux-Roses, le 29 septembre 2017

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2017-00302

Objet : Transport interne - Établissement AREVA NC de La Hague  
Améliorations des systèmes de transport EMEM, CEFE et CBF-C2

Réf. Lettre ASN CODEP-DTS-2017-007006 du 17 février 2017

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 décembre 2016 par la société AREVA NC pour améliorer la sûreté des systèmes de transport EMEM (enceinte mobile d'évacuation de matériel), CEFE (conteneur étanche fermeture étanche) et CBF-C2 (conteneur béton fibre - cylindrique 2), utilisés exclusivement pour le transport interne de substances radioactives au sein de l'établissement AREVA NC de La Hague.

## 1 CONTEXTE

En 2015, dans le cadre de l'instruction par l'IRSN du dossier de réexamen de sûreté de l'INB n° 116 (usine UP3-A), la société AREVA NC s'est engagée à démontrer que les systèmes de transport interne EMEM, CEFE et CBF-C2 garantissent le maintien des fonctions de sûreté, notamment la protection radiologique et le confinement, en situations incidentelles et accidentelles de transport et, le cas échéant, à réaliser, avant fin 2018, les améliorations permettant d'atteindre ces objectifs. Dans ce contexte, en décembre 2016, l'exploitant a présenté les modifications définies pour chacun des systèmes de transport, ainsi que les études de pré-dimensionnement associées. De l'expertise de ces éléments et des compléments d'information transmis au cours de l'instruction, l'IRSN retient les points importants suivants.

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

## 2 DESCRIPTION DES SYSTEMES DE TRANSPORT

### 2.1 Système de transport EMEM

Le système de transport EMEM est utilisé pour le transport de déchets technologiques et mécaniques irradiants (pompes, valves, filtres de ventilation, etc.) ainsi que des échantillons de matières radioactives liquides ou solides.

Le corps de l'EMEM, de forme générale cylindrique d'axe vertical, est composé de plusieurs viroles en acier inoxydable et d'une épaisseur de plomb renforçant la protection radiologique.

Siège social  
31, av. de la Division Leclerc  
92260 Fontenay-aux-Roses  
Standard +33 (0)1 58 35 88 88  
RCS Nanterre 8 440 546 018

Un grappin motorisé, servant à la préhension du contenu, est situé en partie haute. La partie basse de l'EMEM est fermée par un ensemble de couronnes en acier inoxydable, un bouchon rempli de plomb et une tôle en acier inoxydable équipée d'un joint. L'EMEM dispose également de deux tourillons pour la manutention et de quatre oreilles pour l'arrimage. Un système de ventilation, alimenté par des batteries dans une armoire électrique autonome fixée à l'extérieur de l'EMEM, maintient une dépression dans la cavité en fonctionnement normal.

N'étant pas en mesure de justifier le maintien des fonctions de sûreté dans toutes les conditions de transport, notamment la protection radiologique et le confinement de l'EMEM, l'exploitant propose la mise en place d'une protection mécanique autour de l'EMEM et les modifications suivantes de l'EMEM :

- la fixation de façon rigide de l'armoire de ventilation autonome sur la face extérieure de l'EMEM ;
- la modification du concept des tourillons afin de limiter les efforts en cas d'impact ;
- le remplacement de certaines vis de l'EMEM par des vis de qualité supérieure.

Selon les éléments présentés par l'exploitant, la protection mécanique de l'EMEM est composée de deux coques (inférieure et supérieure) et d'un couvercle interne. Les coques, de forme cylindrique, sont constituées d'une enveloppe en acier, contenant de la mousse phénolique. Le couvercle, équipé de filtres métalliques et d'un joint élastomère, est vissé à la coque inférieure. La coque supérieure est fixée sur la coque inférieure par des broches à billes. La protection mécanique dispose également de plusieurs manilles pour permettre la réalisation des opérations de manutention et d'arrimage de celle-ci sur la remorque de transport dédiée.

## **2.2 Système de transport CEFE**

Le système de transport CEFE permet le transport de déchets de procédé et technologiques ainsi que des pièces mécaniques en vue d'une remise en état ou d'une décontamination. Le CEFE est composé d'un corps cylindrique et d'un couvercle parallélépipédique coulissant, constitués d'une couche de plomb comprise entre deux tôles d'acier. Il contient un fût « CEFE » en acier inoxydable, fermé par un couvercle clipsé sur les bords du fût et muni d'un joint en élastomère ainsi que d'un filtre en papier de fibres de verre. Le confinement des substances radioactives du système de transport CEFE est assuré par le fût.

N'étant pas en mesure de justifier le maintien des fonctions de sûreté dans toutes les conditions de transport, notamment la protection radiologique et le confinement du CEFE, l'exploitant propose la mise en place d'une protection mécanique autour du CEFE. Selon les éléments présentés par l'exploitant, la protection mécanique du CEFE, de forme générale parallélépipédique, est composée d'une coque inférieure, d'un couvercle et d'une coque supérieure. Les coques sont constituées d'une enveloppe en acier contenant de mousse phénolique. La coque supérieure est fixée sur la coque inférieure au moyen de broches à bille. Le couvercle, en acier inoxydable, est équipé d'un joint en élastomère et est vissé à la coque inférieure. La protection mécanique dispose d'oreilles pour permettre l'arrimage de la protection mécanique sur la remorque de transport dédiée ; en outre, des évidements sont prévus dans la protection mécanique pour le passage des fourches du chariot élévateur utilisé pour sa manutention.

## **2.3 Système de transport CBF-C2**

L'emballage CBF-C2 contient un ou deux conteneurs CBF-C2 ou CAC (conteneur amiante ciment) de déchets conditionnés. Le conteneur CBF-C2 est constitué d'une coque en béton-fibre moulé. Il contient :

- des déchets technologiques confinés dans des « enveloppes » (telles que des fûts en acier noir, des étuis en acier noir, des conteneurs en polyéthylène) enrobées dans du béton-fibre ;

- des résines échangeuses d'ions incorporées dans un coulis de ciment et contenues dans un fût en acier, lui-même enrobé dans du béton-fibre.

Le conteneur CAC est composé d'une virole en amiante-ciment, d'un fond et d'un couvercle en acier. Ce conteneur contient des déchets technologiques confinés dans des « enveloppes » (telles que des fûts en acier noir, des étuis en acier noir, des conteneurs en polyéthylène) enrobées dans un coulis de ciment.

L'emballage CBF-C2 est composé de deux parties principales : le corps de l'emballage, ayant la forme d'un demi-cylindre d'axe horizontal et le portique. Le corps se compose d'une dalle rectangulaire en acier, d'une enveloppe externe constituée d'une couche de plomb placée entre deux tôles d'acier, d'une plaque de fond en acier soudée à l'enveloppe externe et d'une porte guillotine. L'enveloppe externe est vissée sur la dalle. Le portique est constitué d'une plate-forme horizontale supportant le corps et de deux jambes verticales équipées en partie basse de deux galets chacune. Le corps est fixé sur le portique par quatre boulons traversant la dalle. Un véhicule de type « plate-forme élévatrice » dédié permet le transport de l'emballage CBF-C2.

Le confinement des substances radioactives du système de transport CBF-C2 est assuré par les conteneurs, qui sont qualifiés pour assurer la non-dispersion de substances radioactives en cas de chute d'une hauteur de 1,2 mètre. La protection radiologique est assurée par les conteneurs et par l'emballage. N'étant pas en mesure de justifier le maintien de la protection radiologique de l'emballage CBF-C2 dans toutes les conditions de transport, l'exploitant propose :

- de modifier l'emballage CBF-C2 en renforçant la liaison de l'enveloppe externe sur la dalle, la fixation du corps de l'emballage sur le portique et le verrouillage de la porte ;
- d'ajouter un arceau « anti-retournement » équipé d'amortisseurs d'impact en mousse phénolique (deux de chaque côté) sur le portique ;
- d'ajouter un système de détection d'obstacle sur la plate-forme ; ces capteurs détectent les obstacles fixes à moins de 7 m et avertissent le conducteur par une signalisation sonore et visuelle reportée en cabine.

### **3 SITUATIONS ET CRITERES DE DIMENSIONNEMENT RETENUS**

Pour le dimensionnement des renforcements des systèmes de transport EMEM et CEFE, l'exploitant définit les situations incidentelles et accidentelles à considérer suivantes :

- en situation incidentelle, un choc contre un trottoir à la vitesse maximale du roulage de la remorque de transport (25 km/h) en prenant en compte un vent de 130 km/h ;
- en situation accidentelle :
  - une chute libre d'une hauteur de 2,5 mètres sur une dalle indéformable ;
  - un incendie intrinsèque au moyen de transport.

L'exploitant estime que ces situations accidentelles sont enveloppes de celles qu'il s'est engagé à traiter pour les systèmes de transport circulant sur les voies dédiées au transport interne de l'établissement de La Hague (renversement de la remorque chargée, choc frontal contre un objet fixe, collision latérale du système de transport avec un véhicule représentatif, incendie intrinsèque au moyen de transport). L'IRSN estime que la prise en compte d'une chute de 2,5 m sur une cible indéformable, dans l'orientation la plus pénalisante, permet effectivement de prendre en compte les situations accidentelles précitées correspondant à des agressions mécaniques de ces systèmes

de transport (EMEM et CEFE) qui circulent, selon les informations transmises par l'exploitant, sur les voies dédiées aux opérations de transport interne de l'établissement de La Hague.

Pour le dimensionnement des renforcements du système de transport CBF-C2, l'exploitant définit les situations incidentelles et accidentelles à considérer suivantes :

- en situation incidentelle : un choc contre un trottoir à la vitesse maximale de roulage du véhicule de transport (7 km/h) ;
- en situation accidentelle :
  - un choc frontal contre un objet fixe ;
  - une collision latérale entraînant un basculement du système de transport ;
  - un incendie intrinsèque au moyen de transport.

Étant donné les conditions opérationnelles de transport du système CBF-C2, l'IRSN estime acceptable les situations incidentelles et accidentelles retenues.

Par ailleurs, pour les analyses du comportement mécanique des trois systèmes de transport, les critères retenus par l'exploitant sont la non-déformation des structures en situation incidentelle (déformations inférieures à 0,2 %) et leur non-rupture en situation accidentelle (déformations plastiques des matériaux inférieures à leur allongement 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 suffisantes par rapport à la rupture doivent être conservées, au moins pour certains éléments essentiels, tels que les éléments de fixation des couvercles des protections mécaniques. En effet, la rupture de ces éléments est susceptible d'entraîner une augmentation significative de la quantité de substances radioactives relâchée dans l'environnement. **Ceci fait objet de la recommandation 1.1 présentée en annexe 1 au présent avis.**

Enfin, l'exploitant retient des critères de débit d'équivalent de dose à respecter autour des colis en fonctionnement normal et, pour le système de transport CBF-C2, en situation accidentelle ainsi que des critères de vérification d'acceptabilité des conséquences radiologiques (doses efficace ou équivalente) pour les travailleurs et pour l'environnement liées aux rejets de substances radioactives pour les situations incidentelles et accidentelles considérées. L'IRSN note, en premier lieu, que l'exploitant n'a pas retenu de critères de débit d'équivalent de dose à respecter en situations accidentelles des systèmes de transport EMEM et CEFE dans la mesure où il considère que les améliorations prévues de ces systèmes de transport permettront d'éviter, en situation accidentelle, la dégradation des écrans radiologiques et donc une augmentation significative des débits d'équivalent de dose autour des colis. L'IRSN estime que l'exploitant devrait s'assurer de ce point dans le cadre du dimensionnement final des améliorations prévues. **Ceci fait l'objet de l'observation 1.1 formulée en annexe 2 au présent avis.**

En second lieu, l'IRSN note que l'exploitant n'a pas défini de critères de relâchement d'activité en fonctionnement normal, en situation incidentelle et accidentelle pour les systèmes de transport EMEM et CEFE, alors que les améliorations proposées par l'exploitant de ces systèmes ont pour objectif notamment d'assurer la fonction confinement de ces systèmes de transport. **Aussi, en complément des critères de vérification d'acceptabilité des conséquences, l'IRSN estime que l'exploitant devra définir de tels critères de relâchement d'activité pour le dimensionnement final des améliorations prévues des systèmes de transport.** Pour rappel, dans le cas des transports sur la voie publique, le relâchement maximal d'activité spécifié par la réglementation est de  $10^{-6}$  A<sub>2</sub>/h en fonctionnement normal ou en situation incidentelle et de 1 A<sub>2</sub>/semaine en conditions accidentelles de transport. Il convient de rappeler que de tels critères ont également été retenus par l'exploitant pour les opérations de transport

interne à l'établissement de La Hague avec de nouveaux concepts de colis. Pour l'IRSN, de tels critères devraient être retenus, sauf justifications étayées, pour les systèmes de transport « améliorés » EMEM, et CEFE. Ceci fait l'objet de la recommandation 1.2 formulées en annexe 1 au présent avis.

## 4 JUSTIFICATIONS DE SURETE DU SYSTEME DE TRANSPORT EMEM

### 4.1 Analyse mécanique

L'exploitant étudie le comportement mécanique du système de transport EMEM amélioré, en situations incidentelles et accidentelles, par des calculs numériques en dynamique rapide, afin de pré-dimensionner la protection mécanique et les améliorations à apporter à l'EMEM.

Pour la situation incidentelle considérée (i.e. choc contre un trottoir à la vitesse de 25 km/h), l'étude de pré-dimensionnement réalisée montre que la protection mécanique est globalement capable de reprendre les efforts. Cependant, l'exploitant identifie de faibles déformations plastiques et propose des actions correctives, visant soit à améliorer l'amortissement de la remorque, soit à renforcer la protection mécanique au niveau des déformations identifiées. **L'IRSN estime que la démarche d'amélioration retenue est acceptable. L'exploitant devra donc prendre en compte ces dispositions dans le cadre du dimensionnement final des améliorations du système de transport EMEM. Ce point fait objet de l'observation 2.1 mentionnée en annexe 2 au présent avis.**

Pour la situation accidentelle considérée (i.e. chute de 2,5 m sur une cible indéformable), l'étude réalisée montre que les viroles de l'EMEM plastifient sans atteindre la limite à la rupture. En revanche, certaines vis de fixation des couronnes du fond de l'EMEM plastifient, entraînant un risque de perte de compression du joint de l'EMEM et donc son confinement. Les conséquences de la perte de compression de ce joint sont analysées au paragraphe 4.3 ci-dessous relatif au confinement du système de transport EMEM. Pour ce qui concerne la protection mécanique, l'étude réalisée montre qu'elle remplit son rôle d'amortisseur en absorbant plus de 90 % de l'énergie de chute. Les vis de fixation du couvercle de la protection mécanique ne plastifient pas et n'entraînent donc pas, selon l'exploitant, de perte de compression du joint torique présent à l'interface entre le couvercle et la coque inférieure. Cependant, l'IRSN considère que pour garantir le maintien de la compression du joint et donc un rôle de confinement, l'exploitant devrait, en plus de l'absence de déformation plastique des vis, justifier une valeur minimale d'effort de serrage des vis à l'issue de la chute libre d'une hauteur de 2,5 m. **Dans la mesure où cela permettrait de fortement limiter le relâchement d'activité lié à une perte d'étanchéité de l'EMEM, l'IRSN estime que l'exploitant devrait tenir compte de ce point dans le cadre du dimensionnement final de la protection mécanique. Ceci fait l'objet de l'observation 2.2 présentée en annexe 2 au présent avis.**

En outre, l'exploitant indique que les études de pré-dimensionnement réalisées seront complétées par :

- une étude de qualification du comportement de la mousse phénolique de la protection mécanique sur la plage de température de fonctionnement ;
- un essai de chute libre de la protection mécanique chargée d'une maquette représentative d'une EMEM dans l'objectif de valider le modèle de calcul numérique.

**L'IRSN estime que la démarche présentée par l'exploitant pour consolider les études de pré-dimensionnement réalisées est acceptable sur le principe.**

Par ailleurs, l'IRSN note que la contrainte de déformation de la mousse phénolique retenue par l'exploitant dans ses études est plus faible que la contrainte usuellement constatée pour ces mousses. Étant donné l'importance de ce

paramètre pour le dimensionnement de la protection mécanique, l'IRSN estime que l'exploitant devrait s'assurer (par une étude de faisabilité par exemple) de pouvoir disposer d'une mousse présentant de telles caractéristiques mécaniques, en préalable au dimensionnement final de la protection mécanique. Ce point fait objet de l'observation 2.3 présentée en annexe 2 au présent avis.

#### 4.2 Analyse thermique

Les analyses de comportement thermique du système de transport EMEM modifié consistent à déterminer la température maximale atteinte par les composants de la protection mécanique et de l'EMEM, d'une part sous l'effet de l'ensoleillement réglementaire dans les conditions normales de transport de la réglementation applicable aux transports sur la voie publique, d'autre part lors d'un incendie intrinsèque du système de transport d'une durée de 30 minutes. Pour le cas de l'incendie, deux positions de la protection mécanique sont prises en compte : position verticale et position horizontale (résultant d'un renversement du système de transport).

Les études réalisées par l'exploitant montrent que les températures maximales atteintes au niveau des composants sensibles (le plomb, le joint élastomère de l'EMEM, etc.) présentent une marge importante par rapport aux critères admissibles de tenue de ces composants. L'exploitant en conclut que l'incendie intrinsèque n'est pas de nature à remettre en cause la sûreté du système de transport. **Les études thermiques réalisées par l'exploitant n'appellent pas de remarque.**

#### 4.3 Confinement

Les études de comportement mécanique de la protection mécanique chargée d'une EMEM en situations accidentelles de transport montrent qu'il existe un risque de perte de compression du joint élastomère équipant l'EMEM, pouvant remettre en cause le confinement statique de ce système de transport. Aussi, l'exploitant a évalué les conséquences radiologiques liées à une dissémination de substances radioactives en dehors du système de transport. Cette étude a été réalisée en considérant, sans justification particulière, que 10 % de l'activité contenue dans l'EMEM est relâchée en dehors de la protection radiologique. Dans la mesure où cette étude conclut que les critères d'admissibilité des conséquences radiologiques définis sont respectés, l'exploitant estime qu'il n'est pas nécessaire de prendre des dispositions particulières pour assurer le confinement du système de transport EMEM.

L'IRSN estime que la position de l'exploitant de ne pas prendre des dispositions particulières pour garantir le confinement du système de transport en situation accidentelle, en raison du seul respect des critères radiologiques retenus, n'est pas satisfaisante au plan des principes. Ceci est renforcé par le fait que les conséquences radiologiques du scénario d'accident étudié ne sont pas négligeables. En effet, pour l'IRSN, le dimensionnement des améliorations proposées par l'exploitant (protection mécanique principalement) doivent viser à assurer le meilleur niveau d'étanchéité possible du système de transport, afin de limiter, aussi bas que raisonnablement possible, les conséquences radiologiques des situations accidentelles.

À cet égard, l'IRSN estime que les conséquences radiologiques peuvent être raisonnablement abaissées et de façon importante, en assurant le confinement au niveau de la protection mécanique. En effet, cette protection est équipée d'un joint en élastomère dont la compression est maintenue à l'issue des chutes libres d'une hauteur 2,5 mètres simulant les situations accidentelles de transport. Aussi, pour l'IRSN, un taux de fuite de ce joint peut donc être déterminé en fonctionnement normal et garanti au cours des situations accidentelles. **Aussi, l'IRSN considère que le concept de la protection mécanique doit être modifié pour garantir le maintien de la fonction de confinement dans toutes les situations de transport. De plus, l'IRSN estime que le programme d'essais de chute sur une maquette représentative du système de transport EMEM modifié, prévu par l'exploitant, devra**

être complété afin de vérifier le maintien de l'étanchéité de la protection mécanique en situation accidentelle. Ce point fait objet des recommandations 2.1 et 2.2 présentées en annexe 1 au présent avis.

## 5 JUSTIFICATIONS DE SURETE DU SYSTEME DE TRANSPORT CEFE

### 5.1 Analyse mécanique

L'exploitant étudie la tenue mécanique du système de transport CEFE amélioré, en situations incidentelles et accidentelles, par des calculs numériques en dynamique rapide, afin de pré-dimensionner la protection mécanique.

Pour la situation incidentelle de transport considérée (i.e. choc contre un trottoir à la vitesse de 25 km/h), l'étude réalisée montre que les déformations du système de transport sont négligeables à l'issue du choc. Cette étude n'appelle pas de remarque de l'IRSN.

Pour les situations accidentelles de transport considérées, l'étude réalisée montre que les vis de fixation du couvercle de la protection mécanique ne plastifient pas et n'entraînent donc pas, selon l'exploitant, de perte de compression du joint torique présent à l'interface entre le couvercle et la coque inférieure. Cependant, l'IRSN considère que pour garantir le maintien de la compression du joint, l'exploitant devrait, en plus de l'absence de déformation plastique des vis, justifier une valeur minimale d'effort de serrage des vis à l'issue de la chute libre d'une hauteur de 2,5 m. **Ce point fait objet de l'observation 3.1 présentée en annexe 2 au présent avis.** Les broches à billes maintenant la coque supérieure rompent dans certaines configurations, sans remettre en cause la sûreté du système de transport. Cependant, le CEFE subit des déformations plastiques importantes entraînant des ruptures localisées, en particulier du couvercle du fût CEFE et un risque important de perte du confinement, dont les conséquences font l'objet du paragraphe 5.3 relatif au confinement du système de transport CEFE.

En outre, l'exploitant indique que les études de pré-dimensionnement réalisées seront complétées par :

- une étude de qualification du comportement de la mousse phénolique sur la plage de température de fonctionnement ;
- un essai de chute libre de la protection mécanique chargée d'une maquette représentative d'un CEFE dans l'objectif de valider le modèle de calcul numérique.

L'IRSN estime que la démarche présentée par l'exploitant pour consolider les études de pré-dimensionnement réalisées est acceptable sur le principe.

Par ailleurs, de même que pour la protection mécanique du système de transport EMEM, l'IRSN estime que l'exploitant devrait s'assurer (par une étude de faisabilité par exemple) de pouvoir disposer d'une mousse phénolique présentant les caractéristiques mécaniques retenues dans les études, en préalable au dimensionnement final de la protection mécanique. Ce point fait objet de l'observation 3.2 mentionnée en annexe 2 au présent avis.

### 5.2 Analyse thermique

Les analyses de comportement thermique du système de transport CEFE modifié consistent à déterminer la température maximale atteinte par les composants de la protection mécanique et du CEFE, d'une part sous l'effet de l'ensoleillement réglementaire dans les conditions normales de transport de la réglementation applicable aux transports sur la voie publique, d'autre part lors d'un incendie intrinsèque du système de transport pour une durée

de 30 minutes. Pour le cas de l'incendie, deux positions de la protection mécanique sont prises en compte : position verticale et position horizontale (résultant d'un renversement du système).

Les études réalisées par l'exploitant montrent que les températures maximales atteintes au niveau des composants sensibles (le plomb, le joint élastomère du CEFE, etc.) présentent une marge importante par rapport aux critères admissibles de tenue de ces composants. L'exploitant en conclut que l'incendie intrinsèque n'est pas de nature à remettre en cause la sûreté du système de transport. **Les études thermiques réalisées par l'exploitant n'appellent pas de remarque.**

### 5.3 Confinement

Les études de comportement mécanique de la protection mécanique chargée d'un CEFE en situations accidentelles de transport montrent qu'il existe un risque de perte de confinement du fût CEFE. Aussi, l'exploitant a évalué les conséquences radiologiques liées à une dissémination de substances radioactives en dehors du système de transport. Cette étude a été réalisée en considérant, sans justification particulière, que 10 % de l'activité contenue dans le CEFE est relâchée hors de la protection radiologique. Dans la mesure où cette étude conclut que les critères d'admissibilité des conséquences radiologiques définis sont respectés, l'exploitant estime qu'il n'est pas nécessaire de prendre des dispositions particulières pour assurer le confinement du système de transport CEFE.

De même que pour le système de transport EMEM, l'IRSN estime que la position de l'exploitant de ne pas prendre de dispositions particulières pour garantir le confinement du système de transport en situation accidentelle, en raison du seul respect des critères radiologiques retenus, n'est pas satisfaisante au plan des principes. À cet égard, l'IRSN estime que les conséquences radiologiques peuvent être raisonnablement abaissées et de façon importante, en assurant le confinement au niveau de la protection mécanique, au vu des résultats des études de comportement mécanique au niveau du joint de la protection mécanique. **Aussi, l'IRSN considère que le concept de la protection mécanique doit être modifié pour garantir le maintien de la fonction de confinement du système de transport dans toutes les situations de transport. De plus, l'IRSN estime que le programme d'essais de chute sur une maquette représentative du système de transport CEFE modifié, prévu par l'exploitant, devra être complété afin de vérifier le maintien de l'étanchéité de la protection mécanique en situation accidentelle. Ce point fait objet des recommandations 3.1 et 3.2 présentées en annexe 1 au présent avis.**

## 6 JUSTIFICATIONS DE SURETE DU SYSTEME DE TRANSPORT CBF-C2

### 6.1 Analyse mécanique

L'exploitant étudie la tenue mécanique du système de transport CBF-C2 renforcé, en situations incidentelles et accidentelles, par des calculs numériques en dynamique rapide.

Pour la situation incidentelle considérée (i.e. choc contre un trottoir à la vitesse de 7 km/h), l'étude réalisée met en exergue de faibles déformations plastiques ; l'exploitant propose de renforcer les parties de l'emballage au niveau des déformations observées. Pour la situation accidentelle considérée, l'étude réalisée conclut à des déformations plastiques importantes et la rupture de certaines vis fixant l'emballage sur le portique. Or, la chute de l'emballage de son portique n'est pas étudiée et serait susceptible d'avoir des conséquences radiologiques importantes. Aussi, dans le dossier transmis, l'exploitant propose de nombreuses actions correctives, visant à renforcer cette liaison. Celles-ci ne sont pas encore définies à ce stade du projet. L'IRSN estime que la démarche d'amélioration peut être acceptable sous réserve que l'exploitant justifie leur pertinence dans le cadre du dossier



présentant le dimensionnement final des améliorations proposées du système de transport CBF-C2. **Ce point fait objet de l'observation 4.1 mentionnée en annexe 2 au présent avis.**

En outre, l'exploitant indique que ces études seront complétées par une étude de qualification du comportement de la mousse phénolique sur la plage de température de fonctionnement. À cet égard, l'IRSN formule la même remarque que celle formulée pour les systèmes de transport EMEM et CEFE, concernant les caractéristiques mécaniques retenues pour cette mousse dans les études. **Ce point fait objet de l'observation 4.2 mentionnée en annexe 2 au présent avis.**

Par ailleurs, pour certaines liaisons vissées du système, l'exploitant prévoit d'augmenter la classe des vis actuelle. L'IRSN note que les vis de classes envisagées par l'exploitant présentent un risque de rupture fragile résultant de la présence d'hydrogène. À cet égard, l'IRSN estime que l'exploitant devrait limiter l'utilisation de ces vis et étudier d'autres alternatives de renfort. Le cas échéant, en cas d'utilisation de ces vis, l'exploitant devrait justifier l'absence de risque de rupture fragile, en s'appuyant notamment sur les spécifications de fabrication et les modalités d'approvisionnement des vis. **Ce point fait objet de l'observation 4.3 mentionnée en annexe 2 au présent avis.**

## 6.2 Analyse thermique

Les analyses de comportement thermique du système de transport CBF-C2 modifié consistent à déterminer la température maximale atteinte par les composants de la protection mécanique et du colis CBF-C2, d'une part sous l'effet de l'ensoleillement réglementaire dans les conditions normales de transport de la réglementation applicable aux transports sur la voie publique, d'autre part lors d'un incendie intrinsèque du système de transport pour une durée de 30 minutes. Pour le cas de l'incendie, deux positions sont prises en compte : position verticale et position horizontale (résultant d'un renversement du système).

Les études réalisées par l'exploitant montrent que les températures maximales atteintes au niveau des composants sensibles (pour le plomb notamment) présentent une marge importante par rapport aux critères admissibles de tenue de ces composants. L'exploitant en conclut que l'incendie intrinsèque n'est pas de nature à remettre en cause la sûreté du système de transport. **Les études thermiques réalisées par l'exploitant n'appellent pas de remarque.**

## 7 CONCLUSION

À l'issue de l'évaluation réalisée, l'IRSN estime que les dispositions proposées par l'exploitant pour garantir le maintien des fonctions de sûreté des systèmes de transport interne EMEM et CEFE pour toutes les conditions de transport, notamment par la mise en place d'une protection mécanique, sont de nature à améliorer la sûreté de ces systèmes. Toutefois, l'IRSN estime que l'exploitant devra prendre des dispositions complémentaires pour le dimensionnement final des protections mécaniques des systèmes de transport EMEM et CEFE afin que celles-ci assurent un confinement suffisant des substances radioactives en situation accidentelle. Ceci fait l'objet des recommandations formulées en annexe 1 au présent avis.

Pour ce qui concerne le système de transport CBF-C2, l'IRSN estime que les dispositions proposées par l'exploitant sont également de nature à améliorer la sûreté de ce système de transport. Toutefois, dans le cadre des études de pré-dimensionnement réalisées, l'exploitant a identifié des mesures correctives visant à renforcer le comportement mécanique du système de transport. Celles-ci devront être prises en compte par l'exploitant dans le dimensionnement final des améliorations proposées.

Enfin, l'IRSN estime que l'exploitant devrait tenir compte des observations formulées en annexe 2 au présent avis, dans le cadre du dimensionnement final des dispositions prévues pour améliorer la sûreté des systèmes de transport EMEM, CEFE et CBF-C2.

Pour le directeur général, par délégation

Jean-Paul DAUBARD

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

Annexe 1 à l'Avis IRSN n° 2017-00302 du 29 septembre 2017

**Recommandations à prendre en compte pour le dimensionnement final des améliorations proposées des systèmes de transport EMEM, CEFE et CBF-C2**

1 Critères de dimensionnement des systèmes de transport EMEM, CEFE et CBF-C2

- 1.1 Identifier les composants des systèmes de transport améliorés dont le critère de dimensionnement mécanique en situation accidentelle doit conserver des marges par rapport au critère de non-rupture et définir, pour ces composants, un critère de dimensionnement portant sur la contrainte et l'allongement calculés, considérant des marges par rapport à la rupture.
- 1.2 Définir des critères de relâchement maximal d'activité en fonctionnement normal, en situation incidentelle et accidentelle. Justifier le caractère suffisant de ces critères si ceux-ci sont supérieurs à ceux retenus pour la conception des nouveaux concepts de colis de transport interne à l'établissement de La Hague.

2 Système de transport EMEM

- 2.1 Modifier le concept de la protection mécanique afin que celle-ci permette d'assurer le confinement des substances radioactives pour toutes les conditions de transport (fonctionnement normal, situation incidentelle et accidentelle) ; justifier que les dispositions retenues permettent le respect des critères retenus de relâchement maximal d'activité.
- 2.2 Compléter le programme prévu d'essai de chute libre de la protection mécanique chargée d'une maquette représentative d'une EMEM afin de vérifier le maintien de l'étanchéité de la protection mécanique en situation accidentelle.

3 Système de transport CEFE

- 3.1 Modifier le concept de la protection mécanique afin que celle-ci permette d'assurer le confinement des substances radioactives pour toutes les conditions de transport (fonctionnement normal, situation incidentelle et accidentelle) ; justifier que les dispositions retenues permettent le respect des critères retenus de relâchement maximal d'activité.
- 3.2 Compléter le programme prévu d'essai de chute libre de la protection mécanique chargée d'une maquette représentative d'un CEFE afin de vérifier le maintien de l'étanchéité de la protection mécanique en situation accidentelle.

Annexe 2 à l'Avis IRSN n° 2017-00302 du 29 septembre 2017

Observations

1 Critère de débit d'équivalent de dose des systèmes de transport EMEM et CEFE

1.1 Vérifier le caractère acceptable des débits d'équivalent de dose autour des systèmes de transport EMEM et CEFE en situation accidentelle.

2 Système de transport EMEM

2.1 Justifier le caractère suffisant des mesures correctives retenues pour supprimer les déformations plastiques identifiées dans les études de pré-dimensionnement réalisées pour la situation incidentelle considérée.

2.2 Justifier, afin de garantir le maintien en compression du joint équipant la protection mécanique en situations accidentelles, le respect d'une valeur minimale d'effort de serrage des vis à l'issue de la chute libre d'une hauteur de 2,5 mètre.

2.3 Vérifier, en préalable au dimensionnement final de la protection mécanique, que la mousse phénolique qui sera mise en place présente des caractéristiques mécaniques conformes à celles retenues dans les études de pré-dimensionnement.

3 Système de transport CEFE

3.1 Justifier, afin de garantir le maintien en compression du joint équipant la protection mécanique en situations accidentelles, le respect d'une valeur minimale d'effort de serrage des vis à l'issue de la chute libre d'une hauteur de 2,5 mètre.

3.2 Vérifier, en préalable au dimensionnement final de la protection mécanique, que la mousse phénolique qui sera mise en place présente des caractéristiques mécaniques conformes à celles retenues dans les études de pré-dimensionnement.

4 Système de transport CBF-C2

4.1 Justifier le caractère suffisant des mesures correctives retenues pour supprimer les déformations plastiques identifiées dans les études de pré-dimensionnement réalisées pour les situations incidentelles et accidentelles considérées.

4.2 Vérifier, en préalable au dimensionnement final de la protection mécanique, que la mousse phénolique qui sera mise en place présente des caractéristiques mécaniques conformes à celles retenues dans les études de pré-dimensionnement.

4.3 Étudier d'autres alternatives de renfort de certaines liaisons vissées du système CBF-C2 afin de se dispenser de l'utilisation des vis de classe élevée pouvant présenter un risque de rupture fragile résultant de la présence d'hydrogène. Le cas échéant, justifier l'absence de risque de rupture fragile, en s'appuyant notamment sur les spécifications de fabrication et les modalités d'approvisionnement des vis.