

Fontenay-aux-Roses, le 13 octobre 2017

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2017-00324

Objet : Transport - Site CEA de Cadarache  
Modifications des règles générales d'exploitation des INB n°53, n°123 et n°169 relatives à l'emballage TN-BGC 1 chargé de matières uranifères et plutonifères (contenu n°47)

Réf. Lettre ASN CODEP-DTS-2017-029888 du 28 juillet 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 modifications des règles générales d'exploitation (RGE) des installations nucléaires de base (INB) n°53 (MCMF), n°123 (LEFCA) et n°169 (MAGENTA) transmises par le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) en avril 2017. Ces modifications portent sur les opérations de transport interne au site de Cadarache de l'emballage TN-BGC 1 chargé de matières uranifères et plutonifères (contenu n°47).

Le CEA a également transmis un projet de règles techniques d'exploitation (RTE) du modèle de colis TN-BGC 1 chargé du contenu n°47, cité en référence dans les projets de modification des RGE des trois INB précitées.

De l'évaluation des justifications de sûreté présentées par le CEA, l'IRSN retient les points principaux suivants.

## 1 CONTEXTE

L'emballage TN-BGC 1 est composé d'une cage parallélépipédique à l'intérieur de laquelle est fixé un corps de forme générale cylindrique, lui-même équipé d'un système de fermeture et d'un capot amortisseur. Il est conçu pour le transport de contenus très différents, conditionnés dans des conteneurs en acier inoxydable munis de joints en élastomère et calés à l'intérieur de la cavité de l'emballage.

Le modèle de colis TN-BGC 1 est agréé pour le transport sur la voie publique de matières uranifères et plutonifères différentes du contenu n°47, en tant que colis de type B chargé de matières fissiles.

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 8 440 546 018

Le contenu n° 47 est composé de matières uranifères et plutonifères pouvant être placées dans des boîtes, étuis et housses en matière polymère ou métalliques (dits « aménagements internes » dans le présent avis) et qui sont conditionnées dans un conteneur cylindrique fermé par un couvercle muni de joints d'étanchéité. Le CEA a divisé le contenu n° 47 en plusieurs sous-contenus en fonction de la composition chimique ( $\text{PuO}_2$ ,  $\text{UO}_2$ ,  $\text{U}_3\text{O}_8$ , métallique, carbure...) et isotopique de la matière. Trois types de conteneur peuvent être utilisés :

- les conteneurs AA 203 et AA 204, qui sont en acier inoxydable, et qui sont utilisés pour le transport sur la voie publique d'autres contenus du modèle de colis TN-BGC 1 ;
- un conteneur dit « exotique » dont la nature et l'épaisseur des parois ne sont pas complètement connues bien que, selon le CEA, vraisemblablement similaires à celles des conteneurs précités. Sur ce point, l'IRSN note que seul le contenu n° 47a-3 est conditionné dans le conteneur « exotique » ; **ceci devrait être clairement spécifié dans les RTE. Cela fait l'objet de l'observation n° 1.2 mentionnée en annexe 2 au présent avis.**

Le CEA a précisé, au cours de l'instruction, qu'une dizaine de conteneurs, actuellement entreposés dans l'installation MCMF depuis plusieurs décennies, ont été identifiés pour un transport en direction du LEFCA et de MAGENTA sous couvert des RTE associées au contenu n° 47. Il convient de noter que l'installation MCMF ne dispose pas des équipements nécessaires pour ouvrir les conteneurs avant le transport.

## 2 DEMONSTRATION DE SURETE

Le CEA s'appuie sur les justifications d'un contenu similaire au contenu n° 47 (contenu n° 10) de l'emballage TN-BGC 1, agréé pour le transport sur la voie publique. Le CEA vérifie que les justifications relatives au contenu n° 10 sont adaptées pour le contenu n° 47, sauf sur les points suivants :

- pour le sous-contenu n° 47a-3, la tenue mécanique du conteneur « exotique » ;
- la maîtrise des dégagements gazeux ; l'atmosphère du conteneur est susceptible de contenir des gaz inflammables accumulés durant la période d'entreposage et ne peut pas être contrôlée avant le transport ;
- le risque de pyrophoricité, l'uranium et le plutonium pouvant être sous forme de poudre métallique dans le contenu n° 47 ;
- la sûreté-criticité du fait notamment de la présence potentielle de modérateur dans les conteneurs et des incertitudes concernant le maintien de la géométrie du conteneur « exotique ».

La démarche du CEA n'appelle pas de commentaire. Ces quatre points sont examinés dans les paragraphes suivants.

### 2.1 Comportement mécanique du modèle de colis

Dans le cadre des précédentes demandes d'agrément pour le modèle de colis TN BCG 1, le CEA a justifié la tenue mécanique du modèle de colis chargé des conteneurs AA 203 et AA 204 dans les conditions normales et accidentelles de transport (CNT et CAT) définies dans la réglementation de transport sur la voie publique. Ceci couvre les CNT et CAT définies dans les règles générales de transport interne (RGTI) du site de Cadarache.

Le CEA n'a pas étudié le comportement mécanique du conteneur dit « exotique ». Toutefois, le CEA considère, de façon pénalisante, qu'il est ruiné dans toutes les démonstrations de sûreté.

## 2.2 Risques associés aux phénomènes de radiolyse et thermolyse

### 2.2.1 Production de gaz par radiolyse

La substance radioactive à transporter peut être conditionnée dans des housses en diverses matières polymères. En outre, le taux d'humidité des poudres n'est pas connu. Par conséquent, la production de gaz de radiolyse n'est pas quantifiable. De plus, le niveau d'étanchéité des conteneurs et aménagements internes n'est pas connu. Aussi, la teneur en dihydrogène à l'intérieur des conteneurs et des aménagements internes entreposés pendant plusieurs dizaines d'années ne peut pas être évaluée.

La justification du CEA d'absence de risque associé à ces dégagements gazeux repose sur :

- la mise en place de mesures compensatoires visant à maintenir le conteneur dans les conditions de température de l'entreposage (durée du transport aussi courte que possible, température dans le moyen de transport limitée à 21°C (température d'entreposage), transport sous bâche de couleur claire et transport effectué avant 11h). En effet, pour une même teneur en dihydrogène, les risques d'explosion du mélange gazeux augmentent avec la température ;
- le retour d'expérience concernant le transport de l'emballage TN-BGC 1 chargé des contenus n°44 et n°45.

Les contenus n°44 et n°45 sont de nature chimique similaire au contenu n°47, et la masse maximale admissible de plutonium est significativement supérieure à celle des contenus n°44 et n°45. Plusieurs dizaines de transports ont été récemment réalisés au départ du MCMF et à destination du LEFCA et de MAGENTA. A l'issue de ces transports, le CEA a procédé à des mesures d'hydrogène et d'activité dans le ciel des emballages TN-BGC 1. Il n'a pas identifié de contamination radioactive dans le ciel des emballages TN-BGC 1 et a mesuré une quantité de dihydrogène toujours inférieure à la limite inférieure d'inflammabilité (LII). De plus, le CEA n'a relevé aucune surpression lors de l'ouverture des conteneurs au LEFCA.

Cependant, le conservatisme des contenus n°44 et n°45, notamment concernant la quantité de matière radiolysable disponible et l'étanchéité des conteneurs, ne peut pas être démontré par le CEA. De plus, aucune mesure du taux de dihydrogène n'a été réalisée dans les conteneurs ; l'absence de surpression dans le conteneur ne signifie pas que la LII n'était pas dépassée. En outre, des quantités de dihydrogène non négligeables ont été relevées dans la cavité de l'emballage après des transports des contenus n°44 et n°45 de seulement quelques jours (jusqu'à 0,5 % en trois jours), ce qui témoigne d'une présence de dihydrogène dans certains conteneurs. Par conséquent, l'IRSN considère que l'accumulation de dihydrogène dans les conteneurs entreposés au MCMF ne peut pas être exclue. Les risques liés à une telle accumulation de dihydrogène sont analysés ci-après.

### 2.2.2 Risques induits par une accumulation de dihydrogène dans un conteneur

Dans le cadre des précédentes demandes d'agrément pour le modèle de colis TN-BGC 1, le CEA a justifié que les conteneurs AA 203 et AA 204 résisteraient à la pression induite par l'explosion d'un mélange de gaz inflammable (hydrogène et air) à une pression initiale de l'ordre de 7 bar et que l'emballage TN-BGC 1 résisterait à la pression induite par l'explosion d'un mélange gazeux inflammable à la pression initiale de l'ordre de 10 bar. Le comportement mécanique du conteneur « exotique » en cas d'explosion n'est en revanche pas connu.

La pression des gaz à l'intérieur des conteneurs n'est pas connue. Au regard de la caractérisation insuffisante des contenus, en particulier concernant l'étanchéité des conteneurs et aménagements internes, et de leur durée d'entreposage (plusieurs dizaines d'années), l'IRSN estime que la présence, dans les conteneurs, de mélanges

gazeux avec des pressions internes supérieures à celles prises en compte dans les études de tenue à l'explosion ne peut pas être exclue. Aussi, l'IRSN considère que les cas de figure suivants sont envisageables :

- pour les conteneurs AA 203 et AA 204 :
  - soit la pression dans le conteneur est inférieure à environ 7 bar ; dans ce cas, les études déjà réalisées montrent que celui-ci résisterait à une éventuelle explosion d'un mélange gazeux,
  - soit la pression dans le conteneur est supérieure à environ 7 bar, ce qui suppose une bonne étanchéité du conteneur. Étant donné les dispositions prises à sa fermeture, celui-ci contenait une quantité d'air équivalente à celle correspondante à un bar (pression atmosphérique). Dans ce cas, le mélange gazeux dans le conteneur (au moins 6 bar d'hydrogène et 1 bar d'air) serait dans une proportion supérieure à la limite supérieure d'explosivité (LSE) de l'hydrogène dans l'air à température ambiante ;
- pour le conteneur exotique :
  - soit la pression dans le conteneur est inférieure à 13 bar ; étant donné que le volume libre dans la cavité de l'emballage TN-BGC 1 est environ égal à celui du conteneur, la ruine du conteneur (non liée à une explosion) conduirait à une pression dans la cavité de l'emballage au plus de 7 bar ; les études déjà réalisées montrent que l'emballage résisterait à une éventuelle explosion d'un tel mélange gazeux. En cas d'explosion du mélange gazeux à l'intérieur du conteneur, les éléments disponibles suggèrent que cela ne serait pas de nature à conduire à une perte de résistance de l'emballage ; toutefois, un relâchement d'activité ne serait pas exclu,
  - soit la pression dans le conteneur est supérieure à 13 bar, ce qui suppose une bonne étanchéité du conteneur. Pour des raisons similaires à celles évoquées ci-dessus concernant les conteneurs AA 203 et AA 204, le mélange gazeux serait dans une proportion supérieure à la limite supérieure d'explosivité (LSE) de l'hydrogène dans l'air.

Par conséquent, l'IRSN considère que les risques liés à l'accumulation de dihydrogène sont faibles. Toutefois, afin de réduire les risques d'inflammabilité dans la cavité de l'emballage dans le cas le plus vraisemblable du chargement d'un conteneur intègre et inétanche, l'IRSN estime que le CEA devra réaliser une mesure de dihydrogène dans la cavité de l'emballage TN-BGC 1 au minimum deux jours après sa fermeture, et que celle-ci devra être extrapolée sur la durée maximale du transport, égale à 13 jours, afin de vérifier que la LII ne sera pas dépassée pendant le transport. L'IRSN propose de compléter en conséquence les mesures compensatoires déjà prévues par le CEA dans les RTE pour ces opérations de transport interne. Ceci fait l'objet du premier point de la recommandation mentionnée en annexe 1 au présent avis.

Par ailleurs, le CEA n'a pas évalué les dommages aux conteneurs AA 203 et AA 204 en cas d'explosion à l'intérieur des aménagements internes. Aussi, une explosion dans les aménagements internes pourrait affecter la géométrie des conteneurs et un relâchement de matière fissile hors de ces derniers ne peut pas être exclu. Les conséquences sur les justifications de sûreté-criticité et de relâchement d'activité d'une éventuelle explosion sont traitées ci-après.

## 2.3 Risque de pyrophoricité

Le contenu n°47 peut contenir de l'uranium et du plutonium métallique sous forme de poudre. Ces matières présentent un risque de pyrophoricité, c'est-à-dire qu'elles sont susceptibles de s'oxyder au contact de l'air en produisant beaucoup de chaleur. Le risque de pyrophoricité augmentant avec la température, le CEA prévoit des dispositions pour limiter la température atteinte par le contenu pendant le transport. De plus, le CEA considère que le retour d'expérience sur l'entreposage des conteneurs associés au contenu n°47 et le transport des contenus n°44 et n°45, qui n'ont pas présenté de réaction de pyrophoricité, permettent d'exclure ce risque.

Or, pour l'IRSN, ces métaux lourds purs sous forme de poudre peuvent présenter un risque de pyrophoricité à température ambiante. La température d'ignition de la réaction de pyrophoricité dépend des caractéristiques de la poudre, notamment de sa surface spécifique. Ces éléments ne sont pas présentés dans le dossier du CEA. Toutefois, les conteneurs n'ayant pas été inertés avant leur entreposage, l'IRSN estime que si le métal lourd réagit à température ambiante, il s'est vraisemblablement déjà oxydé pendant la période d'entreposage, de plusieurs décennies, dans l'INB n°53. Par conséquent, l'IRSN estime que les mesures retenues par le CEA visant à limiter la température du contenu et les mesures compensatoires prévues pour réduire le risque d'incendie (pas de capacité contenant des produits inflammables sur le trajet, pas de croisement de véhicule, escorte...) suffisent à limiter le risque de pyrophoricité en situation de transport de routine. Toutefois, par cohérence avec les RTE concernant le transport du colis chargé des contenus n°44 et n°45, l'IRSN estime que le CEA devra contrôler l'éventuelle augmentation de température du conteneur lors du transport ; **cela fait l'objet du point 2.1 de la recommandation mentionnée en annexe 1 au présent avis.** De plus, le CEA a indiqué que, comme pour les contenus n°44 et n°45, les contenus de matières pyrophoriques ne doivent pas présenter une puissance thermique supérieure à 2 W. Ceci devrait être précisé dans les RTE. **Ce point fait l'objet de l'observation 1.1 de l'annexe 2 au présent avis.**

## 2.4 Relâchement d'activité

Le CEA n'a pas modifié ses justifications du respect des critères réglementaires de relâchement d'activité en CNT et en CAT présentées dans le dossier de sûreté du modèle de colis TN-BGC 1. Elles sont effectuées avec un contenu enveloppe mais sans tenir compte d'une surpression engendrée par une éventuelle explosion. Comme cela est mentionné au paragraphe 2.2 du présent avis, les risques liés à une accumulation de dihydrogène sont limités. Toutefois, une telle explosion serait susceptible de conduire à un relâchement de matières radioactives en dehors de l'emballage. **A cet égard, l'IRSN estime que les intervenants du transport devront disposer d'un appareil de protection des voies respiratoires permettant de se protéger d'un éventuel relâchement d'activité en dehors de l'emballage en cas d'explosion. L'IRSN propose de compléter en conséquence les mesures compensatoires déjà prévues par le CEA dans les RTE pour ces opérations de transport interne. Cela fait l'objet du point 4.1 de la recommandation mentionnée en annexe 1 au présent avis.**

Par ailleurs, l'IRSN considère que le CEA devrait réviser l'étude de relâchement d'activité du modèle de colis TN-BGC 1 chargé du contenu n° 47 pour tenir compte des effets d'une explosion potentielle (profil de pression, taux de remise en suspension en conditions d'explosion...). **Ce point fait l'objet de l'observation 2.1 mentionnée en annexe 2 au présent avis.**

## 2.5 Sûreté-criticité

La démonstration de la sous-criticité du colis présentée par le CEA s'appuie sur la configuration d'un réseau infini de colis en CAT pour chaque sous-contenu, excepté celui chargé dans le conteneur « exotique » pour lequel seule la configuration du colis isolé est étudiée. Ce dernier conteneur étant considéré ruiné en CAT, la matière fissile est répartie dans l'espace libre de la cavité de l'emballage.

Le CEA considère quatre milieux fissiles de référence. Toutefois, il ne justifie pas le caractère enveloppe de ces milieux fissiles au regard des contenus définis dans les RTE. Sur ce point, l'IRSN relève que les teneurs en plutonium prises en compte pour deux des milieux fissiles de référence sont plus faibles que celles définies dans les RTE. De plus, la définition du contenu dans les RTE n'exclut pas une teneur nulle en plutonium, ce qui pourrait augmenter la réactivité du réseau infini de colis. L'IRSN estime, au regard des hypothèses pénalisantes de modélisation du CEA, que la sûreté-criticité du colis n'est pas remise en cause par ces points. Toutefois, le CEA devrait, pour toute prochaine demande concernant ce contenu, justifier le caractère enveloppe des milieux fissiles de référence retenus dans son étude de criticité. **Ce point fait l'objet de l'observation 3.1 de l'annexe 2 au présent avis.**

Par ailleurs, l'IRSN note que les compositions de l'acier inoxydable et de la résine neutrophage présentées dans l'étude de criticité du CEA sont erronées. L'IRSN a vérifié que la prise en compte des bonnes valeurs ne mettrait pas en cause les conclusions du CEA. L'IRSN estime que le CEA devrait toutefois corriger son étude pour toute nouvelle demande relative au modèle de colis. **Ce point fait l'objet de l'observation 3.2 mentionnée en annexe 2 au présent avis.**

Pour le sous-contenu chargé dans le conteneur « exotique », le critère d'admissibilité est uniquement respecté pour le colis isolé en CAT en l'absence de pénétration d'eau dans sa cavité. Aussi, l'exploitant préconise des mesures compensatoires visant à garantir, d'une part que le colis ne croquera aucun autre colis chargé de matière fissile, d'autre part l'absence d'eau dans la cavité du colis en toutes conditions de transport. **Ceci est satisfaisant.**

Pour les sous contenus chargés dans les conteneurs AA 203 et AA 204, l'étude de criticité considère les conteneurs intègres. Au regard des incertitudes concernant l'impact sur la géométrie des conteneurs d'une éventuelle explosion dans les aménagements internes (voir paragraphe 2.2 du présent avis), l'IRSN estime que le CEA devra appliquer à tout le contenu n°47 les mesures compensatoires associées au transport du sous-contenu chargé dans le conteneur « exotique », visant à exclure la présence d'eau dans la cavité de l'emballage et à isoler le colis des autres matières fissiles. Ces dispositions permettront de dégager des marges de sûreté supplémentaires. **Cela fait l'objet du point 3 de la recommandation mentionnée en annexe 1 au présent avis.**

## 3 CONCLUSION

A l'issue de l'évaluation réalisée, l'IRSN estime que les dispositions de sûreté retenues par le CEA pour la réalisation des opérations de transport interne de l'emballage TN-BGC 1 chargé du contenu n°47 dans les conditions prévues dans les documents transmis nécessitent d'être complétées pour tenir compte des incertitudes existantes sur les caractéristiques des matières du contenu n°47 et sur les pressions de gaz inflammables susceptibles d'être atteintes à l'intérieur de la cavité des conteneurs et de l'emballage TN-BGC 1. En conséquence, l'IRSN considère que le CEA devra compléter les mesures compensatoires mentionnées dans les règles techniques d'exploitation de l'emballage TN-BGC 1 chargé du contenu n°47 en prenant en compte la recommandation en annexe 1 au présent avis.

Dans ces conditions, l'IRSN estime acceptables, du point de vue de la sûreté, les modifications des RGE des INB n° 53, n° 123 et n° 169 et les RTE associées.

Par ailleurs, l'IRSN considère que, pour améliorer les démonstrations de sûreté du modèle de colis TN-BGC 1 chargé du contenu n° 47, l'exploitant devrait tenir compte des observations mentionnées en annexe 2.

Pour le directeur général, par délégation

Jean-Paul DAUBARD

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

Annexe 1 à l'Avis IRSN n° 2017-00324 du 13 octobre 2017

Recommandation relative aux règles techniques d'exploitation du modèle de colis TN-BGC 1  
chargé du contenu n° 47

L'IRSN recommande que le CEA complète les mesures compensatoires des règles techniques d'exploitation du modèle de colis TN-BGC 1 chargé du contenu n° 47 par les points suivants.

1 Risque associé à l'accumulation de dihydrogène

1.1 Une mesure de dihydrogène est effectuée dans la cavité de l'emballage TN-BGC 1 au minimum deux jours après sa fermeture. Cette valeur est extrapolée sur la durée maximale du transport, égale à 13 jours, afin de vérifier que la limite inférieure d'inflammabilité du dihydrogène ne sera pas dépassée pendant le transport.

2 Risque de pyrophoricité

2.1 Une mesure de température de la surface extérieure du colis est effectuée avant départ et à l'arrivée du transport pour les contenus présentant un risque de pyrophoricité ; la valeur absolue de la différence entre la température mesurée avant départ et celle mesurée à l'arrivée ne doit pas excéder 10°C. Si cette différence excède 10°C, le colis doit être ouvert suivant des modalités particulières définies au préalable par le destinataire et le service de transport des matières radioactives du CEA.

3 Sûreté-criticité

3.1 Les mesures compensatoires supplémentaires prévues pour le sous-contenu 47a-3 sont retenues pour l'ensemble des sous-contents du contenu n° 47.

4 Relâchement d'activité

4.1 Les intervenants du transport disposent, pendant toute l'opération de transport, d'un appareil de protection des voies respiratoires permettant de se protéger d'un éventuel relâchement d'activité en dehors de l'emballage en cas d'explosion interne à celui-ci.

Annexe 2 à l'Avis IRSN n° 2017-00324 du 13 octobre 2017

Observations

1 Définition du contenu dans les RTE

- 1.1 Indiquer que la puissance thermique des contenus de matières pyrophoriques est limitée à 2 W.
- 1.2 Spécifier que le conteneur « exotique » ne peut transporter que le contenu n° 47a-3.

2 Relâchement d'activité

- 2.1 Évaluer le relâchement d'activité dans toutes les conditions de transport en cas d'explosion en tenant compte des effets d'une explosion (profil de pression, taux de remise en suspension en conditions d'explosion) et d'hypothèses pénalisantes au regard des incertitudes concernant la caractérisation du contenu (relâchement gazeux, teneur en eau des poudres...).

3 Sûreté-criticité

- 3.1 Justifier le caractère enveloppe des milieux fissiles de référence retenus en tenant notamment compte du fait qu'un milieu UO<sub>2</sub> fortement enrichi en <sup>235</sup>U peut être plus pénalisant qu'un milieu MOX dont l'uranium a le même enrichissement.
- 3.2 Prendre en compte dans l'étude de criticité les compositions réelles de l'acier inoxydable et de la résine neutrophage de l'emballage.