

## Evaluation Conjointe

# TRANSPORTS DE PLUTONIUM EN FRANCE Problèmes de Sûreté et de Sécurité du Container de Transport FS47

Yves Marignac, Xavier Coeytaux<sup>1</sup>,  
John H. Large<sup>2</sup>

21 Septembre 2004

**Nota:** La présente note est la traduction par WISE-Paris de la version anglaise, *Joint Assessment: Plutonium transports in France – Safety and Security Concerns over the FS47 Transportation Cask*, qui seule fait foi.

### CONTEXTE

Des transports de dioxyde de plutonium (PuO<sub>2</sub>) de qualité réacteur, séparé dans les usines de retraitement de COGEMA à La Hague, traversent régulièrement la France pour rejoindre les usines de fabrication de combustible MOX de Cadarache et Marcoule, au sud. Pour ces transports, qui empruntent un trajet d'environ 800 km sur le réseau routier public, le plutonium est acheminé dans des containers de transport scellés, les FS47. Typiquement, les convois rassemblent deux véhicules chargés chacun de 9 ou 10 containers FS47, chaque container contenant environ 15 kg de PuO<sub>2</sub> (soit au total 280 à 300 kg pour un convoi de deux véhicules). En moyenne, sur une année, environ 45 transports de ce type ont lieu, soit un transport tous les 8 jours environ, pour une quantité totale de plutonium transportée autour de 12 tonnes par an.

La France est signataire de la *Convention sur la protection physique des matières nucléaires* de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (IAEA274)<sup>3</sup> et s'engage à ce titre à satisfaire les recommandations de l'instruction INFCIRC/225/Rev.4 (IAEA225)<sup>4</sup> pour la protection et la sécurité des matières de *Catégorie I* (c'est-à-dire le plutonium fissile). Par ailleurs, la France adopte les normes fixées par l'AIEA dans le *Règlement de transport des matières radioactives* TS-R-1<sup>5</sup>, selon lesquelles le transport de matières radioactives doit respecter certains standards, dans le cas présent l'utilisation de containers de Type B(U) certifiés, dont les exigences sont selon elle respectées par la conception du FS47.

Cependant, depuis le début de l'année 2003, des observations de terrain<sup>6</sup> et des rapports techniques d'experts indépendants<sup>7</sup> ont mis en cause la sûreté et la sécurité des transports routiers de PuO<sub>2</sub> de La Hague vers le sud de la France. En réponse à la pression croissante de ces analyses critiques,

<sup>1</sup> Yves Marignac, Directeur, Xavier Coeytaux, Chargé d'étude, WISE-Paris, Paris, France. <http://www.wise-paris.org>

<sup>2</sup> John H Large, Consulting Nuclear Engineer, Large & Associates, Ingénieurs consultants, Londres, Royaume-Uni.

<sup>3</sup> AIEA, *Convention sur la protection physique des matières nucléaires*, INFCIRC/274/Rev.1, Mai 1980.

<sup>4</sup> AIEA, *La protection physique des matières nucléaires*, INFCIRC/225/Rev.4 (corrigée), Juin 1999.

<sup>5</sup> AIEA, *Règlement de transport des matières radioactives*, Collection Normes de Sûreté N° TS-R-1 (ST-1, révisée), édition 1996 (révisée), Vienne, 2000.

<sup>6</sup> Greenpeace France diffuse régulièrement de l'information sur les convois de plutonium sur un site internet dédié : <http://stop-plutonium.org>

<sup>7</sup> Notamment WISE-Paris, France et Large & Associates, Royaume-Uni (svoir plus loin).

l'organisme d'appui technique nucléaire en France, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), a publié une courte note pour réfuter ces analyses et confirmer ses évaluations<sup>8</sup>.

Cette note examine la réponse de l'IRSN au vu des récentes analyses techniques, de dépositions d'experts aux Etats-Unis, et de documents techniques relatifs aux performances du container de type FS47 face à des conditions d'accidents réalistes et d'attaques terroristes potentielles.

## LE TRANSPORT PROCHAIN DE PuO<sub>2</sub> AMÉRICAIN

Au-delà des transports réguliers internes à la France, la sûreté et la sécurité des transports terrestres de PuO<sub>2</sub> sur le territoire français a fait l'objet d'une attention accrue à l'approche d'un transport unique d'environ 140 kg de PuO<sub>2</sub> de plutonium militaire en provenance des Etats-Unis. Cette cargaison, dans le cadre du programme Eurofab<sup>9</sup>, doit être acheminée prochainement en France via le port de Cherbourg<sup>10</sup>, puis transférée à l'usine de fabrication de combustible de Cadarache pour être incorporée à du combustible "mixed oxides", ou MOX. Les assemblages MOX seront ensuite retournés aux Etats-Unis, via le port de Cherbourg également. Le plutonium américain importé sera transporté sur mer et sur terre dans des containers FS47, tandis que pour le retour les assemblages tests (*Lead Test Assemblies*, ou LTA) de MOX seront conditionnés dans des containers FS65.

Une importante controverse est suscitée l'approche duale, ou le double standard appliqué par les autorités américaines pour les transports routiers de cargaisons de PuO<sub>2</sub> sur le territoire des Etats-Unis, comparé aux mesures de protection et de sécurité mises en œuvre pour les transports en France.

En l'occurrence, d'un côté, la partie terrestre du transport aux Etats-Unis devait être strictement conforme aux exigences du Gouvernement Fédéral<sup>11</sup> pour une cargaison unique et exceptionnelle de PuO<sub>2</sub> militaire qui est définie comme "matériel nucléaire stratégique spécial" (*strategic special nuclear material*)<sup>12</sup>, pour lequel "les méthodes de transport employées [doivent] garantir la sécurité contre le sabotage et le terrorisme, en même temps que la sûreté en cas d'accident", et auquel les garanties additionnelles du "standard d'entreposage des armes [nucléaires]" (*Stored Weapons Standard*) doivent être appliquées. Pour cette phase de transport routier le Département d'Etat à l'énergie américain (US DOE) a mené une étude exhaustive des risques et dangers, incluant une évaluation des conséquences du relâchement de plutonium au cours ou à la suite d'un événement qui endommagerait sérieusement un ou plusieurs des containers FS47 transportant le plutonium<sup>13</sup>.

A l'opposé, de l'autre côté, le US DOE se repose totalement sur les autorités françaises pour ce qui concerne la sûreté nucléaire, la protection et la sécurité du transport à travers la France. Or, aucune

<sup>8</sup> IRSN, *Risques de rejet radioactif lors du transport routier de poudre d'oxyde de plutonium en colis FS47*, non daté (mars/avril 2004).  
[http://www.irsn.fr/vf/05\\_inf/05\\_inf\\_1dossiers/05\\_inf\\_35\\_pu/05\\_inf\\_35\\_pu.shtml](http://www.irsn.fr/vf/05_inf/05_inf_1dossiers/05_inf_35_pu/05_inf_35_pu.shtml)

<sup>9</sup> Voir US DOE, *Storage and Disposition of Weapons-Usable Fissile Materials Final Programmatic Environmental Impact Statement (Storage and Disposition PEIS)* DOE/EIS-0229, décembre 1996; également US DOE, *Surplus Plutonium Disposition Environmental Impact Statement (SPD EIS)*, DOE/EIS 0283, novembre 1999.

<sup>10</sup> La date effective d'arrivée dans le port français reste inconnue au 21 septembre 2004, mais on peut estimer que celle-ci interviendra entre la fin septembre et la mi-octobre 2004.

<sup>11</sup> Ces exigences ont été détaillées dans les documents soumis par le DOE sur le programme d'immobilisation du plutonium.

<sup>12</sup> Selon le Code of Federal Regulations, Part 73, S73.1 et 73.2 ces prescriptions sont applicables pour des quantités supérieures à 5 kg d'U-235 enrichi à 20% ou davantage, et/ou 2,5 kg ou plus de plutonium.

<sup>13</sup> US DOE, *Supplement Analysis, Fabrication of Mixed Oxide Fuel Lead Assemblies in Europe*, novembre 2003, DOE/EIS-0229-SA3.

indformation publique ne suggère que les mesures prises pour ce transport et les garanties appliquées par les autorités françaises compétentes diffèreront significativement de celles en place pour les transports existants des cargaisons de PuO<sub>2</sub> civil de l'industrie française<sup>14</sup>.

## APPROCHE DES AUTORITÉS FRANÇAISES

Les autorités françaises compétentes pour la sûreté et la sécurité des transports de plutonium sont respectivement l'autorité de sûreté, la Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection (DGSNR), et le Haut-fonctionnaire de défense du Ministère de l'industrie (HFD). Tous deux s'appuient, pour l'évaluation des risques et des mesures appropriées, sur le support technique fourni par l'IRSN.

En résumé, l'approche française est basée sur la combinaison de deux principes essentiels, dont le premier affirme que :

- les performances du container FS47 en termes de confinement en regard des normes TS-R-1 de l'AIEA pour les conditions accidentelles indiquent que le container est suffisamment robuste pour résister dans toutes les situations envisageables suite à des actes de malveillance (c'est-à-dire, terrorisme et/ou sabotage).

Ce principe est quelque peu dévoyé, dans la mesure où les tests prescrits par l'AIEA sont basés sur des conditions d'accident "crédibles", ou de référence, dont la sévérité a été préalablement déterminée par une étude probabiliste du risque, tandis qu'une attaque terroriste dont on peut attendre qu'elle serait exécutée à dessein et avec intelligence, repose sur des éléments qui échappent à l'approche probabiliste. Bien que le FS47 soit certifié conforme aux normes AIEA de 1996<sup>15</sup>, cette certification ne s'applique pas aux performances du container soumis aux circonstances et aux forces potentiellement extrêmes d'actes terroristes intentionnels (et non probabilistes).

Et le second, que :

- le premier principe précité repose sur la capacité à prévenir la menace d'actes de terrorisme, notamment grâce à une politique de secret sur les routes et les horaires des transports de plutonium.

L'information publique sur l'approche française en matière de sécurité et de protection physique des matières nucléaires en cours de transport (ou dans les installations nucléaires) est très limitée ; quelques éléments ont toutefois été fournis ces dernières années par une série de communications références de l'IRSN<sup>16</sup>.

---

<sup>14</sup> Voir J. H. Large, Y. Marignac, *IAEA Requirements on Design Basis Threat Assessment - Non Compliance of Eurofab Shipment from US to France on UK Vessel: Security and Physical Protection Issues*, Submission to the International Atomic Energy Agency, 20 septembre 2004.

<sup>15</sup> Certifié Type B(U) conformément à la norme IAEA 1996, TS-R-1 – voir *Règlement de transport des matières radioactives*, Collection Normes de Sûreté N° TS-R-1 (ST-1, révisée), édition 1996 (révisée), Vienne, 2000.

<sup>16</sup> Notamment:

- P. Cornu, et al *Protection of Nuclear Facilities and Nuclear Materials Against Malevolent Actions*, EUROS SAFE 2001, Séminaire 5 Sécurité des matières nucléaires.

[http://www.eurosafe-forum.org/download2001/semb5\\_3.doc](http://www.eurosafe-forum.org/download2001/semb5_3.doc)

- R. Vernot, et al, *Physical Protection, Accountancy and Control Systems Vulnerability Assessments*, EUROS SAFE 2002, Séminaire 5 Sécurité des matières nucléaires.

[http://www.eurosafe-forum.org/ipsn/pdf/euro2\\_5\\_5\\_physical\\_protection.pdf](http://www.eurosafe-forum.org/ipsn/pdf/euro2_5_5_physical_protection.pdf)

- J. Aurelle, et al, *Short and Medium Term Consequences of the 11<sup>th</sup> September Attacks on Physical Protection Activities in France*, EUROS SAFE 2002, Séminaire 5 Sécurité des matières nucléaires.

[http://www.eurosafe-forum.org/ipsn/pdf/euro2\\_5\\_2\\_consequences\\_france.pdf](http://www.eurosafe-forum.org/ipsn/pdf/euro2_5_2_consequences_france.pdf)

Ainsi que l'indique l'IRSN dans une récente communication consacrée à *“l'approche française en matière de protection des containers de transport contre les actes de terrorisme”*<sup>17</sup>, il n'existe pas dans la réglementation française d'exigences formelles concernant la sécurité des containers au-delà des prescriptions établies pour les accidents par les tests de l'AIEA. Contrairement aux obligations faites aux opérateurs d'installations nucléaires fixes, *“il n'y a pas de cadre légal permettant à l'autorité compétente d'exiger que les transporteurs ou les concepteurs des colis procèdent à l'évaluation de la tenue des containers dans de telles conditions”*, bien que cela semble contraire aux recommandations de l'AIEA pour la protection physique des transports de matières nucléaires<sup>14</sup>.

En pratique, ceci confirme que le design du FS47 a été “évalué” et certifié conforme sur la seule base de la satisfaction des exigences de sûreté développées pour les situations d'accident envisageables en termes de probabilité (c'est-à-dire crédibles). Ainsi il semble que le FS47, dont la conception date du début des années 1980<sup>18</sup>, a été certifié et mis en service sans examiner sa résistance spécifique aux actes de malveillance d'aucune sorte. L'IRSN reconnaît d'ailleurs que, *“pour fournir à l'Autorité des éléments d'appréciation, [il] a mené des analyses basées à la fois sur des expériences et des simulations numériques pour différentes sortes de containers et différentes conditions, depuis une dizaine d'années”*, motivé par le constat que *“la possibilité de telles agressions existe et considérant le nombre de transports organisé chaque année”*<sup>17</sup>.

Toutefois, ce programme *“d'appréciation”*, qui inclut des éléments sur la tenue du FS47 au feu et aux explosifs, n'intègre pas encore des exigences spécifiques au risque terroriste pour les transports, pour lesquelles le design du container pourrait être testé. Au lieu de cela, l'IRSN base son approche pour estimer la sécurité des containers de transport sur celle applicable pour les installations nucléaires<sup>19</sup>. Aussi, selon l'IRSN, *“la procédure pour évaluer les conséquences du terrorisme sur les installations comprend deux étapes. La première est l'étude de sensibilité qui vise à déterminer les conséquences potentielles (...). La seconde étape est l'analyse de la vulnérabilité, qui vise à quantifier la difficulté à mener une agression”*.

Dans le cadre réglementaire français, qui *“repose sur une approche basée sur l'évolution des performances plutôt que la démonstration de conformité”*, c'est essentiellement la vulnérabilité qui est évaluée dans les études spécifiques de sécurité – lesquelles ne sont pas appliquées aux transports<sup>20</sup>. *“L'analyse de sensibilité se base en particulier sur les études de sûreté pour identifier les séquences accidentelles possibles”*, et est conduite *“principalement sur la base d'une liste standard d'incidents et d'accidents prise en compte dans la phase de conception de l'installation”*<sup>21</sup> ou, pour le transport, la conception du véhicule ou du container. De surcroît, s'agissant des objectifs de la protection physique, *“les conséquences considérées comme acceptables sont celles qui conduisent à des niveaux de rejets radioactifs inférieurs ou égaux à ceux pris en compte dans l'étude de sûreté de l'installation (...)”*<sup>17</sup>.

---

<sup>17</sup> B. Autrusson, D. Brochard, “The French approach concerning the protection of shipping casks against terrorism”, communication présentée à la conférence *ASME Pressure Vessels and piping*, Cleveland (USA), 21-24 juillet 2003. [http://www.irsn.fr/net-science/liblocal/docs/docs\\_DEND/frenchapproach.pdf](http://www.irsn.fr/net-science/liblocal/docs/docs_DEND/frenchapproach.pdf)

Les citations tirées de ce document, ainsi que des autres références en anglais citées dans cette note, sont traduites par WISE-Paris.

<sup>18</sup> A l'époque par la filiale de COGEMA, Transnucléaire (aujourd'hui COGEMA Logistics).

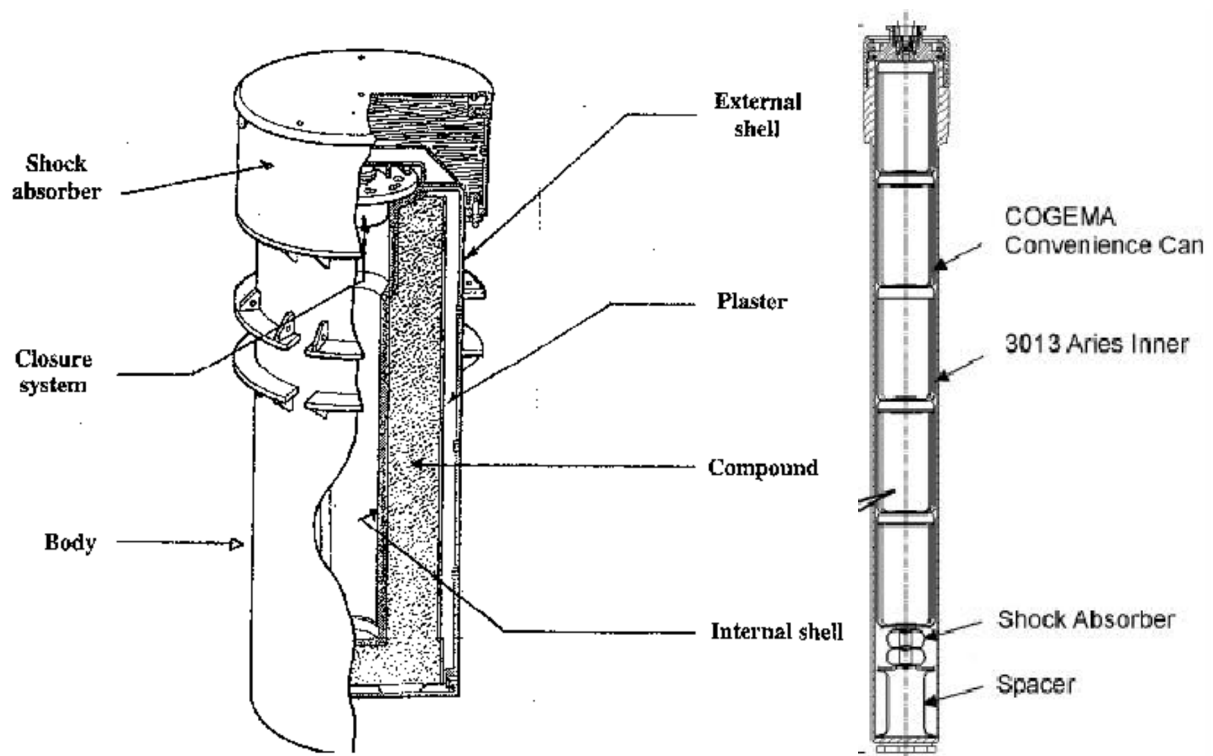
<sup>19</sup> Comme l'affirme l'IRSN, *op.cit.*, *“pour les installations nucléaires, les réglementations françaises établissent que les conséquences d'agressions visant à générer un danger en terme de sûreté et/ou des rejets de radioactivité dans l'environnement doivent être estimées [et pour cela] évaluées en termes de sûreté, de pollution de l'environnement et d'impact radiologique pour la population”*.

<sup>20</sup> R. Vernot, et al, *op. cit.*

<sup>21</sup> J. Aurelle, et al, *op. cit.*

Cette approche basée sur les conséquences peut, si l'on considère les grandes quantités de plutonium entreposées plutôt que les quantités moindres mises en jeu dans les transports à un moment donné, se développer aux dépens d'un examen correct du potentiel lié à la plus grande fréquence d'accidents et à la plus forte vulnérabilité aux attaques terroristes concernant les cargaisons de plutonium au cours de leur transport<sup>22</sup>. En fait, une transposition de l'approche combinant sensibilité et vulnérabilité aux modalités de transport indique un niveau de risque plus grand, ou au moins comparable, par rapport au plutonium géré dans les installations fixes. En particulier, le niveau inférieur de protection (essentiellement celle offerte par le container FS47 lui-même – Figure 1), et le niveau supérieur de vulnérabilité et de risque (le nombre beaucoup plus important d'opportunités offertes tout au long des itinéraires, accessibles au public), explique pourquoi le secret des transports (itinéraires, contre-mesures équipant les véhicules et les remorques) est un élément clé et un pilier de l'approche française de la sécurité.

**Figure 1 :** Schéma de l'emballage FS47 (à gauche) et de son cylindre interne AA227 contenant jusqu'à cinq boîtes AA432 (à droite)



Source : DGSNR, 2003; DOE, 2003

<sup>22</sup> Par exemple, les quantités de plutonium mises en jeu dans les transports nucléaires sont bien sûr inférieures à celles actuellement entreposées dans les usines de combustible MOX telles que l'ATPu à Cadarache où les LTAs doivent être fabriqués. Cependant, si l'ATPu utilisait environ 2,5 t de plutonium pour la fabrication de MOX par an, il est probable que le volant de dioxyde de plutonium nécessaire à la production n'était que de 1 à 1,5 t présent à un instant donné. Ce volant peut être comparé aux 150 kg environ de plutonium transportés par un seul camion, qui ne peut raisonnablement pas présenter les mêmes garanties de défense en profondeur contre les actes de terrorisme (ou de sabotage) pendant son trajet sur le domaine routier, que le stock de plutonium placé dans des cellules d'entreposage sécurisées de l'usine de Cadarache. De plus, alors que l'éventail des dangers potentiels et des menaces sur le volant de plutonium sécurisé à Cadarache peut être identifié avec un degré élevé de certitude (i.e. impact d'avion, véhicule piégé, assaut d'un groupe armé, etc.), l'éventail des dangers potentiels pour un transport de plutonium est beaucoup plus large, et tellement varié qu'il est virtuellement impossible d'en faire une liste et de s'en protéger de façon exhaustive.

## LA POLITIQUE DE SECRET

Le secret qui entoure les transports de PuO<sub>2</sub> a été régulièrement mis en défaut par Greenpeace (France) ces dernières années. Sur la base d'information publique, essentiellement d'observation sur le terrain des routes et des jours de transport, l'organisation environnementale met ainsi à jour de sérieuses failles dans les mesures de sécurité appliquées pour les convois de plutonium. Greenpeace s'est ainsi montré en mesure de prévoir les dates, les horaires et les itinéraires empruntés par le convoi de plutonium, essentiellement à partir de sources d'information directement accessibles au public<sup>23</sup>. A une occasion, le 19 février 2003, des activistes de Greenpeace ont intercepté et immobilisé pendant plusieurs heures, dans le centre-ville de Chalon-sur-Saône, un camion transportant environ 150 kg de plutonium.

En réponse à cette démonstration de Greenpeace, les autorités françaises ont introduit un arrêté hautement controversé<sup>24</sup> interdisant, dans le cadre de la loi sur la protection du secret-défense, la détention et la diffusion de certaines informations concernant les conditions d'entreposage, de manipulation, ou de transport des matières nucléaires. Suite aux très fortes réactions politiques et publiques, une version plus précise de l'arrêté a été publiée en janvier 2004<sup>25</sup>, bien que la définition de l'information devant être classée secrète y reste très ambiguë, y compris dans la circulaire d'explication peu éclairante qui l'accompagnait<sup>26</sup>. Concernant la classification de l'information relative aux transports, l'arrêté stipule clairement que le secret s'applique spécifiquement aux matières nucléaires définies comme *Catégorie I*<sup>27</sup> et aux matières non irradiées de *Catégorie II*, ce qui selon l'application française de ces catégories définies par l'AIEA, vise en particulier les transports de plutonium séparé et de combustible MOX non irradié. Ceci est justifié par le fait que, "considérant le niveau actuel des menaces existantes", il n'y a pas lieu de classer l'information relative aux autres transports de matières nucléaires (matières irradiées de *Catégorie II* et toutes matières de *Catégorie III*). Cet arrêté "secret défense" reste contesté sur le terrain juridique par plusieurs organisations concernées<sup>28</sup>.

Cependant, la poursuite de l'action de Greenpeace, incluant une information en ligne et en temps réel sur des transports de plutonium en cours<sup>29</sup>, a montré que la logique de classification peut difficilement garantir le secret, alors même que les convois de transport sont très facilement identifiables sur la voie publique. En d'autres termes, si l'organisation environnementale Greenpeace est en mesure d'identifier et de localiser par avance les transports de plutonium, il n'y a

---

<sup>23</sup> Voir : <http://www.stop-plutonium.org>

<sup>24</sup> Arrêté du 24 juillet 2003 relatif à la protection du secret de la défense nationale dans le domaine de la protection et du contrôle des matières nucléaires, *Journal Officiel*, n° 183, 9 août 2003, p. 13859.  
<http://www.legifrance.gouv.fr/WAspad/UnTexteDeJorf?numjo=INDI0301765A>

<sup>25</sup> Arrêté du 26 janvier 2004 relatif à la protection du secret de la défense nationale dans le domaine de la protection et du contrôle des matières nucléaires pris pour l'application du décret n° 98-608 du 17 juillet 1998 relatif à la protection des secrets de la défense nationale, *Journal Officiel*, n° 24, 29 janvier 2004, p. 2092.  
<http://www.legifrance.gouv.fr/WAspad/UnTexteDeJorf?numjo=INDI0402369A>

<sup>26</sup> Circulaire du 26 janvier 2004 prise pour l'application de l'arrêté du 26 janvier 2004 relatif à la protection du secret de la défense nationale dans le domaine de la protection et du contrôle des matières nucléaires, *Journal Officiel*, n° 24, 29 janvier 2004, p. 2098 - circulaire du Haut-fonctionnaire de défense auprès du Ministère de l'industrie, Didier Lallemand.  
<http://www.legifrance.gouv.fr/WAspad/UnTexteDeJorf?numjo=INDI0402369C>

<sup>27</sup> AIEA INFCIRC/225/Rev 4.

<sup>28</sup> Plusieurs recours contre la première et la seconde version de l'arrêté ont été introduits au Conseil d'Etat, notamment par une organisation environnementale (Greenpeace), des agences indépendantes d'expertise et d'information (CRII-Rad, WISE-Paris), et une association de journalistes (Reporters sans frontières).

<sup>29</sup> Voir par exemple les détails publiés sur le site internet "Stop plutonium" de Greenpeace à propos d'un transport survenu les 31 août et 1<sup>er</sup> septembre 2004.

pas d'obstacle pour que d'autres organisations, moins bien intentionnées et non pacifiques, puissent faire de même. Autrement dit, le "secret défense" est totalement inefficace en la matière.

## POTENTIEL POUR UNE CATASTROPHE

Le comportement mécanique et thermique du container FS47, lorsqu'il est soumis à certaines contraintes, qui ne représentent pas nécessairement les situations les plus endommageantes, ainsi que les projections sur les fractions du contenu en plutonium relâchées et leurs conséquences, ont été analysés, estimés et discutés dans une série de publications.

Plusieurs études ont contesté les estimations officielles sur la sûreté et la sécurité des transports de plutonium en France. En particulier, des études séparées commanditées par Greenpeace (France) et Greenpeace International ont conduit l'agence indépendante française WISE-Paris<sup>30</sup> et le cabinet de consultants britannique Large & Associates<sup>31</sup> à identifier sensiblement les mêmes lacunes dans la gestion des transports de plutonium en France. De façon exceptionnelle, l'IRSN a répondu publiquement, en mettant en ligne sur son site internet une brève réponse constestant vivement les analyses critiques et les résultats de ces deux études<sup>32</sup>.

Cette réfutation de l'IRSN, toutefois, ne faisait aucune mention et ne tenait aucun compte de recherches antérieures du même IRSN sur l'intégrité du container FS47 qui montrent que ses caractéristiques permettent (par rupture de l'emballage) de très importants relâchements de plutonium<sup>33</sup>.

En premier lieu, les conclusions argumentées des études de WISE-Paris et Large & Associates sont les suivantes :

**Rapport de WISE-Paris :** Le rapport de WISE-Paris, qui s'appuie sur une précédente étude de 1995<sup>34</sup>, arrive en résumé aux conclusions suivantes:

- Le nombre de transports de PuO<sub>2</sub> en France pour une année typique, ou représentative<sup>35</sup>, s'élève à de l'ordre de 89 cargaisons parcourant une distance cumulée d'environ 250.000 km par an.
- Il est relativement simple de confronter les informations sur les mouvements de plutonium avec les statistiques d'accidentologie routière disponibles et avec les dangers identifiés sur les

---

<sup>30</sup> Y. Marignac (Dir.), X. Coeytaux, M. Schneider & al., *Les transports de l'industrie du plutonium en France : une activité à haut risque*, WISE-Paris, février 2003.

Résumé: <http://www.wise-paris.org/francais/rapports/transportpu/030219TransPuResume.pdf>

Rapport: <http://www.wise-paris.org/francais/rapports/transportpu/030219TransPuRapport.pdf>

Annexes: [http://www.wise-paris.org/francais/rapports/transportpu/030219TransPuRapport\\_Annexes.pdf](http://www.wise-paris.org/francais/rapports/transportpu/030219TransPuRapport_Annexes.pdf)

<sup>31</sup> Large & Associates, *Potential Radiological Impact and Consequences Arising from Incidents Involving a Consignment of Plutonium Dioxide under Transit from COGEMA La Hague to Marcoule/Cadarache*, R3108-A6, 2 mars 2004.

[http://www.greenpeace.org/international\\_en/multimedia/download/1/424600/0/Large\\_report.pdf](http://www.greenpeace.org/international_en/multimedia/download/1/424600/0/Large_report.pdf)

<sup>32</sup> IRSN, *Risques de rejet radioactif lors du transport routier de poudre d'oxyde de plutonium en colis FS47*, non daté (mars/avril 2004).

[http://www.irsn.fr/vf/05\\_inf/05\\_inf\\_1dossiers/05\\_inf\\_35\\_pu/05\\_inf\\_35\\_pu.shtml](http://www.irsn.fr/vf/05_inf/05_inf_1dossiers/05_inf_35_pu/05_inf_35_pu.shtml)

<sup>33</sup> B. Autrusson, D. Brochard, *op. cit.*

<sup>34</sup> M. Pavageau, J. Hazemann & M. Schneider, *Les transports de l'industrie du plutonium en France*, WISE-Paris, octobre 1995.

<sup>35</sup> Année représentative déduite d'un total de 450 cargaisons environ, représentant un total de 39 tonnes de poudre de dioxyde de plutonium sur une période de 5 ans ou plus.

itinéraires empruntés, tels que la fréquence des vitesses d'impact, des feux, etc. et la localisation des ponts élevés, des viaducs, des tunnels, etc.

- Il en résulte que le container FS47, avec une résistance certifiée conforme aux règles de transport de l'AIEA<sup>36</sup>, verrait sa sûreté dégradée dans les conditions rencontrées dans 1 accident routier réel sur 20 (dont la moitié inclut un feu grave) tels qu'ils se produisent sur les routes françaises.
- En conséquence, *“le dimensionnement mécanique et thermique des emballages de transport (FS47) est au moins minimaliste, voire insuffisant”*, ceci étant illustré par l'évaluation de la tenue du container dans des scénarios réalistes, incluant un choc suivi d'un feu avec un camion citerne d'hydrocarbure, et une action terroriste utilisant une arme lourde anti-char.
- Selon une analyse globale des conséquences radiologiques prévisibles d'un tel événement survenant dans la banlieue nord de Lyon, les populations concernées par l'accident avec impact et feu pourraient atteindre 6.000 personnes, entraînant plusieurs dizaines de cancers fatals, tandis que pour l'attaque terroriste, 250.000 personnes pourraient être concernées, sur une zone de plus de 250 km<sup>2</sup>, avec des conséquences de l'ordre de 500 cancers développés à moyen et long terme.
- En guise de recommandation, *“il serait souhaitable que les autorités compétentes chargent leurs appuis techniques, en l'occurrence l'IRSN (...) des calculs détaillés des conséquences de ce type d'accident. Les résultats de ces études devraient être rendus publics”*.

La rapport WISE-Paris pointait également le manque d'information et l'insuffisante préparation des autorités locales à une situation d'urgence le long des itinéraires empruntés par le plutonium de La Hague à Cadarache et Marcoule, notant qu'en cas de besoin le public serait très mal préparé à mettre en œuvre ne serait-ce que les plus basiques mesures d'auto-protection dans les suites immédiates du rejet radioactif.

**Rapport de Large & Associates :** Cette étude était spécifiquement centrée sur les risques associés au *“transports routiers de dioxyde de plutonium entre l'usine de retraitement de la COGEMA à La Hague, près de Cherbourg et les usines de fabrication de MOX (combustible oxyde mixte) de Cadarache et de Marcoule, dans le sud-est de la France”*, et incluait les principaux éléments présentés ensuite par Large & Associates au cours d'auditions<sup>37</sup> de la U.S. NRC sur l'exportation de plutonium vers la France (programme Eurofab), dont les conclusions peuvent être résumées comme suit :

---

<sup>36</sup> Le Règlement AIEA 1996, TS-R-1 spécifie que le dimensionnement des containers de transport, incluant le container FS47, comme le demande aussi la réglementation française, elle-même dérivée des standards de sûreté de l'AIEA, doit être basé sur des considérations de sûreté de résistance aux chocs métalliques et aux conditions de feu, telles que celles rencontrées en cas d'accident. Les exigences de sûreté applicables au FS47 garantissent la tenue du container dans les conditions suivantes :

- une chute de 9 mètres sur une surface indéformable et de 1 mètre sur un poinçon métallique ;
- un feu enveloppant de 800°C pendant 30 minutes ;
- une immersion sous 0,9 m d'eau au moins pendant 8 heures;

et, non applicable au transports terrestres mais pertinent pour les transports maritimes tels que dans le cas du transport de plutonium américain :

- une immersion sous 200 m d'eau pendant au moins une heure.

<sup>37</sup> J. H. Large, 1) Disposition of Surplus Weapons Plutonium Using Mixed Oxide Fuel – *Comments on Opinion on the Applicability and Sufficiency of the Safety, Security and Environmental Requirements and Measures as these Apply to the Transatlantic Shipment, European Waters and France*, 2) *The Role of PNTL Ships in the Atlantic Transit Phases*, United States of America Nuclear Regulatory Commission, 26 novembre 2003, 3) *Summary of the Findings of the French-sourced Plutonium Dioxide Transportation*, 23 mars 2004 – Auditions devant la Nuclear Regulatory Commission, 2004.

- Comme hypothèse de référence sur le relâchement en cas de rupture d'un container, Large & Associates adopte la fraction relâchée déterminée par l'étude Eurofab du U.S. DOE<sup>38</sup>, sur le projet de transfert de plutonium en France, cette fraction étant égale à 595 g, sous forme de particules aérosol de taille respirable (ou 3,5 % du contenu du container rompu), et l'applique aux transports français de PuO<sub>2</sub> de qualité réacteur, avec 9 containers par véhicule.
- Cette fraction relâchée est appliquée pour les scénarios (i) d'un accident de la route causant de sérieux dommages au cours duquel un container FS47 se rompt, (ii) d'un accident similaire au cours duquel, dans un véhicule, trois containers FS47 se rompent (pour tenir compte de la différence entre l'analyse du DOE sur un transport de trois FS47 par véhicule et la pratique française où chaque camion transporte neuf FS47), (iii) un accident de la route où les deux véhicules sont pris dans un incendie sous un tunnel, où tous les containers se rompent (soit 18 containers), et (iv) une attaque terroriste soigneusement préparée et exécutée contre l'un des deux véhicules du convoi (où neuf containers se rompent).
- La probabilité (fréquence) de chaque scénario d'accident, déterminée à partir des estimations américaines, indique que *“la probabilité d'une collision avec un car ou un camion à une vitesse de 80 km/h par exemple, avec impact sur un obstacle tel qu'une pile de pont, suivie d'un feu enveloppant d'une durée de deux ou trois heures est de 6,06.10<sup>-7</sup>”*, soit un risque de 1 sur 1,6 million, tandis que pour le scénario d'attaque terroriste l'approche probabiliste est écartée car non applicable, le risque étant mathématiquement celui d'une éventualité.
- A partir de modèles numériques de référence<sup>39</sup>, alimentés par des données météorologiques, géographiques et démographiques réelles pour deux localisations considérées (près de Paris et de Lyon), en intégrant les effets de contre-mesures raisonnablement envisageables, les projections calculées sur le taux de mortalité à long terme indiquent, pour la mortalité moyenne, un nombre de 34 à 1.323 victimes, et pour la mortalité maximum, de 523 à 11.250 victimes, les valeurs les plus élevées correspondant à l'accident routier avec un feu dans un tunnel.
- Dans le scénario où le relâchement est provoqué par une action terroriste, la population qui devrait s'abriter, autour de Paris par exemple, va de 40.000 à plusieurs millions de personnes sur une zone allant jusqu'à 900 km<sup>2</sup>, et les zones nécessitant le relogement des populations pourraient s'étendre jusqu'à 15 km du lieu de l'incident.

---

<sup>38</sup> Les différents documents évaluant la sûreté du FS47 dans le cadre des transports de plutonium requis pour le programme MOX dans le plan d'immobilisation du plutonium en surplus américain incluent les rapports à la NRC suivants :

- Department of Energy, *Storage and Disposition of Weapons-Usable Fissile Materials Final Programmatic Environmental Impact Statement (Storage and Disposition PEIS)*, DOE/EIS-0229, décembre 1996 ;
- Department of Energy, *Surplus Plutonium Disposition Environmental Impact Statement (SPD EIS)*, DOE/EIS-0283, novembre 1999 ;
- Department of Energy, *Supplement Analysis, Fabrication of Mixed Oxide Fuel Lead Assemblies in Europe*, DOE/EIS-0229-SA3, novembre 2003.

<sup>39</sup> La modélisation de la concentration, de la dispersion et du dépôt du panache est réalisée avec le modèle NOAA HYSPLITT de concentration et dispersion atmosphérique du USD Air resources Laboratory.

La prévision sur la hauteur du panache utilise Hotspot, le modèle prédictif du Lawrence Livermore National Laboratory sur les relâchements.

L'impact environnemental, y compris les conséquences sanitaires, est calculé avec COSYMA, le modèle soutenu et approuvé par la Commission européenne pour l'évaluation des accidents nucléaires, développé pour les installations à partir du code Maria (Methods for Assessing Radiological Impact of Accidents). Le modèle adopte l'hypothèse universelle d'une relation dose-effet linéaire et se base sur les recommandations de la Commission internationale sur la protection radiologique (CIPR) pour les facteurs de morbidité et de mortalité et l'utilisation de la méthode des doses effectives équivalentes (*effective dose equivalent*, EDE). Pour les données sur la population le modèle COSYMA utilise des données démographiques réelles sur la base d'une grille de 10 km<sup>2</sup>.

Large & Associates a aussi témoigné à trois reprises<sup>37</sup> dans le cadre d'auditions sur la licence d'exportation de l'U.S. DOE pour l'envoi de plutonium militaire américain vers la France (Eurofab), permettant d'établir une comparaison entre les approches respectives des autorités françaises et américaines sur la sûreté et la sécurité, qui conclut : *“bien qu'utilisant les mêmes containers pour le transport (FS47), les Etats-Unis limitent le nombre de containers par véhicule à 3, contre 9 containers pleins chargés par véhicule dans les transports français. Le convoi américain comprend des camions construits sur mesure (Safe Secure Transport, ou SST), totalement blindés et équipés avec au moins deux systèmes empêchant automatiquement l'enlèvement des containers, et des véhicules blindés de transport de troupes qui escortent le véhicule tout au long de son trajet, alors que le véhicule français semble à peine plus qu'un véhicule de traction commercial tirant une remorque standard sur laquelle est fixé un conteneur ISO, les deux camions formant le convoi étant accompagnés par 6 à 8 gendarmes transportés dans ce qui ressemble à une fourgonnette et une voiture banale, tous deux non blindés”,* et note un incroyable – et inexplicable – écart dans les évaluations de la sûreté du container dans les conditions accidentelles, puisque *“l'analyse américaine arrive à la conclusion que le container FS47 peut se rompre dans un accident de la route, et qu'un relâchement de 595 g par colis embarqué est possible, tandis que l'analyse française affiche une confiance absolue dans la sûreté du colis FS47, au point que le plus grave accident considéré comme crédible ne conduit qu'au relâchement de 0,07 g”*.

## RÉPONSE DE L'IRSN

La brève note publiée par l'IRSN<sup>40</sup> en réponse aux études respectives de WISE-Paris et Large & Associates rejette globalement leurs conclusions sur l'échelle des conséquences potentielles locales sur le trajet des transports, et confirme l'estimation de l'IRSN selon laquelle 0,07 g est la quantité maximale de plutonium relâché par un FS47, et donc le niveau sur lequel se basent les plans d'urgence ; elle rejette également, de façon très légère, les fractions de relâchement évaluées aux Etats-Unis, adoptées par l'analyse de Large & Associates.

La réponse de l'IRSN est loin d'apporter une réfutation effective aux conclusions précises des deux études indépendantes :

- L'IRSN ne fait aucun commentaire sur l'inadéquation des exigences et tests TS-R-1 de l'AIEA avec les conditions réelles d'événements, accidents ou agressions, en particulier les tests de chute, de pénétration d'objet perforant et de résistance thermique.
- L'IRSN n'apporte aucune réponse aux conclusions de WISE-Paris sur l'insuffisance des exigences de sûreté au regard des statistiques d'accidents routiers et des conditions de trafic pour le transport de matières dangereuses en France, pas plus qu'à la faible mais non négligeable probabilité d'accidents très endommageants identifiée par Large & Associates.
- L'IRSN n'apporte aucune explication correcte au fait qu'il apparaît raisonnable dans l'analyse américaine, pour le plutonium en transit sur les routes des Etats-Unis, de conclure à une fraction relâchée beaucoup plus élevée, comme l'a retenu Large & Associates, alors que l'IRSN justifie, pour le même container FS47 transporté dans un véhicule apparemment moins robuste, de réduire l'hypothèse de relâchement la plus pénalisante d'un facteur de ~8.500, de 595 g aux Etats-Unis à 0,07 g pour le même emballage FS47 en transit en France.

L'IRSN concentre en fait sa réponse sur les marges entre les exigences réglementaires de sûreté (TS-R-1) et ce qu'il prétend être les limites réelles de résistance mécanique et thermique du FS47. Il s'appuie pour cela sur les évaluations conduites sur les performances du FS47 au delà des

---

<sup>40</sup> IRSN, mars-avril 2004, *op. cit.*

exigences de sûreté entre 1994 et 2002. Sur la base des résultats de ce programme, le dimensionnement du FS47 est proclamé résistant à des conditions bien plus sévères que celles requises par la réglementation française (TS-R-1) :

- “Il a en particulier été montré qu’en cas d’impact dans des conditions d’accident réalistes (impact à 70 km/h sur diverses cibles métalliques, impact à 113 km/h sur une dalle de béton armé), il n’y avait pas de défaillance du confinement de l’oxyde de plutonium” ;
- “il a été déterminé par calcul que, pour une hauteur de chute de 50 mètres [sur une dalle en béton armé], l’endommagement du colis serait comparable à celui résultant d’une chute de 9 mètres sur une cible indéformable” ;
- selon les deux types de joint d’étanchéité utilisés, l’intégrité du container dans un feu de 800°C est maintenue pendant 5 h 30 mins et environ 10 heures, et pour un feu de 1.000°C pendant 4 heures et 7 heures.

L’IRSN tire de ces résultats la conclusion absolue “qu’un accident de transport ne peut pas conduire à une brèche dans le colis” et que “le rejet d’oxyde de plutonium lors d’un tel accident ne pourrait résulter que de la perte d’efficacité du joint d’étanchéité de l’emballage en cas d’incendie de longue durée, associée à une dégradation des trois barrières de confinement internes”. L’IRSN considère que seule une fraction de la petite quantité de poudre de plutonium qui peut s’échapper dans la cavité interne du container pourrait être remise en suspension et s’échapper lors de la dépressurisation, au moment de la dégradation du joint d’étanchéité sous l’effet du feu. L’IRSN évalue cette fraction à 0,07 g et désigne le scénario de référence qui pourrait conduire à ce niveau le plus pénalisant de rejet, soit “un scénario avec collision d’un convoi de colis FS47 et d’une citerne d’hydrocarbure, suivie d’un incendie de longue durée” – qui, précise l’IRSN, “couvre le cas d’un accident survenant dans un tunnel routier”.

Toutefois, un examen plus détaillé du programme de test développé sur le FS47 entre 1994 et 2002 révèle des lacunes dans la démonstration de l’IRSN :

- Les études thermiques menées dans le cadre du programme IRSN<sup>41</sup> ne comprennent, en dehors d’un seul test thermique réel à 800°C pendant 3 heures et 25 minutes réalisé en 1993, que des simulations numériques.
- Ainsi, les conclusions de l’IRSN sur la tenue thermique du FS47 à des températures et pour des durées plus élevées sont extrapolées d’une seule expérience avec des conditions moins sévères – une méthodologie qui s’accompagne d’une grande incertitude intrinsèque.
- Il en va de même pour l’évaluation de la résistance aux impacts du FS47, l’IRSN notant par exemple, dans le cas d’un FS47 tombant, en position inclinée, de 16 m sur un second FS47, en position verticale (Figure 2), que “la partie supérieure de son système de fermeture est

---

<sup>41</sup> Les programmes de recherche sur les performances mécaniques et techniques du FS47 qui constituent la base de la déclaration de l’IRSN sont respectivement décrits et commentés dans :

- R. Vallée, L. Piot, “Simulations du comportement mécanique de colis de transport de matières radioactives sur cibles réelles”, in *apport scientifique et technique IRSN*, 2002, IRSN, décembre 2002, pp. 102-108.  
[http://www.irsn.org/net-science/liblocal/docs/docs\\_DIR/RST2002/Chap03\\_art1.pdf](http://www.irsn.org/net-science/liblocal/docs/docs_DIR/RST2002/Chap03_art1.pdf)
- F. Chalon, M. Héritier, B. Duret, “Numerical Study of the Thermal Behaviour of Packages Subjected to Fires of Long Duration”, in *Proceedings, PATRAM’98, 12<sup>th</sup> International Conference on the Packaging and Transportation of Radioactive Materials, Paris, 10-15 mai 1998*, vol. 4, pp. 1773-1780.

Des informations complémentaires sont données par :

- S. Felix, F. Chalon & al, “Safety margins for radioactive material transport packages subject to fire: experimental work-development of numerical simulation tools”, in *Rapport scientifique et technique IRSN*, 2000, IRSN, décembre 2000, pp. 87-93.  
[http://www.irsn.fr/vf/09\\_int/09\\_int\\_3\\_lib/pdf/rst2000/087-93.PDF](http://www.irsn.fr/vf/09_int/09_int_3_lib/pdf/rst2000/087-93.PDF)

*impactée, mais la modélisation utilisée n'est pas assez précise pour permettre de déterminer l'endommagement causé et diagnostiquer une éventuelle perte d'étanchéité".<sup>42</sup>*

**Figure 2 :** Test grandeur réelle (à gauche) et simulation numérique (à droite) pour l'évaluation de la tenue du FS47 en cas d'accident de manutention



*Source : DSIN, 2001; IRSN, 2002*

**Tenue mécanique :** Par rapport à la reconstitution de conditions réelles d'accident ou d'attaque terroriste, les tests et simulations menés par l'IRSN sont assez éloignés de la réalité. Par exemple, l'IRSN ne fait pas référence aux impacts perforants ; de plus, les simulations sont toutes appliquées à des impacts longitudinaux, avec une chute verticale du container, sans rotation induite, et les impacts se produisent toujours à l'extrémité où ils sont amortis par l'absorbeur de choc.

Le thème général des programmes de tests et modélisations réalisés par l'IRSN se réfère clairement aux problèmes de manutention, en particulier dans les opérations de levage par grue, et pas aux situations d'accident au cours du transport routier, où les forces en jeu seraient probablement plus complexes et de plus grande magnitude. En particulier, la tenue d'un groupe de containers maintenus par un râtelier (Figure 3) et soumis à un impact transversal n'est absolument pas déterminée.

<sup>42</sup> R. Vallée, L. Piot, *op. cit.*

**Figure 3 :** Une cargaison de plutonium de FS47 maintenus verticalement dans un râtelier, en cours de chargement dans un camion non blindé, conformément aux dispositions courantes en France



Source : DSIN, 2001

**Tenue à l'impact et au feu :** Une omission importante de l'évaluation des performances du FS47 dans le programme de l'IRSN concerne la tenue dans un feu enveloppé d'un FS47 préalablement endommagé par un choc.

Bien que la conformité aux exigences du Type B(U) de l'AIEA impose que le test thermique suive le test de chute de 9 mètres, l'IRSN se dérobe, lorsqu'il affirme que le FS47 est capable de résister à des conditions plus sévères, à cette question, en particulier des dommages mécaniques et/ou des déplacements subis par les équipements d'évacuation de la chaleur et de protection thermique, avant d'être soumis au feu enveloppant. Alors que les résultats de l'IRSN démontrent que *"l'effet d'isolation thermique produit par le composite et le plâtre joue un rôle très important dans la protection du contenu"*<sup>43</sup>, cet effet peut être perdu après les dommages créés par un impact. En d'autres termes, la fragilité apparente de la protection thermique interne (en plâtre) peut rendre insuffisante la tenue d'un container endommagé à un feu enveloppant d'une durée significative, auquel cas les accidents routiers les plus graves identifiés par WISE-Paris et Large & Associates représenteraient une sérieuse menace pour l'intégrité du FS47.

Une autre omission des tests thermiques, qui les rendrait plus représentatifs d'accidents réels si elle était prise en compte, est que les tests thermiques et les simulations numériques ne prennent (apparemment) pas en compte l'apport en chaleur radiante des surfaces avoisinantes (émissivité). Ce facteur est important lorsque le feu enveloppant se situe dans un espace confiné tel qu'un tunnel (ce qui s'applique également au conteneur du camion de transport), où les températures peuvent nettement dépasser les températures de combustion des hydrocarbures (~880°C). Des feux à des températures aussi élevées contribueraient également sensiblement à l'élévation du panache, et donc à l'extension des zones de dispersion et de retombée de la fraction relâchée de plutonium, ainsi que le montrent les modélisations de Large & Associates.

<sup>43</sup> F. Chalon, M. Héritier, B. Duret, *op. cit.*

**Fraction relâchée :** C'est ainsi l'affirmation résolue de l'IRSN sur la fraction relâchée de 0,07 g qui est sans substance.

Une sérieuse lacune, évidente dans le raisonnement de l'IRSN, concerne le fait que, dans un transport d'un lot de 9 ou 10 containers par véhicule, un seul container connaîtrait un relâchement, limitant ainsi le rejet à la fraction prédéterminée de 0,07 g. En fait, il n'y a rien dans la réponse de l'IRSN ou dans ses publications sur le programme de test qui explique comment les tests et les simulations menés pour un seul container FS47 peuvent être extrapolés pour justifier que sur un râtelier de 9 à 10 containers un seul subisse une perte de confinement, même mineure.

Dans sa réfutation de la valeur bien plus élevée retenue dans ses évaluations par le US DOE, l'IRSN déclare que la fraction relâchée de 10 % de la NUREG-0170<sup>44</sup> n'est pas valide, car cette valeur est basée sur des expériences menées dans les années 1970 sur des containers beaucoup plus légers que le FS47 qui sont dépassées et ne peuvent être directement transposées. En réalité, l'IRSN se méprend sur, ou refuse de prendre en compte, la fraction adoptée par l'US DOE, qui utilise une valeur relâchée plus faible, de 3,5 %, dans les scénarios d'accident routiers<sup>45</sup> (valeur également appliquée par Large & Associates)<sup>46</sup>, bien que cette fraction utilisée par l'US DOE soit 8.500 fois supérieure à la valeur de relâchement postulée par l'IRSN de 0,07 g, et bien que l'étude du US DOE, datée de 2003, soit plus récente que les derniers travaux publiés par l'IRSN dans ce domaine.

**Tenue du FS47 face aux actions terroristes :** Jusque très récemment, la principale riposte de l'approche française en matière de contre-terrorisme pour les transports de plutonium semblait être limitée au maintien du secret sur les horaires et itinéraires des convois, bien que ceci se soit révélé totalement inefficace au vu de l'information publiée par Greenpeace sur les transports.

Toutefois, il apparaît que *“l'approche française concernant la protection des containers de transport contre les actes terroristes”* (rendue publique il y a quelques mois seulement)<sup>47</sup>, a intégré des tests et des essais car *“bien que ceci ne soit pas explicitement exigé dans la réglementation française, la sécurité des containers doit être étudiée dans le contexte des conditions susceptibles d'être provoquées par le terrorisme”*.

Pour cette recherche, *“en 1996, l'IRSN a entamé un programme concernant le FS47, utilisé pour le transport de poudre de PuO<sub>2</sub>, soumis à une détonation d'une large quantité d'explosif”*. Ce programme

---

<sup>44</sup> NRC, *Final Environmental Impact Statement on the Transportation of Radioactive Material by Air and Other Modes*, NUREG-0170, décembre 1977.

<sup>45</sup> L'ignorance des bases des plus récentes évaluations du DOE a déjà été mise en évidence dans les appréciations négatives de l'autorité de sûreté nucléaire au moment de la parution du rapport de Large & Associates, en mars 2004. Par exemple, *“Jacques Aguilar, directeur en charge du cycle du combustible et des transports au sein de l'agence de contrôle nucléaire, la DGSNR, a déclaré que le relâchement de 595 g utilisé dans le DOE EIS et repris par Large était basé sur une ‘valeur empirique ou enveloppe’ de coefficient de relâchement tirée d'un document de 1977, jamais mis à jour”*, cité dans *“Greenpeace: Pu shipments vulnerable; Cogema, French official disagree”*, *Nuclear Fuel*, vol. 29, n° 6, 15 mars 2004 (traduction WISE-Paris).

<sup>46</sup> En fait, contrairement à l'affirmation de l'IRSN, Large & Associates n'utilise pas la fraction relâchée de 10 % de NUREG-0170, à part comme variante pour un scénario extrême d'attaque terroriste où le véhicule transportant le plutonium est pris dans un tunnel, les containers ouverts avec une charge explosive et soumis ensuite à un feu enveloppant.

<sup>47</sup> B. Autrusson, D. Brochard, *op. cit.* Bien que ce papier ait peut-être été accessible aux participants de la conférence de 2003 de Chicago en janvier 2004, il a été placé définitivement en accès public sur le site web de l'IRSN aux alentours du 23 février 2004.

comprend des tests d'abord menés par l'IRSN d'impact sur des modèles réduits de charges explosives placées contre l'enveloppe externe du FS47 et, plus récemment, une série de simulations numériques.

- Les tests à l'explosif consistaient en détonations de *“larges quantités d'explosifs (plusieurs centaines de kilogrammes)”*<sup>48</sup> à proximité de modèles réduits de containers FS47 – dans ces tests l'enveloppe externe et la coque de transfert thermique en cuivre étaient sévèrement endommagées, et virtuellement détruites, et l'enveloppe interne déformée.
- Les données de ces tests à l'explosif ont été utilisées pour construire des simulations numériques.
- Les tests à échelle réduite incluaient aussi une maquette des parois de la remorque du véhicule, ces *“parois de remorque étant simulées par une feuille d'aluminium double-épaisseur”*, ce qui semble cohérent avec l'usage de conteneurs ISO commerciaux standard plutôt qu'un conteneur spécialement blindé, mais cette paroi latérale n'ajoutait que très peu à la résistance de l'ensemble, et *“la présence du mur induit un délai dans l'attaque de l'enveloppe externe de la maquette, mais son influence sur la vitesse de propagation du choc et sur la pression maximale reste limitée”*.

Les dommages subis par les composants du FS47 sont illustrés par la **Figure 4**.

**Figure 4 :** Exemple de l'impact d'un engin explosif sur l'enveloppe intermédiaire en cuivre (à gauche) et le cylindre interne (à droite) d'un FS47



Source : IRSN, 2003

Au mieux, ces essais d'explosifs représentent une charge explosive placée sur la surface externe d'un container FS47 isolé, alors que dans un transport réel chaque container serait retenu par le râtelier du véhicule, cette absence de contrainte sur le container étant sujette à critique car ceci *“serait susceptible d'augmenter localement la déformation plastique équivalente du tube interne au-delà du seuil de ductilité, entraînant sa rupture”*<sup>49</sup>. L'IRSN, dans une certaine mesure, le reconnaît en ce que *“deux tests additionnels ont été programmés pour analyser le comportement des attaches du container et de l'influence de la configuration de transport”*, même si l'IRSN, apparemment impénitent, conclut que *“le cylindre interne en inox ne se romprait pas”*, puisque dans les conditions des expériences et tests *“la*

<sup>48</sup> Il n'est pas clairement précisé si les tests cherchent à simuler un engin artisanal (type explosif fabriqué à l'aide de fertilisants au nitrate) ; la charge explosive devrait par ailleurs plutôt être exprimée en équivalent TNT.

<sup>49</sup> J. H. Large, *2<sup>nd</sup> Supplemental Declaration of 23 March 2004 of John H. Large in Support of Petitioners' Hearing Request and Petition to Intervene*, Declaration before the NRC, 23 mars 2004.

*déformation plastique équivalente maximale n'excéderait pas 14 %, alors que le seuil de ductilité est proche de 32 %*".

Large & Associates suggère qu'on peut raisonnablement attendre qu'une attaque terroriste relativement développée utiliserait des charges formées, peut-être dans l'enveloppe interne du container préalablement ouvert avec une lance thermique ou un outil de découpe équivalent, ou que des munitions relativement avancées avec des capacités perforantes ou dispersantes seraient utilisées. Cette éventualité a été évaluée dans une seconde série de tests conduits par l'IRSN en utilisant une charge conique pour simuler une munition de type roquette : *"il y a plusieurs années, l'IRSN a mené des tests sur deux FS47 remplis de sable pour simuler la poudre de PuO<sub>2</sub>, avec une charge conique (nommée CSC1) choisie sur la base de l'accessibilité pour les terroristes d'armes présentant des caractéristiques similaires"* et, plus récemment, *"l'IRSN a engagé le développement de modèles numériques pour identifier et comprendre les phénomènes en jeu dans l'interaction entre charge et container (...), et également pour évaluer les conséquences avec une arme plus efficiente appelée CSC2"*<sup>50</sup>.

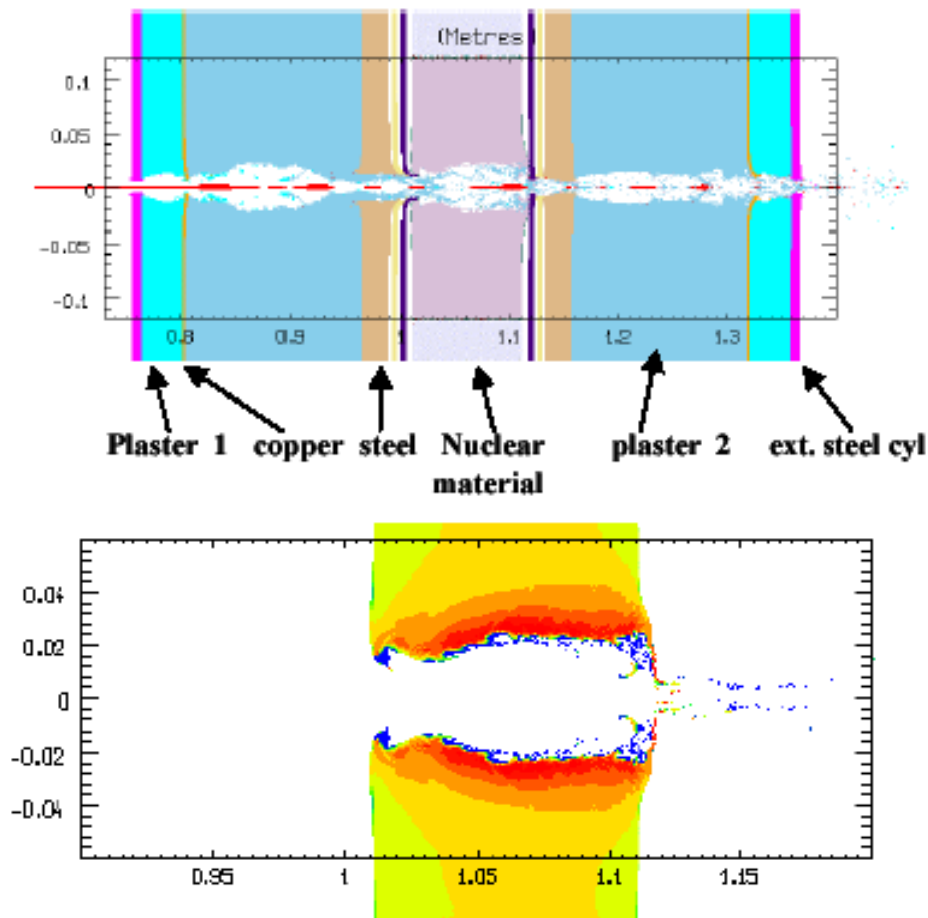
Il y a bien trop peu de détail dans le papier de l'IRSN, sur les hypothèses correspondant aux munitions CSC2, et aucun résultat n'est donné concernant les modèles numériques à part le commentaire que *"ces tests ont montré que la munition CSC1 passerait à travers un premier container et endommagerait légèrement le second, sans toutefois atteindre son cylindre. Une estimation de la quantité de matériel nucléaire extraite de l'emballage expérimental a été obtenue (...) les calculs avec une charge du type CSC1 (...) les calculs menés pour CSC2 ont montré l'augmentation des dommages infligés aux containers (surtout le second) et justifient le besoin d'expérimentations supplémentaires"*.

Les résultats des simulations numériques sur le CSC1 sont présentées à la **Figure 5**. Bien que difficiles à interpréter, ils indiquent clairement qu'une charge conique projetée contre le container perpendiculairement à son axe pénétrerait les enveloppes externe et intermédiaire, transpercerait le cylindre interne et traverserait pour ressortir à l'opposé du container, emportant au passage une fraction de la poudre d'oxyde de plutonium. Néanmoins, la communication de l'IRSN attire l'attention sur le fait que *"le diamètre de pénétration est sous-estimé et la quantité de matière nucléaire extraite est surestimée par la modélisation (le second phénomène étant lié au fait que la matière nucléaire extraite du cylindre interne peut atteindre l'extérieur)"*. Ainsi, dans la logique de l'IRSN, une plus large brèche sur le côté du cylindre interne résulte dans une dispersion moindre du PuO<sub>2</sub> qu'il contient – ce qui paraît très étrange !

---

<sup>50</sup> L'IRSN n'indique pas ce que représente la CSC2 par rapport aux armes anti-char modernes, mais selon les spécifications disponibles pour de telles armes, les lance-missiles modernes peuvent atteindre des cibles fixes ou mobiles dans un rayon de plusieurs centaines de mètres (le M-47 Dragon, par exemple, a une portée de 800 m pour des véhicules roulant à 70 km/h) avec des munitions de 100 mm ou plus, atteignant une vitesse supérieure à 200 m/s. Ces armes sont capables de pénétrer un blindage de 900 mm.

**Figure 5 :** Impact of a moderate efficiency conical shaped charge: penetration of the cask (above) and interaction with the nuclear material (below)



Source : IRSN, 2003

L'IRSN ne fait aucun commentaire sur ces résultats au regard de futures actions terroristes potentielles ; de fait, l'objectif global de son programme n'est pas de démontrer que le FS47 résiste à des scénarios conformes aux menaces de référence (DBT)<sup>51</sup> pour les transports, dont aucune définition n'existe dans le cadre réglementaire français<sup>14</sup>. En pratique, les conditions basiques des tests et simulations numériques de l'IRSN ne répondent pas aux conditions effectives de scénarios réalistes, où de nombreux facteurs doivent être pris en compte<sup>52</sup>. Bien qu'elles n'apportent donc pas la base nécessaire pour une évaluation définitive du comportement du FS47 dans de telles situations, les conclusions de l'IRSN mettent néanmoins en évidence la possibilité de scénarios de détournement ou de dispersion du plutonium.

<sup>51</sup> La menace de référence, ou "Design Basis Threat" (DBT), dont l'AIEA recommande que sa définition par les autorités compétentes de chaque Etat constitue un élément essentiel de la sécurité nucléaire, sont définies dans la réglementation française comme "la menace contre laquelle l'opérateur doit être capable de protéger son installation". Elle comprend "des menaces internes impliquant l'action de personnels de l'intérieur, seuls ou non" et "des menaces externes impliquant l'action de petits groupes d'assaillants", soit "une petite équipe d'attaquants avec des ressources limitées", soit "une équipe plus importante avec des moyens plus sophistiqués" (in J. Aurelle, et al, *op. cit.*).

<sup>52</sup> Par exemple, "les menaces internes n'ont pas été prises en compte" dans l'élaboration du programme de recherche, au motif que "de tels agresseurs ne disposent pas des outils nécessaires pour endommager significativement le container" (in B. Autrusson, et al, *op. cit.*).

En particulier, en indiquant qu'une quantité non négligeable de PuO<sub>2</sub> pourrait être relâchée lors d'une attaque avec une arme anti-char, ces conclusions sont contradictoires avec le principe établi pour l'acceptabilité du risque, selon lequel les conséquences d'actes de malveillance ne doivent pas dépasser, en termes de rejets de radioactivité, celles prises en compte dans l'étude de sûreté (sur la base des accidents). En d'autres termes, les essais de l'IRSN démontrent que, contrairement à la position de l'IRSN selon laquelle la tenue aux accidents du container FS47 est suffisante pour garantir sa tenue face aux actions terroristes, le container ne résisterait pas, et la certification AIEA TS-R-1 ne constitue pas pour cela une base fiable.

## COMMENTAIRES ET OBSERVATIONS

Après des années de silence, des observations récentes et des analyses indépendantes ont finalement poussé l'IRSN à justifier son approche sur la sûreté et la protection du PuO<sub>2</sub> transporté de La Hague aux usines de fabrication de combustible au plutonium de Cadarache et Marcoule.

La réponse de l'IRSN, sous la forme d'une brève réfutation des résultats et recommandations d'études indépendantes<sup>30,31,37</sup>, et d'observations de terrain non contestables<sup>23</sup>, tourne le dos à la réalité. De fait, les arguments de l'IRSN soulèvent plus de questions qu'ils ne prétendent y répondre, de même que ses publications récentes sur les essais de tenue au choc mécanique, thermique et aux explosifs soulèvent des doutes sur la validité du programme développé par l'IRSN sur le dimensionnement du container FS47.

Hormis la réfutation des analyses et résultats de WISE-Paris et de Large & Associates, l'IRSN rejette également l'évaluation du dimensionnement du FS47 menée aux Etats-Unis par le DOE pour le programme Eurofab. Le résultat des études américaines est que, pour le transport terrestre aux Etats-Unis :

- les cargaisons de PuO<sub>2</sub> sont limitées à 3 containers FS47 par camion au standard "special safe secure" (SST), tandis que les autorités françaises permettent le chargement de jusqu'à 9 ou 10 FS47 par véhicule;
- le scénario réaliste le plus pénalisant (d'accident de la route) de l'analyse américaine conduit à des relâchements multiples de 595 g en particules respirables pour un, deux ou les trois containers transportés, tandis qu'en France le relâchement pris en compte est limité à 0,07 g, apparemment appliqué à un seul des 9 ou 10 containers chargés dans un véhicule ;
- qu'en plus des exigences AIEA225, le PuO<sub>2</sub> doit être considéré aux Etats-Unis comme un "matériel nucléaire stratégique spécial" auquel le "standard d'entreposage des armes nucléaires" doit être appliqué, tandis qu'en France la distinction semble peu marquée (à en juger par le faible niveau apparent de la sécurité et de la protection mises en œuvre) par rapport aux autres transports de matières nucléaires, y compris non hautement fissiles ;
- que les Etats-Unis ont mené une procédure de consultation publique et d'enquête sur les mesures de protection et de sûreté applicables au transport de PuO<sub>2</sub> envisagé, une ouverture refusée au public français du fait de la politique de secret imposée par les autorités.

C'est peut-être la poursuite de cette politique de secret sur les transports français de plutonium de qualité réacteur qui est aujourd'hui au cœur du problème : ce secret, qui paraît peu efficace pour la défense en profondeur contre des terroristes potentiels et leur accès à l'information sur les dates et les itinéraires des convois de plutonium, sert surtout à éviter aux autorités françaises de rendre compte et de justifier de leurs pratiques actuelles, par lesquelles elles affirment garantir la pleine et entière protection de la population dans le contexte d'instabilité et de risque actuel.