LA SÛRETÉ VIS-À-VIS DE LA CRITICITÉ DES TRANSPORTS DE MATIÈRES FISSILES

Le transport des matières fissiles impose des contraintes particulières visant à éviter en toutes circonstances que ne soient rassemblées les conditions d'un état critique et a fortiori sur-critique. Ces contraintes ont été intégrées dans la réglementation internationale qui sert de base aux réglementations nationales.

Ph. Lesage/Cogema

Essai de chute d'un conteneur de matières nucléaires et de sa coque de transport d'une hauteur de 9 m avec un angle de 30°. Ce type d'essai permet, entre autres, de vérifier que la sous-criticité est maintenue en toutes circonstances.

J.-M. Taillat/Cogema

Transport routier d'emballages de combustibles usés vers l'usine Cogema à la Hague.

Le règlement de l'AIEA

Les matières **fissiles**, lorsqu'elles sont transportées en dehors des installations nucléaires, sont soumises à un ensemble de règles visant à prévenir les risques de criticité (voir *Le risque de criticité et sa prévention dans les usines, les laboratoires et les transports*). Ces règles, qui tiennent compte du caractère spécifique des situations rencontrées au cours d'opérations de transport, s'appuient sur le Règlement de transport des matières **radioactives** élaboré par l'Agence Internationale de l'énergie atomique (AIEA) dont le siège est à Vienne (Autriche). En effet, la nécessité d'harmoniser les analyses de sûreté dans le domaine du transport des matières radioactives entre les différents pays a conduit très tôt l'AIEA à édicter des recommandations techniques fixant les normes de sûreté permettant une maîtrise à un niveau acceptable des risques radiologiques, thermiques et de criticité auxquels sont exposés les personnes, les biens et l'environnement du fait du transport de ces matières. Le règlement de l'AIEA sert ainsi de base aux réglementations nationales pour les différents modes de transport (maritime, aérien et terrestre).

Les règles de sûreté sont spécifiques d'un ensemble, nommé **colis**, constitué par l'emballage de transport et un contenu de matières radioactives bien défini.

Par rapport aux règles de sûreté applicables dans les installations nucléaires, les règles de sûreté des transports tirent leur caractère particulier des exigences que le règlement de transport de l'AIEA impose aux colis pour pouvoir être agréés. Ceux-ci doivent subir une série d'épreuves types telles qu'une chute d'une hauteur variable sur une cible indéformable, une chute sur poinçon, des tests de feux d'hydrocarbures et d'immersion sous eau, définissant ainsi l'état du colis en conditions de transport dites "normales" (colis non endommagé) et "accidentelles" (colis endommagé).

En ce qui concerne le transport des matières fissiles (telles que l'hexafluorure d'uranium UF_6, les **assemblages** combustibles neufs et usés, les déchets…), il est exigé que celles-ci soient transportées de façon à maintenir la sous-criticité dans les conditions normales et accidentelles de transport. Diverses éventualités doivent pour se faire être prises en considération : infiltration d'eau dans les colis ou perte d'eau par les colis, perte d'efficacité des absorbeurs de **neutrons** ou des **modérateurs** incorporés, redistribution du contenu à l'intérieur du colis ou à la suite d'une perte de son contenu, réduction des espaces entre colis ou à l'intérieur de ces derniers, immersion des colis dans l'eau ou enfouissement sous la neige et variations de températures.

Enfin, le règlement de transport de l'AIEA impose de retenir trois configurations pour évaluer la sûreté-criticité des colis et définir le **nombre maximal** N de ces derniers pouvant être transportés simultanément (l'indice de sûreté-criticité est défini par ISC = 50/N) : colis considérés isolément et colis en nombre, en conditions de transport *normales* et en conditions *accidentelles*.

Colis considérés isolément

Il est supposé que l'eau peut pénétrer dans tous les espaces vides des colis, à l'exception des colis qui possèdent des caractéristiques spéciales d'étanchéité (multiples **barrières** par exemple) destinées à empêcher toute pénétration d'eau. Le colis est réfléchi par 20 cm d'eau (l'eau agissant comme réflecteur de neutrons) et est pris dans l'état résultant des épreuves de test (endommagé ou non) qui conduit à la multiplication maximale des neutrons (**réactivité** maximale).

Colis en nombre dans des conditions normales de transport

Un empilement de $5 \times N$ colis (N nombre à déterminer) doit être **sous-critique** dans les conditions suivantes : il est réfléchi de toute part par 20 cm d'eau, son agencement est tel qu'il conduit à la réactivité maximale (le plus compact possible), il n'y a rien entre les colis (ni modérateur, ni réflecteur) et l'état des colis est défini conformément aux résultats des épreuves réglementaires prévues pour les conditions *normales* de transport.

Colis en nombre dans des conditions accidentelles de transport

Un empilement de $2 \times N$ colis (N nombre à déterminer) doit être sous–critique dans les conditions suivantes : il est réfléchi de toute part par 20 cm d'eau,

Chargement d'un navire de transport d'emballages de combustible MOX à destination du Japon.

J.-M. Taillat/Cogema

son agencement est tel qu'il conduit à la réactivité maximale (le plus compact possible), il peut y avoir une modération par un matériau hydrogéné placé entre les colis, l'état des colis est défini conformément aux résultats des épreuves réglementaires prévues pour les conditions *accidentelles* de transport.

Il existe un certain nombre "d'exceptions" permettant aux colis d'être dispensés des règles applicables aux matières fissiles ; la principale d'entre elle permet de classer en "colis excepté" tout colis contenant moins de 15 g de matière fissile.

Les méthodes d'évaluation de la criticité

Les méthodes de calcul utilisées pour évaluer la criticité des colis de matières fissiles (conformément aux prescriptions réglementaires) reposent principalement sur la **méthode de Monte-Carlo**. Cette méthode est particulièrement bien adaptée au calcul des configurations très complexes de colis isolés ou empilés contenant une grande diversité de milieux fissiles.

Les critères de sous-criticité retenus (basés sur le k_{eff}) tiennent compte du degré de confiance accordé aux méthodes de calcul (existence de biais éventuels de calcul relevés sur des ***benchmarks*** de référence représentatifs) et du degré de conservatisme des hypothèses et de la modélisation de calcul. À cet égard, il convient de souligner l'importance de la qualification du schéma de calcul retenu (l'édition 1996 du règlement de l'AIEA, dont l'application est effective en 2001, renforce les exigences dans ce domaine). Par exemple, la pratique internationale conduit à retenir une marge usuelle de sûreté de 0,05 (k_{eff} max = 0,95) pour l'évaluation du colis isolé ; celle-ci reste toutefois soumise à l'appréciation des experts.

L'agrément des colis

Pour chaque modèle de colis, un document autorisant et définissant le transport, appelé "certificat d'agrément", est délivré par l'autorité compétente. Ce document comporte notamment la description de l'emballage, la description détaillée du ou des contenus fissiles dont le transport est autorisé et, éventuellement, les dispositions particulières à respecter, la référence au rapport de sûreté du modèle de colis et plus particulièrement la référence aux justifications de sûreté-criticité et, enfin, l'*indice de sûreté-criticité* (ISC) pour chaque contenu autorisé.

En France, les agréments de transport des colis de matières radioactives sont délivrés par la Direction de la sûreté des installations nucléaires (DSin), sous l'autorité conjointe du ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du territoire et du secrétariat d'État à l'Industrie, pour les matières à usage civil, et par le haut-commissaire à l'énergie atomique pour celles intéressant la Défense. L'institut de protection et de sûreté nucléaire (IPSN) est chargé de l'instruction technique des dossiers de sûreté pour le compte des autorités compétentes.

Sébastien Claverie-Forgues
et **Patrick Cousinou**
Institut de protection
et de sûreté nucléaire
Fontenay-aux-Roses