

ÉLÉMENTS DE SÛRETÉ DES TRANSPORTS DE COMBUSTIBLES

Réunion publique de la CLIS de Fessenheim du 23 juin 2022

L'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire

- L'IRSN regroupe **1700 experts et chercheurs** qui travaillent pour **évaluer les risques nucléaires et radiologiques et identifier les moyens de les réduire.**
- L'IRSN s'appuie sur un **effort continu d'étude et de recherche** pour développer :
 - sa compétence scientifique et technique,
 - sa capacité à produire des études et des avis **en toute indépendance** en s'affranchissant des conflits d'intérêt.
- L'IRSN publie ses avis sur son site internet : www.irsnn.fr .
- L'IRSN met en œuvre une **démarche d'ouverture à la société** visant à améliorer l'évaluation des risques par un dialogue renforcé avec la société civile : ouverture.societe@irsnn.fr



© Alexis Moulin / médiathèque IRSN

SOMMAIRE

1. Risques et fonctions de sûreté
2. Exigences réglementaires
3. Flux de transport en France
4. Les différents types de colis
5. L'organisation française
6. Exigences de conception d'un modèle de colis



1 – Risques et fonctions de sûreté

[DÉFINITIONS

- La **sûreté nucléaire** pour les transports de matières radioactives consiste à **maîtriser les risques d'irradiation, de contamination et de criticité** présentés par le transport de matières radioactives, afin que l'homme et son environnement n'en subissent pas les nuisances.
- Le **transport** comprend toutes les opérations et conditions associées au mouvement de matières radioactives, telles que la **conception des emballages**, leur **fabrication**, leur **maintenance**, leur **acheminement**, leur **entreposage en transit**, le **déchargement** et la **réception** au lieu de destination final des colis de matières radioactives.



1 – Risques et fonctions de sûreté

SÛRETÉ DE CONCEPTION du modèle de colis	FIABILITÉ DES OPÉRATIONS d'utilisation du modèle de colis	GESTION DE CRISE PLANS D'URGENCE
Satisfaire aux exigences applicables à l'issue des épreuves réglementaires	Réduire les probabilités d'occurrence des anomalies, des incidents et accidents	Réduire au maximum les conséquences des incidents et accidents



Le colis doit être conçu afin d'assurer :

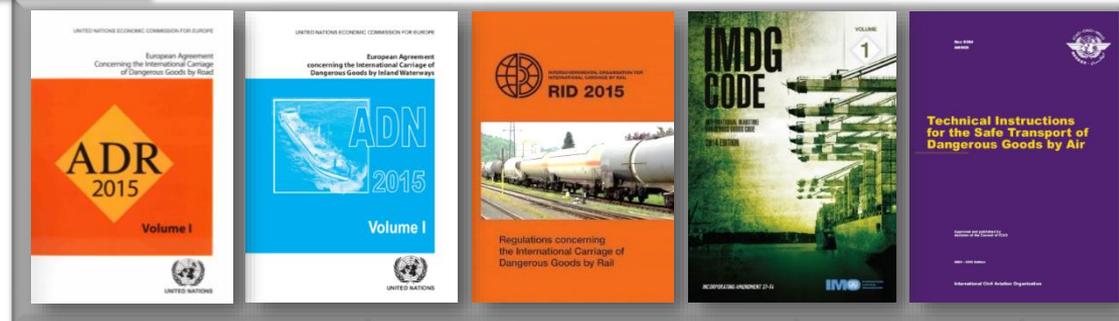
- a) le confinement du contenu radioactif
- b) la maîtrise de l'exposition externe aux rayonnements
- c) la prévention de la criticité
- d) la prévention des dommages causés par la chaleur

2 - Exigences réglementaires



- Classe 1 : matières et objets explosibles
- Classe 2 : gaz inflammables, gaz toxiques
- Classe 3 : liquides inflammables
- Classe 4 : matières solides inflammables
- Classe 5 : matières comburantes et peroxydes organiques
- Classe 6 : matières toxiques et matières infectieuses
- Classe 7 : **matières radioactives**
- Classe 8 : matières corrosives
- Classe 9 : matières et objets dangereux divers

Opposables



ONU CEE (Europe)

Directive **2008/68/CE**

Droit Français

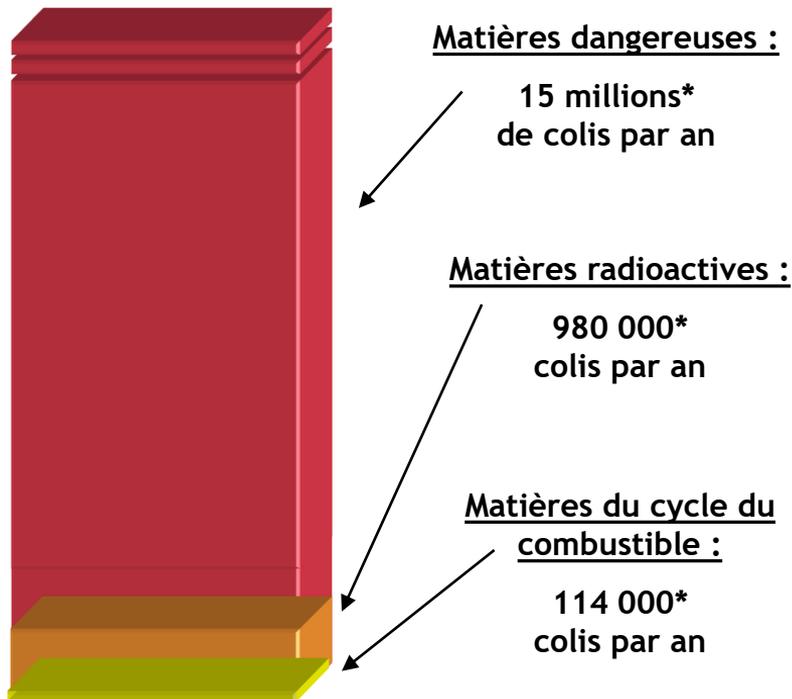
Arrêté "TMD"
29 mai 2009
modifié

Arrêté "RSN"
23 nov. 1987
modifié

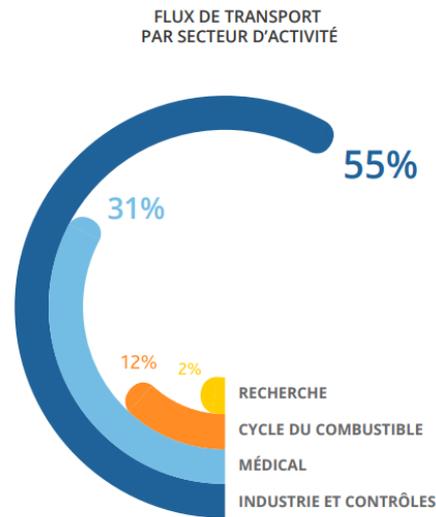
Instruction OPS1
26 juin 2008
modifiée
CE N°859/2008
20 août 2008

3 – Flux de transport en France

[FLUX DE MATIÈRES DANGEREUSES ET RADIOACTIVES EN FRANCE



■ Classe 7* : 770 000 transports (32 % de type A et 1 % de type B) dont 95 % par route exclusivement



*données 2015, https://www.irsn.fr/FR/connaissances/Installations_nucleaires/transport/transports-matieres-radioactives/

3 – Flux de transport en France

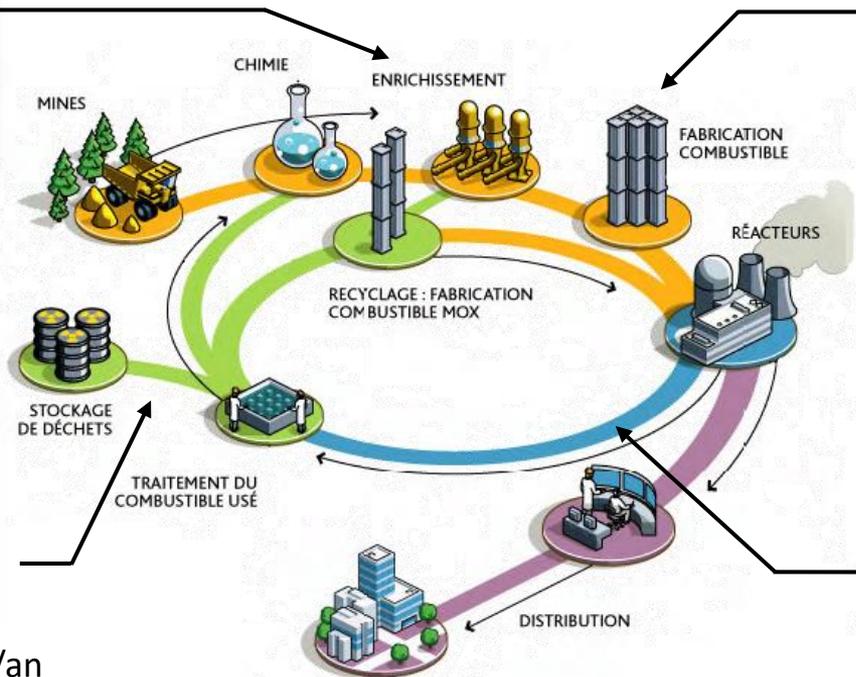
[CYCLE DU COMBUSTIBLE – 114 000 COLIS PAR AN



UF₆ naturel non enrichi :
250 transports/an



Déchets : 4 000 transports/an



Combustibles neufs
(UO₂ + MOX) :
440 transports/an



Combustibles irradiés : 220
transports/an

4 – Les différents types de colis

[SIX TYPES DE COLIS

■ Les matières radioactives soumises à la réglementation sont transportées dans six types de colis :

*Colis pouvant être
classés fissile
(IF, AF, B(U)F, B(M)F, CF)*

- Colis exceptés
- Colis industriels (types IP1, IP2 et IP3)
- Colis type A
- Colis type B(U) / B(M)
- Colis type C



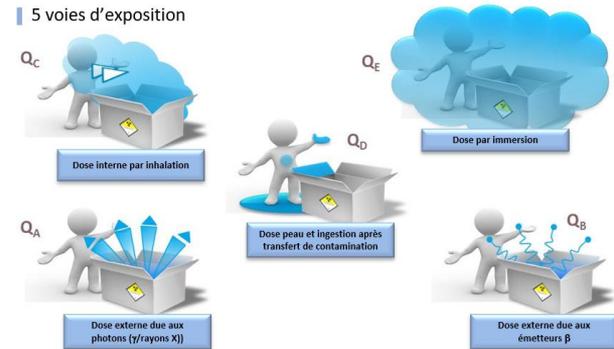
Comment est déterminé
le type de colis à utiliser?

4 – Les différents types de colis

[NOTIONS DE Q_{SYSTEM} ET DE A_2

Le Q_{system} est un outil d'évaluation des conséquences radiologiques des accidents de transport

- Limite de dose de référence en cas d'accident « grave » :
 - dose **efficace** de **50 mSv**,
- Le scénario général considère :
 - Perte totale de l'enveloppe de confinement
 - Exposition de **30 minutes** à **1 m** du colis.

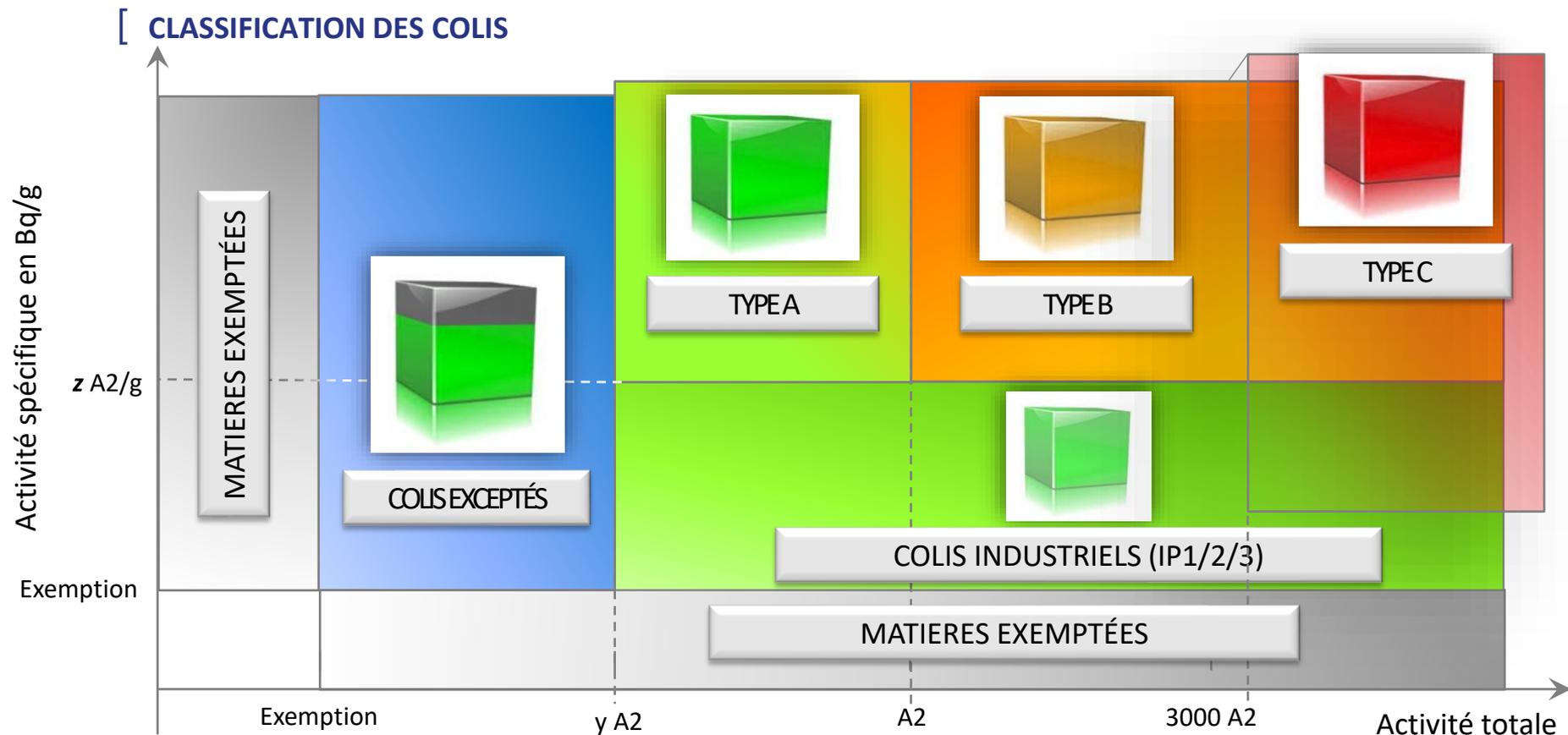


Le Q_{system} permet la quantification, pour chaque radionucléide, de l'activité conduisant à la limite de dose :



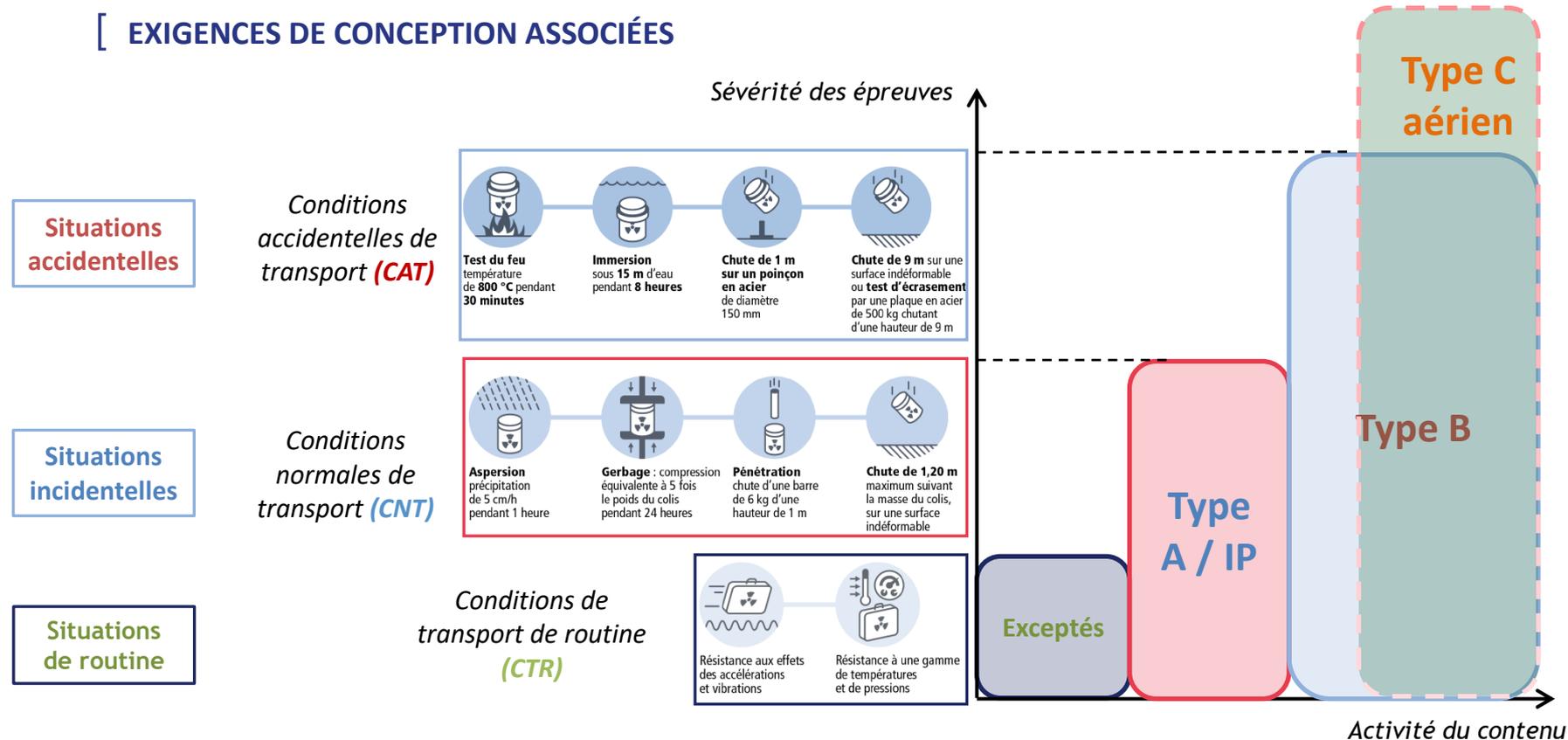
Cette quantification s'exprime en nombre de A_2

4 – Les différents types de colis



4 – Les différents types de colis

[EXIGENCES DE CONCEPTION ASSOCIÉES



4 – Les différents types de colis

[PERFORMANCES REQUISES SELON LES TYPES DE COLIS ET DE SITUATIONS

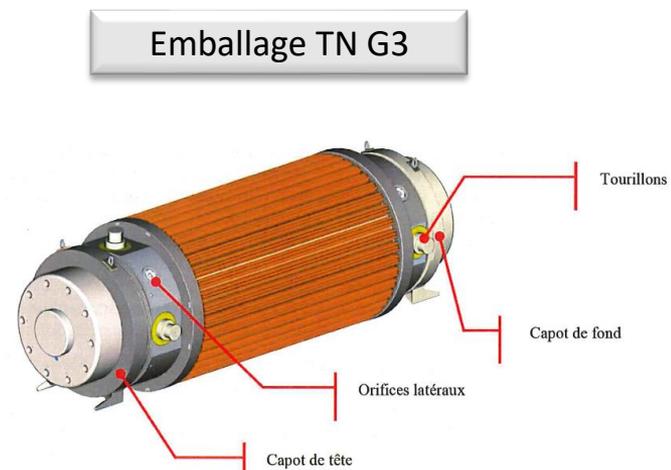
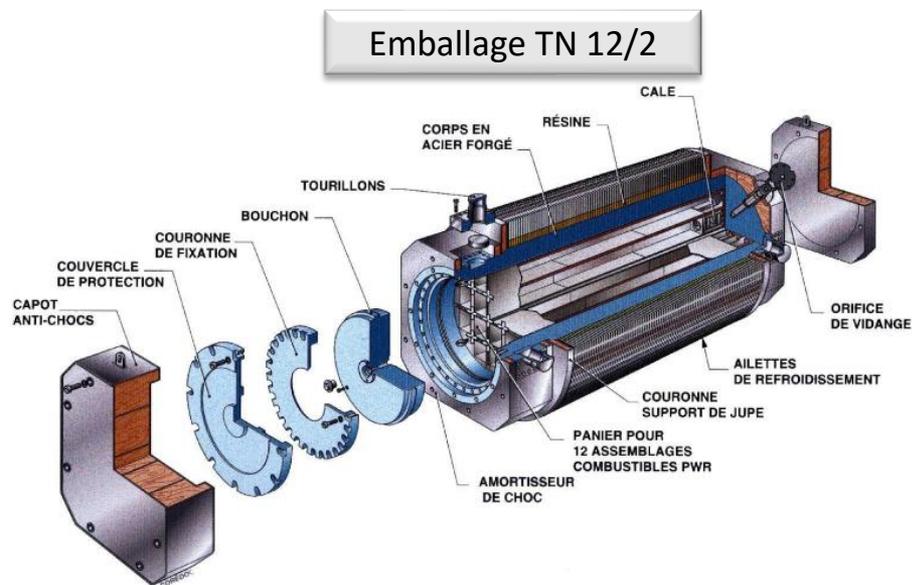
Performance	ROUTINE	NORMALES	ACCIDENTELLES
Matières exemptées	Domaine de risque acceptable en cas de ruine du colis		
Colis excepté	oui	-	-
Colis industriel (IP)	oui (IP1, IP2 et IP3)	oui (IP2 et IP3)	-
Colis de type A	oui	oui	-
Colis de type B	oui	oui	oui
Colis fissile	oui	oui	oui
Colis de type C	oui	oui	oui, renforcé

Soumis à agrément de l'autorité compétente

4 – Les différents types de colis

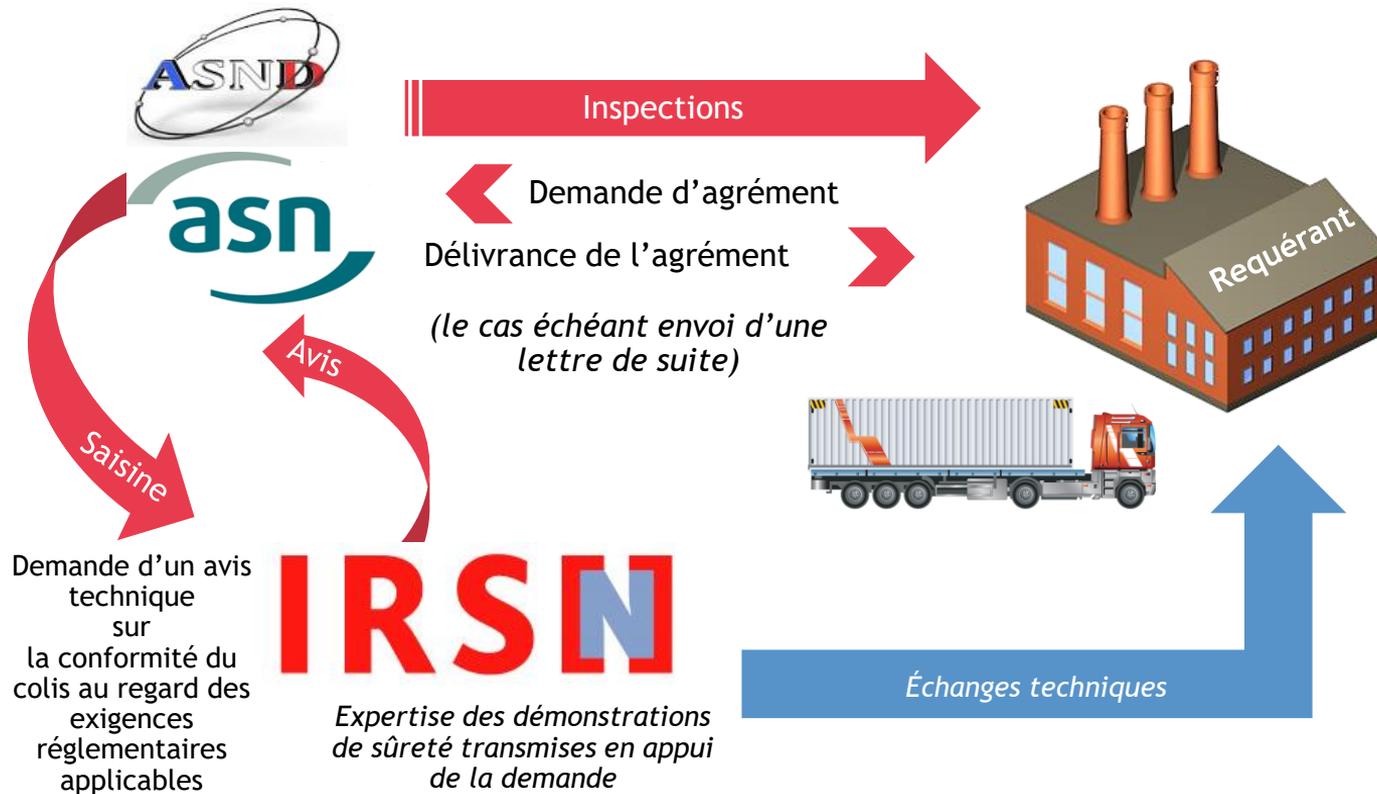
[EXEMPLES DE MODÈLE DE COLIS DE TYPE B POUR LE TRANSPORT DES COMBUSTIBLES IRRADIÉS

■ Emballage TN 12/2 qui sera prochainement remplacé par le TN G3



5 – L'organisation française

[ORGANISATION GÉNÉRALE DE LA SÛRETÉ DES TRANSPORTS



5 – L'organisation française

[DOMAINES TECHNIQUES CONSIDÉRÉS DANS LES EXPERTISES TRANSPORT

- Comportement **mécanique** et **thermique** du modèle de colis
- Évaluation du **relâchement d'activité**
- Étude de l'efficacité des protections radiologiques du colis (**radioprotection**)
- Analyse des risques subsidiaires (**radiolyse, thermolyse, corrosion ...**)
- Prévention des risques de criticité**
- Fabrication, utilisation** et **maintenance** du colis
- Programme d'**assurance de la qualité**



6 – Exigences de conception d'un modèle de colis

[DÉFINITION DU CONTENU

Le contenu transporté doit être clairement défini

Forme - Composition - Activité des radioéléments - Présence de matériaux hydrogénés ...



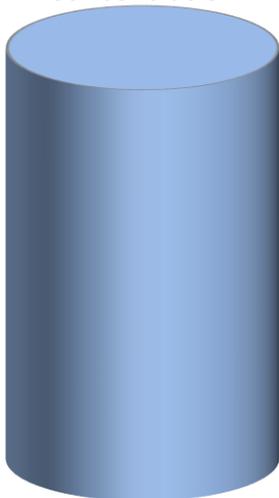
6 – Exigences de conception d'un modèle de colis

[FONCTION DE SÛRETÉ - PRÉVENTION DE LA CRITICITÉ

*Modes de contrôle
principaux*

- a) le confinement du contenu radioactif
- b) la maîtrise de l'exposition externe aux rayonnements
- c) la prévention de la criticité
- d) la prévention des dommages causés par la chaleur

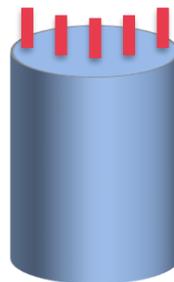
**Masse /
Concentration**



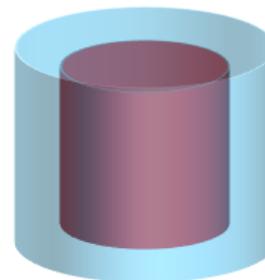
Géométrie



Poison



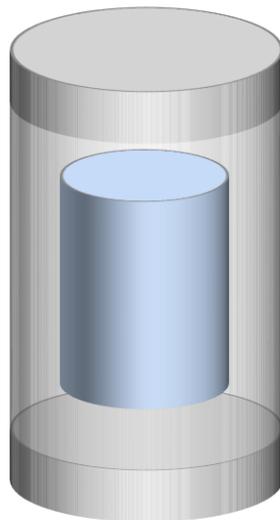
Modération



6 – Exigences de conception d'un modèle de colis

[FONCTION DE SÛRETÉ – MAÎTRISE DE L'EXPOSITION EXTERNE AUX RAYONNEMENTS

- a) le confinement du contenu radioactif
- b) la maîtrise de l'exposition externe aux rayonnements
- c) la prévention de la criticité
- d) la prévention des dommages causés par la chaleur



Matériaux



acier, plomb, résine borée,
compound, etc.

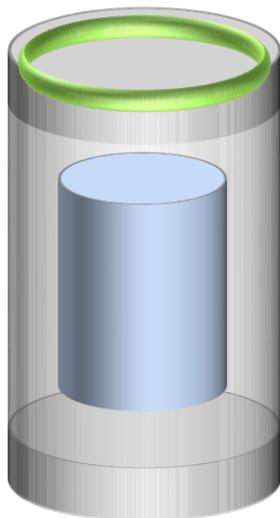
Composants

couvercle, corps, fond, viroles

6 – Exigences de conception d'un modèle de colis

[FONCTION DE SÛRETÉ – CONFINEMENT DU CONTENU RADIOACTIF

- a) le confinement du contenu radioactif
- b) la maîtrise de l'exposition externe aux rayonnements
- c) la prévention de la criticité
- d) la prévention des dommages causés par la chaleur



Joints

métallique ou polymère

Assemblages vissés

vis, boulons, bagues de serrage, etc.

Assemblages soudés

Corps/fond, corps/bride, etc.

Composants

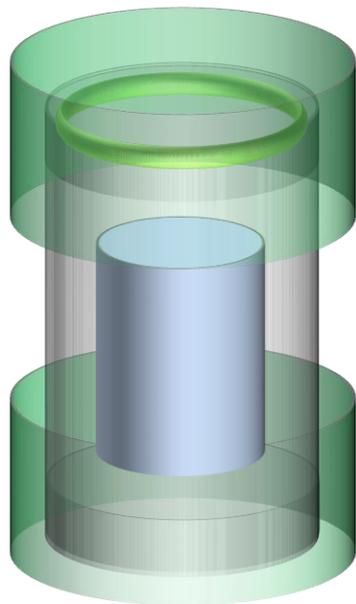
couvercle, corps, fond, tapes

*Le confinement de la matière radioactive doit être démontré en considérant les **risques subsidiaires** (radiolyse, thermolyse)*

6 – Exigences de conception d'un modèle de colis

[FONCTION DE SÛRETÉ – PROTECTION CONTRE LES CHOCS

- a) le confinement du contenu radioactif
- b) la maîtrise de l'exposition externe aux rayonnements
- c) la prévention de la criticité
- d) la prévention des dommages causés par la chaleur



Exemples de matériaux

- bois
- compound
- mousse
- aluminium

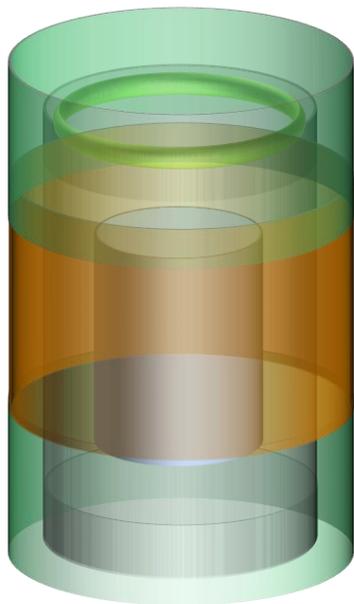
Composants

Capots, couronnes, caissons, etc.

6 – Exigences de conception d'un modèle de colis

[FONCTION DE SÛRETÉ – PROTECTION THERMIQUE DU COLIS

- a) le confinement du contenu radioactif
- b) la maîtrise de l'exposition externe aux rayonnements
- c) la prévention de la criticité
- d) la prévention des dommages causés par la chaleur



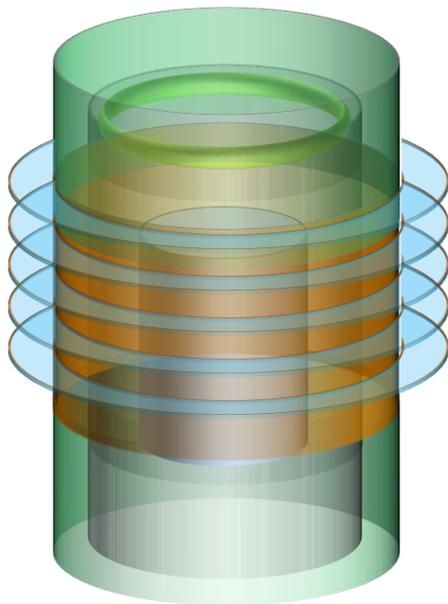
Exemples de matériaux

- bois
- compound
- résine
- plâtre
- mousse phénolique

6 – Exigences de conception d'un modèle de colis

[FONCTION DE SÛRETÉ – DISSIPATION THERMIQUE

- a) le confinement du contenu radioactif
- b) la maîtrise de l'exposition externe aux rayonnements
- c) la prévention de la criticité
- d) la prévention des dommages causés par la chaleur



Matériaux courants

- aluminium
- cuivre
- acier

Composants

Conducteurs thermiques, ailettes de refroidissement

6 – Exigences de conception d'un modèle de colis

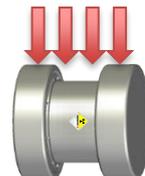
[RÉSISTANCE AUX ÉPREUVES RÉGLEMENTAIRES

Epreuves réglementaires simulant les conditions normales de transport (CNT)



Aspersión

Exposition à un débit de précipitation d'environ 5 cm par heure pendant au moins une heure



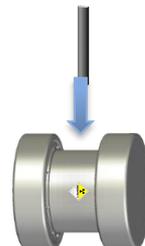
Gerbage

5 fois la masse maximale du colis ou 13 kPa appliquée sur la surface de projection de l'emballage



Chute libre

D'une hauteur variant entre 0.3 m et 1.2 m selon la masse du colis **sur une cible indéformable**



Pénétration

Chute libre d'une barre verticale de 6 kg d'une hauteur de 1 m



Ambiance thermique

Environnement à -40°C
Environnement à 38°C
Conditions d'ensoleillement

6 – Exigences de conception d'un modèle de colis

[RÉSISTANCE AUX ÉPREUVES RÉGLEMENTAIRES

Epreuves réglementaires simulant les conditions accidentelles de transport (CAT)



6 – Exigences de conception d'un modèle de colis

[JUSTIFICATIONS DE SÛRETÉ RELATIVES AUX ÉPREUVES RÉGLEMENTAIRES

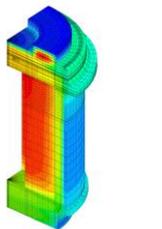
Justifications pour démontrer l'intégrité des fonctions de sûreté reposent sur



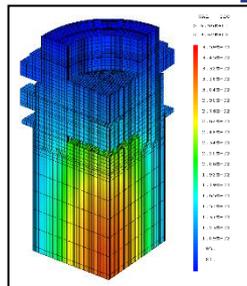
DES ESSAIS



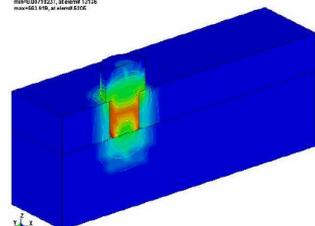
Et / Ou



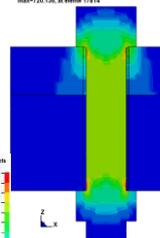
DES CALCULS



LE-DYN keyword (Jack by LE-Post)
Title: 2-058
Contours of Effective Stress (v-m)
min=0.000000, at element 77903
max=451.616, at element 5102



Contours of Effective Stress (v-m)
min=0.000000, at element 77903
max=451.616, at element 5102



Merci de votre attention



Publication des avis de l'IRSN : www.irsn.fr.

Votre contact Arnaud Aubergeon, chargé de mission ouverture à la société : ouverture.societe@irsn.fr