

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

Sûreté des transports de substances radioactives



Contexte réglementaire

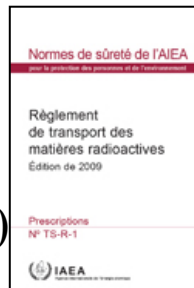
Règlement type de l'ONU sur le transport des marchandises dangereuses (livre orange)

- Recommandations pour chacune des 9 classes de marchandises dangereuses

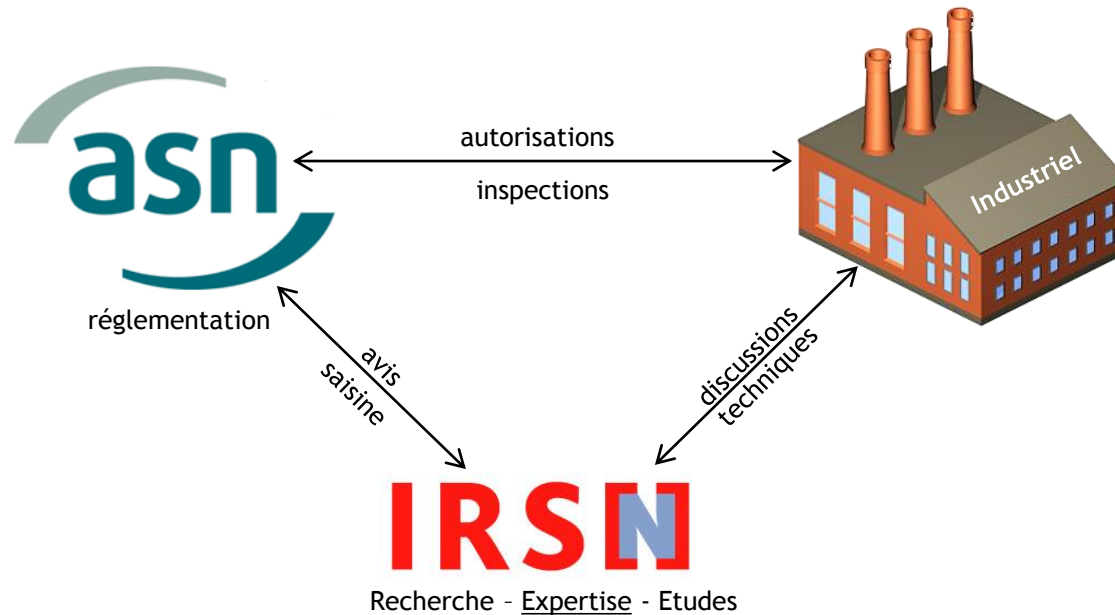


Règles applicables au transport de substances radioactives (classe 7)

- Elaborées par l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (AIEA)
- Transposées dans des réglementations dites « modales »
- Rendues applicables en France par l'arrêté du 29 mai 2009 dit « TMD » (transports terrestres), l'arrêté RSN (transport maritime) et le règlement européen relatif au transport aérien

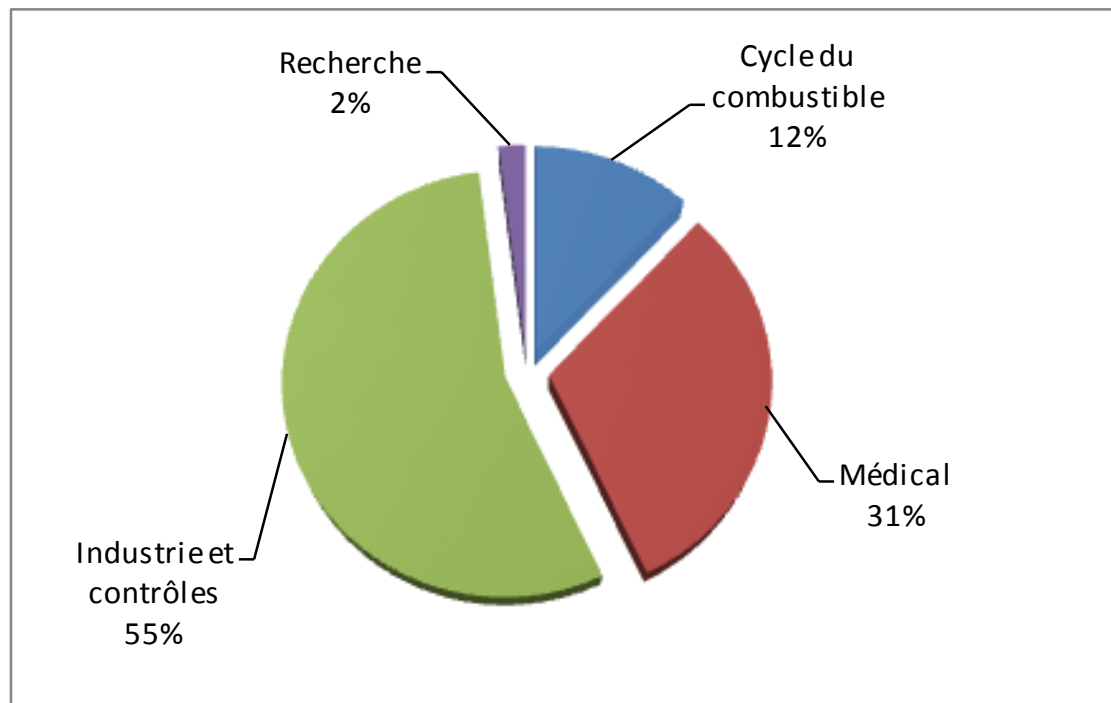


ORGANISATION FRANCAISE POUR LA SÛRETE DES TRANSPORTS



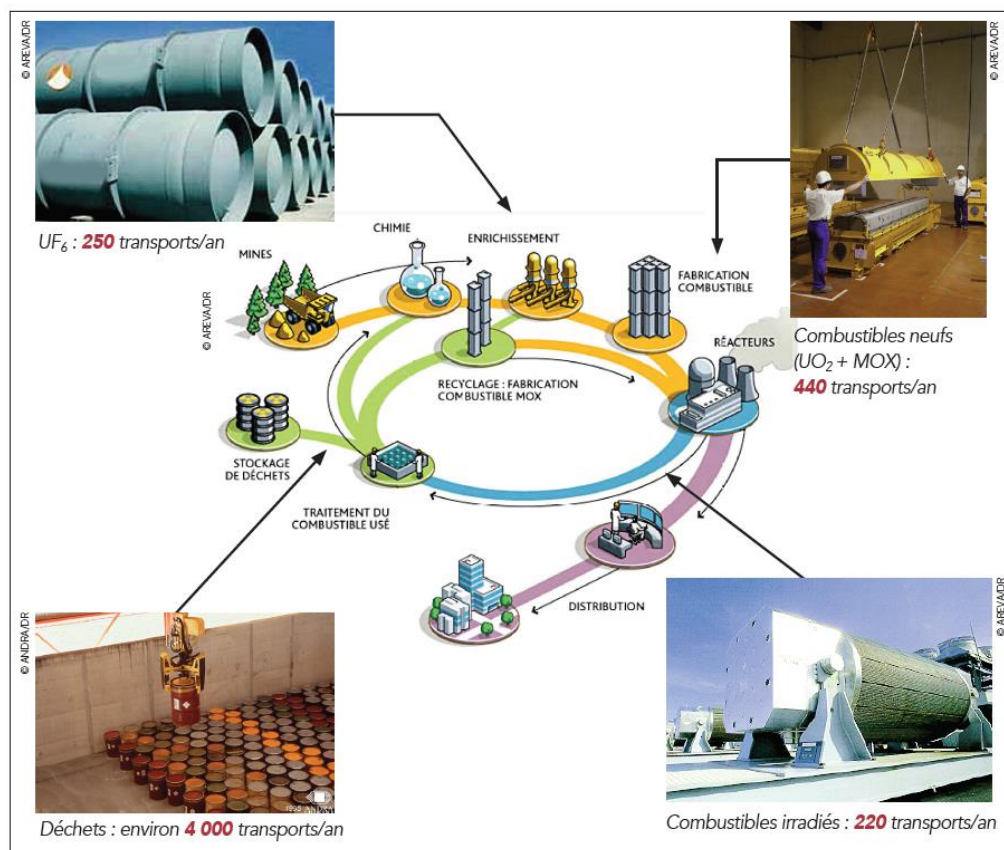
Flux de transport de substances radioactives

- Flux annuel de 980 000 colis, représentant 770 000 transports



Flux de transport de substances radioactives

- Cycle du combustible nucléaire (114 000 colis par an)



Flux de transport de substances radioactives

Secteur médical (260 000 colis par an)

- Sources de radiothérapie et solutions pour scintigraphie
- Principalement des colis exceptés ou de type A
- Transports routiers et aériens



Industrie et contrôles techniques (530 000 colis par an)

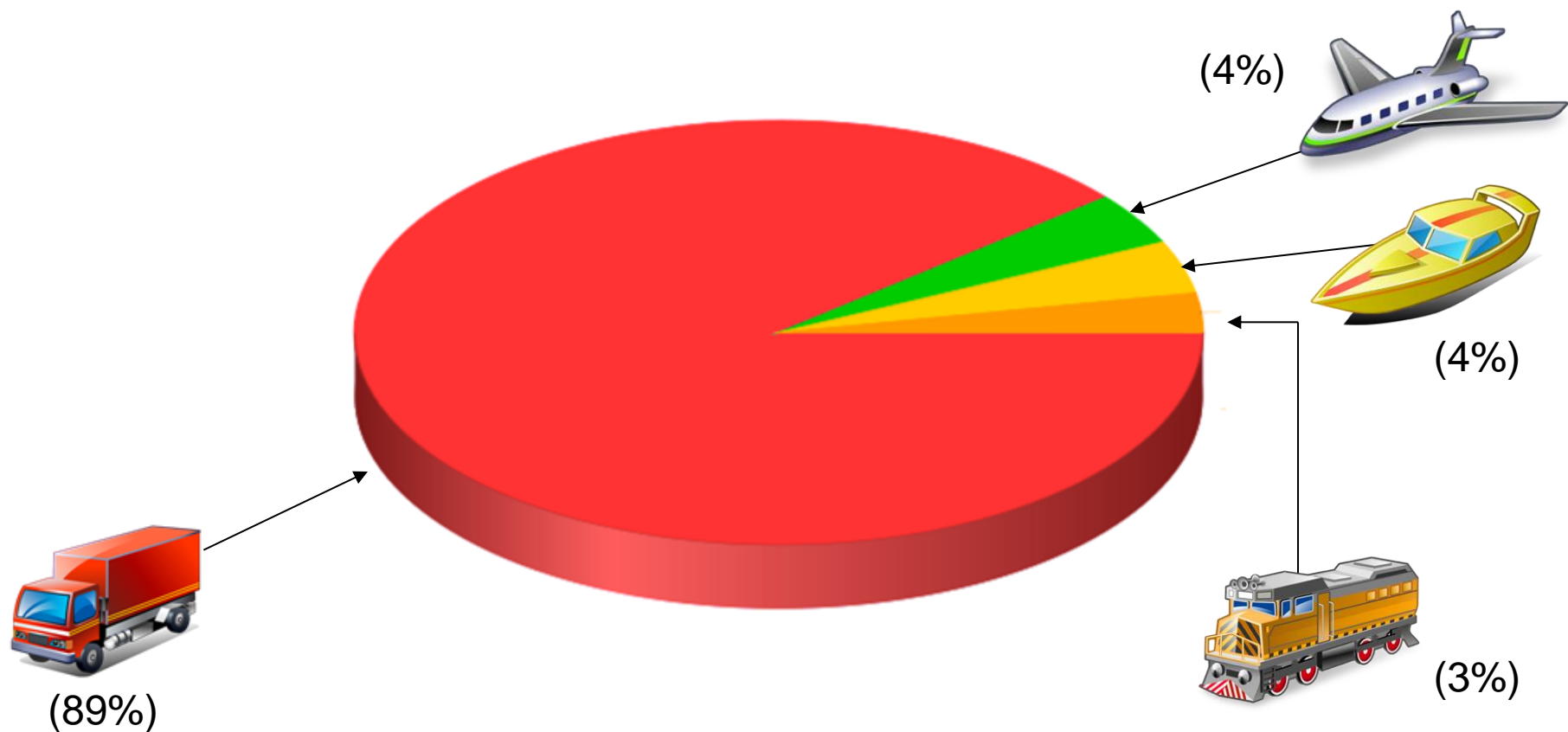
- Sources scellées pour des irradiateurs industriels
- Appareils de mesures
 - Gammagraphes (type B)
 - Gamma-densimètres (type A)
 - Analyseurs de plomb (exceptés)



Recherche (19 000 colis par an)

- Sources, éléments combustibles, objets contaminés et déchets

Modes de transport de substances radioactives



Contexte réglementaire

Exigences réglementaires

- Adaptées à la quantité et au « potentiel de danger » des substances transportées

- le confinement du contenu radioactif
- la maîtrise de l'intensité de rayonnement externe
- la prévention de la criticité
- la prévention des dommages causés par la chaleur



LE Q SYSTEM



Dose interne par inhalation



Dose interne par immersion



Dose peau et ingestion après transfert de contamination



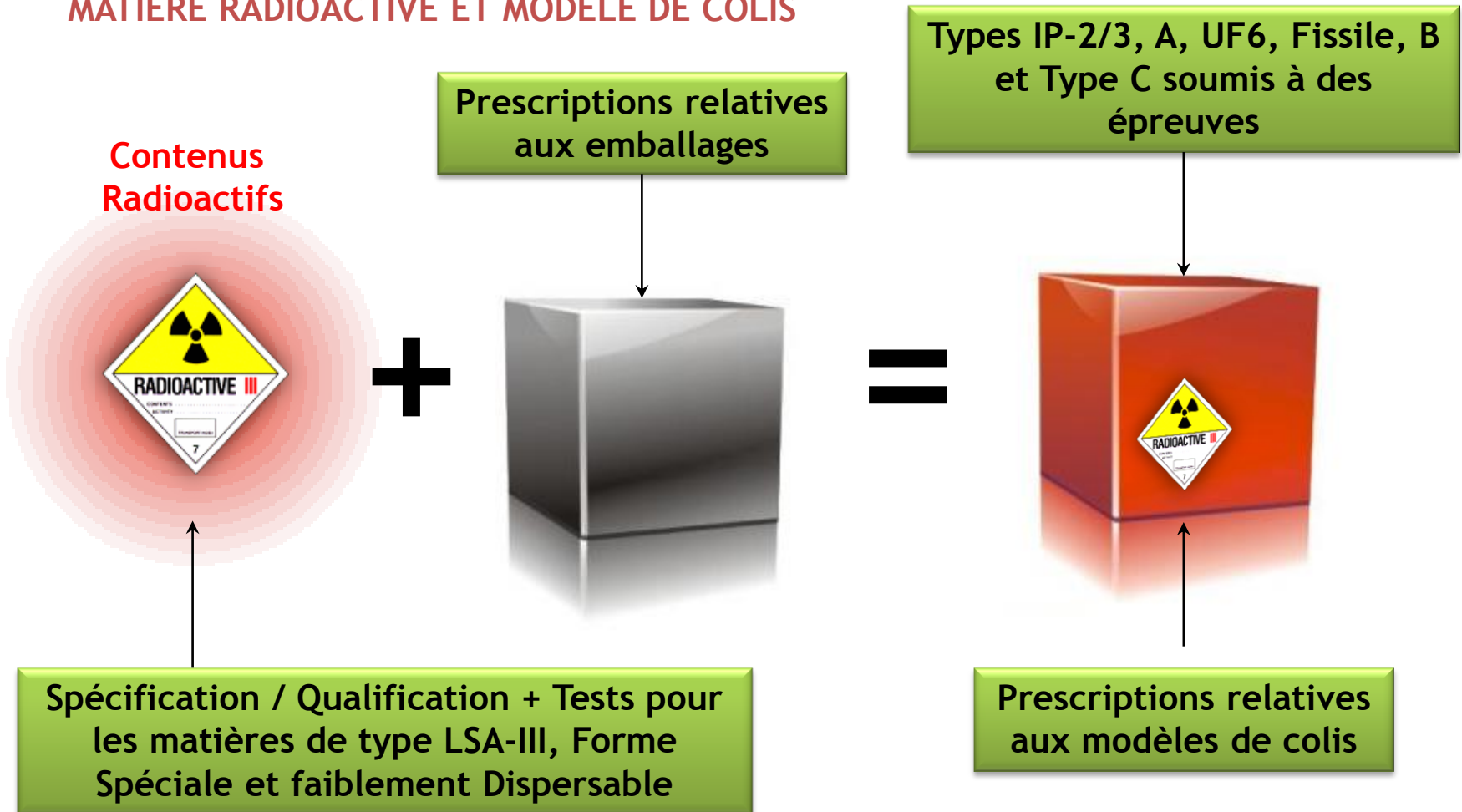
Dose externe due aux photons (rayons γ /X)



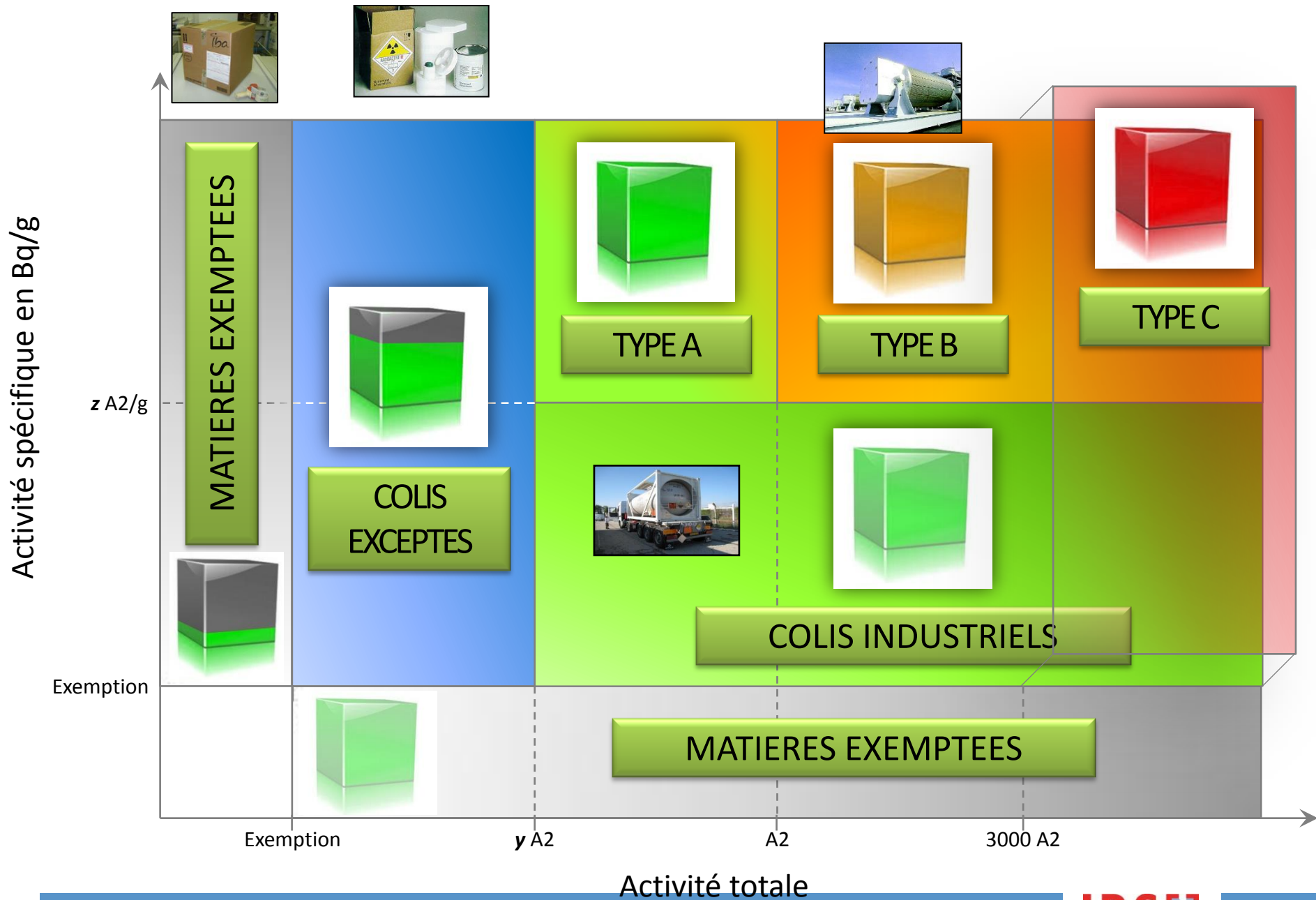
Dose externe due aux émetteurs β

PRESCRIPTIONS RELATIVES AUX MATIÈRES ET AUX EMBALLAGES DE TRANSPORT

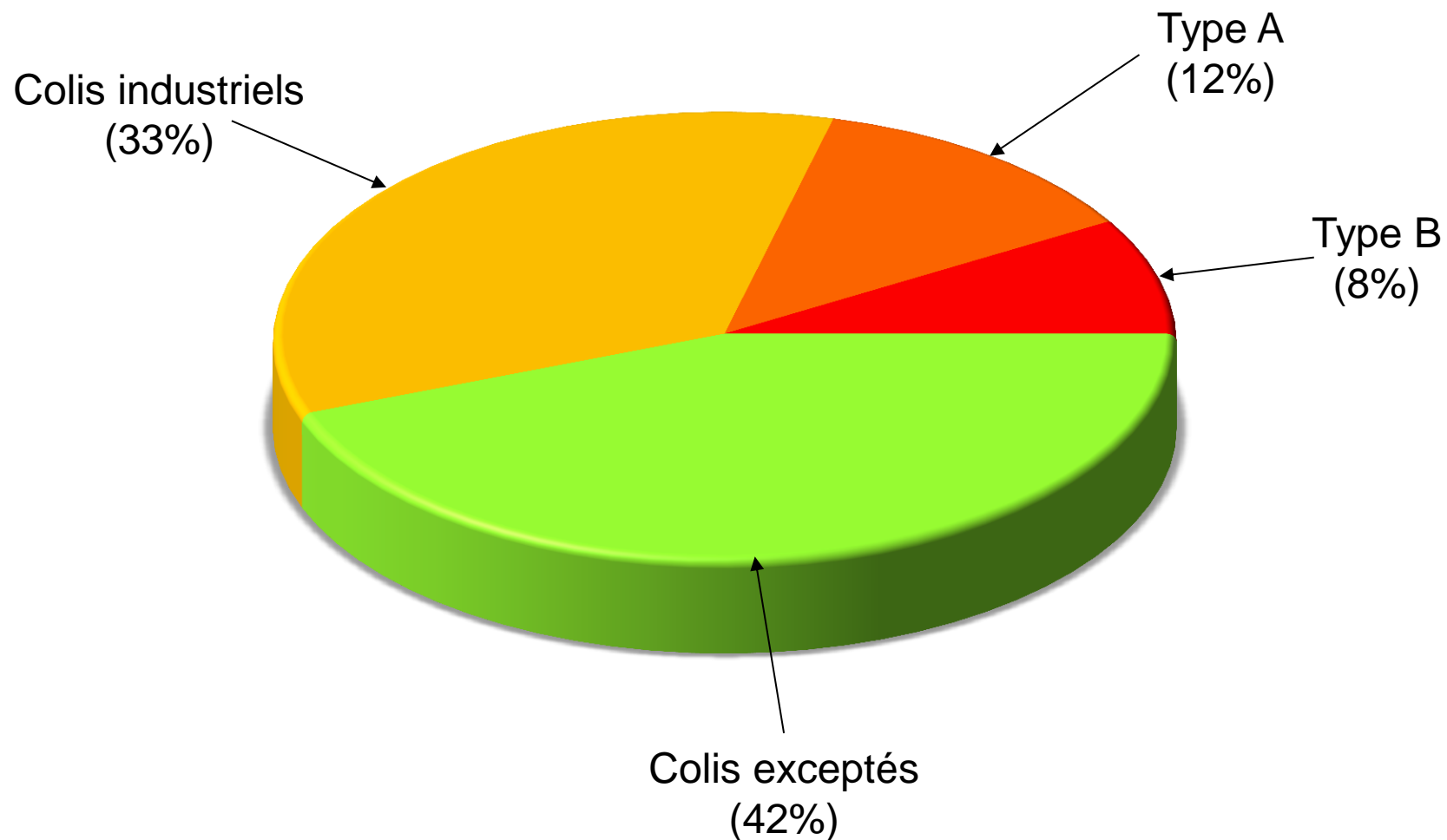
MATIÈRE RADIOACTIVE ET MODÈLE DE COLIS



CLASSIFICATION DES COLIS



FLUX DE COLIS DE MATIÈRE RADIOACTIVE EN FRANCE PAR TYPE DE COLIS



EXIGENCES CONCERNANT LA CONCEPTION DES COLIS

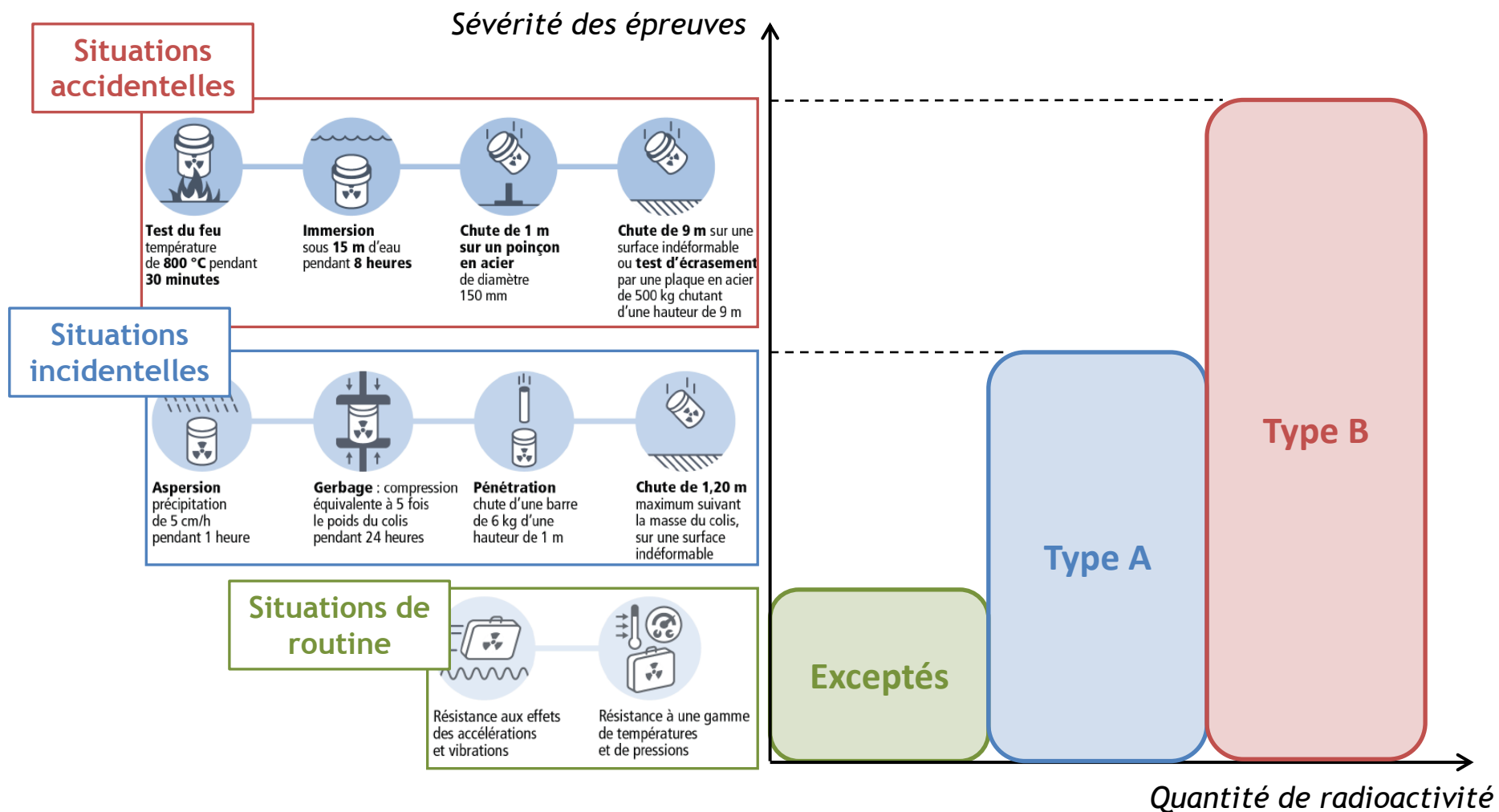
La sûreté appliquée aux transports de matières radioactives repose sur :

La conception de l'ensemble colis et véhicule

On définit 3 familles de situations qui se caractérisent par des sollicitations de sévérité croissante :

1. conditions de transport de routine (vibrations, tension de l'arrimage),
2. conditions de transport normales (incidents mineurs) →CNT
3. conditions accidentelles de transport (accidents sévères) →CAT

Contexte réglementaire



PERFORMANCES REQUISES SELON LES TYPES DE COLIS ET DE SITUATION

Fonction de sûreté :

- (a) le confinement du contenu radioactif ;
- (b) la maîtrise de l'intensité de rayonnement externe ;
- (c) la prévention de la criticité ;
- (d) la prévention des dommages causés par la chaleur, la radiolyse...

En conclusion, le colis doit respecter les critères de performances suivants

Fonctions de sûreté	Critères de conception
Confinement	CNT : 10^{-6} A2/h CAT : A2/semaine
Radioprotection (sauf transport exclusif)	CNT : 2 mSv/h contact 0,1 mSv/h à 2 m CAT : 10 mSv/h à 1 m
Criticité (doctrine)	$K_{\text{eff}} < 0,95$ colis isolé $K_{\text{eff}} < 0,98$ en réseau de colis
Température	CNT : 50°C (85°C en exclusif)

COLIS EXCEPTES

Exemples de colis exceptés à usage médical



Type de flacon utilisé pour le conditionnement de l'iode 125 et emballage extérieur du flacon



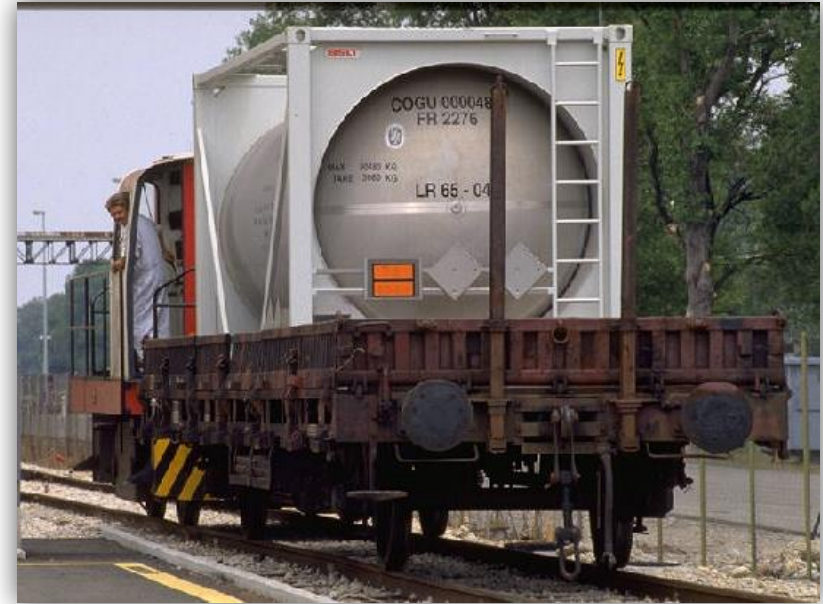
Analyseur de plomb contenant une petite source de Cd 109

COLIS INDUSTRIELS

Exemples de colis industriels



Caisson ISO pour le transport de concentré d'uranium naturel



Transport de nitrate d'uranyle par voie ferrée

COLIS CHARGE DE MATIERES FISSILES

Exemples de colis chargé de matières fissiles



Colis chargés d'assemblages combustibles REP neufs

COLIS DE TYPE A

Exemples de colis de type A



Emballages destiné au transport de produits radiopharmaceutiques

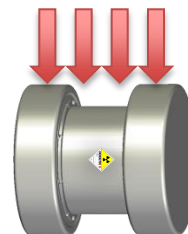
COLIS INDUSTRIELS - TYPE A

Épreuves représentatives des conditions NORMALES de transport (CNT)



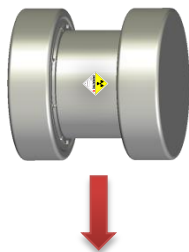
Aspersión (§721)

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



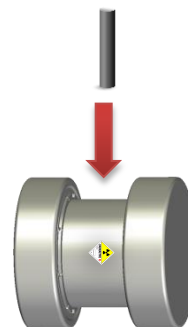
Gerbage (§723)

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



Chute libre (§722)

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



Pénétration (§724)

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

Critère de performance (§622) :

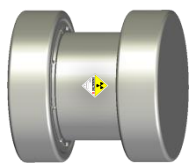
Absence de perte ou de dispersion du contenu radioactif, et

Absence d'augmentation de plus de 20 % de l'intensité de rayonnement maximale sur toute surface externe du colis

COLIS DE TYPE B

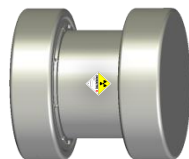
Les colis du type B doivent subir les épreuves de CNT puis les épreuves représentatives des conditions ACCIDENTELLES de transport (CAT) - § 727

Spécimen 1



Chute libre de 9m

Sur une cible plane et indéformable.
L'orientation choisie doit entraîner le dommage maximal.



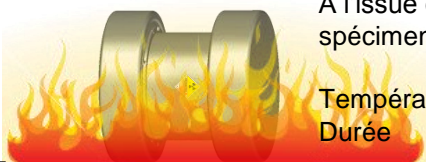
Chute de 1 m sur poinçon

En acier doux plein de diamètre 150 mm. La zone d'impact est choisie pour causer le dommage maximal.



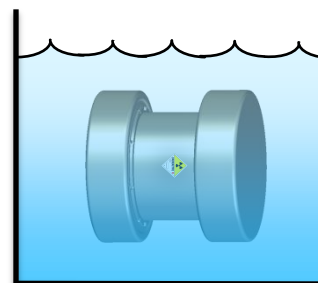
Épreuve thermique (§728)

A l'issue des épreuves de chutes libres, le spécimen est placé dans un feu enveloppant



Température : 800 °c
Durée : 30 min

Spécimen 2



Épreuve d'immersion

(§ 729) Le spécimen est complètement immergé sous **15 m** d'eau pendant **8 heures**

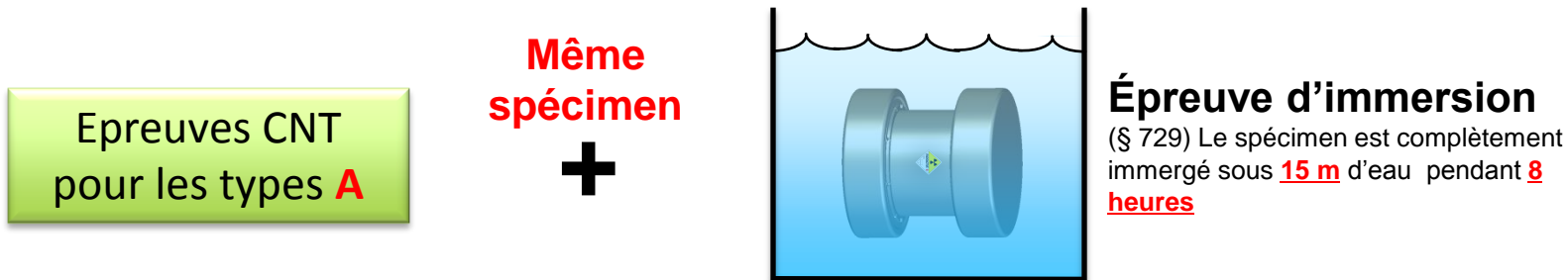
(§ 730) Pour les colis contenant une activité > 10⁵ A2, le spécimen est complètement immergé sous **200 m** d'eau pendant **1 heure**

Critère de performance (§657) :

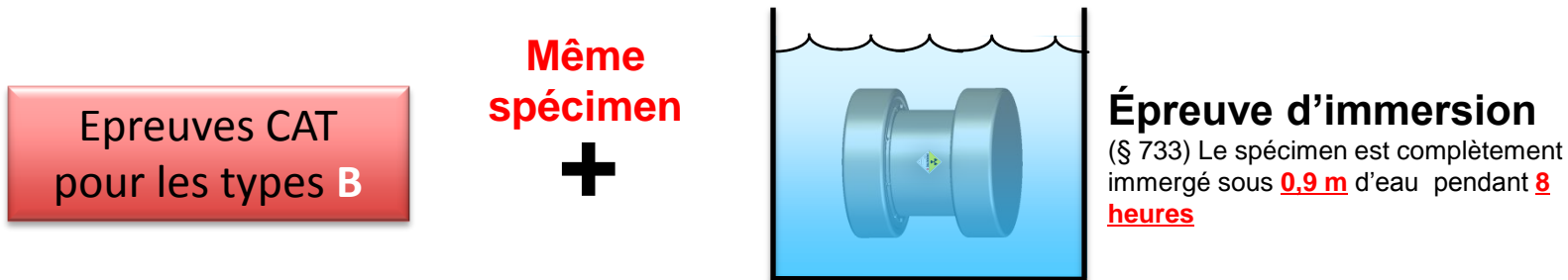
Relâchement d'activité < 1 A2/semaine
Débit de dose < 10 mSv/h à 1 m

SPECIFICITES POUR COLIS CHARGE DE MATIERES FISSILES

Épreuves représentatives des conditions NORMALES de transport (CNT)



Épreuves représentatives des conditions ACCIDENTELLES de transport (CAT)



Critère de performance pour chaque séquence

Colis isolé : $K_{\text{eff}} + 3\sigma < 0.95$

Réseau de colis : $K_{\text{eff}} + 3\sigma < 0.98$

COLIS DE TYPE C



TUK-145/C



COLIS CHARGE D'UF₆

Exemples de colis chargé d'UF₆



Parc d'entreposage de cylindres d'UF₆ (sans surcoque)



Cylindres d'UF₆ sur un châssis de transport



Cylindre d'UF₆ entrant dans sa surcoque de protection thermique

Les principes de la défense en profondeur appliqués au transport de matières radioactives

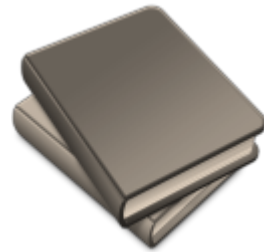
1. Sûreté de conception (emballages, contenus et véhicules)	2. Fiabilité des opérations	3. Gestion de crise - Plans d'urgence
Pour assurer une bonne résistance aux conditions de routine, d'incident et accident.	Pour réduire les probabilités d'occurrence des anomalies, des incidents et accidents	Pour réduire au maximum les conséquences des incidents et accidents
<ul style="list-style-type: none">▪ suivi de la réglementation▪ qualification▪ attestations de conformité / agréments▪ retour d'expérience	<ul style="list-style-type: none">▪ mise en oeuvre de la réglementation générale des transports, formations▪ assurance de la qualité▪ assurance de la conformité▪ inspections	<ul style="list-style-type: none">▪ consignes de sécurité▪ préparation▪ exercices de crise▪ retour d'expérience

Organisation National en cas de crise transport

Responsabilité première de l'acteur de transport concerné (expéditeur, transporteur, destinataire)

Possession d'un plan d'urgence :

Gérer les incidents ou accidents de transport de matières radioactives.



Contenu minimal demandé par l'ASN :

- responsabilités des différents échelons,
- actions réflexes,
- connaissances des types de colis et des contenus,
- moyens pour récupérer le ou les colis (emballage de secours,...).

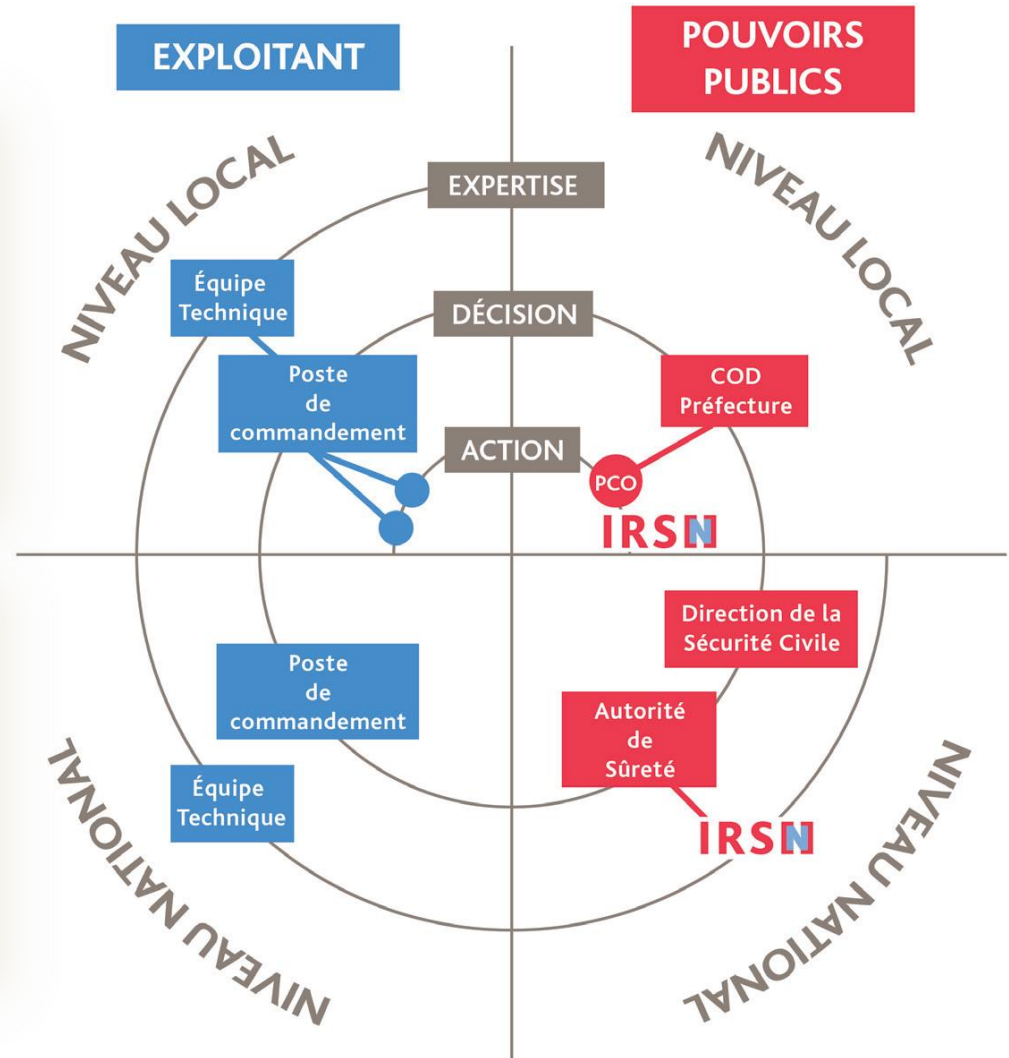
DISPOSITIF ORSEC-TMR

ORGANISATION DE LA RÉPONSE DE SÉCURITÉ CIVILE

Réponse **opérationnelle** d'urgence décrivant la réponse externe des **pouvoirs publics** face à une situation d'accident susceptible d'engendrer un **risque pour la population** (radiologique ou chimique)

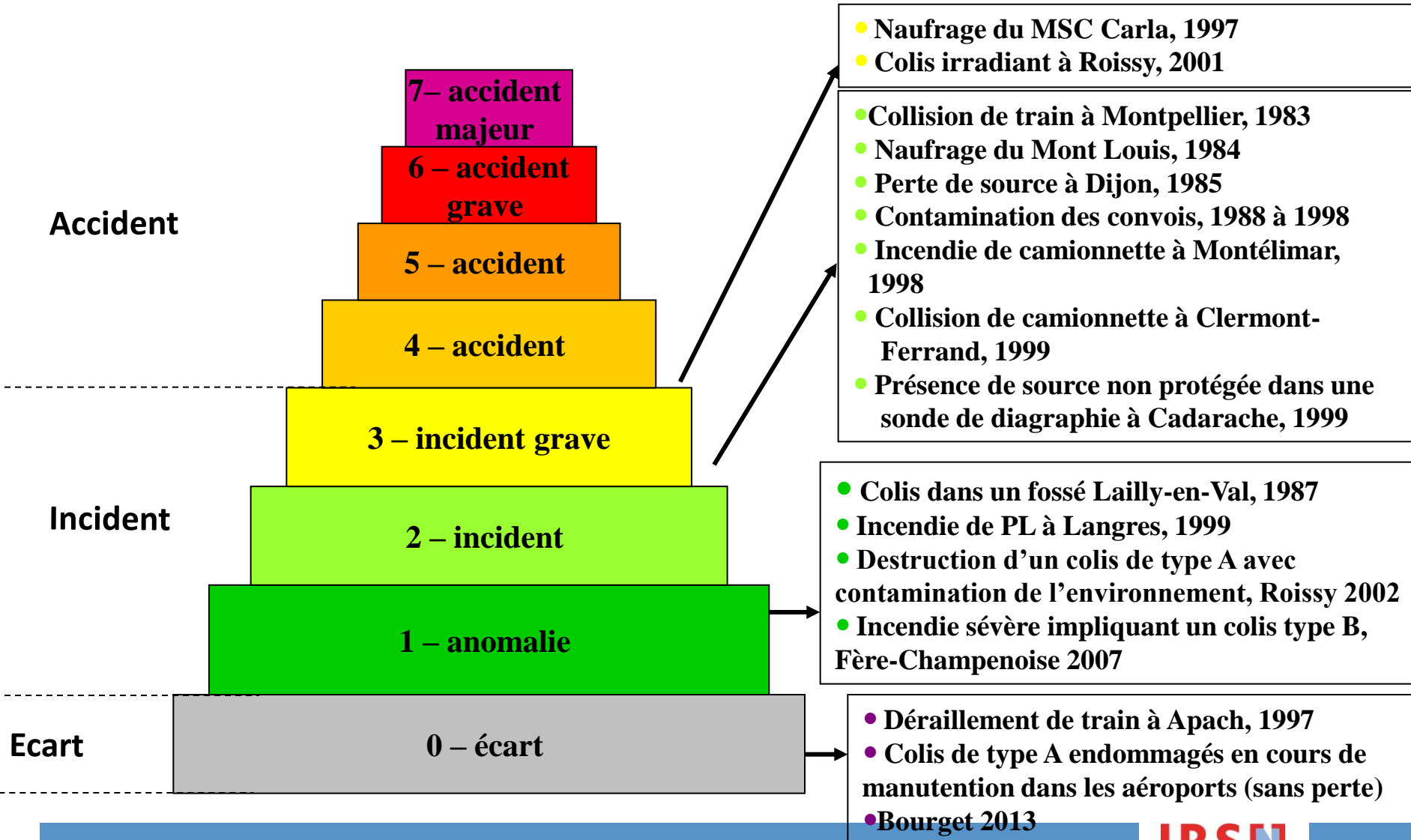
- mobiliser et coordonner sous **l'autorité unique du préfet** les acteurs de la sécurité civile :
logique de gestion de crise ;
- obligatoire pour tous les **départements** français ;

ORGANISATION DES DIFFERENTS ACTEURS



Classement sur l'échelle INES

Exemple d'événements depuis 1983



Actions de l'IRSN en matière de sûreté des transports

- Expertise technique pour l'ASN de la conformité des colis aux exigences réglementaires

- Fiabilité des opérations

- Appui technique de l'ASN lors d'inspections sur le thème des transports
- Analyse des événements significatifs liés au transport de substances radioactives

- Participation à la gestion de crise

- Appui technique des autorités (Centre Technique de Crise et cellule mobile)
- Participation aux exercices de crise nationaux



■ A suivre ?