



Exemple pour la détermination du colis optimal pour transporter des matières radioactives

L'objectif de cet exemple est de vous présenter ce qui est attendu que vous développiez comme raisonnement, étape après étape, jusqu'à déterminer en le justifiant, le choix du colis optimal pour transporter les matières radioactives.

On entend par colis optimal le type de colis prévu par la réglementation pour garantir la performance minimale requise sans performance supplémentaire. A titre d'exemple, si un colis de type A et un colis de type B(U) ont tous les deux les performances requises, le colis de type A sera le colis optimal.

Le déroulement du raisonnement s'arrête dès que le colis optimal a été déterminé.

Le déroulement du raisonnement est systématique et passe chronologiquement par les étapes suivantes :

- Vérification des exemptions des dispositions de l'ADR du 1.7.1.4
- Détermination de l'activité totale et de l'activité massique,
- Etude de la possibilité d'exemption en examinant la limite d'exemption pour :
 - l'activité massique
 - et l'activité totale par envoi
- La matière est-elle ou non sous forme spéciale ?
- Calculs de l'activité A_1 ou A_2 ou du nombre de A_1 ou A_2 ,
- Détermination du caractère fissile ou non
- Etude de la possibilité de colis excepté,
- Etude des caractéristiques de la matière et du colis associé
 - Vérifier les prescriptions du 4.1.9.2 puis déterminer le type de colis industriel
 - Matière sous forme liquide, solide ou gaz,
 - Objets contaminé superficiellement SCO,
 - SCO I → colis de type IP- 1 ou matière non emballée,
 - SCO II → colis de type IP- 2,
 - Matières de faible activité spécifique,
 - LSA I → colis de type IP- 1 ou 2, ou matière non emballée,
 - LSA II → colis de type IP-2 ou 3,
 - LSA III → colis de type IP-2 ou 3,
 - Colis de Type A,
 - Colis de Type B(U) ou Type B(M)
 - (Voire colis de type C en cas de transport aérien).

L'exemple suivant permet d'illustrer le déroulement complet jusqu'à déterminer un colis de type B et supérieur.

Pour une meilleure maîtrise de cette procédure pour déterminer le colis optimal, nous vous engageons à vous entraîner à cet exercice.

Nota : Une attention particulière est à apporter à l'énoncé. Parfois, il sera demandé explicitement une démonstration « non détaillée », par exemple lorsqu'il y a évidence de nécessité d'un colis de type B(U) ou B(M). Dans ce cas, il suffira de démontrer à la fois que vis-à-vis de l'activité massique et de l'activité par envoi, seul le transport en un certain type de colis est possible. Par exemple, pour un colis optimal de type B(U) ou B(M), on démontrera que le colis de type A est impossible et que le classement en LSA-III est impossible (ou LSA-II si la matière est liquide).

Exemple

Vous travaillez en tant que Conseiller Sécurité Transport au sein de la société STSP (Société de Transport de Sources Pharmaceutiques), qui réalise des opérations de transport et d'assistance aux expéditeurs dans toute la France, dans le domaine du transport de matières radioactives à usage médical.

Vous devez transporter par voie routière depuis le laboratoire LPSP, située à Amiens (80), à destination de l'hôpital HISF, située à Marseille (13) :

Un colis contenant des sources radioactives solides, dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau suivant :

<i>Radioéléments</i>	<i>Activité (GBq)</i>
Californium 252	2
Cobalt 60	80
Césium 137	300

La masse totale des sources est égale à 0,5 kg.

Le débit d'équivalent de dose à 3 mètres de la matière nue est estimé à 3 mSv/h.

La matière n'est pas sous forme spéciale.

On vous sollicite afin de déterminer le type de colis optimal pour transporter ce colis. Déterminez ce type de colis et justifiez votre réponse en analysant chaque possibilité.

Réponse
<p>Les dispositions de l'ADR s'appliquent : pas d'exemption selon le 1.7.1.4</p> <p>Activité totale du mélange : 382 GBq</p> <p><u>Exemption</u> L'activité massique de chacun des radionucléides est de : Cf-252 : $2 \text{ GBq} / 500 \text{ g} = 4 \cdot 10^6 \text{ Bq/g}$ Co-60 : $80 \text{ GBq} / 500 \text{ g} = 1,6 \cdot 10^8 \text{ Bq/g}$ Cs-137 : $300 \text{ GBq} / 500 \text{ g} = 6 \cdot 10^8 \text{ Bq/g}$</p> <p>Seuils d'activité massique d'exemption : Cf-252 : 10 Bq/g Co-60 : 10 Bq/g Cs-137 : 10 Bq/g</p> <p>L'activité massique de chaque radionucléide est supérieure au seuil d'activité massique d'exemption.</p> <p>Seuils d'activité d'exemption par envoi : Cf-252 : $1 \cdot 10^4 \text{ Bq}$ Co-60 : $1 \cdot 10^5 \text{ Bq}$ Cs-137 : $1 \cdot 10^4 \text{ Bq}$</p> <p>L'activité de chaque radionucléide est supérieure au seuil d'exemption par envoi.</p> <p>➔ Le colis n'est donc pas exempté des prescriptions réglementaires</p>

Réponse

La matière n'est pas sous forme spéciale, il faut donc utiliser A_2 et non A_1

Calcul du A_2 du mélange ou du nombre de A_2

Deux méthodes sont possibles par la suite et détaillées ci-dessous.

Première méthode sous forme de tableau

Cette méthode est la plus rapide, avec des calculs plus simples.

Remarque : pour éviter les erreurs, bien convertir les activités dans la même unité (GBq, TBq, ...)

Radionucléide	A_2 (GBq)	Activité (GBq)	Nb A_2	
Cf-252	3	2	0,67	
Co-60	400	80	0,2	
Cs-137	600	300	0,5	
-	Activité totale :	382	Nb de A_2 total :	1,37

On commence par calculer le nombre de A_2 de chaque composant du mélange (en divisant l'activité du composant par la valeur de son A_2) : ce qui est fait dans la dernière colonne du tableau ci-dessus.

On obtient le nombre de A_2 dans le mélange en additionnant le nombre de A_2 de chaque composant. Ici, on trouve qu'il y a 1,37 A_2 dans le colis.

On peut ensuite calculer le A_2 du mélange (mais ce n'est pas obligatoire) :

$$A_2 = \text{Activité totale} / \text{Nb } A_2 \text{ total} = 382 / 1,37 = 280 \text{ GBq.}$$

Deuxième méthode : application directe de la formule du 2.2.7.2.2.4 de l'ADR

$$A_2 \text{ mélange} = \frac{1}{\sum f_i / A_2}$$

Remarque : comme dans la première méthode, bien faire attention aux unités utilisées, et bien convertir les activités dans la même unité (GBq, TBq, ...)

Calcul de l'activité totale : $2 + 80 + 300 = 382 \text{ GBq}$

Calcul des fractions d'activité f_i (f_i est l'activité du composant sur l'activité totale du mélange).

Pour le Cf-252 : $f_i = 2 / 382 = 0,00523$

Pour le Co-60: $f_i = 80 / 382 = 0,209$

Pour le Cs-137: $f_i = 300 / 382 = 0,785$

$$A_2 \text{ mélange} = \frac{1}{\frac{0,00523}{3} + \frac{0,209}{400} + \frac{0,785}{600}} = 280 \text{ GBq}$$

Le nombre de A_2 dans le colis est :

$$\text{Nb } A_2 = \text{Activité totale} / A_2 = 382 / 280 = 1,36$$

Remarque : on peut vérifier que les deux méthodes donnent le même résultat, aux arrondis près.

Réponse

Matière fissile

La matière ne contient pas de nucléides fissiles. La matière est donc non fissile.

Colis excepté

Le contenu n'est ni un appareil ni un objet (car il ne correspond pas à la définition du 2.2.7.2.4.1.3). Les limites à appliquer pour le transporter en colis excepté sont donc celles de la colonne « matières-limites par colis » du tableau du 2.2.7.2.4.1.2.

Deux rédactions possibles :

Le nombre de A_2 du mélange est 1,37, supérieur à 10^{-3} .

La limite pour un colis excepté est de $10^{-3} A_2$, soit $2,8 \cdot 10^8$ Bq. L'activité de la matière est de $3,82 \cdot 10^{11}$ Bq, donc supérieure à la limite.

Le colis ne peut pas être transporté en colis excepté.

SCO

La matière ne répond pas à la définition d'un SCO.

LSA-I

La matière ne répond pas à la définition du LSA-I.

Ce n'est pas du minerai, ni de l'uranium ou du thorium. La valeur de A_2 n'est pas illimitée.

L'activité massique de chaque radionucléide est supérieure à 30 fois le seuil d'activité massique d'exemption donc la matière ne peut pas être classée en LSA-I.

LSA-II

Deux rédactions possibles :

Le nombre de A_2/g du mélange est de $1,37 / 500 = 2,73 \cdot 10^{-3}$, soit supérieur à 10^{-4} (A_2/g).

La limite pour le LSA-II est de $10^{-4} A_2/g$, soit $2,8 \cdot 10^7$ Bq/g. L'activité massique de la matière est de $7,64 \cdot 10^8$ Bq/g, donc supérieure à la limite.

La matière ne peut donc pas être classée en LSA-II.

LSA-III

Deux rédactions possibles :

Le nombre de A_2/g du mélange est de $1,37 / 500 = 2,73 \cdot 10^{-3}$, soit supérieur à $2 \cdot 10^{-3}$ (A_2/g).

La limite pour le LSA-III est de $2 \cdot 10^{-3} A_2/g$, soit $5,6 \cdot 10^8$ Bq/g. L'activité massique de la matière est de $7,64 \cdot 10^8$ Bq/g, donc supérieure à la limite.

La matière ne peut donc pas être classée en LSA-III.

Réponse

Colis de type A

Deux rédactions possibles :

Le nombre de A_2 du mélange est de 1,37, soit supérieur à 1 (A_2).

La limite pour le type A est de 1 A_2 , soit $2,8 \cdot 10^{11}$ Bq. L'activité de la matière est de $3,82 \cdot 10^{11}$ Bq, donc supérieure à la limite.

La matière ne peut donc pas être transportée en colis de type A.

Colis de type B et supérieur

Le colis optimal est donc un colis de type B (B(U) ou B(M)).

Références réglementaires : 1.7.4.1, 2.2.7 et 4.1.9.2