

IAEA-TECDOC-1312/F

# ***Détection de matières radioactives aux frontières***

*Publication établie sous les auspices de l'AIEA, l'OMD, EUROPOL et INTERPOL*



AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE

**AIEA**

Août 2003

La présente publication de l'AIEA a été établie par la:

Section de la sûreté radiologique  
Agence internationale de l'énergie atomique  
Wagramer Strasse 5  
B.P. 100  
A-1400 Vienne (Autriche)

DÉTECTION DE MATIÈRES RADIOACTIVES AUX FRONTIÈRES  
AIEA, VIENNE, 2003  
IAEA-TECDOC-1312/F  
ISBN 92-0-207903-X  
ISSN 1011-4289

© AIEA 2003

Imprimé par l'AIEA en Autriche  
Août 2003

## AVANT-PROPOS

Les mouvements nationaux et internationaux de toutes les matières radioactives devraient être soumis à des contrôles rigoureux en matière de sûreté et sur les plans réglementaire, administratif et technique, mis en place en vertu d'accords internationaux, afin de pouvoir s'effectuer en toute sûreté et sécurité. Dans le cas des matières nucléaires, des prescriptions supplémentaires sont imposées en ce qui concerne la protection physique et la responsabilité, en vue de se prémunir contre les menaces de prolifération nucléaire et de prévenir toute tentative de détournement.

Les attaques terroristes de septembre 2001 ont eu pour effet de souligner la nécessité de renforcer les contrôles et la sécurité des matières nucléaires et radioactives. À cet égard, des mesures sont actuellement prises pour relever le niveau de protection physique et de sécurité des matières nucléaires dans le monde. De même, des efforts sont en cours pour renforcer la sûreté et la sécurité des sources radioactives, si répandues dans de nombreuses industries et de nombreux établissements médicaux. Il s'ensuit que la détection de matières radioactives (matières nucléaires et sources radioactives) aux frontières est une composante fondamentale d'une stratégie d'ensemble visant à faire en sorte que de telles matières ne tombent pas entre les mains de groupes terroristes et des organisations criminelles qui les approvisionneraient. Les services des forces de l'ordre et les organismes de réglementation portent leur attention sur les expéditions de matières radioactives pour en assurer la légalité et prévenir les détournements et le trafic illicite.

Dans de nombreuses parties du monde, il est prouvé que des matières radioactives continuent de circuler hors des cadres réglementaire et juridique. Ces mouvements peuvent être délibérés ou fortuits. D'une manière générale, on entend par trafic illicite des mouvements délibérés et illégaux de matières radioactives – y compris de matières nucléaires – à des fins terroristes, politiques, ou pour servir des intérêts illégaux. La plupart des mouvements échappant au contrôle réglementaire sont de nature fortuite. Un exemple en serait le transport d'acier contaminé par une source radioactive fondue ayant échappé aux contrôles auxquels elle doit être soumise. Une telle expédition peut présenter un risque pour la santé et la sûreté du personnel et du public qui y seraient exposés.

Il incombe aux États de lutter contre le trafic illicite et les mouvements fortuits de matières radioactives. L'AIEA collabore avec ses États Membres et d'autres organisations internationales pour prévenir de tels cas et pour harmoniser les politiques et les mesures en donnant des conseils pertinents par le biais d'une assistance technique et de documents. Par exemple, elle a conclu avec l'Organisation mondiale des douanes (OMD) un mémorandum d'accord (1998) visant à promouvoir la coopération internationale, afin de renforcer le contrôle des matières radioactives. À l'heure où le présent rapport est rédigé, elle est en voie de conclure un accord semblable avec l'Organisation internationale de police criminelle (INTERPOL).

Les États sont tenus d'adopter un certain nombre de mesures pour lutter contre le trafic illicite et les mouvements fortuits de matières radioactives. Ils les répartissent généralement entre les organismes de réglementation et les forces de l'ordre en prenant des dispositions au niveau national. Le présent document technique porte sur l'une de ces mesures, à savoir la détection de matières radioactives aux frontières. Si, pour être efficace, celle-ci fait intervenir nombre d'éléments des stratégies de réglementation et d'application des lois, il ne sera question dans la présente publication que de la détection des rayonnements et, en particulier, de

l'instrumentation nécessaire à cette fin. L'objectif est d'aider les autorités des États Membres à détecter efficacement les matières radioactives qui traversent leurs frontières, qu'il s'agisse d'importations, d'exportations ou d'expéditions en transit.

Le présent document technique est le deuxième d'une série de trois portant sur les mouvements fortuits et le trafic illicite de matières radioactives, qui sont coparrainés par l'OMD, EUROPOL et INTERPOL. Le premier s'intitule «Prévention des mouvements fortuits et du trafic illicite de matières radioactives» (IAEA-TECDOC-1311), et le troisième «Intervention en cas de détection de mouvements fortuits ou de trafic illicite de matières radioactives» (IAEA-TECDOC-1313). M. B. Dodd, de la Division de la sûreté radiologique et de la sûreté des déchets de l'AIEA, en a été le fonctionnaire responsable.

### *NOTE DE L'ÉDITEUR*

*L'emploi d'appellations particulières pour désigner des pays ou des territoires n'implique de la part de l'éditeur — l'AIEA — aucune prise de position quant au statut juridique de ces pays ou territoires, ou de leurs autorités et institutions, ni quant au tracé de leurs frontières.*

*La mention de noms de sociétés ou de produits particuliers (qu'ils soient ou non signalés comme marques déposées) n'implique aucune intention d'empiéter sur des droits de propriété, et ne doit pas être considérée non plus comme valant approbation ou recommandation de la part de l'AIEA.*

## TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION .....	1
1.1. Trafic illicite .....	1
1.2. Rappel .....	2
1.3. Incidence du trafic illicite et des mouvements fortuits de matières radioactives.....	3
1.4. Portée .....	4
1.5. Objectif .....	4
2. LE PROCESSUS DE DÉTECTION .....	4
3. ÉVALUATION STRATÉGIQUE DE LA NÉCESSITÉ D'UNE SURVEILLANCE AUX FRONTIÈRES .....	5
4. CHOIX DES INSTRUMENTS .....	6
4.1. Introduction.....	6
4.2. Types d'instruments .....	6
4.3. Fonctions des instruments.....	7
4.3.1. Détection .....	7
4.3.2. Vérification .....	8
4.3.3. Évaluation et localisation .....	8
4.3.4. Identification .....	8
4.3.5. Recommandations concernant les instruments .....	8
4.4. Instruments de poche .....	9
4.4.1. Application.....	9
4.4.2. Fonctionnement, étalonnage et essais .....	10
4.4.3. Recommandations concernant le niveau de performance minimum .....	10
4.5. Instruments portables .....	11
4.5.1. Application.....	11
4.5.2. Fonctionnement, étalonnage et essais .....	11
4.5.3. Recommandations concernant le niveau de performance minimum .....	12
4.6. Instruments fixes.....	13
4.6.1. Application.....	13
4.6.2. Installation, fonctionnement, étalonnage et essais .....	13
4.6.3. Recommandations concernant le niveau de performance minimum .....	15
5. DÉTERMINATION DES NIVEAUX D'INVESTIGATION ET RÉGLAGE DE L'ALARME DES INSTRUMENTS .....	16
5.1. Niveau d'investigation nominal et réglage de l'alarme des instruments .....	16
5.2. Détermination du seuil d'alarme des instruments.....	17
6. VÉRIFICATION DES ALARMES.....	19
6.1. Types d'alarmes .....	19
6.1.1. Fausses alarmes.....	19
6.1.2. Alarmes intempestives .....	19
6.1.3. Alarmes justifiées.....	20
6.2. Vérification des alarmes par surveillance .....	20

6.2.1. Instruments de poche et portables .....	20
6.2.2. Surveillance des piétons et de leurs bagages.....	20
6.2.3. Surveillance des véhicules .....	21
7. CONDITIONS RADIOLOGIQUES ET NIVEAUX D'INTERVENTION.....	21
8. LOCALISATION DE MATIÈRES RADIOACTIVES .....	22
8.1. Préparation à une fouille générale.....	22
8.2. Fouille de piétons.....	23
8.3. Fouille de colis et de marchandises .....	23
8.4. Fouille de véhicules motorisés.....	24
8.4.1. Fouille des passagers et de leurs effets personnels .....	24
8.4.2. Fouille du capot.....	24
8.4.3. Fouille du coffre et de l'intérieur .....	24
8.4.4. Fouille de l'extérieur.....	25
8.4.5. Plate-forme des camions .....	25
8.4.6. Gros camions .....	25
9. ANALYSE DES MATIÈRES RADIOACTIVES DÉTECTÉES .....	25
9.1. Généralités .....	25
9.2. Dispositifs d'identification de radionucléides .....	26
9.3. Caractéristiques de performance pour l'identification de radionucléides.....	26
9.3.1. Radionucléides présentant un intérêt .....	26
9.3.2. Essais.....	27
9.4. Considérations pratiques lors de la sélection d'un instrument .....	27
ANNEXE I: MATIÈRES RADIOACTIVES ET RADIONUCLÉIDES INTÉRESSANTS .....	29
ANNEXE II: PROCESSUS ABOUTISSANT À LA DÉTECTION DE MOUVEMENTS FORTUITS OU D'UN TRAFIC ILLICITE .....	32
RÉFÉRENCES.....	33
GLOSSAIRE .....	35
PERSONNES AYANT COLLABORÉ À LA RÉDACTION ET À LA RÉVISION DU TEXTE .....	37

# 1. INTRODUCTION

## 1.1. Trafic illicite

À l'heure actuelle, le trafic illicite est défini comme suit dans le glossaire de l'AIEA: "Recel, détention, utilisation, cession ou dispersion de matières nucléaires sans autorisation". Cette définition est beaucoup plus large que celle retenue par la police, les douanes et d'autres services des forces de l'ordre. Par conséquent, et compte tenu des intérêts professionnels hétérogènes des organisations parrainant la publication du présent document technique, il convient de donner plus de précisions sur cette expression pour s'assurer qu'elle sera employée correctement.

Dans le cadre de la présente publication, cette expression ne devrait pas être interprétée comme couvrant tous les cas non autorisés impliquant des matières radioactives, quels que soient leur type et leur origine, puisque la plupart d'entre eux pourraient ne constituer que des infractions d'ordre administratif et relever de l'organisme de réglementation nucléaire ou radiologique national plutôt que des forces de l'ordre.

Les organisations coparrainantes s'intéressent aux activités criminelles (telles que les violations du droit national et international), et c'est cette dimension criminelle qui préside au choix de la présente définition, ainsi qu'à l'élaboration du présent document technique et des deux autres [1, 2].

Les activités criminelles visées englobent notamment:

- des activités subversives, telles que les violations du contrôle de la prolifération (car elles vont à l'encontre de la volonté internationale);
- d'autres actes malveillants, réels ou potentiels, visant à causer des dommages aux personnes ou à l'environnement;
- l'acquisition illégale de revenus, tels que les profits procurés par la vente de matières radioactives;
- des manœuvres visant à éviter les coûts prescrits pour le stockage définitif ou les taxes connexes;
- des violations des règlements de transport.

L'expérience de certains États Membres a montré que souvent, lorsqu'il a été prouvé que des mouvements internationaux illégaux de matières radioactives avaient eu lieu, ceux-ci se sont avérés fortuits, plutôt que prémédités avec une réelle intention criminelle. Citons comme exemple le mouvement transfrontières de matières radioactives mélangées à du métal de récupération [3, 4]. C'est pourquoi il serait utile de traiter aussi des cas de pertes de contrôle involontaires suivies de la découverte des matières radioactives dans un autre pays. En réalité, ce n'est que lorsque de tels cas ont été découverts et qu'ils ont fait l'objet d'une enquête qu'ils peuvent être distingués des autres, dont l'intention est manifestement criminelle. Les problèmes liés à la sûreté radiologique et les dommages causés aux personnes, aux biens et à l'environnement sont identiques dans les deux catégories d'incidents.

Pour récapituler, dans la présente publication, on entend par "trafic illicite" tout mouvement ou commerce (international surtout) non autorisé de matières radioactives (y compris de matières nucléaires) fait délibérément dans une intention criminelle. Cette acception coïncide avec celle retenue par la police, les douanes et d'autres services des forces de l'ordre qui luttent contre le trafic d'armes à feu, de personnes, de véhicules motorisés et de drogues.

## 1.2. Rappel

Il convient de noter que puisque les matières nucléaires sont aussi radioactives, le terme “matières radioactives” employé dans la présente publication couvre aussi ces dernières. Il sera utilisé simplement pour éviter de répéter l’expression “matières nucléaires et autres matières radioactives”. Il est reconnu que les matières nucléaires sont les principales cibles des trafiquants.

Les matières radioactives sont utilisées dans le monde entier à des fins bénéfiques très diverses, dans l’industrie, en médecine, dans les domaines de la recherche, de la défense et de l’enseignement. Les risques radiologiques associés à de tels usages doivent être limités et il faut se prémunir contre eux en appliquant des normes de sûreté radiologique appropriées. De même, les risques de prolifération associés à l’utilisation des matières nucléaires doivent aussi être maîtrisés et gérés à l’aide de normes, d’accords et de conventions.

Les systèmes nationaux de réglementation conformes aux normes et recommandations de l’AIEA [5–8] sont censés assurer le maintien d’un contrôle efficace des matières radioactives. Ceci est particulièrement vrai pour tous les États qui ont appliqué le Code de conduite [5] et conclu des accords de garanties. Néanmoins, le contrôle peut être perdu pour diverses raisons. Par exemple, un utilisateur de matières radioactives peut ne pas suivre les procédures prescrites par la réglementation. La perte de contrôle peut également être due à des défaillances de l’infrastructure proprement dite ou à l’insuffisance de la sécurité physique. Outre la négligence, il peut également y avoir détournement délibéré de matières radioactives, par exemple pour éviter les coûts de leur stockage définitif ou dans l’espoir d’en tirer profit au cas où elles auraient une valeur commerciale ou militaire. Des terroristes peuvent aussi tenter de s’en procurer. Compte tenu des problèmes associés à la prolifération des armes nucléaires et au terrorisme, les matières radioactives utilisées dans les programmes électronucléaires et d’armement nucléaire suscitent des inquiétudes particulières à cet égard.

Certains États Membres ont choisi d’installer des détecteurs de rayonnements à certains postes frontière en vue de détecter les matières radioactives que l’on introduirait en fraude sur leur territoire et de repérer d’éventuelles sources orphelines<sup>1</sup> transportées par inadvertance. Le présent document s’intéresse aux questions opérationnelles liées à l’utilisation de ces instruments dans ce contexte. Les mesures de prévention des mouvements fortuits ou du trafic illicite de matières radioactives et d’intervention en pareil cas sont examinées dans les deux autres documents techniques [1, 2].

L’AIEA et le Gouvernement autrichien ont coparrainé une étude pilote sur les aspects pratiques de l’utilisation d’instruments de surveillance aux frontières. Les conclusions de cette étude, intitulée « Programme d’évaluation de la surveillance radiologique du trafic illicite » (ITRAP) [10], ont été prises en compte dans l’élaboration du présent document. Elles ont été particulièrement utiles pour définir les caractéristiques de performance des instruments de surveillance radiologique. Celles qui sont énoncées ci-après sont tirées du rapport sur le programme ITRAP, mais on les a ajustées en tenant compte des contributions d’autres experts. Elles sont données à titre purement indicatif et ne devraient pas être considérées comme *des prescriptions ou des normes de l’AIEA*.

---

<sup>1</sup> Source orpheline: source qui présente un danger radiologique suffisant pour justifier un contrôle réglementaire mais qui n’est pas soumise à un tel contrôle, soit parce qu’elle n’en a jamais fait l’objet, soit parce qu’elle a été abandonnée, perdue, égarée, volée ou cédée sans autorisation appropriée.

### **1.3. Incidence du trafic illicite et des mouvements fortuits de matières radioactives**

En 1995, l'AIEA a lancé un programme de lutte contre le trafic illicite de matières nucléaires et d'autres matières radioactives qui prévoyait notamment la création et la mise à jour d'une base de données internationale sur les cas de trafic illicite [11]. En raison du sens large donné à l'origine au trafic illicite, cette base a été appelée «Base de données sur le trafic illicite», bien que, dans bon nombre des cas qui y sont répertoriés, il s'agisse davantage de mouvements fortuits que de trafic illicite. Au moment de l'établissement du dernier rapport complet établi à son sujet (décembre 2001), 399 cas confirmés avaient été signalés depuis 1993. Soixante-neuf États Membres participent au programme relatif à cette base de données. Environ 90% des cas signalés concernent des sources radioactives, ou de l'uranium faiblement enrichi, naturel et appauvri. Les autres ont trait à du plutonium et à de l'uranium hautement enrichi et procèdent généralement d'une intention criminelle d'ignorer les garanties liées à la non-prolifération, ainsi que les nombreuses prescriptions en matière de radioprotection. Environ 19 cas mettent en jeu des quantités importantes de matières. Tous les cas survenant dans le monde ne sont probablement pas signalés et ne figurent donc pas dans la base de données de l'AIEA.

Les mouvements transfrontières de déchets métallurgiques posent un problème de plus en plus aigu. A l'heure actuelle, des déchets métalliques destinés à être recyclés sont transportés dans le monde entier, souvent sans que leur origine soit clairement mentionnée. Il arrive que des expéditions de tels déchets contiennent des matières radioactives et des sources radioactives scellées. Une étude réalisée aux États-Unis [12] a mis en évidence plus de 2 300 cas où des niveaux de rayonnement anormaux avaient été détectés dans des expéditions de ferraille destinée au recyclage. Dans environ 11% d'entre eux, des sources radioactives scellées ou des dispositifs contenant de telles sources en étaient responsables. Si dans la plupart des situations, le taux de radioactivité anormal était dû à une contamination superficielle par des matières radioactives naturelles, les autres matières radioactives, les sources orphelines et les dispositifs présentaient en revanche un risque de radioexposition pour le personnel et le public. Dans une cinquantaine de cas, les matières radioactives ont fini par être fondues par inadvertance dans les installations de recyclage. Ce type d'accident peut conduire à une dispersion des matières radioactives à plus grande échelle et peut avoir de graves conséquences socio-économiques, en entraînant par exemple des coûts d'assainissement et d'élimination très élevés, une perte du temps de production et des procédures judiciaires.

Pour éviter que des métaux contaminés ne soient recyclés, des installations de traitement des vieux métaux et des fonderies ont mis en place, dans certains pays, un système de détection des rayonnements. L'équipement employé aux postes frontière est assez similaire à celui qui est utilisé dans les dépôts de ferraille et les usines métallurgiques, mais les conditions dans lesquelles les mesures sont effectuées sont sensiblement différentes. Aux frontières, le flot important de la circulation implique que le temps consacré à la détection et à d'éventuelles mesures initiales d'intervention est limité à quelques secondes et que des contrôles répétés d'un même véhicule sont en général impossibles. En outre, la surveillance aux frontières ne porte pas seulement sur le transport de marchandises par route et par rail, mais aussi sur les véhicules de transport de personnes et les piétons. Par ailleurs, lorsqu'il s'agit de détecter un trafic illicite de matières nucléaires aux frontières, des mesures neutroniques sont également nécessaires, ce qui n'est généralement pas le cas dans les dépôts de ferraille et les usines métallurgiques.

#### **1.4. Portée**

Pour les autorités douanières, la police et les autres services des forces de l'ordre, le mot « détection » a une portée beaucoup plus large que pour ceux qui s'occupent de sûreté radiologique. Pour les premiers, la détection englobe des activités telles que le renseignement, l'évaluation des risques, les saisies et les enquêtes, tandis que pour les seconds elle consiste essentiellement à utiliser des instruments ou des dispositifs pour déterminer la présence et le niveau de rayonnements. Le présent rapport est spécifiquement consacré à la détection de rayonnements, et en particulier à la détection de matières radioactives faisant l'objet d'un trafic illicite ou de mouvements fortuits. À ce titre, il traite, en termes généraux, des capacités de détection et donne une vue d'ensemble des méthodes utilisées à cette fin. Il convient de noter que le terme « frontières », qui est souvent employé dans le présent document, désigne aussi bien les frontières terrestres internationales que les ports maritimes, les aéroports et tout autre lieu où des marchandises ou des personnes sont susceptibles de pénétrer sur un territoire ou de le quitter.

La présente publication n'examine pas la question de la détection de matières radioactives dans les installations de recyclage, bien que l'existence de mouvements transfrontières de métaux à des fins de recyclage soit connue et qu'il soit possible de contrôler ces métaux aussi bien aux frontières que dans les installations.

Elle ne porte pas non plus sur les expéditions internationales autorisées de matières radioactives, qui sont régies par des règles et règlements et d'autres principes déjà établis pour assurer la sûreté du transport de telles matières [13].

Enfin, la présente publication n'évoque pas les mesures que devraient prendre les organismes de réglementation, et les personnes morales qu'ils autorisent à posséder et à utiliser des sources de rayonnements, pour assurer la sûreté et la sécurité des matières radioactives ou nucléaires. Ces mesures sont décrites dans d'autres documents (voir réf. [5] à [8]).

#### **1.5. Objectif**

Le présent document énonce, à l'intention des États Membres, des recommandations pour la surveillance radiologique des véhicules, des personnes et des marchandises aux postes frontière, que pourront appliquer leurs douanes, police et autres services des forces de l'ordre pour lutter contre le trafic illicite et détecter des mouvements fortuits de matières radioactives. Cette surveillance peut figurer dans la panoplie des mesures prises pour retrouver des matières radioactives dont on aurait perdu le contrôle et qui pourraient pénétrer sur le territoire d'un État Membre.

## **2. LE PROCESSUS DE DÉTECTION**

Les principales étapes procédant de la décision de mettre en place des systèmes de détection des mouvements fortuits ou du trafic illicite de matières radioactives aux frontières et d'utiliser certains équipements à cette fin sont les suivantes:

- 1) évaluation stratégique de la nécessité d'une surveillance aux frontières;
- 2) choix des instruments;

- 3) installation, essais de réception et étalonnage, mise en place d'un plan de maintenance et formation des utilisateurs et du personnel d'appui technique;
- 4) détermination des niveaux d'investigation et réglage de l'alarme des instruments;
- 5) évaluation des alarmes et de la justesse de la réponse par vérification et localisation de matières radioactives;
- 6) analyse des matières radioactives qui seraient détectées.

Le plan de la présente publication suit ces différentes étapes. Les mesures à prendre lorsqu'un cas de mouvement fortuit ou de trafic illicite de matières radioactives est détecté sont traitées dans le troisième document technique de la série [2].

### **3. ÉVALUATION STRATÉGIQUE DE LA NÉCESSITÉ D'UNE SURVEILLANCE AUX FRONTIÈRES**

La présente publication s'intéresse principalement aux aspects techniques et opérationnels de la détection de rayonnements aux frontières. La décision, pour un État Membre, de mettre en place un système à cette fin, ainsi que le choix du moment et du lieu, devraient être le fruit d'une stratégie nationale globale visant à reprendre le contrôle des matières radioactives. Des recommandations pour l'élaboration et la mise en œuvre de cette stratégie sont actuellement formulées dans le cadre du Plan d'action de l'AIEA pour la sûreté des sources de rayonnements et la sécurité des matières radioactives.

Un des éléments clés de l'élaboration d'une stratégie nationale est l'analyse de la menace. En analysant les facteurs historiques, politiques, sociaux, économiques et géographiques, un État peut parvenir à évaluer relativement bien les risques de trafic illicite ou de mouvements fortuits de matières radioactives à ses postes frontière. Pour certains pays, la surveillance radiologique à certains points de passage de la frontière peut être considérée comme un élément appréciable de leur stratégie globale. Pour d'autres, le risque est si faible que la mise en place d'une telle surveillance ne serait pas considérée comme suffisamment rentable. La dissuasion et la sécurité du public sont d'autres éléments susceptibles de justifier l'installation d'instruments de surveillance.

S'il est établi qu'une surveillance aux frontières est nécessaire, les résultats de l'analyse stratégique seront également utiles pour déterminer le type d'instruments à utiliser et le lieu où ceux-ci doivent être installés, dans la mesure où ils aident à définir ce que l'on recherche. Le processus de surveillance sera plus efficace s'il est mis en œuvre là où les possibilités de détecter et d'intercepter un trafic illicite ou des mouvements fortuits de matières radioactives sont les plus grandes. De manière générale, il s'agit de points de contrôle ou de points nodaux où les flux de personnes, les mouvements et les marchandises convergent. Ce sont par exemple des endroits qui servent déjà de points de contrôle à d'autres fins, tels que les ponts-bascules ou les douanes.

## 4. CHOIX DES INSTRUMENTS

### 4.1. Introduction

La présente section donne des orientations pour le choix des instruments à mettre en place aux frontières<sup>2</sup>, ainsi que pour leur utilisation sur le terrain là où existent des contraintes opérationnelles. Il convient de noter que ces conseils valent pour la détection de matières radioactives et ne s'appliquent pas spécifiquement aux questions de protection radiologique qui doivent être prises en considération si de telles matières sont détectées. La protection des personnes est un aspect primordial. Toutefois, l'expérience montre que les cas impliquant des niveaux de rayonnements dangereux sont peu nombreux.

Certains points importants doivent être soulignés dès le début. Premièrement, pour que des matières radioactives soient détectées, les rayonnements qu'elles émettent doivent traverser le conteneur, l'emballage, le véhicule ou la personne qui les dissimule. En pratique, cela signifie que si ces matières n'émettent que des rayonnements alpha, des rayonnements bêta et/ou gamma de faible énergie, elles ne seront pas forcément détectées. En outre, des personnes bien informées pourraient sciemment les protéger de manière à ce que les rayonnements qui traversent le conteneur soient trop faibles pour être détectés. Dans ce contexte, des informations supplémentaires, obtenues notamment par d'autres méthodes de dépistage, les services de renseignement ou par observation, peuvent s'avérer nécessaires.

Deuxièmement, tous les instruments ne détectent pas tous les types ni tous les niveaux d'énergie des rayonnements, et il faut par conséquent déterminer les matières radioactives que l'on peut s'attendre à trouver et que l'on veut détecter. Par exemple, il n'existe pas de sources importantes de neutrons à l'état naturel et ces sources ne sont pas utilisées pour la préparation de radiopharmaceutiques. La détection de rayonnements neutroniques peut donc être le signe de la présence de matières nucléaires (bien que des sources de neutrons soient utilisées dans certains systèmes de jauges nucléaires). C'est pourquoi on recommande l'emploi de détecteurs de neutrons pour la recherche d'un trafic illicite de matières nucléaires.

Les utilisateurs des instruments devraient être informés des raisons techniques et pratiques qui peuvent empêcher la détection de matières radioactives, à savoir:

- Les rayonnements émis au niveau de l'instrument sont trop faibles pour être détectés car la source est faiblement radioactive, protégée ou trop éloignée.
- Le temps de réponse de l'instrument est trop long par rapport à la vitesse à laquelle il passe près de la source.
- L'instrument a besoin d'être réétalonné pour pouvoir avoir une réponse fiable.
- L'instrument ne fonctionne pas au moment voulu.

Les conseils donnés dans cet ouvrage permettent de régler la plupart de ces problèmes et, en les suivant, on optimisera la possibilité de détecter des matières radioactives aux frontières.

### 4.2. Types d'instruments

Les instruments utilisés pour détecter des matières radioactives aux frontières peuvent être classés en trois catégories:

---

<sup>2</sup>Comme indiqué précédemment, par "frontière" on entend tout lieu où des marchandises ou des personnes peuvent pénétrer sur un territoire.

- 1) Les *instruments « de poche »* sont petits et légers; ils sont utilisés pour détecter la présence de matières radioactives et signaler à l'utilisateur le niveau de rayonnement.
- 2) Les *instruments portables* ont généralement une plus grande sensibilité et peuvent être utilisés pour détecter, localiser voire, pour certains d'entre eux, identifier des matières radioactives. On peut également s'en servir pour mesurer les débits de dose avec davantage de précision afin de fixer les règles à respecter en matière de sûreté.
- 3) Les *instruments automatiques fixes* sont destinés aux points de contrôle tels que les postes frontière routiers et ferroviaires, les aéroports et les ports maritimes. Très sensibles, ils permettent la surveillance d'un flux continu de personnes, véhicules, bagages, colis et marchandises, tout en gênant le moins possible la circulation.

Chacun de ces types d'instruments sera examiné en détail.

### **4.3. Fonctions des instruments**

La présente publication examine les différentes fonctions des instruments de détection des rayonnements. Chacune d'entre elles constituera un critère de sélection de l'instrument approprié. Elles peuvent se résumer ainsi:

- 1) *Détection*: l'alarme d'un instrument ne doit se déclencher que si un certain niveau de rayonnement est dépassé.
- 2) *Vérification*: lorsque l'alarme se déclenche, il faut vérifier si elle est justifiée ou non. On peut à cette fin utiliser un autre instrument.
- 3) *Évaluation et localisation*: dans le cas d'une alarme justifiée, il faut chercher et localiser l'origine des rayonnements. Ce faisant, il est important de procéder à une évaluation radiologique pour des questions de sûreté, ainsi que pour déterminer le niveau d'intervention qui convient.
- 4) *Identification*: la détermination du type et du niveau d'énergie des rayonnements permettra en général d'identifier le radionucléide. Cela aidera à classer l'événement selon sa nature et à définir les mesures à prendre.

#### **4.3.1. Détection**

Une fois que l'on a décidé d'instaurer une surveillance aux frontières et que l'on sait où et comment le faire, l'étape suivante consiste à choisir l'instrument approprié.

Lorsque les marchandises, véhicules ou personnes peuvent être canalisés vers un lieu de passage étroit, appelé point nodal, les instruments automatiques fixes seront l'option à retenir.

Les instruments de poche et portables conviennent particulièrement pour des opérations menées dans des zones très étendues, comme les aéroports ou les ports maritimes. Par exemple, un instrument de poche peut être fourni à tous les agents des forces de l'ordre en service.

Les instruments portables ont une plus grande sensibilité de détection que les instruments de poche, mais sont plus lourds et en général plus coûteux. Ils sont le plus souvent utilisés pour effectuer des recherches ciblées sur des chargements spécifiques. Par exemple, leur utilisation convient particulièrement: a) lorsque l'on soupçonne, sur la base de rapports des services de

renseignements, qu'il pourrait y avoir un trafic illicite; b) pour localiser une source; c) pour mesurer le débit de dose; ou d) pour identifier le radionucléide.

#### **4.3.2. Vérification**

Chaque fois que l'on détecte quelque chose, il faut s'assurer qu'il ne s'agit pas d'une fausse alarme. Cela suppose que l'on recommence les mesures pour confirmer la présence d'un champ de rayonnement. Dans le cas des instruments de poche et portables, cela consiste normalement à procéder à un nouvel examen du véhicule ou de la personne. Dans le cas des instruments automatiques fixes, il peut être nécessaire de refaire passer le véhicule à travers l'installation pour obtenir une deuxième mesure. Si c'est impossible, il faudra éventuellement utiliser un autre type d'instrument.

#### **4.3.3. Évaluation et localisation**

Une fois que la présence de matières radioactives a été confirmée, l'origine du rayonnement doit être localisée. Il faut pour cela utiliser des instruments de poche ou portables. À ce stade, une évaluation de la sûreté radiologique sera nécessaire afin de garantir la sûreté des agents et du public. Elle permettra en outre de déterminer si l'intervention devra être opérationnelle, tactique ou stratégique [2]. Des instruments indiquant le débit de dose sont, à cette fin, indispensables.

#### **4.3.4. Identification**

Une fois que l'on a repéré d'où provient le signal, il faut identifier le radionucléide qui l'émet. Ceci est en effet déterminant pour la sûreté, ainsi que pour l'ampleur des mesures d'intervention qui seront prises après la détection de la matière radioactive. L'identification du radionucléide permet également de classer l'événement dans une catégorie (mouvement fortuit, trafic illicite ou alarme intempestive). Elle peut en outre fournir des informations sur l'utilisation antérieure et le propriétaire de la matière, bien qu'il vaille mieux effectuer ce type d'analyse ultérieurement dans un laboratoire spécialisé. Ces données pourront être utilisées par la suite à des fins de coercition par l'organisme national de réglementation.

L'identification initiale du radionucléide en cause réalisée aux postes frontière nécessite généralement des instruments portables spéciaux capables de mesurer l'énergie des rayons gamma. Cette technique est appelée spectroscopie gamma. Si de tels appareils ne sont pas disponibles sur place, il faudra éventuellement solliciter l'assistance complémentaire d'un expert.

Il existe actuellement une tendance, dictée par les besoins des utilisateurs, à combiner les fonctions décrites ci-dessus (localisation, mesure du débit de dose et identification du radionucléide) en un seul instrument portable comportant plusieurs détecteurs de rayonnement.

#### **4.3.5. Recommandations concernant les instruments**

On trouvera ci-après des recommandations pour le choix des trois types d'instruments mentionnés, ainsi que pour leur utilisation sur le terrain là où peuvent exister des contraintes opérationnelles.

Comme il a été précisé dans l'introduction, les caractéristiques de performance de chaque type d'instrument sont données à titre purement indicatif et ne devraient pas être considérées

*comme des prescriptions ou des normes de l'AIEA.* En outre, il faut reconnaître que de tels paramètres représentent toujours un compromis entre la théorie et la pratique. Il faudra peut-être aussi les modifier pour les adapter en fonction de l'évolution des techniques.

#### **4.4. Instruments de poche**

##### **4.4.1. Application**

La technologie de détection des matières radioactives s'est rapidement développée ces dernières années. Les progrès réalisés en matière de miniaturisation du matériel électronique de faible puissance ont permis de mettre au point, sous une forme compacte, un nouveau type de détecteurs de neutrons et de rayons gamma. Ces détecteurs, qui ont la taille d'un récepteur de radiomessagerie, peuvent se porter à la ceinture ou être mis dans la poche, laissant ainsi les mains libres à l'utilisateur. Ils peuvent être utilisés en mode silencieux pour avertir l'utilisateur de la présence de matières radioactives sans alerter l'entourage. En raison de leur petite taille, les instruments de poche conviennent parfaitement pour les agents et ceux qui interviennent en premier après une alarme. En outre, leur utilisation ne requiert pas une longue formation.

Étant donné que ces instruments sont relativement peu coûteux et suffisamment petits pour être portés sur l'uniforme, il devrait être possible d'en équiper systématiquement chaque agent en service. Par ailleurs, comme ils consomment peu d'énergie, ils peuvent être utilisés de façon continue. Autre avantage de ces instruments, la mobilité qu'ils offrent permet de s'approcher davantage d'une source de rayonnements présumée, quand cela n'est pas dangereux.

L'utilisation de tels détecteurs par de nombreux agents des forces de l'ordre dans l'exercice de leurs fonctions ordinaires peut agir comme un « rideau mobile », et offre une grande flexibilité par rapport à des installations fixes, permettant ainsi de couvrir une grande variété de circuits de contrebande possibles.

##### Caractéristiques générales

Bien que différents types de détecteurs de rayonnements puissent être intégrés dans les instruments de poche, seuls les détecteurs à scintillation sont suffisamment sensibles pour l'application qui nous intéresse. L'instrument devrait donner une indication lumineuse simple correspondant au débit de dose. L'utilisateur peut ainsi voir clairement chaque modification du niveau de rayonnement et se servir de l'instrument pour localiser la source.

Les meilleurs instruments de cette catégorie ne nécessitent pas d'entretien, ils sont robustes, résistants aux intempéries et alimentés par des piles qui leur laissent une autonomie suffisante. Il est recommandé de déterminer le seuil d'alarme avant de distribuer les instruments aux agents sur le terrain, afin de correctement prendre en compte le fond naturel de rayonnement local. Toutefois, certains instruments mesurent à présent automatiquement le fond de rayonnement lorsqu'ils sont mis en route et gardent cette donnée en mémoire comme référence.

Il existe différents types d'instruments de poche, mais certains d'entre eux peuvent être dotés de caractéristiques supplémentaires. Ils peuvent produire trois sortes d'alarmes – visuelle (lumière), sonore (tonalité) et vibratoire (silencieuse, pour une utilisation cachée) – ou ont une tonalité qui change en fonction du débit de dose.

#### **4.4.2. Fonctionnement, étalonnage et essais**

Un instrument de poche se porte normalement sur le corps, dans une poche ou à la ceinture. Il peut être doté d'un dispositif d'essai automatique qui permet d'en vérifier le bon fonctionnement électronique (y compris l'état des piles) avant chaque période d'utilisation. On devrait également le contrôler, si possible quotidiennement, pour s'assurer de sa capacité de détecter des rayonnements. Pour cela, on peut le placer près d'une petite source radioactive témoin et observer sa réponse aux rayonnements.

Les fausses alarmes, à savoir des alarmes déclenchées alors qu'il n'y a pas de matières radioactives, sont inévitables en raison des variations du fond naturel de rayonnement. Lorsque le seuil d'alarme a été correctement fixé, soit à environ trois fois le niveau du fond naturel de rayonnement, on peut raisonnablement s'attendre à un taux de fausses alarmes ne dépassant pas une ou deux par équipe.

L'alarme des instruments de poche peut parfois se déclencher à cause de sources de rayonnements inoffensives. Cela s'explique par le fait que de nombreux objets et matériaux courants contiennent de faibles quantités de matières radioactives naturelles telles que le thorium ou l'uranium (voir annexe I).

Comme pour la plupart des détecteurs de rayonnements, il est recommandé de faire étalonner les instruments de poche une fois par an (ou selon les prescriptions établies par l'organisme national de réglementation) par un spécialiste qualifié ou un service de maintenance.

#### **4.4.3. Recommandations concernant le niveau de performance minimum**

Comme indiqué précédemment, les caractéristiques de performance de chaque type d'instrument sont données à titre purement indicatif et ne devraient pas être considérées *comme des prescriptions ou des normes de l'AIEA*. Il convient par ailleurs de noter que les indications données dans la présente section ne correspondent pas à des réglages opérationnels, mais à des critères permettant d'effectuer des tests de performance.

##### **4.4.3.1. Sensibilité aux rayons gamma**

Pour une valeur moyenne indiquée de  $0,2 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ , l'alarme devrait se déclencher lorsque le débit de dose augmente de  $0,1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$  pendant une seconde. La probabilité de détection devrait être de 99%, ce qui équivaut à un maximum de 100 erreurs pour 10 000 expositions. L'instrument devrait satisfaire à ces critères de performance dans un spectre continu, avec un rayonnement gamma incident allant de 60 keV à 1,33 MeV (testé à l'aide de  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  et  $^{60}\text{Co}$ ).

##### **4.4.3.2. Réglage de l'alarme**

Le système devrait comporter différents niveaux de réglage du seuil d'alarme.

##### **4.4.3.3. Indication du débit de dose**

Si l'instrument indique le débit de dose, la marge d'incertitude devrait être de  $\pm 50\%$ , si l'étalonnage a été fait avec  $^{137}\text{Cs}$ .

#### 4.4.3.4. *Taux de fausses alarmes*

Il ne devrait pas y avoir plus d'une fausse alarme en 12 heures pour des débits de dose du fond naturel de rayonnement allant jusqu'à  $0,2 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ .

#### 4.4.3.5. *Conditions ambiantes*

L'instrument devrait répondre aux caractéristiques de performance énumérées ci-dessus dans des conditions de température allant de  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  à  $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$  et d'humidité relative non condensée d'au moins 95%.

#### 4.4.3.6. *Durée de vie des piles*

Si aucune alarme n'est déclenchée, la durée de vie des piles devrait être supérieure à 800 heures pour les instruments à piles non rechargeables et à 12 heures pour ceux équipés de piles rechargeables. Si une alarme est déclenchée, la durée de vie des piles devrait être d'au moins 3 heures.

#### 4.4.3.7. *Épreuve de chute*

Les instruments devraient résister à une épreuve de chute de 0,7 m sur du béton, sur chaque face.

### **4.5. Instruments portables**

#### **4.5.1. *Application***

Les instruments portables peuvent avoir différentes formes et utiliser différents détecteurs et systèmes électroniques. Les plus récents sont petits, alimentés par pile et contiennent des microprocesseurs. Au fur et à mesure que la technologie progresse, ils seront sans aucun doute dotés de nouvelles capacités.

Les détecteurs portables offrent à l'utilisateur une grande marge de manœuvre pour fouiller des personnes, des colis, des marchandises et des véhicules motorisés. La formation est fondamentale pour pouvoir les utiliser correctement et interpréter les résultats et elle doit être répétée périodiquement.

Les instruments portables existants peuvent détecter toutes sortes de rayonnements, y compris les neutrons. Certains sont capables de détecter plusieurs types de rayonnements (par exemple rayons gamma et neutrons). Ils peuvent généralement mesurer les débits de dose et l'on peut donc s'en servir pour la sûreté radiologique.

Certains instruments plus sophistiqués sont également utilisés pour identifier les radionucléides.

#### **4.5.2. *Fonctionnement, étalonnage et essais***

Les détecteurs portables peuvent servir soit pour les fouilles initiales (détection), soit pour les fouilles secondaires (validation) après l'utilisation d'instruments fixes. Il est important que l'instrument soit équipé d'un indicateur du débit de dose ou d'une alarme sonore pour permettre à l'utilisateur de procéder à la fouille sans avoir besoin de regarder le dosimètre.

Les instruments portables utilisés pour la fouille devraient peser moins de 2 kg et avoir une poignée pratique qui permette de les porter facilement. La probabilité de détection peut être améliorée si l'utilisateur rapproche l'instrument de l'éventuelle substance radioactive présente. En outre, un instrument est mieux à même de détecter un rayonnement s'il est déplacé relativement lentement au-dessus de la surface visée. Cependant, s'il est déplacé trop lentement, la fouille prendra plus de temps, aussi faut-il trouver un compromis entre vitesse et sensibilité. Il existe des instruments capables d'effectuer des mesures en très peu de temps (moins d'une seconde) et avec lesquels il est donc possible de balayer rapidement la surface à examiner, qu'il s'agisse de colis, de piétons, de véhicules ou de marchandises. Pour localiser la source du rayonnement, il faut soit que l'appareil se réenclenche automatiquement, soit que la fréquence de la tonalité de l'alarme augmente proportionnellement au débit de dose.

Il est recommandé de contrôler un instrument portable, si possible quotidiennement, pour s'assurer qu'il est toujours en mesure de détecter des rayonnements. On peut pour cela le placer près d'une petite source radioactive témoin et observer sa réponse. Comme pour la plupart des détecteurs de rayonnement, il est également recommandé de le faire étalonner une fois par an par un spécialiste qualifié ou un service de maintenance. La plupart de ceux qui peuvent aussi identifier des radionucléides utilisent une source gamma de faible activité pour stabiliser l'échelle d'énergie. Ceci est essentiel pour obtenir une bonne performance en matière d'identification de radionucléides.

#### **4.5.3. *Recommandations concernant le niveau de performance minimum***

Comme cela a été dit précédemment, les caractéristiques de performance de chaque type d'instrument sont données à titre purement indicatif et ne devraient pas être considérées *comme des prescriptions ou des normes de l'AIEA*. Il convient par ailleurs de noter que les indications données dans la présente section ne correspondent pas à des réglages opérationnels, mais à des critères permettant d'effectuer des tests de performance.

##### *4.5.3.1. Sensibilité aux rayons gamma*

Pour une valeur moyenne indiquée de  $0,2 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ , l'alarme devrait se déclencher lorsque le débit de dose augmente de  $0,05 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$  pendant une seconde. La probabilité de détection devrait être de 99%, ce qui équivaut à un maximum de 100 erreurs pour 10 000 expositions. L'instrument devrait satisfaire à ces critères de performance dans un spectre continu, avec un rayonnement gamma incident allant de 60 keV à 1,33 MeV (testé à l'aide de  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  et  $^{60}\text{Co}$ ).

##### *4.5.3.2. Indicateur sonore de rayonnement gamma*

La fréquence du bip sonore ne devrait pas excéder, dans les conditions spécifiées pour le fond de rayonnement, un bip par minute pendant 12 heures de fonctionnement, soit au maximum 100 bips en 100 minutes.

##### *4.5.3.3. Sensibilité aux rayonnements neutroniques*

Pour les instruments pouvant détecter des neutrons, l'alarme devrait se déclencher lorsque le détecteur est exposé à un flux de neutrons émis par une source de  $^{252}\text{Cf}$  de  $0,01 \mu\text{g}$  (soit approximativement  $20\,000 \text{ n}\cdot\text{s}^{-1}$ ) pendant une durée de 10 secondes, à 0,25 m de distance, lorsque la protection contre le rayonnement gamma est inférieure à 1%. La probabilité de détection devrait être de 99%, ce qui équivaut à un maximum de 100 erreurs pour 10 000

expositions. Le débit de dose neutronique correspondant à ces conditions d'irradiation est d'environ  $2 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ .

#### 4.5.3.4. *Taux de fausses alarmes pour les rayonnements neutroniques*

Le taux de fausses alarmes devrait être inférieur à six par heure.

#### 4.5.3.5. *Indication du débit de dose*

Si l'instrument indique le débit de dose, il devrait pouvoir mesurer au moins jusqu'à  $10 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ , avec une marge d'incertitude ne dépassant pas  $\pm 30\%$ , si l'étalonnage a été fait pour  $^{137}\text{Cs}$ .

#### 4.5.3.6. *Indication de dépassement des limites*

L'instrument devrait donner une indication spéciale ou émettre un signal d'alarme continu si les débits de dose excèdent ses limites.

#### 4.5.3.7. *Conditions ambiantes*

L'instrument devrait répondre aux caractéristiques de performance énumérées ci-dessus dans des conditions de température allant de  $-15^\circ\text{C}$  à  $+45^\circ\text{C}$  et d'humidité relative non condensée d'au moins 95%.

#### 4.5.3.8. *Durée de vie des piles*

Si aucune alarme n'est déclenchée, la durée de vie des piles recommandée devrait être supérieure à 40 heures pour les instruments à piles non rechargeables et à 12 heures pour ceux équipés de piles rechargeables. Si une alarme est déclenchée, la durée de vie des piles devrait être d'au moins 3 heures. Il est souhaitable que l'instrument dispose d'un indicateur permettant de vérifier l'état des piles.

## 4.6. Instruments fixes

### 4.6.1. *Application*

Les détecteurs de rayonnements fixes modernes sont conçus pour détecter automatiquement la présence de matières radioactives transportées par des piétons ou des véhicules. Pour cela, les systèmes de surveillance comparent le niveau de rayonnement (gamma ou neutrons) mesuré pendant qu'une personne ou un véhicule se trouve dans la zone de détection, au niveau du fond naturel de rayonnement mesuré et réactualisé pendant que cette zone est inoccupée. La mesure continue du fond de rayonnement et l'ajustement consécutif du seuil d'alarme permettent de maintenir un taux statistique de fausses alarmes stable. Des détecteurs de présence adéquats sont par conséquent nécessaires pour que l'instrument sache quand il doit contrôler les piétons ou les véhicules qui traversent la zone et quand il doit contrôler le fond naturel de rayonnement.

### 4.6.2. *Installation, fonctionnement, étalonnage et essais*

Les instruments fixes, souvent appelés portiques de détection, consistent généralement en une batterie de détecteurs disposés dans une ou deux bornes et des systèmes électroniques associés. Étant donné que la sensibilité de l'instrument dépend beaucoup de la distance, il est

important que la personne ou le véhicule passe aussi près que possible des détecteurs. Pour obtenir la plus grande efficacité, il faut donc que l'appareil soit installé de manière à obliger tout le flux de piétons, de véhicules ou de marchandises à passer tout près des détecteurs ou entre ces derniers. Il faut par conséquent choisir avec soin l'emplacement des portiques de détection afin qu'ils soient le plus efficaces possible.

L'efficacité d'un instrument fixe dépend également beaucoup de sa capacité de mesurer l'intensité des rayonnements dans la zone examinée. C'est pourquoi il faut veiller, lors de son installation, à ce que le détecteur soit positionné de façon à ce que rien n'obstrue son champ opérationnel. Toutefois, l'instrument doit en même temps être protégé contre tout endommagement mécanique.

Les indications de l'alarme devraient être clairement visibles pour les agents affectés au point d'inspection, et ceux qui sont chargés d'agir en cas d'alarme doivent être formés aux procédures d'intervention appropriées [2].

Les portiques de détection doivent être calibrés et testés régulièrement pour avoir une performance optimale. Il faudrait contrôler les portiques automatiques tous les jours à l'aide de petites sources radioactives pour vérifier qu'ils sont à même de détecter des augmentations d'intensité des rayonnements.

#### *4.6.2.1. Détecteurs pour piétons*

Les détecteurs pour piétons peuvent comporter une ou deux bornes. Des barrières devraient être installées pour canaliser la circulation piétonnière de manière à ce que chaque personne passe à moins d'un mètre du détecteur. Lorsque les couloirs de passage font plus de 1,5 mètre, deux bornes sont nécessaires. Il est important d'installer le détecteur à distance de portes lourdes qui peuvent provoquer un taux excessif de fausses alarmes, car la protection qu'elles offrent peut entraîner de plus grandes variations du fond de rayonnement. Il importe également que le détecteur de présence soit positionné correctement afin qu'il ne se déclenche que lorsqu'un individu se trouve dans la zone de détection et non lorsque des personnes passent à proximité du détecteur.

En raison de la présence éventuelle de protections à l'intérieur des bagages ou des colis, ces détecteurs peuvent être plus efficaces s'ils sont utilisés en combinaison avec des détecteurs de métaux (tels que les appareils à rayons X), qui détecteront facilement la présence de matériaux de protection.

#### *4.6.2.2. Détecteurs pour véhicules*

L'utilisation d'instruments fixes pour détecter des sources de rayonnements à l'intérieur des véhicules est compliquée par le fait que la structure même du véhicule et de ses accessoires constituent une protection intrinsèque. Si les instruments standard utilisés pour les plates-formes des camions peuvent détecter efficacement des niveaux de rayonnements anormaux dans des expéditions de ferraille destinée à être recyclée, ils sont beaucoup moins efficaces pour détecter des matières radioactives volontairement dissimulées. Les instruments conçus spécifiquement pour détecter un trafic illicite de matières radioactives sont plus efficaces que les instruments standard, car ils possèdent généralement des détecteurs pouvant couvrir toutes les zones situées au-dessus et au-dessous des véhicules, ainsi que les côtés.

Comme nous l'avons vu auparavant, la sensibilité des instruments dépend de la distance entre le détecteur et la source, et de la vitesse de balayage. S'agissant des véhicules de transport de

personnes, les détecteurs à une seule borne peuvent suffire si la largeur du passage ne dépasse pas 3 mètres. Pour les gros camions et bus, deux bornes sont nécessaires et elles ne devraient pas être distantes l'une de l'autre de plus de 6 mètres, selon la largeur maximale des véhicules soumis au contrôle. Il est important d'installer des barrières de telle sorte qu'elles protègent le détecteur de tout endommagement par les véhicules sans toutefois obstruer son champ opérationnel.

Sachant que la sensibilité du détecteur dépend aussi beaucoup du temps de contrôle, l'instrument doit être positionné à un endroit où la vitesse du véhicule est contrôlée et réduite. Les instruments ont des capacités variables, mais il est recommandé que la vitesse du véhicule ne dépasse pas  $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  et qu'il ne s'arrête pas pendant qu'il passe à travers le portique. Il est également recommandé de bien positionner le détecteur de présence afin qu'il ne se déclenche que lorsqu'un véhicule se trouve dans la zone de détection et non pas lorsque d'autres passent à proximité.

#### **4.6.3. Recommandations concernant le niveau de performance minimum**

Comme cela a été dit précédemment, les caractéristiques de performance de chaque type d'instrument sont données à titre purement indicatif et ne devraient pas être considérées comme *des prescriptions ou des normes de l'AIEA*. Il convient par ailleurs de noter que les indications données dans la présente section ne correspondent pas à des réglages opérationnels, mais à des critères permettant d'effectuer des tests de performance.

##### *4.6.3.1. Sensibilité aux rayons gamma*

Lorsque la valeur moyenne indiquée est de  $0,2 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ , l'alarme devrait se déclencher lorsque le débit de dose augmente de  $0,1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$  pendant une seconde. La probabilité de détection devrait être de 99,9%, ce qui équivaut à un maximum de 10 erreurs pour 10 000 expositions. L'instrument devrait satisfaire à cette condition dans un champ de rayonnement continu, avec un rayonnement gamma incident allant de 60 keV à 1,33 MeV (testé à l'aide de  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  et  $^{60}\text{Co}$ ).

##### *4.6.3.2. Sensibilité aux rayonnements neutroniques*

Pour les instruments capables de détecter des neutrons, l'alarme devrait se déclencher lorsque le détecteur est exposé à un flux de neutrons émis par une source de  $^{252}\text{Cf}$  de  $0,01 \mu\text{g}$  (soit approximativement  $20\,000 \text{ n}\cdot\text{s}^{-1}$ ) pendant une durée de 5 secondes, à 2 m de distance, lorsque la protection contre le rayonnement gamma est inférieure à 1%. La probabilité de détection devrait être de 99,9%, ce qui équivaut à un maximum de 10 erreurs pour 10 000 expositions. Le débit de dose neutronique correspondant à ces conditions d'irradiation est d'environ  $0,05 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ .

##### *4.6.3.3. Zone de détection*

Le volume dans lequel la détection reste efficace varie selon l'instrument. Les données ci-après définissent l'espace géométrique dans lequel les caractéristiques de performance correspondant aux niveaux d'alarme déterminés devraient s'appliquer.

- a) Détecteur pour piétons:
  - i) Verticalement: de 0 à 1,8 m;
  - ii) Horizontalement, parallèlement au sens du mouvement: de 0 à 1,5 m;
  - iii) Vitesse de marche normale de  $1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

- b) Détecteur pour voitures (une borne):
  - i) Verticalement: de 0 à 2 m;
  - ii) Horizontalement, parallèlement au sens du mouvement: jusqu'à 4 m;
  - iii) Vitesse ne dépassant pas  $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ .
- c) Détecteur pour camions et bus (deux bornes):
  - i) Verticalement: de 0,7 à 4 m;
  - ii) Horizontalement, parallèlement au sens du mouvement: jusqu'à 3 m (6 m entre les deux bornes);
  - iii) Vitesse ne dépassant pas  $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ .

#### 4.6.3.4. Taux de fausses alarmes

Le taux de fausses alarmes pendant l'utilisation du détecteur devrait être inférieur à une par jour pour des débits de dose du fond naturel de rayonnement allant jusqu'à  $0,2 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ . Si l'on s'attend à un nombre élevé de contrôles par jour, par exemple 10 000, cela implique un taux de fausses alarmes n'excédant pas 1/10 000, avec un taux recommandé pour les essais qui sera par conséquent de 4 fausses alarmes pour 40 000 contrôles.

#### 4.6.3.5. Disponibilité opérationnelle

L'équipement fixe devrait être opérationnel au moins 99% du temps, ce qui fait moins de 4 jours de mise hors service par an.

#### 4.6.3.6. Conditions ambiantes

Le système devrait être résistant aux intempéries et conçu pour une utilisation à l'extérieur. La plage de températures souhaitable va de  $-15 \text{ }^\circ\text{C}$  à  $+45 \text{ }^\circ\text{C}$ . Toutefois, selon les conditions qui prévaudront là où l'appareil sera installé, il faudra peut-être qu'il supporte des températures allant jusqu'à  $-35 \text{ }^\circ\text{C}$ .

## 5. DÉTERMINATION DES NIVEAUX D'INVESTIGATION ET RÉGLAGE DE L'ALARME DES INSTRUMENTS

### 5.1. Niveau d'investigation nominal et réglage de l'alarme des instruments

Par niveau d'investigation nominal, on entend le seuil de rayonnement à partir duquel des investigations plus poussées sont menées. Il faut le distinguer du seuil d'alarme des instruments. Par exemple, supposons que l'on décide d'enquêter chaque fois que le débit de dose dépasse  $0,2 \mu\text{Sv h}^{-1}$  (point A de la figure 1). Si l'alarme de l'instrument est réglée à la valeur du point A, en présence d'un tel débit de dose, une fois sur deux elle ne se déclenchera pas (c'est-à-dire que le pourcentage de défaillance sera de 50%) à cause de la nature statistique de la décroissance radioactive. Par conséquent, pour que le taux de défaillance soit plus acceptable, le seuil d'alarme doit être fixé à une valeur inférieure (par exemple au point C de la figure 1).

Cependant, le débit de dose du fond naturel de rayonnement produit aussi des interférences; de fait, si le niveau d'investigation (point A de la figure 1) est trop rapproché de ce débit de dose (point B), il y aura un nombre inacceptable de fausses alarmes à cause du fond naturel de

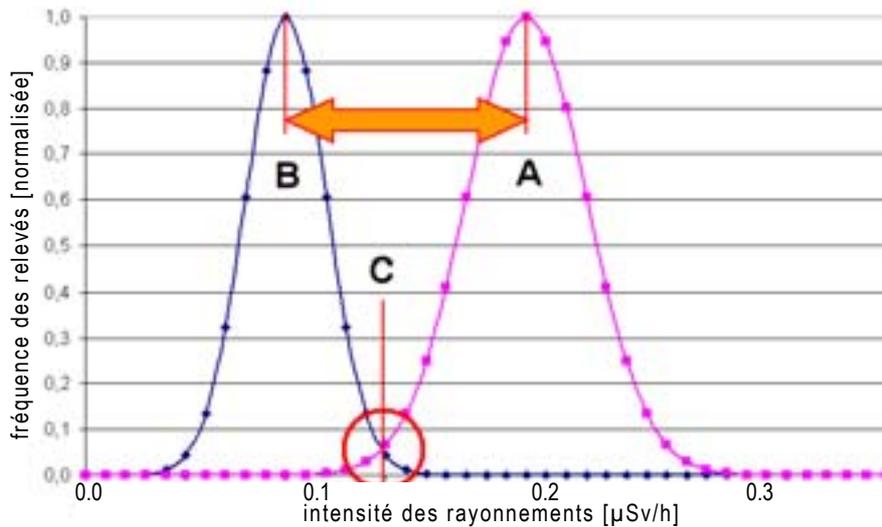


FIG. 1. Recouvrement des signaux du fond naturel de rayonnement et d'une source de rayonnements; fréquence des relevés aux conditions du fond de rayonnement (pic de gauche) et aux conditions d'exposition (pic de droite).

rayonnement. On peut conclure de ce qui précède que la détermination du niveau d'investigation nominal et le réglage du seuil d'alarme des instruments ont leur importance. La section ci-après donne de plus amples détails sur le sujet.

## 5.2. Détermination du seuil d'alarme des instruments

La sélection d'un niveau d'investigation entraîne le réglage en conséquence du seuil d'alarme des instruments de surveillance. Ce seuil peut être exprimé en termes de multiples du taux de comptage du fond naturel de rayonnement ou en tant que multiple de l'écart type de ce taux. Étant donné que le rapport entre le débit de dose du fond de rayonnement et son écart type dépend de la sensibilité de l'instrument et de la valeur réelle du fond de rayonnement, il est impossible de déterminer un niveau d'investigation général.

Parallèlement, certains facteurs étant inconnus (par exemple degré de protection et énergie des rayonnements), il est impossible de fixer un niveau d'investigation pour la détection d'une certaine quantité de radioactivité. Par conséquent, il devient raisonnable de l'établir à une valeur qui soit aussi sensible que possible, sans provoquer trop de fausses alarmes. À la lumière de ce qui précède, on peut faire des recommandations pour définir un niveau d'investigation optimal à partir des résultats de l'étude pilote à grande échelle sur les systèmes de surveillance aux frontières, menée par des centres de recherche autrichiens et l'AIEA [10].

Dans la pratique, pour établir un seuil d'alarme, il faut trouver un compromis afin que les mouvements fortuits ou le trafic illicite de matières radioactives puissent être détectés, mais que le taux de fausses alarmes reste raisonnablement faible. Les matières radioactives transportées en toute légalité déclencheront aussi des alarmes, mais les enquêtes qui suivront devraient établir les faits sans entraver la circulation des personnes ou des marchandises.

Comme expliqué précédemment, le seuil d'alarme des instruments doit être réglé bien en deçà du niveau d'investigation nominal choisi, pour tenir compte des variations statistiques. Afin d'atteindre une probabilité de détection de 99,9%, dans l'hypothèse d'un cas idéal de distribution gaussienne, il doit être au moins inférieur de  $3\sigma$  au niveau souhaité pour pouvoir

détecter tous les événements qui sont statistiquement plutôt improbables. D'autre part, le niveau de réglage des instruments doit rester suffisamment éloigné de valeurs trop rapprochées de celles du fond naturel de rayonnement. Pour obtenir un taux de fausses alarmes de l'ordre de 1 sur 10 000, le seuil d'alarme des instruments doit être au moins supérieur de  $4\sigma$  au fond naturel de rayonnement pour les systèmes sous hypothèse gaussienne ( $3\sigma$  pour un taux de fausses alarmes de 1 sur 1 000).

Les résultats des essais de surveillance de camions menés sur le terrain dans le cadre d'ITRAP [10] indiquent qu'un niveau d'investigation d'au moins 1,2 fois le fond naturel de rayonnement (établi à environ  $0,070 \mu\text{Sv h}^{-1}$ ) est nécessaire pour satisfaire aux caractéristiques de performance données précédemment pour le taux de fausses alarmes.

Si le niveau d'investigation passe à 1,4 fois le fond naturel de rayonnement, non seulement les exigences pour le taux de fausses alarmes sont remplies, mais la fréquence des alarmes intempestives peut être réduite par un facteur de 10 environ. Par exemple, une voie réservée aux camions où circulent un millier de camions par jour pourrait voir le nombre d'alarmes intempestives passer de dix à une par jour, soit une réduction de leur taux de 1 à 0,1% par camion. Malgré l'augmentation du niveau d'investigation, le degré de sensibilité nécessaire à la détection de véritables cas de trafic illicite sera quand même obtenu. Par exemple, dans les conditions les plus défavorables, l'alarme de tout moniteur fixe correctement installé et calibré devrait être déclenchée par une source au  $^{137}\text{Cs}$  non protégée de 3,7 MBq.

Pour la surveillance des piétons ou des automobiles, où les alarmes intempestives devraient uniquement être causées par des radionucléides à usage médical, un niveau d'investigation moins élevé de l'ordre de 1,2 fois le fond naturel de rayonnement peut être retenu, car les alarmes intempestives seront probablement moins fréquentes.

En formulant quelques hypothèses, il est possible de convertir les niveaux d'investigation recommandés de multiples du fond naturel de rayonnement en multiples de l'écart type. Pour un système courant de détection de 1 000 coups-secondes dans les conditions du fond naturel de rayonnement, le respect des caractéristiques de performance énoncées plus haut suppose qu'un niveau d'investigation nominal de 1,2 fois le fond naturel de rayonnement corresponde à environ 7 fois l'écart type. Une valeur équivalente à 1,4 fois le fond de rayonnement correspond approximativement à 14 fois l'écart type dans ces conditions.

Le personnel spécialisé qui choisit et installe ce type d'appareils devrait étudier ces questions dans le contexte local, s'assurant ainsi que les instruments ont été correctement réglés pour permettre un niveau d'investigation pratique dans les conditions locales. Inévitablement, lorsqu'une unité aura fonctionné pendant un certain temps, il faudra procéder à des ajustements du réglage de l'alarme en tenant compte de l'expérience opérationnelle.

Comme cela a été expliqué précédemment, une fois qu'une alarme a été déclenchée, il convient de suivre la procédure suivante:

- Vérifier que l'alarme est provoquée par une augmentation réelle du niveau de rayonnement;
- Localiser la source de rayonnements, si possible;
- Identifier la matière radioactive et évaluer la situation.

Chacune de ces étapes est examinée plus longuement dans les sections suivantes.

## 6. VÉRIFICATION DES ALARMES

### 6.1. Types d'alarmes

Il y a trois principaux types d'alarmes:

- les fausses alarmes
- les alarmes intempestives
- les alarmes justifiées.

#### 6.1.1. *Fausses alarmes*

Les fluctuations normales et statistiques de l'intensité du fond naturel de rayonnement peuvent déclencher de fausses alarmes. Ces dernières peuvent aussi être causées par des sources avoisinantes de brouillage radioélectrique, mais cela ne devrait pas poser de problème avec des instruments modernes et bien conçus.

#### 6.1.2. *Alarmes intempestives*

Aux fins du présent document technique, par alarmes intempestives on entend celles qui résultent d'une augmentation réelle du niveau de rayonnement qui *n'est pas* due à des mouvements fortuits ou à un trafic illicite de matières radioactives. Il existe une multitude de causes potentielles d'alarmes intempestives et l'annexe I en donne une liste détaillée classée par rubriques. On suppose que la plupart des alarmes aux frontières seront des alarmes intempestives provoquées par la présence de radionucléides à usage médical administrés à des patients, de matières radioactives naturelles et d'expéditions autorisées de matières radioactives.

À titre d'exemple, aux postes frontière, dans les aéroports ou sur voie terrestre, les sources de rayonnements les plus courantes seront probablement des personnes auxquelles auront été administrés peu de temps auparavant des radionucléides dans le cadre d'un diagnostic ou traitement médical récent. Les agents radioactifs utilisés (par exemple l'iode pour les traitements de la thyroïde ou le thallium pour les électrocardiogrammes d'effort) ont généralement une courte période, mais des matières radioactives résiduelles peuvent être détectables pendant des jours, voire des semaines, après l'acte médical. Il est fort probable que l'on en détecte chez les voyageurs.

Les conditions dans lesquelles les mesures sont effectuées aux frontières sont sensiblement différentes de celles faites dans des installations nucléaires, des usines de recyclage ou des installations de stockage définitif. La densité de la circulation aux principaux postes frontière limite le temps disponible pour la détection, et des vérifications multiples sont en général impossibles. Même des sources de haute activité dans des conteneurs de protection pourraient ne pas être détectées aux frontières sans le déchargement préalable du véhicule, et une telle procédure n'est pas réalisable au quotidien. Des systèmes de surveillance très sensibles émettent nécessairement plus fréquemment de fausses alarmes ou des alarmes intempestives en raison de la présence, par exemple, de matières radioactives naturelles dans les engrais ou de dépôts calcaires dans les tuyaux utilisés dans l'industrie pétrolière. L'étude ITRAP [10] a recensé quatre catégories de marchandises transportées qui déclenchent des alarmes intempestives, les plus fréquentes – soit 10 par jour – étant dues à des produits industriels et à des matières premières.

Les autorités nationales compétentes établissent les activités massiques autorisées pour les matières radioactives naturelles. De fréquentes alarmes fausses ou intempestives aux frontières ou à d'autres points de circulation très dense soumis à une surveillance rendraient celle-ci impraticable. Par conséquent, il faut trouver un compromis entre un taux de fausses alarmes excessif et une sensibilité de détection trop faible.

### **6.1.3. Alarmes justifiées**

Les alarmes justifiées – dernier type d'alarmes – sont définies dans le présent ouvrage comme étant celles qui sont provoquées a) par un accroissement réel de l'intensité des rayonnements et b) par des mouvements fortuits ou un trafic illicite de matières radioactives. Pour établir la réalité du deuxième cas de figure, il faut normalement procéder à une évaluation plus approfondie de la situation.

## **6.2. Vérification des alarmes par surveillance**

La vérification d'une alarme initiale consiste habituellement à recommencer la mesure dans les mêmes conditions et/ou en utilisant un autre instrument. Un résultat identique constitue une bonne indication d'un accroissement réel du niveau de rayonnement.

### **6.2.1. Instruments de poche et portables**

Lorsqu'un émetteur de rayonnements a été détecté, on peut confirmer la mesure à l'aide du même instrument ou d'un autre. Si l'alarme se déclenche à nouveau, la confirmation est faite et une enquête plus poussée s'impose.

### **6.2.2. Surveillance des piétons et de leurs bagages**

On peut demander à un piéton qui déclenche l'alarme d'un portique de détection de repasser à travers le portique une seconde fois pour voir si l'alarme se déclenche à nouveau. Si tel est le cas, il est recommandé de retirer à la personne concernée tous les articles qu'elle transporte et de mener une investigation plus poussée.

A l'aide d'un instrument de poche ou portable, il faudrait alors procéder à une évaluation du débit de dose de rayonnement de la personne et de ses effets. Des conseils sur l'importance des niveaux de rayonnements et sur les techniques de fouille sont donnés dans les sections ci-après.

S'il est déterminé que la source de rayonnements provient de l'un des articles transportés, on peut envisager de radiographier ce dernier pour détecter la présence d'un blindage gamma important. Cependant, si une analyse de la situation locale laisse supposer une forte probabilité de trafic illicite associé à des activités terroristes, il faudrait envisager d'autres risques potentiels. En particulier, il se pourrait que des dispositifs explosifs détonnent sous l'effet des rayons X.

Lorsque la source de rayonnements a été localisée, il est utile d'en déterminer l'énergie, et par là, la nature du ou des radionucléides qu'elle contient.

### 6.2.3. Surveillance des véhicules

Lorsqu'un véhicule passant à travers un détecteur de rayonnements fixe déclenche une alarme, il faudra généralement l'écarter du flot de la circulation pour mener une enquête plus poussée.

Sachant que l'alarme a pu être déclenchée par des radionucléides à usage médical résiduels, il est utile de s'assurer que le conducteur et les passagers sont examinés séparément, hors du véhicule. À ce stade, une évaluation du débit de dose de rayonnement des personnes et du véhicule peut être effectuée, mais il serait tout aussi important d'identifier le ou les isotopes concernés. Des conseils sur l'importance des niveaux de rayonnements et sur les techniques de fouille sont donnés dans les sections ci-après.

On a déjà dit que, dans le cas des camions et des conteneurs de marchandises, les alarmes les plus fréquentes seront causées par la présence de grandes quantités de matières radioactives naturelles. Par exemple, d'importantes expéditions d'engrais, de produits agricoles, de tabac, de certains minerais, de porcelaine et de bois peuvent déclencher des alarmes. Toutefois, il convient de noter que ces signatures radiologiques sont réparties uniformément dans tout le chargement et que par conséquent, elles sont différentes des signatures, généralement plus localisées, des sources de rayonnements individuelles ou des matières radioactives faisant l'objet d'un trafic.

## 7. CONDITIONS RADIOLOGIQUES ET NIVEAUX D'INTERVENTION

D'une manière générale, le niveau d'intervention nécessaire dans le cas d'une alarme justifiée dépendra de la situation radiologique découverte [2]. La plupart des cas comportent peu de risques, voire aucun, et peuvent être traités par des non-spécialistes de la sûreté radiologique. On parle alors de niveau d'intervention opérationnel.

Il est recommandé de passer au niveau tactique qui nécessite les services de professionnels de la sûreté radiologique dans les situations suivantes:

- En présence d'un niveau de rayonnement dépassant  $0,1 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$  à un mètre de distance d'une surface ou d'un objet;
- En cas de présence confirmée de rayonnements neutroniques;
- En cas de détection de matières nucléaires par un détecteur manuel d'isotopes; ou
- En présence d'une contamination non contrôlée indiquée par des matières radioactives non fixées, déversées ou fuyant.

La valeur de  $0,1 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$  à 1 mètre a été retenue car il s'agit de la limite de radioactivité admise pour le transport autorisé de matières radioactives telle qu'établie par l'AIEA dans le « Règlement de transport des matières radioactives », publié dans la catégorie Prescriptions de sûreté (n° ST-1) [13].

Le passage au niveau suivant, celui de l'intervention stratégique, est rare et dépend de l'ampleur et de la gravité de la situation radiologique. Ce niveau entraînerait probablement le déclenchement d'un plan d'intervention d'urgence au niveau national ou départemental.

Les mesures d'intervention recommandées qu'il convient d'appliquer en cas de détection de matières radioactives sont décrites plus en détail dans le document technique intitulé

“Intervention en cas de détection de mouvements fortuits ou de trafic illicite de matières radioactives” [2].

## **8. LOCALISATION DE MATIÈRES RADIOACTIVES**

### **8.1. Préparation à une fouille générale**

Normalement, la vérification d’une alarme, la recherche des matières radioactives et leur évaluation radiologique superficielle font partie d’un processus continu, même si ces étapes sont exposées séparément dans la présente publication. À chacune d’entre elles correspond une investigation menée à l’aide d’un instrument portable. Il convient de noter que seuls les principes généraux en matière de fouille sont décrits ici, car chaque instrument possède des caractéristiques qui lui sont propres.

Étant donné que la présence de rayonnements est indécélable par les organes des sens, il importe de vérifier l’état des instruments avant de les utiliser. Il convient de suivre les directives du fabricant à cet égard. En général, il s’agit de vérifier la pile et la réponse de l’instrument à proximité d’une faible source radioactive. Par ailleurs, le niveau moyen du fond naturel de rayonnement doit être noté. Tous ces préparatifs devraient se faire à distance de la zone de fouille. Les premières vérifications fonctionnelles et les mesures du fond naturel de rayonnement ne sont fiables que si elles sont effectuées dans des conditions normales représentatives. Cela est particulièrement important avec certains instruments modernes qui mesurent le fond de rayonnement ambiant et ajustent automatiquement le seuil d’alarme en conséquence. Ces vérifications ne prennent normalement que 10 à 30 secondes, puis la fouille peut commencer.

Quel que soit le type d’appareil portable utilisé – et cela comprend aussi les instruments de poche – l’efficacité de la procédure dépend de la qualité de la technique de fouille. Différentes techniques sont recommandées ci-après pour fouiller piétons, colis, véhicules ou marchandises.

Lors des fouilles, les instruments automatisés peuvent occasionnellement émettre de très brefs signaux dépassant le seuil d’alarme. Ceci est dû au fait que ce type d’instrument mesure continuellement le champ de rayonnement à des intervalles de comptage très rapprochés. La plupart des valeurs mesurées sont voisines du niveau du fond naturel de rayonnement, mais quelques-unes peuvent dépasser le seuil d’alarme en raison des effets statistiques du comptage. Par conséquent, des alarmes isolées pendant le balayage ne sont pas significatives. Seules le sont celles qui sont multiples et reproductives.

Pour mener à bien une fouille complète et efficace, on doit passer le détecteur à la surface de la personne, du colis ou du véhicule. Lorsqu’un instrument détecte un niveau de rayonnement largement supérieur au niveau du fond naturel de rayonnement, il l’indiquera d’une manière ou d’une autre, selon ses caractéristiques normales. Nombre d’instruments modernes émettent une série de bips, permettant ainsi à l’opérateur de se concentrer sur la fouille plutôt que d’observer le compteur.

Durant le balayage, il importe de maintenir l’instrument à une distance rapprochée (environ 5 à 10 cm) de la surface, mais sans la toucher. En outre, les instruments sont généralement plus sensibles s’ils sont déplacés lentement au-dessus d’une surface. Toutefois,

il faut aussi tenir compte du temps que peut prendre une fouille. Un balayage à une vitesse d'environ 20 cm s<sup>-1</sup> semble raisonnable.

Plus un détecteur se rapproche d'une source radioactive, plus l'intensité des rayonnements augmente et plus il devient facile de trouver la matière recherchée. Pour la localiser, l'opérateur devrait se diriger en fonction de l'augmentation de l'intensité (signaux sonores plus fréquents) jusqu'à ce que le niveau maximal soit atteint. Un débit de dose variant rapidement pendant le déplacement de l'instrument indique la présence d'une source de rayonnement isolée ou de rayonnements partiellement blindés. Par contre, une faible variation d'une valeur élevée indiquerait plutôt un volume plus important de matières, comme par exemple des minerais naturellement radioactifs expédiés en vrac.

## **8.2. Fouille de piétons**

Il est recommandé de retirer aux piétons les sacs ou paquets qu'ils transportent pour pouvoir procéder sur eux à une fouille corporelle.

Pour être satisfaisante, la fouille d'une personne prend d'habitude entre 20 et 30 secondes. Cela laisse suffisamment de temps pour lui passer le détecteur devant, derrière et sur les côtés, si l'on observe la vitesse et la distance suggérées plus haut.

Il est recommandé de procéder systématiquement comme suit: commencer près d'un pied, remonter sur le côté le long du corps jusqu'à la tête, puis redescendre de l'autre côté. Demander ensuite à la personne de faire un quart de tour et répéter la procédure de l'avant vers l'arrière. Un balayage de la tête aux pieds prend environ 4 à 5 secondes. Par conséquent, chaque balayage complet de haut en bas prendra entre 8 et 10 secondes. Le fait de faire tourner la personne prend quelques secondes de plus, ce qui donne au total une vingtaine de secondes. Ces indications sont considérées comme étant minimales, mais raisonnables lorsqu'un grand nombre de personnes doivent être fouillées.

## **8.3. Fouille de colis et de marchandises**

Il importe que les objets habituellement transportés par des voyageurs tels que porte-documents, sacs à main, colis et valises, soient fouillés séparément. Cela permet de s'assurer que la fouille a été complète et systématique. La meilleure façon de fouiller un article est d'en balayer la surface avec un détecteur, à une vitesse semblable à celle utilisée pour la fouille corporelle.

Lorsque les agents des forces de l'ordre sont légalement autorisés à le faire, il est utile qu'ils demandent au propriétaire d'ouvrir des articles volumineux pour effectuer une fouille visuelle. Il est recommandé d'évaluer et de fouiller les objets volumineux et lourds si l'on estime qu'ils peuvent receler des matières radioactives.

Si un colis est scellé et ne peut pas être ouvert pour une fouille visuelle, une fouille externe plus lente de tous les côtés accessibles à l'aide de l'instrument augmentera la possibilité de détecter une matière radioactive qui pourrait y être dissimulée.

Les agents des forces de l'ordre doivent envisager tous les risques lorsqu'ils recherchent des matières nucléaires ou d'autres matières radioactives. Un colis, par exemple, peut contenir des explosifs ou d'autres matières dangereuses et devra donc être manipulé avec la prudence requise.

#### **8.4. Fouille de véhicules motorisés**

Les véhicules motorisés sont plus difficiles à fouiller que les personnes ou les colis. La procédure est beaucoup plus longue à cause de la diversité des matériaux et de la complexité de la structure du véhicule et aussi parce qu'il faut fouiller séparément les passagers du véhicule et tous les objets qui s'y trouvent.

Bien que l'instrumentation joue un rôle essentiel, il faut se rappeler qu'une fouille visuelle est aussi un élément clé de la procédure. Les conteneurs volumineux et lourds doivent être balayés très méticuleusement à l'aide du détecteur, car ils peuvent servir de protection aux matières radioactives qu'ils contiennent. Un balayage plus méticuleux signifie qu'il convient de déplacer la sonde de l'instrument plus lentement et plus près de l'objet examiné.

Par ailleurs, des structures volumineuses et lourdes peuvent faire écran à la trajectoire des rayons gamma et bloquer leur passage, tout comme des objets se trouvant sur la trajectoire d'une source de lumière projettent une ombre. Il faut donc prendre garde aux écrans positionnés sur la trajectoire d'un rayonnement qui émanerait de derrière plutôt que de l'intérieur d'un objet. Les matériaux qui peuvent efficacement arrêter les rayons gamma sont notamment le métal en plaque épaisse, la brique et le béton, tandis que ceux qui arrêtent les rayonnements neutroniques sont le polyéthylène, le plastique, le carburant ou l'eau en grosses quantités.

##### **8.4.1. Fouille des passagers et de leurs effets personnels**

Il est recommandé de fouiller les occupants aussi bien que le véhicule. Une fouille complète et systématique des premiers peut se faire uniquement s'ils descendent du véhicule et s'en éloignent, et si la procédure décrite précédemment est suivie. Les objets personnels, tels que porte-documents, sacs à main ou colis, doivent aussi être fouillés selon la procédure décrite plus haut.

##### **8.4.2. Fouille du capot**

Une fouille sous le capot du véhicule peut être effectuée en balayant toutes les surfaces pouvant être atteintes avec le détecteur, y compris le capot lui-même.

##### **8.4.3. Fouille du coffre et de l'intérieur**

Une fouille du coffre et de l'intérieur du véhicule peut être réalisée si une approche systématique est adoptée: entrer par toutes les portes et fouiller autour de chaque objet et surface à portée de main; balayer les endroits peu probables, tels que tableau de bord, pare-soleil, garnissage de pavillon, sol et espace sous les sièges; fouiller l'espace derrière le siège arrière. Dans les camions, fouiller la semi-remorque. Les endroits difficiles à atteindre de l'intérieur du véhicule peuvent être fouillés de l'extérieur.

Il convient de noter que le verre est moins efficace que le métal contre les rayonnements de faible énergie et, par conséquent, il serait peut-être plus judicieux de passer le détecteur près des vitres plutôt que sur la structure métallique. Il est recommandé d'essayer de maintenir le détecteur à environ 10 cm de chaque surface. Le temps supplémentaire consacré à la fouille d'un véhicule augmente la possibilité de détecter la présence d'éventuelles matières radioactives.

#### **8.4.4. Fouille de l'extérieur**

Pour l'extérieur d'un véhicule, il est recommandé de fouiller aussi le dessous des longerons de cadre de châssis et des pare-chocs, ainsi que les passages de roues devant et derrière les pneus.

#### **8.4.5. Plate-forme des camions**

Il est recommandé de fouiller la plate-forme des camions, même si elle semble vide, car un conteneur de matières radioactives pourrait y être arrimé par en-dessous.

#### **8.4.6. Gros camions**

Les gros véhicules, tels que les fourgons Step-Van, les camions à plate-forme, les camions à benne basculante, les camions à ordures, et de nombreux autres types de gros camions présentent des défis particulièrement difficiles à relever. En fait, l'étude ITRAP a même conclu que fouiller minutieusement de gros camions avec des instruments portables n'est pas pratique. Elle recommande plutôt à cet effet l'utilisation d'un système plus complexe d'installations fixes. Toutefois, il est quand même possible de fouiller certaines zones du véhicule à l'aide d'un instrument portable. Il est utile de pouvoir disposer d'un escabeau ou d'un tabouret pour atteindre les endroits difficilement accessibles en hauteur. Par ailleurs, il est également possible d'allonger le câble du détecteur, puis d'attacher ce dernier à un long manche. Une fouille des endroits accessibles de l'intérieur peut être complétée par une fouille des endroits accessibles de l'extérieur.

## **9. ANALYSE DES MATIÈRES RADIOACTIVES DÉTECTÉES**

### **9.1. Généralités**

L'étape suivante de l'évaluation de la nature d'une alarme consiste à identifier les radionucléides spécifiques découverts. L'identification d'un radionucléide émetteur gamma à l'aide d'un dispositif portable combiné vient habituellement après la confirmation d'une alarme, la localisation de la source et la mesure du débit de dose. L'identification du radionucléide aidera à déterminer si l'alarme est justifiée ou non. Par exemple, si les matières radioactives identifiées sont de celles couramment utilisées dans les traitements médicaux, il est moins probable qu'il s'agisse d'un cas de trafic illicite.

L'identification des radionucléides ne constitue qu'une partie de l'analyse de la nature des matières radioactives et de la nature du cas (mouvement fortuit ou trafic illicite). Des entrevues avec le personnel concerné et l'examen de la documentation pertinente viendront compléter l'enquête visant à déterminer s'il y a eu intention criminelle. Ces questions ne seront pas discutées plus en détail, car il s'agit d'activités qui s'inscrivent dans le cadre des fonctions habituelles des douanes et des forces de l'ordre et qui dépassent la portée du présent rapport.

Cependant, il faut rester conscient de la possibilité que des matières puissent faire illicitement partie d'une expédition autorisée de matières radioactives. Si une marchandise déclenche une alarme et s'il est déterminé qu'il s'agit d'une denrée connue pour être riche en radionucléides naturels, tels que  $^{40}\text{K}$  ou  $^{232}\text{Th}$ , il pourrait s'avérer utile d'analyser d'autres informations concernant l'envoi. Par exemple, un véhicule transportant une cargaison de bananes ou de

tabac (riches en  $^{40}\text{K}$ ) qui déclenche une alarme positive pourrait être fouillé, car il pourrait transporter illicitement des matières radioactives en plus de sa cargaison autorisée.

## 9.2. Dispositifs d'identification de radionucléides

Les dispositifs modernes identifient habituellement les radionucléides par spectrométrie gamma. Il s'agit d'instruments portables alimentés par pile qui peuvent être utilisés sur le terrain par des non-spécialistes. Si l'on ne peut utiliser un tel dispositif sur le terrain, il sera peut-être approprié d'obtenir un appui technique spécialisé avec des équipements plus complets et moins mobiles.

La technologie associée à l'identification de radionucléides évoluant constamment, il est impossible de prédire les améliorations qui verront le jour dans un avenir proche. Toutefois, quel que soit le dispositif utilisé à cette fin, il est probable que l'analyse prendra sensiblement plus de temps que le processus normal de fouille. Avec les instruments portables modernes, cela peut se compter non plus en heures, mais en minutes. Cependant, s'il n'y en a pas, recourir à un appui spécialisé peut impliquer l'utilisation d'instruments plus volumineux, qui d'habitude se trouvent en laboratoire, et donc prendre plusieurs heures. Cela est dû au fait que l'installation d'instruments de laboratoire sur le terrain prend beaucoup de temps (par exemple pour les étalonner), à quoi il faut ajouter le temps nécessaire à la collecte et à l'analyse des données. Par ailleurs, les matières radioactives découvertes pourraient aussi être envoyées à un laboratoire, après due prise en compte des questions de sûreté radiologique, notamment du règlement de transport applicable.

## 9.3. Caractéristiques de performance pour l'identification de radionucléides

### 9.3.1. Radionucléides présentant un intérêt

La plupart des radionucléides susceptibles d'être découverts aux frontières peuvent être identifiés au moyen d'instruments capables de reconnaître des spectres de rayonnement gamma dont les pics se situent entre 60 keV et au moins 1,33 MeV. Les radionucléides présentant le plus grand intérêt et ceux que l'on retrouvera le plus probablement aux frontières sont énumérés ci-dessous par ordre croissant du nombre de masse de l'isotope:

- 1) Matières nucléaires:  $^{233}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ;
- 2) Radionucléides à usage médical:  $^{18}\text{F}$ ,  $^{67}\text{Ga}$ ,  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ,  $^{111}\text{In}$ ,  $^{123}\text{I}$ ,  $^{125}\text{I}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{133}\text{Xe}$ ,  $^{192}\text{Ir}$ ,  $^{201}\text{Tl}$ ;
- 3) Matières radioactives naturelles:  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{238}\text{U}$ ;
- 4) Radionucléides industriels:  $^{57}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{133}\text{Ba}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{192}\text{Ir}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{241}\text{Am}$ .

Les dispositifs d'identification de radionucléides devraient pouvoir identifier tous ceux qui sont énumérés ci-dessus.

Étant donné que la probabilité de détection de radionucléides particuliers aux différents types de frontières (frontières terrestres, aéroports, et ports maritimes) varie, il convient d'être conscient de ce qui suit:

- Aux points de contrôle piétonniers et dans les aéroports, les radionucléides à usage médical incorporés par des personnes ayant récemment reçu un traitement médical seront probablement les plus fréquents. Ces matières radioactives peuvent être localisées ou diffusées dans tout le corps.

- Les radionucléides naturels tels que  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  et  $^{238}\text{U}$  sont ceux que l'on détectera probablement le plus souvent dans des cargaisons de marchandises importantes, par exemple, dans les ports maritimes, les trains et dans des camions aux frontières terrestres.

### 9.3.2. Essais

Après étalonnage, les radionucléides suivants, émettant un débit de dose gamma mesurable par détecteur d'environ  $0,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$  au-dessus du fond naturel de rayonnement avec et sans écran, devraient être identifiés:

- sans écran, en moins de 3 minutes:  $^{111}\text{In}$ ,  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ,  $^{201}\text{Tl}$ ,  $^{67}\text{Ga}$ ,  $^{133}\text{Xe}$ ,  $^{125}\text{I}$ ,  $^{123}\text{I}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{192}\text{Ir}$ ,  $^{18}\text{F}$ ;
- avec écran en acier de 3 mm, en moins de 20 minutes:  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{57}\text{Co}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{237}\text{Np}$ ;  
avec écran en acier de 5 mm, en moins de 20 minutes:  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{233}\text{U}$ ,  $^{133}\text{Ba}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{192}\text{Ir}$ .

Il est souhaitable de pouvoir identifier des combinaisons de radionucléides, telles que  $^{137}\text{Cs} + ^{239}\text{Pu}$ ,  $^{131}\text{I} + ^{235}\text{U}$ ,  $^{57}\text{Co} + ^{235}\text{U}$ ,  $^{133}\text{Ba} + ^{239}\text{Pu}$ , qui produisent chacune un débit de dose gamma mesurable par détecteur d'environ  $0,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$  au-dessus du fond naturel de rayonnement.

## 9.4. Considérations pratiques lors de la sélection d'un instrument

L'utilité d'un instrument dépend de plusieurs facteurs:

- L'interface utilisateur (cadran, signal lumineux, écran) devrait être suffisamment grande et facilement lisible dans diverses conditions d'éclairage.
- Les meilleurs instruments de terrain et les plus pratiques sont ceux qui contiennent un nombre très limité de boutons, poignées et touches (pour utiliser dans n'importe quel logiciel).
- Un menu bien structuré, quel que soit le logiciel, est simple et facile à suivre.
- L'affichage détaillé d'un spectre gamma n'est normalement pas obligatoire, mais il peut être utile au spécialiste pour établir un diagnostic s'il est disponible dans le menu.
- Les messages indiqués par l'instrument sont très utiles s'ils présentent un haut degré de certitude démontrée par la constance des données affichées. L'indication de plusieurs options pour un seul radionucléide n'est guère utile sur le terrain.
- Si un radionucléide ne peut être identifié très précisément, des messages clairs, tels que « non identifié » ou « mesures supplémentaires nécessaires », sont plus utiles qu'une fausse indication.
- Plus la vitesse de traitement du logiciel utilisé par l'instrument est élevée, plus les résultats d'analyse seront disponibles rapidement et utilisables sur le terrain. Lorsqu'on mesure un spectre gamma pour identifier des radionucléides, deux mesures de temps revêtent une importance particulière. La première est le temps nécessaire à la collecte des données relatives au spectre gamma. Ce temps dépend de l'activité de la source, de l'énergie des raies gamma, de la présence d'écrans et de la distance à la source. Il se situe entre quelques dixièmes de seconde et une dizaine de minutes. La deuxième est le temps nécessaire pour traiter le spectre gamma afin de déterminer la nature des radionucléides présents une fois que les mesures ont été prises. D'habitude, cette opération prend moins de 30 secondes.

- La possibilité de stocker les spectres dans une mémoire non volatile et de les transférer vers un ordinateur ou par un lien externe pour les faire évaluer par un expert peut s'avérer utile, plus particulièrement lorsque certains problèmes ne peuvent être résolus sur-le-champ.
- À plusieurs égards, l'instrumentation pour la surveillance aux frontières en est encore à ses débuts et il faudra encore la perfectionner pour en améliorer la facilité d'emploi et la robustesse.

## Annexe I

### MATIÈRES RADIOACTIVES ET RADIONUCLÉIDES INTÉRESSANTS

La présente annexe comprend quelques tableaux utiles sur les matières radioactives et les radionucléides qui présentent un intérêt pour les agents responsables de la surveillance aux frontières.

#### A.I.1. Causes des alarmes intempestives

Comme il est indiqué dans le corps du texte et comme l'illustre la figure 1, les principales causes des alarmes intempestives des systèmes de surveillance aux frontières sont les applications médicales des matières radioactives ainsi que les expéditions autorisées de substances telles que les matières radioactives naturelles, de produits de consommation et de radionucléides marqués.

##### A.I.1.1. Radionucléides à usage médical

Le tableau I recense les radionucléides à usage médical les plus fréquemment rencontrés.

Tableau I. Radionucléides à usage médical les plus courants

Gallium 67	Iode 129
Technétium 99m	Iode 131
Indium 111	Xénon 133
Iode 123	Thallium 201
Iode 125	

##### A.I.1.2. Matières radioactives naturelles

Les radionucléides naturels les plus courants sont le potassium 40 ( $^{40}\text{K}$ ), l'uranium naturel ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ) et le thorium naturel ( $^{232}\text{Th}$ ). Les deux derniers peuvent également se trouver en équilibre avec leurs produits de filiation.

Tableau II. Matières contenant des radionucléides naturels fréquemment rencontrés

Substance	Activité massique approximative en $\text{Bq.kg}^{-1}$		
	K 40	Ra 226	Th 232
Engrais	40–8000	20–1000	20–30
Granite	600–4000	30–500	40–70
Adobe	300–2000	20–90	32–200
Ardoise	500–1000	30–70	40–70
Grès	40–1000	20–70	20–70
Marbre	40–200	20–30	20
Feldspath	2000–4000	40–100	70–200
Sable monazite	40–70	30–1000	50–3000
Béton	150–500	40	40

Autres matières ou objets contenant des radionucléides naturels:

- Électrodes de soudure en tungstène thorié
- Céramique dentaire
- Pierres précieuses irradiées (matériau de base naturel contenant des radionucléides artificiels)
- Objectifs d'appareils photos
- Poudre à polir
- Verre thorié
- Glaçures pour céramique colorées
- Manchons à incandescence
- Bananes, marijuana (contenant du  $^{40}\text{K}$ ).

Il convient de noter que l'uranium qui a été appauvri en  $^{235}\text{U}$ , et qui est donc principalement composé de  $^{238}\text{U}$ , est souvent utilisé comme protection dans les conteneurs de sources en raison de sa densité élevée.

#### A.I.1.3. Radionucléides fréquemment utilisés dans l'industrie et la recherche

Tableau III. Radionucléides fréquemment utilisés dans l'industrie et la recherche

Sodium 22	Yttrium 90	Baryum 133
Phosphore 32	Technétium 99	*Césium 137
Calcium 47	Technétium 99m	Prométhium 147
Cobalt 58	Ruthénium 106	Gadolinium 153
*Cobalt 60	Palladium 103	*Iridium 192
Gallium 67	Indium 111	Mercure 197
Sélénium 75	Iode 123	Thallium 201
Krypton 81m	Iode 125	Radon 222
Yttrium 88	Iode 129	*Radium 226
Strontium 89	Iode 131	Plutonium 238
*Strontium 90	Xénon 133	*Californium 252

\*Bien que ces matières radioactives soient aussi utilisées en médecine, elles sont surtout utilisées pour la radiothérapie et ne devraient donc pas être détectées sur des individus. Cependant si tel était le cas et après vérification, il est recommandé de procéder immédiatement à une enquête.

#### A.I.2. Matières radioactives mises en jeu dans les cas recensés dans la base de données de l'AIEA

Ces données sont tirées de la base de données de l'AIEA sur les cas de trafic illicite (selon le dernier rapport complet du 31 décembre 2000).

Tableau IV. Matières nucléaires figurant dans la base de données sur le trafic illicite

Élément	Description	
	Type de matière	Fourchette de masse
Uranium	naturel	0.1 g–82 kg
	appauvri	0.1 g–100 kg
	faiblement enrichi	4.11 g–149.8 kg
	hautement enrichi	0.17 g–2.972 kg
Plutonium	total	0.05 mg–363 g
Thorium	diverses formes chimiques	0.3 kg–1400 kg

\*Fourchette comprise entre la masse la plus faible et la masse la plus élevée des matières saisies.

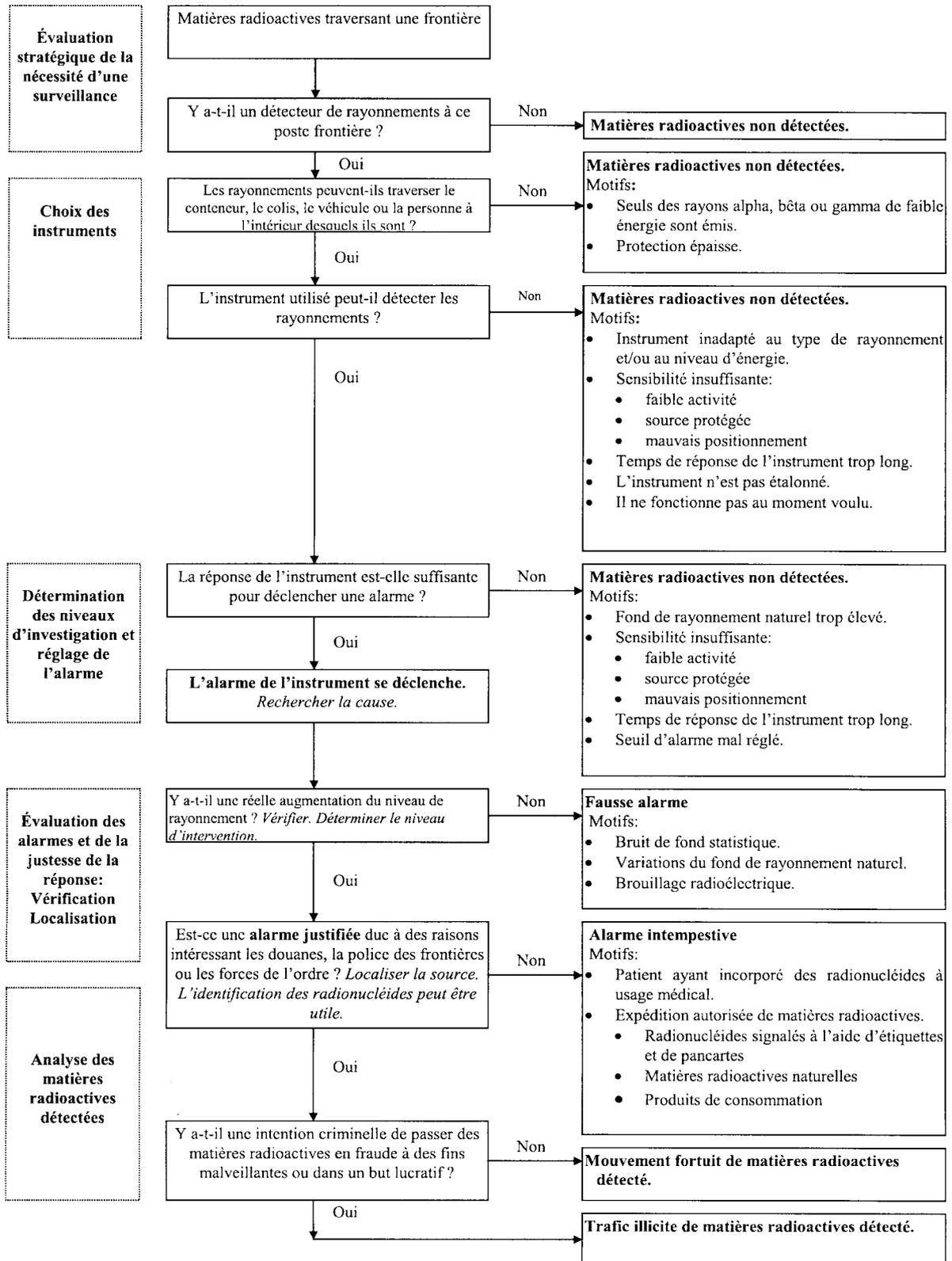
Tableau V. Autres radionucléides intéressants figurant dans la base de données

Radionucléide	Type de rayonnement	Activité/Fourchette du flux neutronique*
Américium 241	a, g	$3.7 \times 10^4 \text{ Bq} - 2.0 \times 10^{10} \text{ Bq}$
Cadmium 109	g	$1.85 \times 10^5 \text{ Bq} - 3.7 \times 10^8 \text{ Bq}$
Césium 137	b, g	$1.85 \times 10^5 \text{ Bq} - 3.1 \times 10^{12} \text{ Bq}$
Californium 252	a, g, n	$3.3 \times 10^6 \text{ n.s}^{-1} - 1.3 \times 10^7 \text{ n.s}^{-1}$
Cobalt 60	b, g	$3.34 \times 10^2 \text{ Bq} - 3.26 \times 10^{13} \text{ Bq}$
Iridium 192	G	$9.25 \times 10^4 \text{ Bq} - 2.94 \times 10^{12} \text{ Bq}$
Krypton 85	b, g	$1.85 \times 10^5 \text{ Bq} - 1.85 \times 10^7 \text{ Bq}$
Plomb 210	a, b, g	$1.0 \times 10^4 \text{ Bq}$
Strontium 90	B	$1.8 \times 10^3 \text{ Bq} - 2.6 \times 10^{11} \text{ Bq}$
Radium 226	a, b	$7.1 \times 10^3 \text{ Bq} - 5.0 \times 10^8 \text{ Bq}$
Technétium 99m	b, g	$5.9 \times 10^9 \text{ Bq} - 1.4 \times 10^{11} \text{ Bq}$

\* Fourchette comprise entre l'activité la plus faible et l'activité la plus élevée de toutes les sources saisies.

## Annexe II

# PROCESSUS ABOUTISSANT À LA DÉTECTION DE MOUVEMENTS FORTUITS OU D'UN TRAFIC ILLICITE



## RÉFÉRENCES

- [1] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Prévention des mouvements fortuits et du trafic illicite de matières radioactives, IAEA-TECDOC-1311, Vienne (2003).
- [2] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Intervention en cas de détection de mouvements fortuits ou de trafic illicite de matières radioactives, IAEA-TECDOC-1313, Vienne (2003).
- [3] UNITED STATES NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Lost Iridium-192 Source Resulting in the Death of Eight Persons in Morocco, Information Notice No. 85-57, USNRC, Washington (1985).
- [4] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, L'accident radiologique de Goiânia, AIEA, Vienne (1990).
- [5] ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE, AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, ORGANISATION INTERNATIONALE DU TRAVAIL, AGENCE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE DE L'ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES, ORGANISATION PANAMÉRICAINNE DE LA SANTÉ, ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ, Normes fondamentales internationales de protection contre les rayonnements ionisants et de sûreté des sources de rayonnements, collection Sécurité n° 115, AIEA, Vienne (1997).
- [6] ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE, AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, ORGANISATION INTERNATIONALE DU TRAVAIL, AGENCE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE DE L'ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES, ORGANISATION PANAMÉRICAINNE DE LA SANTÉ, ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ, Protection radiologique et sûreté des sources de rayonnements, collection Sécurité n° 120, AIEA, Vienne (1996).
- [7] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Infrastructure législative et gouvernementale pour la sûreté nucléaire, la sûreté radiologique, la sûreté des déchets radioactifs et la sûreté du transport, collection Normes de sûreté n° GS-R-1, AIEA, Vienne (sous presse).
- [8] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Organisation et mise en œuvre d'une infrastructure réglementaire nationale chargée de la protection contre les rayonnements ionisants et de la sûreté des sources de rayonnements, IAEA-TECDOC-1067, Vienne (2001).
- [9] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Code de conduite sur la sûreté et la sécurité des sources radioactives, IAEA/CODEC/2001, AIEA, Vienne (2001).
- [10] CENTRE DE RECHERCHE AUTRICHIEN DE SEIBERSDORF, Illicit Trafficking Radiation Detection Assessment Program, Final Report, OEFZS-G-0002, Seibersdorf (2000).
- [11] ANZELON, G., HAMMOND, W., NICHOLAS, M., "The IAEA's Illicit Trafficking Database Programme", Measures to Prevent, Intercept and Respond to Illicit Uses of Nuclear Material and Radioactive Sources (Proc. Conf. Stockholm, 2001), C&S Papers Series No. 12, AIEA, Vienne (2002).
- [12] LUBENAU, J.O., YUSKO, J.G., Radioactive materials in recycled metals: an update, Health Phys. **74** 3 (1998).
- [13] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Règlement de transport des matières radioactives, collection Normes de sûreté n° ST-1, AIEA, Vienne (1997).

## GLOSSAIRE

*Les définitions suivantes s'appliquent aux fins de la présente publication:*

### **Contrôle des matières radioactives**

Supervision consciente par les autorités compétentes de la production, de l'emploi, de l'entreposage, du transport et du stockage définitif de matières radioactives.

### **Déchets radioactifs**

Matières, sous quelque forme physique que ce soit, qui résultent de l'exercice de pratiques ou d'interventions qu'il n'est pas prévu d'utiliser par la suite, et i) qui contiennent, ou sont contaminées par, des substances radioactives et ont une activité ou une activité massique supérieure au niveau de libération des prescriptions réglementaires et ii) pour lesquelles l'exposition à ces matières n'est pas exclue du champ d'application des Normes.

### **Exclusion**

Toute exposition dont la valeur ou la probabilité n'est pas véritablement susceptible d'être maîtrisée par le biais des prescriptions des Normes fondamentales internationales de protection contre les rayonnements ionisants et de sûreté des sources de rayonnements est réputée exclue du champ d'application des prescriptions des Normes.

### **Exemption**

Les pratiques et les sources associées à des pratiques peuvent être exemptées des prescriptions des Normes fondamentales internationales sur la base de critères découlant des principes généraux suivants: a) les risques radiologiques pour les individus, qui sont imputables à la pratique ou à la source exemptée, sont suffisamment faibles pour qu'il n'y ait pas à s'en préoccuper dans la réglementation; b) l'impact radiologique collectif de la pratique ou de la source exemptée est suffisamment faible pour ne pas justifier un contrôle réglementaire dans les circonstances considérées; et c) les pratiques et les sources exemptées sont intrinsèquement sûres, la vraisemblance des scénarios qui pourraient entraîner le non-respect des critères a) et b) étant négligeable.

### **Garanties**

Système de vérification appliqué aux utilisations pacifiques de l'énergie nucléaire et destiné à maintenir un contrôle rigoureux des matières nucléaires dans le cadre de la politique internationale de non-prolifération.

### **Infrastructure**

L'organisation, les systèmes juridiques, les moyens techniques, la gestion et les éléments associés de base que met en place une autorité nationale pour protéger contre les rayonnements ionisants et pour assurer la sûreté des matières radioactives pendant leur production, utilisation, transport et stockage définitif.

### **Matières nucléaires**

Plutonium – à l'exception du plutonium dont la concentration isotopique en plutonium 238 dépasse 80% – l'uranium 233, l'uranium enrichi en uranium 235 ou 233, l'uranium contenant

le mélange d'isotopes qui se trouve dans la nature autrement que sous forme de minerai ou de résidu de minerai, et toute matière contenant un ou plusieurs des éléments ou isotopes ci-dessus.

### **Matières radioactives**

Matières désignées dans le droit interne ou par un organisme de réglementation comme devant faire l'objet d'un contrôle réglementaire en raison de leur radioactivité.

### **Mouvement fortuit**

Tout recel ou toute détention, utilisation ou cession délibérés et non autorisés de matières radioactives, y compris de matières nucléaires.

### **Non-prolifération**

Terme général employé dans les accords internationaux pour désigner les moyens visant à limiter la disponibilité des matières nucléaires et réduire ainsi la capacité de production d'armes nucléaires.

### **Organisme de réglementation**

Organisme, unique ou non, désigné ou reconnu de toute autre façon par les pouvoirs publics à des fins de réglementation en matière de protection et de sûreté. Dans le présent document, le singulier est souvent utilisé pour désigner l'autorité de réglementation nationale, mais cela n'exclut pas qu'il puisse y en avoir plus d'une.

### **Protection physique**

Mesures de protection des matières nucléaires ou des installations autorisées conçues pour empêcher l'accès non autorisé aux installations, l'enlèvement non autorisé de produits fissiles ou des actes de sabotage au regard des garanties, comme celles prévues, par exemple, dans la Convention sur la protection physique des matières nucléaires.

### **Source orpheline**

Source qui présente un danger radiologique suffisant pour justifier un contrôle réglementaire mais qui n'est pas soumise à un tel contrôle, soit parce qu'elle n'en a jamais fait l'objet, soit parce qu'elle a été abandonnée, perdue, égarée, volée ou cédée sans autorisation appropriée.

### **Surveillance**

Mesure de la dose ou de la contamination en vue de l'évaluation ou de la maîtrise de l'exposition aux rayonnements ou à des substances radioactives, et interprétation des résultats obtenus.

### **Trafic illicite**

Tout mouvement ou commerce (international surtout) non autorisé de matières radioactives (y compris de matières nucléaires) fait délibérément dans une intention criminelle.

## PERSONNES AYANT COLLABORÉ À LA RÉDACTION ET À LA RÉVISION DU TEXTE

Andrasi, A.	Institut de recherche sur l'énergie atomique KFKI (Hongrie)
Aygün, A.	Administration des douanes (Turquie)
Beck, P.	Centre de recherche de Seibersdorf (Autriche)
Becker, D.	Office fédéral de radioprotection (Allemagne)
Betko, I.	Administration des douanes (République slovaque)
Ciani, V.	Commission européenne (Belgique)
Cunningham, J.	Pennant Security Consultants Ltd (Royaume-Uni)
Dodd, B.	Agence internationale de l'énergie atomique
Duftschnid, K.E.	Agence internationale de l'énergie atomique
Englefield, C.	Agence pour l'environnement (Royaume-Uni)
Gayral, J.-P.	Commissariat à l'énergie atomique (France)
Geysels, F.	Programme Environnement, Service général d'appui policier (Belgique)
Golder, F.	Institut de recherche sur l'énergie atomique KFKI (Hongrie)
Hagsberg, N.	Institut suédois de radioprotection (Suède)
Hohenberg, J.K.	Ministère fédéral de l'agriculture (Autriche)
Hort, M.	RC Plzen (République tchèque)
Jurina, V.	Ministère de la protection de la santé (République slovaque)
Karakaya, M.	Direction générale de la sécurité (Turquie)
Klatersky, K.	NCB Interpol Prague (République tchèque)
Kolobov, I.	Ministère des combustibles et de l'énergie (Ukraine)
Kravchenko, N.	Comité fédéral des douanes (Fédération de Russie)
Kümbül, A.	Administration des douanes (Turquie)
Maher, L.	Exploranium Ltd (Canada)
Maiorano, N.	Unité nationale Europol (Italie)
Maroto, R.	OIPC (Interpol) (France)
Meehan, W.	Agence internationale de l'énergie atomique
Mellwig, R.	Organisation mondiale des douanes (Belgique)
Menga, A.	Corps des carabinieri, Service opérationnel pour l'écologie (Italie)
Miklush, D.I.	Agence internationale de l'énergie atomique
Molnár, K.	Autorité de l'énergie atomique (Égypte)

Montmayeul, J.-P.	Commissariat à l'énergie atomique (France)
Nilsson, A.	Agence internationale de l'énergie atomique
Okyar, B.	Autorité de l'énergie atomique (Égypte)
Ortiz López, P.	Agence internationale de l'énergie atomique
Osborne, R.V.	Consultant privé (Canada)
Paladino, N.	Service de la répression des fraudes de Trieste (Italie)
Raggetti, N.	Colonel des carabinieri (Italie)
Rakshit, S.	Administration des douanes (Finlande)
Rostek, H.J.	Zollkriminalamt (Allemagne)
Saka, E.	Organisation mondiale des douanes (Belgique)
Samiei, M.	Agence internationale de l'énergie atomique
Schmitzer, C.	Centre de recherche de Seibersdorf (Autriche)
Sedláček, J.	Autorité tchèque de sûreté nucléaire (République tchèque)
Slover, J. de	Administration des douanes et accises (Belgique)
Smagala, G.	Laboratoire central de radioprotection (Pologne)
Smith, D.	Service des douanes (États-Unis d'Amérique)
Solomin, A.	Bureau central national (Interpol) (Fédération de Russie)
Stavrov, A.	Polimaster (Biélorus)
Stefulova, A.	Autorité de réglementation nucléaire (République slovaque)
Strand, J.	Administration des douanes (Norvège)
Sudakou, I.	Comité de réglementation sur la sûreté nucléaire et la radioprotection (Biélorus)
Thomson, J.	Pennant Security Consultants Ltd (Royaume-Uni)
Tikkanen, J.	Autorité de sûreté radiologique et nucléaire (Finlande)
Todorova, B.Z.	Service des douanes (Bulgarie)
Vadala, G.	Service national des forêts (Italie)
Valle, A.D.	Administration des douanes et accises (Espagne)
Weil, L.	Agence internationale de l'énergie atomique
Weiss, B.	Agence internationale de l'énergie atomique
Willuhn, K.	Office fédéral de radioprotection (Allemagne)
Wrixon, A.D.	Agence internationale de l'énergie atomique
Wynne, B.	Mission permanente du Royaume-Uni auprès de l'AIEA
York, R.L.	Laboratoire national de Los Alamos (États-Unis d'Amérique)
Yusko, J.	Agence internationale de l'énergie atomique