

# Normes de sûreté de l'AIEA

pour la protection des personnes et de l'environnement

## Sûreté radiologique en diagraphie

Guide de sûreté particulier

N° SSG-57



**IAEA**

Agence internationale de l'énergie atomique

# NORMES DE SÛRETÉ DE L'AIEA ET PUBLICATIONS CONNEXES

## NORMES DE SÛRETÉ

En vertu de l'article III de son Statut, l'AIEA a pour attributions d'établir ou d'adopter des normes de sûreté destinées à protéger la santé et à réduire au minimum les dangers auxquels sont exposés les personnes et les biens et de prendre des dispositions pour l'application de ces normes.

Les publications par lesquelles l'AIEA établit des normes paraissent dans la collection **Normes de sûreté de l'AIEA**. Cette collection couvre la sûreté nucléaire, la sûreté radiologique, la sûreté du transport et la sûreté des déchets, et comporte les catégories suivantes : **fondements de sûreté, prescriptions de sûreté et guides de sûreté**.

Des informations sur le programme de normes de sûreté de l'AIEA sont disponibles sur le site web de l'AIEA :

[www.iaea.org/fr/ressources/normes-de-surete](http://www.iaea.org/fr/ressources/normes-de-surete)

Le site donne accès aux textes en anglais des normes publiées et en projet. Les textes des normes publiées en arabe, chinois, espagnol, français et russe, le Glossaire de sûreté de l'AIEA et un rapport d'étape sur les normes de sûreté en préparation sont aussi disponibles. Pour d'autres informations, il convient de contacter l'AIEA à l'adresse suivante : Centre international de Vienne, B.P. 100, 1400 Vienne (Autriche).

Tous les utilisateurs des normes de sûreté sont invités à faire connaître à l'AIEA l'expérience qu'ils ont de cette utilisation (c'est-à-dire comme base de la réglementation nationale, pour des examens de la sûreté, pour des cours) afin que les normes continuent de répondre aux besoins des utilisateurs. Les informations peuvent être données sur le site web de l'AIEA, par courrier (à l'adresse ci-dessus) ou par courriel ([Official.Mail@iaea.org](mailto:Official.Mail@iaea.org)).

## PUBLICATIONS CONNEXES

L'AIEA prend des dispositions pour l'application des normes et, en vertu des articles III et VIII.C de son Statut, elle favorise l'échange d'informations sur les activités nucléaires pacifiques et sert d'intermédiaire entre ses États Membres à cette fin.

Les rapports sur la sûreté dans le cadre des activités nucléaires sont publiés dans la collection **Rapports de sûreté**. Ces rapports donnent des exemples concrets et proposent des méthodes détaillées à l'appui des normes de sûreté.

Les autres publications de l'AIEA concernant la sûreté paraissent dans les collections **Préparation et conduite des interventions d'urgence, Radiological Assessment Reports, INSAG Reports** (Groupe international pour la sûreté nucléaire), **Rapports techniques** et **TECDOC**. L'AIEA édite aussi des rapports sur les accidents radiologiques, des manuels de formation et des manuels pratiques, ainsi que d'autres publications spéciales concernant la sûreté.

Les publications ayant trait à la sécurité paraissent dans la collection **Sécurité nucléaire de l'AIEA**.

La collection **Énergie nucléaire de l'AIEA** est constituée de publications informatives dont le but est d'encourager et de faciliter le développement et l'utilisation pratique de l'énergie nucléaire à des fins pacifiques, ainsi que la recherche dans ce domaine. Elle comprend des rapports et des guides sur l'état de la technologie et sur ses avancées, ainsi que sur des données d'expérience, des bonnes pratiques et des exemples concrets dans les domaines de l'électronucléaire, du cycle du combustible nucléaire, de la gestion des déchets radioactifs et du déclassement.

SÛRETÉ RADIOLOGIQUE  
EN DIAGRAPHIE

Les États ci-après sont Membres de l'Agence internationale de l'énergie atomique :

AFGHANISTAN	GABON	PAPOUASIE-NOUVELLE-GUINÉE
AFRIQUE DU SUD	GÉORGIE	PARAGUAY
ALBANIE	GHANA	PAYS-BAS
ALGÉRIE	GRÈCE	PÉROU
ALLEMAGNE	GRENADE	PHILIPPINES
ANGOLA	GUATEMALA	POLOGNE
ANTIGUA-ET-BARBUDA	GUYANA	PORTUGAL
ARABIE SAOUDITE	HAÏTI	QATAR
ARGENTINE	HONDURAS	RÉPUBLIQUE ARABE
ARMÉNIE	HONGRIE	SYRIENNE
AUSTRALIE	ÎLES MARSHALL	RÉPUBLIQUE
AUTRICHE	INDE	CENTRAFRICAINE
AZERBAÏDJAN	INDONÉSIE	RÉPUBLIQUE DE MOLDOVA
BAHAMAS	IRAN, RÉP. ISLAMIQUE D'	RÉPUBLIQUE DÉMOCRATIQUE
BAHREÏN	IRAQ	DU CONGO
BANGLADESH	IRLANDE	RÉPUBLIQUE DÉMOCRATIQUE
BARBADE	ISLANDE	POPULAIRE LAO
BÉLARUS	ISRAËL	RÉPUBLIQUE DOMINICAINE
BELGIQUE	ITALIE	RÉPUBLIQUE TCHÈQUE
BELIZE	JAMAÏQUE	RÉPUBLIQUE-UNIE
BÉNIN	JAPON	DE TANZANIE
BOLIVIE, ÉTAT	JORDANIE	ROUMANIE
PLURINATIONAL DE	KAZAKHSTAN	ROYAUME-UNI
BOSNIE-HERZÉGOVINE	KENYA	DE GRANDE-BRETAGNE
BOTSWANA	KIRGHIZISTAN	ET D'IRLANDE DU NORD
BRÉSIL	KOWEÏT	RWANDA
BRUNÉI DARUSSALAM	LESOTHO	SAINTE-LUCIE
BULGARIE	LETONIE	SAINT-KITTS-ET-NEVIS
BURKINA FASO	LIBAN	SAINT-MARIN
BURUNDI	LIBÉRIA	SAINT-SIÈGE
CAMBODGE	LIBYE	SAINT-VINCENT-ET-LES-
CAMEROUN	LIECHTENSTEIN	GRENADINES
CANADA	LITUANIE	SAMOA
CHILI	LUXEMBOURG	SÉNÉGAL
CHINE	MACÉDOINE DU NORD	SERBIE
CHYPRE	MADAGASCAR	SEYCHELLES
COLOMBIE	MALAISIE	SIERRA LEONE
COMORES	MALAWI	SINGAPOUR
CONGO	MALI	SLOVAQUIE
CORÉE, RÉPUBLIQUE DE	MALTE	SLOVÉNIE
COSTA RICA	MAROC	SOUDAN
CÔTE D'IVOIRE	MAURICE	SRI LANKA
CROATIE	MAURITANIE	SUÈDE
CUBA	MEXIQUE	SUISSE
DANEMARK	MONACO	TADJIKISTAN
DJIBOUTI	MONGOLIE	TCHAD
DOMINIQUE	MONTÉNÉGRE	THAÏLANDE
ÉGYPTÉ	MOZAMBIQUE	TOGO
EL SALVADOR	MYANMAR	TONGA
ÉMIRATS ARABES UNIS	NAMIBIE	TRINITÉ-ET-TOBAGO
ÉQUATEUR	NÉPAL	TUNISIE
ÉRYTHRÉE	NICARAGUA	TÜRKÏYE
ESPAGNE	NIGER	TURKMÉNISTAN
ESTONIE	NIGERIA	UKRAINE
ESWATINI	NORVÈGE	URUGUAY
ÉTATS-UNIS	NOUVELLE-ZÉLANDE	VANUATU
D'AMÉRIQUE	OMAN	VENEZUELA,
ÉTHIOPIE	OUGANDA	RÉP. BOLIVARIENNE DU
FÉDÉRATION DE RUSSIE	OUZBÉKISTAN	VIET NAM
FIDJI	PAKISTAN	YÉMEN
FINLANDE	PALAOS	ZAMBIE
FRANCE	PANAMA	ZIMBABWE

Le Statut de l'Agence a été approuvé le 23 octobre 1956 par la Conférence sur le Statut de l'AIEA, tenue au Siège de l'Organisation des Nations Unies, à New York ; il est entré en vigueur le 29 juillet 1957. L'Agence a son Siège à Vienne. Son principal objectif est « de hâter et d'accroître la contribution de l'énergie atomique à la paix, la santé et la prospérité dans le monde entier ».

COLLECTION NORMES DE SÛRETÉ DE L'AIEA N° SSG-57

# SÛRETÉ RADIOLOGIQUE EN DIAGRAPHIE

GUIDE DE SÛRETÉ PARTICULIER

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE  
VIENNE, 2023

## DROIT D'AUTEUR

Toutes les publications scientifiques et techniques de l'AIEA sont protégées par les dispositions de la Convention universelle sur le droit d'auteur adoptée en 1952 (Berne) et révisée en 1972 (Paris). Depuis, l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle (Genève) a étendu le droit d'auteur à la propriété intellectuelle sous forme électronique et virtuelle. La reproduction totale ou partielle des textes contenus dans les publications de l'AIEA sous forme imprimée ou électronique est soumise à autorisation préalable et habituellement au versement de redevances. Les propositions de reproduction et de traduction à des fins non commerciales sont les bienvenues et examinées au cas par cas. Les demandes doivent être adressées à la Section d'édition de l'AIEA :

Unité de la promotion et de la vente  
Section d'édition  
Agence internationale de l'énergie atomique  
Centre international de Vienne  
B.P. 100  
1400 Vienne (Autriche)  
Télécopie : +43 1 26007 22529  
Téléphone : +43 1 2600 22417  
Courriel : [sales.publications@iaea.org](mailto:sales.publications@iaea.org)  
<https://www.iaea.org/fr/publications>

© AIEA, 2023

Imprimé par l'AIEA en Autriche

Avril 2023

STI/PUB/1879

SÛRETÉ RADIOLOGIQUE EN DIAGRAPHIE

AIEA, VIENNE, 2023

STI/PUB/1879

ISBN 978-92-0-234622-2 (imprimé) | 978-92-0-234122-7 (pdf) |

978-92-0-234222-4 (ePub)

ISSN 1020-5829

## AVANT-PROPOS

De par son Statut, l'Agence a pour attribution « d'établir ou d'adopter [...] des normes de [sûreté] destinées à protéger la santé et à réduire au minimum les dangers auxquels sont exposés les personnes et les biens » – normes qu'elle doit appliquer à ses propres opérations et que les États peuvent appliquer en adoptant les dispositions réglementaires nécessaires en matière de sûreté nucléaire et radiologique. L'AIEA remplit cette mission en consultation avec les organes compétents des Nations Unies et les institutions spécialisées intéressées. Un ensemble complet de normes de grande qualité faisant l'objet d'un réexamen régulier est un élément clé d'un régime mondial de sûreté stable et durable, tout comme l'est l'assistance de l'AIEA pour l'application de ces normes.

L'AIEA a débuté son programme de normes de sûreté en 1958. L'accent ayant été mis sur la qualité, l'adéquation à l'usage final et l'amélioration constante, le recours aux normes de l'AIEA s'est généralisé dans le monde entier. La collection Normes de sûreté comprend désormais une série unifiée de principes fondamentaux de sûreté qui sont l'expression d'un consensus international sur ce qui doit constituer un degré élevé de protection et de sûreté. Avec l'appui solide de la Commission des normes de sûreté, l'AIEA s'efforce de promouvoir l'acceptation et l'application de ses normes dans le monde.

Les normes ne sont efficaces que si elles sont correctement appliquées dans la pratique. Les services de l'AIEA en matière de sûreté englobent la sûreté de la conception, du choix des sites et de l'ingénierie, la sûreté d'exploitation, la sûreté radiologique, la sûreté du transport des matières radioactives et la gestion sûre des déchets radioactifs, ainsi que l'organisation gouvernementale, les questions de réglementation, et la culture de sûreté dans les organisations. Ces services aident les États Membres dans l'application des normes et permettent de partager des données d'expérience et des idées utiles.

Réglementer la sûreté est une responsabilité nationale et de nombreux États ont décidé d'adopter les normes de l'AIEA dans leur réglementation nationale. Pour les parties aux diverses conventions internationales sur la sûreté, les normes de l'AIEA sont un moyen cohérent et fiable d'assurer un respect effectif des obligations découlant de ces conventions. Les normes sont aussi appliquées par les organismes de réglementation et les exploitants partout dans le monde pour accroître la sûreté de la production d'énergie d'origine nucléaire et des applications nucléaires en médecine et dans l'industrie, l'agriculture et la recherche.

La sûreté n'est pas une fin en soi mais est une condition sine qua non de la protection des personnes dans tous les États et de l'environnement, aujourd'hui et à l'avenir. Il faut évaluer et maîtriser les risques associés aux rayonnements ionisants sans limiter indûment le rôle joué par l'énergie nucléaire dans le

développement équitable et durable. Les gouvernements, les organismes de réglementation et les exploitants, où qu'ils soient, doivent veiller à ce que les matières nucléaires et les sources de rayonnements soient utilisées de manière bénéfique, sûre et éthique. Les normes de sûreté de l'AIEA sont conçues pour faciliter cette tâche, et j'encourage tous les États Membres à les utiliser.

# LES NORMES DE SÛRETÉ DE L'AIEA

## CONTEXTE

La radioactivité est un phénomène naturel et des sources naturelles de rayonnements sont présentes dans l'environnement. Les rayonnements et les substances radioactives ont de nombreuses applications utiles, allant de la production d'électricité aux applications médicales, industrielles et agricoles. Les risques radiologiques pour les travailleurs, le public et l'environnement pouvant découler de ces applications doivent être évalués et, le cas échéant, contrôlés.

Des activités telles que les utilisations médicales des rayonnements, l'exploitation des installations nucléaires, la production, le transport et l'utilisation de matières radioactives, et la gestion de déchets radioactifs doivent donc être soumises à des normes de sûreté.

La réglementation de la sûreté est une responsabilité nationale. Cependant, les risques radiologiques peuvent dépasser les frontières nationales, et la coopération internationale sert à promouvoir et à renforcer la sûreté au niveau mondial par l'échange de données d'expérience et l'amélioration des capacités de contrôle des risques afin de prévenir les accidents, d'intervenir dans les cas d'urgence et d'atténuer toute conséquence dommageable.

Les États ont une obligation de diligence et un devoir de précaution, et doivent en outre remplir leurs obligations et leurs engagements nationaux et internationaux.

Les normes de sûreté internationales aident les États à s'acquitter de leurs obligations en vertu de principes généraux du droit international, tels que ceux ayant trait à la protection de l'environnement. Elles servent aussi à promouvoir et à garantir la confiance dans la sûreté, ainsi qu'à faciliter le commerce international.

Le régime mondial de sûreté nucléaire fait l'objet d'améliorations continues. Les normes de sûreté de l'AIEA, qui soutiennent la mise en œuvre des instruments internationaux contraignants et les infrastructures nationales de sûreté, sont une pierre angulaire de ce régime mondial. Elles constituent un outil que les parties contractantes peuvent utiliser pour évaluer leur performance dans le cadre de ces conventions internationales.

## LES NORMES DE SÛRETÉ DE L'AIEA

Le rôle des normes de sûreté de l'AIEA découle du Statut, qui autorise l'AIEA à établir ou adopter, en consultation et, le cas échéant, en collaboration avec les organes compétents des Nations Unies et avec les institutions spécialisées

intéressées, des normes de sûreté destinées à protéger la santé et à réduire au minimum les dangers auxquels sont exposés les personnes et les biens, et à prendre des dispositions pour l'application de ces normes.

Afin d'assurer la protection des personnes et de l'environnement contre les effets dommageables des rayonnements ionisants, les normes de sûreté de l'AIEA établissent des principes de sûreté fondamentaux, des prescriptions et des mesures pour contrôler l'exposition des personnes et le rejet de matières radioactives dans l'environnement, pour restreindre la probabilité d'événements qui pourraient entraîner la perte du contrôle du cœur d'un réacteur nucléaire, d'une réaction nucléaire en chaîne, d'une source radioactive ou de toute autre source de rayonnements, et pour atténuer les conséquences de tels événements s'ils se produisent. Les normes s'appliquent aux installations et aux activités qui donnent lieu à des risques radiologiques, y compris les installations nucléaires, à l'utilisation des rayonnements et des sources radioactives, au transport des matières radioactives et à la gestion des déchets radioactifs.

Les mesures de sûreté et les mesures de sécurité<sup>1</sup> ont comme objectif commun de protéger la vie et la santé humaines et l'environnement. Ces mesures doivent être conçues et mises en œuvre de manière intégrée de sorte que les mesures de sécurité ne portent pas préjudice à la sûreté et que les mesures de sûreté ne portent pas préjudice à la sécurité.

Les normes de sûreté de l'AIEA sont l'expression d'un consensus international sur ce qui constitue un degré élevé de sûreté pour la protection des personnes et de l'environnement contre les effets dommageables des rayonnements ionisants. Elles sont publiées dans la collection Normes de sûreté de l'AIEA, qui est constituée de trois catégories (voir la figure 1).

### **Fondements de sûreté**

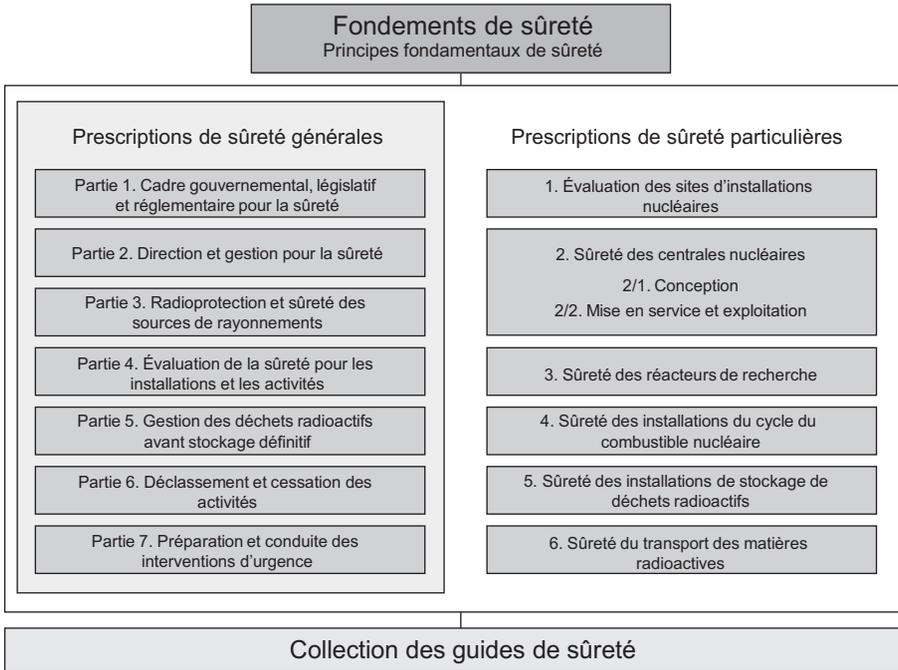
Les fondements de sûreté présentent les objectifs et les principes de protection et de sûreté qui constituent la base des prescriptions de sûreté.

### **Prescriptions de sûreté**

Un ensemble intégré et cohérent de prescriptions de sûreté établit les prescriptions qui doivent être respectées pour assurer la protection des personnes et de l'environnement, actuellement et à l'avenir. Les prescriptions sont régies par l'objectif et les principes énoncés dans les Fondements de sûreté. S'il n'y est pas satisfait, des mesures doivent être prises pour atteindre ou rétablir le niveau de sûreté requis. La présentation et le style des prescriptions facilitent leur utilisation pour l'établissement, de manière harmonisée, d'un cadre réglementaire national. Ces prescriptions, notamment les prescriptions globales

---

<sup>1</sup> Voir aussi les publications parues dans la collection Sécurité nucléaire de l'AIEA.



*FIG. 1. Structure à long terme de la collection Normes de sûreté de l'AIEA.*

numérotées, sont énoncées au présent de l'indicatif. De nombreuses prescriptions ne s'adressent pas à une partie en particulier, ce qui signifie que la responsabilité de leur application revient à toutes les parties concernées.

### **Guides de sûreté**

Les guides de sûreté contiennent des recommandations et des orientations sur la façon de se conformer aux prescriptions de sûreté, traduisant un consensus international selon lequel il est nécessaire de prendre les mesures recommandées (ou des mesures équivalentes). Ils présentent les bonnes pratiques internationales et reflètent de plus en plus les meilleures d'entre elles pour aider les utilisateurs à atteindre des niveaux de sûreté élevés. Les recommandations qu'ils contiennent sont énoncées au conditionnel.

## **APPLICATION DES NORMES DE SÛRETÉ DE L'AIEA**

Les principaux utilisateurs des normes de sûreté dans les États Membres de l'AIEA sont les organismes de réglementation et d'autres autorités

nationales pertinentes. Les normes de sûreté de l'AIEA sont aussi utilisées par les organisations parrainantes et par de nombreux organismes qui conçoivent, construisent et exploitent des installations nucléaires, ainsi que par les utilisateurs de rayonnements et de sources radioactives.

Les normes de sûreté de l'AIEA sont applicables, selon que de besoin, pendant la durée de vie de toutes les installations et activités, existantes et nouvelles, utilisées à des fins pacifiques ainsi qu'aux mesures de protection visant à réduire les risques radiologiques existants. Les États peuvent les utiliser comme référence pour la réglementation nationale concernant les installations et les activités.

En vertu de son Statut, l'AIEA est tenue d'appliquer les normes de sûreté à ses propres opérations et les États doivent les appliquer aux opérations pour lesquelles l'AIEA fournit une assistance.

Les normes de sûreté sont aussi utilisées par l'AIEA comme référence pour ses services d'examen de la sûreté, ainsi que pour le développement des compétences, y compris l'élaboration de programmes de formation théorique et de cours pratiques.

Les conventions internationales contiennent des prescriptions semblables à celles des normes de sûreté qui sont juridiquement contraignantes pour les parties contractantes. Les normes de sûreté de l'AIEA, complétées par les conventions internationales, les normes industrielles et les prescriptions nationales détaillées, constituent une base cohérente pour la protection des personnes et de l'environnement. Il y a aussi des aspects particuliers de la sûreté qui doivent être évalués à l'échelle nationale. Par exemple, de nombreuses normes de sûreté de l'AIEA, en particulier celles portant sur les aspects de la sûreté relatifs à la planification ou à la conception, sont surtout applicables aux installations et activités nouvelles. Les prescriptions établies dans les normes de sûreté de l'AIEA peuvent n'être pas pleinement satisfaites par certaines installations existantes construites selon des normes antérieures. Il revient à chaque État de déterminer le mode d'application des normes de sûreté de l'AIEA dans le cas de telles installations.

Les considérations scientifiques qui sous-tendent les normes de sûreté de l'AIEA constituent une base objective pour les décisions concernant la sûreté ; cependant, les décideurs doivent également juger en connaissance de cause et déterminer la meilleure manière d'équilibrer les avantages d'une mesure ou d'une activité par rapport aux risques radiologiques et autres qui y sont associés ainsi qu'à tout autre impact négatif qui en découle.

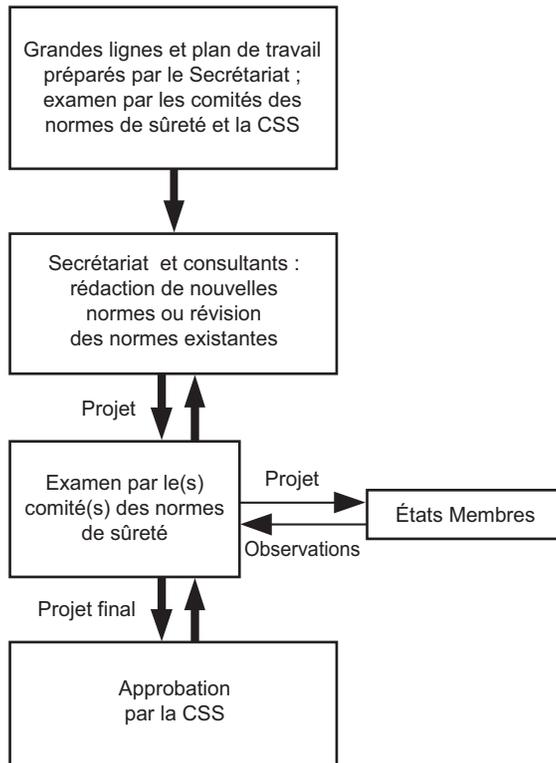


FIG. 2. Processus d'élaboration d'une nouvelle norme de sûreté ou de révision d'une norme existante.

## PROCESSUS D'ÉLABORATION DES NORMES DE SÛRETÉ DE L'AIEA

La préparation et l'examen des normes de sûreté sont l'œuvre commune du Secrétariat de l'AIEA et de cinq comités – le Comité des normes de préparation et de conduite des interventions d'urgence (EPRéSC) (à partir de 2016), le Comité des normes de sûreté nucléaire (NUSSC), le Comité des normes de sûreté radiologique (RASSC), le Comité des normes de sûreté des déchets (WASSC), le Comité des normes de sûreté du transport (TRANSSC) – et de la Commission des normes de sûreté (CSS), qui supervise tout le programme des normes de sûreté (voir la figure 2).

Tous les États Membres de l'AIEA peuvent nommer des experts pour siéger dans ces comités et présenter des observations sur les projets de normes. Les membres de la Commission des normes de sûreté sont nommés par le Directeur général et comprennent des responsables de la normalisation au niveau national.

Un système de gestion a été mis en place pour la planification, l'élaboration, le réexamen, la révision et l'établissement des normes de sûreté de l'AIEA. Il structure le mandat de l'AIEA, la vision de l'application future des normes, politiques et stratégies de sûreté, et les fonctions et responsabilités correspondantes.

## INTERACTION AVEC D'AUTRES ORGANISATIONS INTERNATIONALES

Les conclusions du Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR) et les recommandations d'organismes internationaux spécialisés, notamment de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR), sont prises en compte lors de l'élaboration des normes de sûreté de l'AIEA. Certaines normes de sûreté sont élaborées en collaboration avec d'autres organismes des Nations Unies ou d'autres organisations spécialisées, dont l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire, l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, l'Organisation internationale du Travail, l'Organisation mondiale de la santé, l'Organisation panaméricaine de la santé et le Programme des Nations Unies pour l'environnement.

## INTERPRÉTATION DU TEXTE

Les termes relatifs à la sûreté ont le sens donné dans le Glossaire de sûreté de l'AIEA (<http://www-ns.iaea.org/standards/safety-glossary.htm>). L'orthographe et le sens des autres mots sont conformes à la dernière édition du Concise Oxford Dictionary. Pour les guides de sûreté, c'est la version anglaise qui fait foi.

Le contexte de chaque volume de la collection Normes de sûreté de l'AIEA et son objectif, sa portée et sa structure sont expliqués dans le chapitre premier (introduction) de chaque publication.

Les informations qui ne trouvent pas leur place dans le corps du texte (par exemple celles qui sont subsidiaires ou séparées du corps du texte, sont incluses pour compléter des passages du texte principal ou décrivent des méthodes de calcul, des procédures ou des limites et conditions) peuvent être présentées dans des appendices ou des annexes.

Lorsqu'une norme comporte un appendice, celui-ci est réputé faire partie intégrante de la norme. Les informations données dans un appendice ont le même statut que le corps du texte et l'AIEA en assume la paternité. Les annexes et notes de bas de page du texte principal ont pour objet de donner des exemples

concrets ou des précisions ou explications. Elles ne sont pas considérées comme faisant partie intégrante du texte principal. Les informations contenues dans les annexes n'ont pas nécessairement l'AIEA pour auteur ; les informations publiées par d'autres auteurs figurant dans des normes de sûreté peuvent être présentées dans des annexes. Les informations provenant de sources extérieures présentées dans les annexes sont adaptées pour être d'utilité générale.



# TABLE DES MATIÈRES

1.	INTRODUCTION.....	1
	Généralités (1.1–1.8) .....	1
	Objectif (1.9, 1.10) .....	2
	Champ d’application (1.11–1.14).....	3
	Structure (1.15, 1.16).....	3
2.	FONCTIONS ET RESPONSABILITÉS .....	4
	Généralités (2.1) .....	4
	Gouvernement et organisme de réglementation (2.2–2.21) .....	5
	Organisme exploitant (2.22–2.38) .....	11
	Responsable de la radioprotection (2.39–2.42) .....	15
	Experts qualifiés (2.43–2.47) .....	16
	Travailleurs (2.48–2.50).....	17
	Coopération entre les employeurs et l’organisme exploitant (2.51–2.54) .....	18
	Travailleurs engagés pour des contrats de courte durée (travailleurs itinérants) (2.55–2.58) .....	20
	Client (2.59–2.64).....	20
3.	ÉVALUATION DE LA SÛRETÉ .....	22
	Généralités (3.1–3.7) .....	22
	Méthodologie de l’évaluation de la sûreté (3.8).....	23
	Résultats de l’évaluation de la sûreté (3.9).....	24
	Examens de l’évaluation de la sûreté (3.10).....	25
	Dossier sur l’évaluation de la sûreté (3.11) .....	25
	Optimisation de la protection et de la sûreté (3.12, 3.13).....	25
4.	PROGRAMME DE RADIOPROTECTION .....	26
	Objectifs et champ d’application (4.1–4.5).....	26
	Structure et contenu (4.6, 4.7) .....	27
	Structure de gestion et politiques (4.8, 4.9).....	28
	Programme de formation théorique et pratique (4.10, 4.11).....	29
	Règles locales et supervision (4.12–4.17) .....	29
	Comité de la sûreté radiologique (4.18, 4.19) .....	31

Désignation de zones contrôlées et de zones surveillées (4.20–4.27) .	32
Programme de contrôle radiologique du lieu de travail (4.28–4.30) . .	34
Dispositions relatives au contrôle radiologique individuel (4.31) . . . .	35
Programme de surveillance de la santé (4.32–4.37) . . . . .	35
Examens et audits périodiques du fonctionnement du programme de radioprotection (4.38, 4.39) . . . . .	36
Système de gestion et amélioration des processus (4.40–4.43) . . . . .	37
5. FORMATION ET QUALIFICATION . . . . .	37
Généralités (5.1, 5.2) . . . . .	37
Élaboration d’un programme de formation (5.3, 5.4) . . . . .	38
Structure et contenu des cours (5.5–5.9) . . . . .	38
Remise à niveau (5.10, 5.11) . . . . .	40
Évaluations et certification (5.12) . . . . .	40
6. CONTRÔLE RADIOLOGIQUE INDIVIDUEL DES TRAVAILLEURS . . . . .	41
Généralités (6.1–6.3) . . . . .	41
Limites de dose pour la radioprotection professionnelle (6.4–6.9) . . .	42
Évaluation des doses individuelles au moyen de dosimètres passifs (6.10–6.14) . . . . .	43
Dosimètres individuels actifs (6.15–6.17) . . . . .	45
Tenue des dossiers (6.18–6.23) . . . . .	46
Conduite d’enquêtes en cas de dépassement des limites de dose (6.24, 6.25) . . . . .	48
Test et étalonnage du matériel de dosimétrie (6.26) . . . . .	48
7. CONTRÔLE RADIOLOGIQUE DU LIEU DE TRAVAIL . . . . .	49
Programme de contrôle radiologique (7.1–7.5) . . . . .	49
Sélection, maintenance et étalonnage des instruments de contrôle radiologique du lieu de travail (7.6–7.11) . . . . .	50
8. CONTRÔLE DES SOURCES RADIOACTIVES (8.1–8.10) . . . . .	52
9. CONSIDÉRATIONS DE SÉCURITÉ NUCLÉAIRE (9.1, 9.2) . . . . .	54
Interfaces entre la sûreté nucléaire et la sécurité nucléaire (9.3–9.5) .	54
Mesures de sécurité (9.6–9.9) . . . . .	55

10.	MANIPULATION SÛRE DES SOURCES RADIOACTIVES ET DES GÉNÉRATEURS DE RAYONNEMENTS . . . . .	56
	Généralités (10.1–10.5) . . . . .	56
	Sources radioactives scellées utilisées en diagraphie (10.6–10.10) . . .	57
	Marquage et étiquetage des appareils de diagraphie contenant des sources radioactives scellées (10.11, 10.12) . . . . .	59
	Générateurs de neutrons utilisés en diagraphie (10.13–10.17) . . . . .	59
	Dispositifs de remplacement et conteneurs d’expédition de sources radioactives (10.18, 10.19) . . . . .	60
	Sûreté des générateurs de neutrons lors des opérations d’étalonnage (10.20–10.22) . . . . .	61
	Cessation d’utilisation et enlèvement des sources radioactives (10.23, 10.24) . . . . .	61
11.	CONDUITE D’ACTIVITÉS DE DIAGRAPHIE SUR UN SITE . . . . .	63
	Généralités (11.1) . . . . .	63
	Préparation du site (11.2–11.5) . . . . .	64
	Désignation de zones contrôlées sur un site (11.6–11.14) . . . . .	64
	Utilisation de générateurs de neutrons sur un site (11.15, 11.16) . . . . .	66
	Contrôle du débit de dose (11.17–11.19) . . . . .	67
	Contrôle radiologique individuel des travailleurs (11.20) . . . . .	67
	Matériel de diagraphie (11.21–11.24) . . . . .	67
	Contrôles de sûreté (11.25, 11.26) . . . . .	68
	Entreposage temporaire de sources radioactives sur un site (11.27–11.30) . . . . .	69
	Achèvement des travaux et enlèvement des sources (11.31, 11.32) . . .	70
12.	TRANSPORT DES SOURCES RADIOACTIVES (12.1, 12.2) . . . . .	70
	Déplacement des sources à l’intérieur du site des travaux (12.3, 12.4)	71
	Transport des sources vers un autre site (12.5–12.8) . . . . .	71
13.	PRÉPARATION ET CONDUITE DES INTERVENTIONS D’URGENCE . . . . .	72
	Généralités (13.1–13.4) . . . . .	72
	Élaboration de plans et procédures d’urgence (13.5–13.12) . . . . .	74
	Équipements d’urgence (13.13–13.15) . . . . .	76

Exemple de procédures d'intervention en cas d'incidents mettant en jeu des sources de rayonnements dans le domaine de la diagraphie (13.16–13.20) . . . . .	77
Formation et exercices (13.21–13.24) . . . . .	80
Examens périodiques du plan d'urgence (13.25) . . . . .	80
Établissement de rapports (13.26–13.28) . . . . .	81
Communication avec le public (13.29) . . . . .	82
RÉFÉRENCES . . . . .	83
ANNEXE I:           APERÇU DES SOURCES RADIOACTIVES UTILISÉES EN DIAGRAPHIE . . . . .	89
ANNEXE II:         ÉLÉMENTS À PRENDRE EN COMPTE AUX FINS D'UNE ÉVALUATION DE LA SÛRETÉ EN DIAGRAPHIE . . . . .	91
ANNEXE III:        INFORMATIONS RELATIVES À LA SÛRETÉ RADIOLOGIQUE DES GÉNÉRATEURS DE NEUTRONS UTILISÉS EN DIAGRAPHIE . . . . .	95
ANNEXE IV:         CALCULS RELATIFS AU BLINDAGE CONTRE LES RAYONNEMENTS . . . . .	96
ANNEXE V:          PROPOSITION DE STRUCTURE POUR LES RÈGLES LOCALES EN MATIÈRE DE DIAGRAPHIE . . . . .	100
ANNEXE VI:         EXEMPLES D'INCIDENTS METTANT EN JEU DES SOURCES DE RAYONNEMENTS UTILISÉES EN DIAGRAPHIE . . . . .	102
PERSONNES AYANT COLLABORÉ À LA RÉDACTION ET À L'EXAMEN DU TEXTE . . . . .	107

# 1. INTRODUCTION

## GÉNÉRALITÉS

1.1. Comme énoncé dans la publication intitulée *Principes fondamentaux de sûreté* (n° SF-1 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA) [1] : « **L'objectif fondamental de sûreté est de protéger les personnes et l'environnement contre les effets nocifs des rayonnements ionisants.** » Le paragraphe 2.1 de cette publication [1] stipule ce qui suit :

« Cet objectif fondamental de protection des personnes – individuellement et collectivement – et de l'environnement doit être réalisé sans limiter de manière indue l'exploitation des installations ou la conduite d'activités entraînant des risques radiologiques. »

1.2. Le paragraphe 2.2 de la publication SF-1 [1] dispose ce qui suit :

« L'objectif fondamental de sûreté s'applique à toutes les installations et activités et à toutes les phases de la durée de vie d'une installation ou d'une source de rayonnements, notamment la planification, le choix du site, la fabrication, la construction, la mise en service, l'exploitation, le déclassement et la fermeture. Il s'applique aussi au transport des matières radioactives et à la gestion des déchets radioactifs. »

1.3. Les secteurs de l'exploitation minière, de l'ingénierie des sols et de l'eau, de même que l'exploration et la production pétrolières et gazières (conventionnelles et non conventionnelles, comme la fracturation hydraulique), ont largement recours aux sources radioactives, et aux générateurs de rayonnements dans certains cas, pour caractériser et évaluer les formations géologiques et les constructions de forages et de puits. Le terme « diagraphie » employé dans le présent guide de sûreté englobe toutes ces pratiques.

1.4. Les activités de diagraphie peuvent être réalisées au moyen d'un dispositif (souvent appelé « outil de diagraphie ») contenant une ou plusieurs sources radioactives scellées (gamma et/ou neutrons) ou un générateur de neutrons. Elles se déroulent généralement sur le site d'une entreprise cliente, par exemple dans une mine ou sur une plateforme d'exploration pétrolière et gazière en mer. Plusieurs milliers de sources radioactives et de générateurs de rayonnements sont utilisés à travers le monde pour la diagraphie [2].

1.5. La publication intitulée *Catégorisation des sources radioactives* (n° RS-G-1.9 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA) [3] établit un classement des sources radioactives en fonction de leur capacité à provoquer des effets déterministes graves, c'est-à-dire en fonction du niveau de danger qu'elles représenteraient si elles étaient utilisées à mauvais escient. Le système de catégorisation comporte cinq catégories, les sources des catégories 1, 2 et 3 étant les plus dangereuses. Les sources utilisées en diagraphie sont généralement classées dans les catégories 3 et 4, mais le regroupement de sources sur un même site de diagraphie pourrait représenter un niveau de danger correspondant à la catégorie 2.

1.6. La présente publication fait partie d'une série de plusieurs guides de sûreté portant sur des sujets liés à la sûreté de l'utilisation des rayonnements ionisants à des fins industrielles, par exemple les générateurs de rayonnements et les sources scellées, la radiographie industrielle, les irradiateurs industriels et les jauges nucléaires (voir les réf. [4] à [7]).

1.7. Sauf indication contraire, les termes utilisés ont le sens qui leur est donné dans le Glossaire de sûreté de l'AIEA [8].

1.8. Dans le présent guide de sûreté, on suppose qu'une infrastructure gouvernementale, législative et réglementaire efficace en matière de sûreté radiologique est en place et que cette infrastructure couvre la pratique de la diagraphie avec des sources de rayonnements (voir la section 2). Dans le cas où des activités de diagraphie doivent être menées dans un État ne disposant pas encore de réglementations sur la protection radiologique ou dont les réglementations en la matière ne sont pas conformes aux normes internationales applicables, les recommandations énoncées dans le présent guide de sûreté fourniront des orientations générales sur l'approche à suivre pour garantir la sûreté radiologique dans le domaine de la diagraphie.

## OBJECTIF

1.9. Le présent guide de sûreté a pour objet de formuler des recommandations sur les dispositions à prendre pour satisfaire aux prescriptions pertinentes qui sont énoncées dans la publication *Radioprotection et sûreté des sources de rayonnements : Normes fondamentales internationales de sûreté* (n° GSR Part 3 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA) [9] en ce qui a trait à l'utilisation de sources radioactives et de générateurs de rayonnements en diagraphie.

1.10. Les orientations qui figurent dans la présente publication sont destinées en premier lieu aux organismes exploitants qui sont autorisés à entreprendre des activités de diagraphie avec des sources de rayonnements, ainsi qu'à leurs employés et aux responsables de la radioprotection. Ces orientations intéresseront également les organismes de réglementation de même que les concepteurs, les constructeurs et les fournisseurs de matériel de diagraphie contenant des sources de rayonnements et les organismes chargés de la maintenance et de l'entretien de ce type de matériel.

## CHAMP D'APPLICATION

1.11. Le présent guide de sûreté fournit des recommandations relatives à l'utilisation de sources radioactives et de générateurs de rayonnements en diagraphie, notamment dans le cadre de la fabrication, de l'étalonnage et de la maintenance des outils de diagraphie. Il contient des recommandations en matière de protection et de sûreté radiologiques pour l'entreposage, l'utilisation et le transport de ces sources de rayonnements.

1.12. Le présent guide s'intéresse aux questions de sûreté radiologique et n'aborde pas les risques non radiologiques associés à la diagraphie.

1.13. Il évoque également les mesures de sécurité nucléaire à mettre en place et fournit des recommandations concernant leurs interfaces avec les mesures de sûreté, mais ne donne pas d'orientations portant expressément sur les aspects relatifs à la sécurité nucléaire. On trouvera des orientations supplémentaires à ce sujet dans les publications parues dans la collection Sécurité nucléaire de l'AIEA.

1.14. La protection et la sûreté radiologiques concernant les radionucléides d'origine naturelle et l'utilisation de radiotraceurs dans les secteurs minier et pétrolier sortent du cadre du présent guide. Des recommandations en matière de protection et de sûreté relatives aux radionucléides d'origine naturelle figurent dans la publication intitulée *Management of Radioactive Waste from the Mining and Milling of Ores* (IAEA Safety Standards Series No. WS-G-1.2) [10]. Les techniques faisant appel aux radiotraceurs sont abordées dans la référence [11].

## STRUCTURE

1.15. Les diverses fonctions et responsabilités des organismes et des individus sont décrites dans la section 2. Des recommandations relatives à la préparation

d'une évaluation de la sûreté et au programme de radioprotection sont fournies respectivement dans les sections 3 et 4. Des recommandations sur la formation et la qualification du personnel sont énoncées à la section 5. Les sections 6 et 7 contiennent des recommandations portant respectivement sur le contrôle radiologique individuel des travailleurs et sur le contrôle radiologique du lieu de travail. La section 8 fournit des recommandations sur le contrôle des sources gamma et des sources de neutrons, et la section 9 aborde les considérations de sécurité à prendre en compte pour ces sources. Les sections 10 et 11 contiennent des recommandations concernant l'utilisation sûre des sources de rayonnements gamma et neutroniques dans des installations de diagraphie<sup>1</sup> et sur un site, et la section 12 est consacrée aux recommandations relatives à la sûreté du transport des sources radioactives. La préparation et la conduite des interventions en cas d'urgence mettant en jeu des sources de diagraphie sont décrites à la section 13.

1.16. L'annexe I donne une vue d'ensemble des sources et des appareils qui sont utilisés en diagraphie. L'annexe II décrit les éléments d'une évaluation de la sûreté en diagraphie. L'annexe III fournit des informations sur la sûreté des générateurs de neutrons et l'annexe IV aborde la question de la protection contre les rayonnements gamma et neutroniques. Une proposition de structure pour les règles locales en matière de diagraphie est présentée à l'annexe V. Enfin, l'annexe VI donne plusieurs exemples caractéristiques d'incidents qui sont survenus avec des sources de diagraphie, notamment celui d'une opération réussie de récupération d'une source qui s'était coincée au fond d'un puits.

## 2. FONCTIONS ET RESPONSABILITÉS

### GÉNÉRALITÉS

2.1. La publication intitulée *Cadre gouvernemental, législatif et réglementaire de la sûreté* [n° GSR Part 1 (Rev. 1) de la collection Normes de sûreté de l'AIEA] [12] énonce les prescriptions relatives à l'infrastructure gouvernementale, législative et réglementaire pour la sûreté des installations et des activités, y compris celles associées à la diagraphie faisant appel à des sources de rayonnements, et définit les fonctions et responsabilités qui incombent à toutes les parties concernées. La publication GSR Part 3 [9] établit le cadre général qui régit ces fonctions et

---

<sup>1</sup> Dans le présent guide de sûreté, on entend par « installation de diagraphie » toute zone dans laquelle on entrepose ou on utilise du matériel de diagraphie.

responsabilités, et la présente section fournit de plus amples orientations dans le contexte des opérations de diagraphie utilisant des sources radioactives et des générateurs de rayonnements.

## GOUVERNEMENT ET ORGANISME DE RÉGLEMENTATION

2.2. Le paragraphe 2.15 de la publication GSR Part 3 [9] stipule ce qui suit :

« Le gouvernement établit une législation qui, entre autres :

- a) fournit la base légale des prescriptions de protection et de sûreté pour toutes les situations d'exposition ;
- b) précise que la responsabilité première en matière de protection et de sûreté incombe à la personne ou à l'organisme chargé des installations et activités qui donnent lieu à des risques radiologiques ;
- c) précise les limites de son champ d'application ;
- d) établit un organisme de réglementation indépendant doté de fonctions et de responsabilités clairement définies pour la réglementation de la protection et de la sûreté et prend les dispositions voulues pour son maintien ;
- e) prévoit une coordination entre les autorités ayant des responsabilités en rapport avec la protection et la sûreté pour toutes les situations d'exposition. »

Pour atteindre et maintenir un niveau élevé de sûreté dans l'utilisation des sources de rayonnements en diagraphie, il est primordial de mettre en place une solide infrastructure législative et gouvernementale, y compris un organisme national de réglementation ayant des responsabilités et des fonctions bien définies.

2.3. Le paragraphe 2.16 de la publication GSR Part 3 [9] stipule ce qui suit :

« Le gouvernement veille à ce que l'organisme de réglementation soit, dans la prise des décisions relatives à la protection et à la sûreté, effectivement indépendant des personnes et des organismes qui utilisent des rayonnements et des matières radioactives ou qui en promeuvent l'utilisation, de manière à être libre de toute influence indue des parties intéressées et exempt de tout conflit d'intérêt, et veille à ce qu'il soit séparé fonctionnellement des entités ayant des responsabilités ou des intérêts qui pourraient influencer indûment ses décisions. »

L'organisme de réglementation ne devrait avoir aucun intérêt dans le développement ni dans l'utilisation de la technologie qu'il réglemente.

2.4. Selon le paragraphe 2.17 de la publication GSR Part 3 [9] : « Le gouvernement veille à ce que l'organisme de réglementation soit doté des pouvoirs, de la compétence et des ressources nécessaires pour s'acquitter de ses fonctions et responsabilités statutaires. »

2.5. La prescription 3 de la même publication [9] est libellée comme suit : « **L'organisme de réglementation établit ou adopte des règlements et des guides pour la protection et la sûreté et instaure un système pour en assurer l'application.** » De nombreux États ont décidé d'adopter les normes de l'AIEA dans leur réglementation nationale.

2.6. Le paragraphe 2.30 de la publication GSR Part 3 [9] stipule ce qui suit :

« L'organisme de réglementation établit un système de réglementation pour la protection et la sûreté qui englobe ce qui suit [voir la réf. 12] :

- a) déclaration et autorisation ;
- b) examen et évaluation des installations et activités ;
- c) inspection des installations et activités ;
- d) application des prescriptions réglementaires ;
- e) fonctions de réglementation liées aux situations d'exposition d'urgence et aux situations d'exposition existante ;
- f) information et consultation des parties concernées par ses décisions et, selon qu'il conviendra, du public et des autres parties intéressées. »

2.7. Le paragraphe 2.31 de la publication GSR Part 3 [9] stipule ce qui suit :

« L'organisme de réglementation adopte une approche graduée de la mise en œuvre de son système de protection et de sûreté de façon que l'application des prescriptions réglementaires soit proportionnée aux risques radiologiques associés à la situation d'exposition. »

L'approche graduée devrait permettre de garantir que l'application des ressources réglementaires est optimisée, tout en assurant une vérification efficace de la conformité réglementaire.

2.8. Aux termes du paragraphe 2.32 de la publication GSR Part 3 [9] : « L'organisme de réglementation veille à l'application des prescriptions concernant

la formation théorique et pratique, la qualification et la compétence en matière de protection et de sûreté de toutes les personnes exerçant des activités en rapport avec la protection et la sûreté. »

2.9. Le paragraphe 2.34 de la même publication [9] dispose ce qui suit :

« L'organisme de réglementation, de concert avec d'autres autorités compétentes, spécifie des prescriptions concernant l'acceptation et la performance, par le biais de la réglementation ou de l'application de normes publiées, pour chaque source, dispositif, équipement ou installation fabriqué ou construit dont l'utilisation a des incidences en matière de protection et de sûreté. »

2.10. Selon le paragraphe 2.35 de la même publication [9] (note omise) :

« L'organisme de réglementation prend des dispositions pour l'établissement, la tenue et la consultation de dossiers adéquats sur les installations et activités. Ces dossiers comprennent :

- les registres des sources scellées et des générateurs de rayonnements ;
- les dossiers sur les doses dues à l'exposition professionnelle ;
- les dossiers relatifs à la sûreté des installations et activités ;
- les dossiers qui pourraient être nécessaires pour la mise à l'arrêt et le déclassement ou la fermeture d'installations ;
- les dossiers sur les événements, y compris les rejets inhabituels de matières radioactives dans l'environnement ;
- les inventaires des déchets radioactifs [...] »

Les dossiers relatifs à la sûreté des installations et activités de diagraphie devraient comprendre des inventaires des sources qui sont utilisées et de celles qui ont été retirées du service.

2.11. L'organisme de réglementation devrait également prendre des dispositions pour l'établissement, la tenue et la consultation de dossiers adéquats sur :

- le transport des sources radioactives ;
- l'emplacement des sources radioactives ;
- les incidents mettant en jeu des sources de rayonnements, comme la perte ou l'endommagement de sources radioactives ou le vol de sources radioactives ou de générateurs de rayonnements.

2.12. L'organisme de réglementation devrait mener des activités d'inspection concernant l'utilisation de dispositifs de diagraphie contenant des sources de rayonnements [13]. Ces inspections devraient consister à examiner une série de questions en rapport avec l'utilisation sûre de ces dispositifs et devraient notamment comprendre les éléments suivants :

- a) examen du respect des conditions fixées dans l'autorisation de détention et d'utilisation de sources de rayonnements pour la diagraphie : il s'agit, par exemple, de vérifier que l'inventaire comprend l'ensemble des sources de rayonnements et des dispositifs autorisés et que tous les dispositifs de diagraphie sont utilisés uniquement aux fins autorisées dans des emplacements autorisés. S'il manque une source autorisée ou s'il est établi qu'une source n'est pas dûment autorisée, il convient de mener une enquête et de prendre les mesures qui s'imposent (des recherches devraient être entreprises sur-le-champ pour retrouver les sources manquantes, et les sources non autorisées devraient être soumises à un contrôle réglementaire) ;
- b) vérification que les sources de rayonnements et les dispositifs de diagraphie satisfont aux critères d'acceptation et de performance établis par l'organisme de réglementation ;
- c) mesure des niveaux de rayonnement autour des dispositifs de diagraphie et estimation des doses reçues par les travailleurs et les personnes du public ;
- d) examen des dossiers sur le contrôle radiologique du lieu de travail et le contrôle radiologique individuel ;
- e) observation de l'utilisation des dispositifs de diagraphie, y compris des procédures en place pour la manipulation sûre des sources de rayonnements ;
- f) examen des mesures de contrôle, telles que la conduite de vérifications périodiques de l'inventaire des sources, les contrôles visant à s'assurer que les sources ne sont utilisées que par des personnes autorisées, l'utilisation de contrôles techniques appropriés, l'entreposage des sources de rayonnements (y compris des sources retirées du service), et les plans et procédures d'urgence ;
- g) examen de la conformité aux prescriptions réglementaires relatives au transport de matières radioactives (voir la section 12) ;
- h) inspections sur place dans les installations des clients où des dispositifs de diagraphie sont utilisés, et observation des opérations faisant intervenir des outils de diagraphie, en s'intéressant notamment aux procédures en matière d'utilisation sûre et aux dispositions visant à assurer la sûreté et la sécurité de chaque source.

2.13. Le paragraphe 2.38 de la publication GSR Part 3 [9] stipule ce qui suit :  
« L'organisme de réglementation établit, met en œuvre, évalue et s'efforce

d'améliorer continuellement un système de gestion qui est aligné sur les objectifs de l'organisme de réglementation et contribue à leur réalisation. »

2.14. La prescription 19 de la même publication [9] est libellée comme suit :

**« Le gouvernement ou l'organisme de réglementation établit et fait appliquer des prescriptions pour s'assurer que la protection et la sûreté sont optimisées, et l'organisme de réglementation fait respecter les limites de dose pour l'exposition professionnelle. »**

2.15. Le paragraphe 3.69 de la publication GSR Part 3 [9] stipule ce qui suit :  
« Le gouvernement ou l'organisme de réglementation définit les responsabilités des employeurs et des titulaires d'enregistrements et de licences en matière d'application des prescriptions pour l'exposition professionnelle dans des situations d'exposition planifiée. »

2.16. Conformément au paragraphe 3.72 de la même publication [9], avant de délivrer l'autorisation d'une installation ou d'une activité de diagraphie, l'organisme de réglementation doit examiner les critères de conception et les caractéristiques de conception relatifs à l'exposition et à l'exposition potentielle des travailleurs dans toutes les conditions de fonctionnement et conditions accidentelles. Seuls les outils de diagraphie qui satisfont aux normes de conception établies par l'organisme de réglementation devraient être autorisés. Le contrôle radiologique individuel, y compris l'estimation des doses de rayonnements gamma et neutroniques, le cas échéant, devrait être obligatoire pour les travailleurs en diagraphie. De plus, l'organisme de réglementation devrait vérifier que l'organisme exploitant applique les prescriptions en matière de contrôle radiologique du lieu de travail (voir les paragraphes 3.96 à 3.98 de la publication GSR Part 3 [9]) pour l'ensemble des installations et activités de diagraphie.

2.17. L'organisme de réglementation devrait établir des prescriptions relatives à l'utilisation de dispositifs de diagraphie dans les installations des clients. Le recours à ce type de dispositifs dans les installations des clients devrait être expressément autorisé, par exemple au moyen de conditions de licence.

2.18. L'organisme de réglementation devrait faire obligation à l'organisme exploitant d'effectuer des vérifications périodiques de l'inventaire des sources radioactives en sa possession et de lui communiquer ces informations, selon qu'il convient, pour qu'il puisse les consigner dans un registre national des sources radioactives, conformément aux recommandations figurant dans la publication intitulée *Stratégie nationale visant à la reprise de contrôle des sources orphelines*

*et au renforcement du contrôle des sources vulnérables* (n° SSG-19 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA) [14].

2.19. L'organisme de réglementation devrait s'assurer que des dispositions sont prises pour garantir la sûreté et la sécurité des sources radioactives, y compris des dispositions financières, selon que de besoin, pour le stockage définitif des sources radioactives une fois que celles-ci ont été retirées du service. Plus précisément, l'organisme de réglementation devrait assortir les autorisations qu'il délivre de conditions en vertu desquelles l'organisme exploitant est tenu de prévoir des dispositions pour assurer la gestion, dans des conditions de sûreté et de sécurité, des sources retirées du service, y compris, lorsqu'il y a lieu, des accords sur la réexpédition de ces sources au fournisseur, conformément au Code de conduite sur la sûreté et la sécurité des sources radioactives [15].

### **Mécanismes de communication et de diffusion d'informations**

2.20. Le paragraphe 2.33 de la publication GSR Part 3 [9] stipule ce qui suit :

« L'organisme de réglementation veille à ce que des mécanismes soient en place pour diffuser rapidement auprès des parties concernées, telles que les fournisseurs et les utilisateurs de sources, des informations sur les enseignements tirés en matière de protection et de sûreté de l'expérience de la réglementation et de l'expérience d'exploitation ainsi que des incidents et accidents et des conclusions les concernant. Les mécanismes établis sont utilisés, selon qu'il convient, pour communiquer les informations pertinentes à d'autres organismes compétents aux niveaux national et international. »

Dans de nombreux États, l'organisme de réglementation communique périodiquement avec les parties concernées, telles que les fournisseurs et les utilisateurs de sources, au moyen de lettres d'information qui traitent de sujets comme les pratiques de travail sûres ou fournissent des détails sur des incidents mettant en jeu des sources de rayonnements qui se sont produits dans l'État ou ailleurs, de sorte que les enseignements tirés puissent être mis à profit pour améliorer la protection et la sûreté.

2.21. Le paragraphe 2.36 de la publication GSR Part 3 [9] stipule ce qui suit :  
« L'organisme de réglementation instaure des mécanismes permettant de communiquer et de discuter avec les professionnels ainsi que d'interagir de façon constructive avec les parties concernées pour toutes les questions liées à la protection et à la sûreté. »

## ORGANISME EXPLOITANT

2.22. La responsabilité première en matière de sûreté incombe à l'organisme exploitant qui est responsable des installations et activités de diagraphie (voir les prescriptions 4 et 9 de la publication GSR Part 3 [9]). Ce dernier est tenu de veiller à ce que la protection et la sûreté soient optimisées (prescription 11 de la même publication [9]). Dans le domaine de la diagraphie, l'organisme exploitant est habituellement l'entreprise de diagraphie, à savoir l'entreprise qui emploie des travailleurs (ou engage des travailleurs indépendants) pour effectuer des activités de diagraphie faisant intervenir des sources radioactives et/ou des générateurs de rayonnements. Les fabricants et fournisseurs de matériel de diagraphie contenant des sources de rayonnements sont aussi des organismes exploitants ayant leurs propres responsabilités en matière de protection et de sûreté.

2.23. L'organisme exploitant doit démontrer son attachement à la protection et à la sûreté aux plus hauts échelons (paragraphe 2.47 de la publication GSR Part 3 [9]).

2.24. L'organisme exploitant est tenu d'adresser à l'organisme de réglementation une demande d'autorisation aux fins de l'exploitation d'une installation ou de l'exécution d'une activité mettant en jeu des sources de rayonnements pour la diagraphie (prescription 7 de la publication GSR Part 3 [9]). Ainsi, dans le cas d'une installation ou d'une activité de diagraphie autorisée, l'organisme exploitant est généralement aussi le titulaire d'enregistrement ou le titulaire de licence conformément aux définitions données dans la publication GSR Part 3 [9].

2.25. Comme indiqué au paragraphe 2.42 de la publication GSR Part 3 [9], l'organisme exploitant :

« établi[t] et [met] en œuvre un programme de protection et de sûreté adapté à la situation d'exposition. Ce programme de protection et de sûreté :

- a) adopte des objectifs de protection et de sûreté conformes aux prescriptions [de la publication GSR Part 3] ;
- b) applique des mesures de protection et de sûreté qui sont proportionnées aux risques radiologiques associés à la situation d'exposition et qui sont suffisantes pour assurer le respect des prescriptions [de la publication GSR Part 3]. »

2.26. L'entreprise de diagraphie devrait disposer d'une installation d'entreposage des sources à son siège ainsi que d'installations d'entreposage sur site, au besoin, qui soient conformes aux prescriptions réglementaires.

2.27. Comme indiqué au paragraphe 2.43 de la publication GSR Part 3 [9], l'organisme exploitant :

« [veille], dans l'application du programme de protection et de sûreté, à ce que :

- a) les mesures et les ressources nécessaires pour atteindre les objectifs de protection et de sûreté aient été déterminées et soient dûment mises à disposition ;
- b) le programme soit examiné périodiquement en vue d'en évaluer l'efficacité et de s'assurer qu'il reste adapté à son objet ;
- c) les défaillances ou insuffisances éventuelles en matière de protection et de sûreté soient déterminées et corrigées et des mesures soient prises en vue d'éviter qu'elles se reproduisent ;
- d) des dispositions soient prises pour consulter les parties intéressées ;
- e) des dossiers appropriés soient tenus. »

La section 4 du présent guide de sûreté fournit des recommandations sur l'établissement d'un programme de radioprotection.

2.28. Le paragraphe 2.44 de la publication GSR Part 3 [9] stipule ce qui suit :

« Les parties principales compétentes et les autres parties ayant des responsabilités spécifiées en matière de protection et de sûreté veillent à ce que tout le personnel exerçant des activités en rapport avec la protection et la sûreté possède la formation théorique et pratique ainsi que la qualification voulues pour comprendre ses responsabilités et s'acquitter de ses tâches avec compétence, en faisant preuve de discernement et conformément aux procédures. »

Des recommandations sur la formation et la qualification des personnes exerçant des activités de diagraphie avec des sources de rayonnements figurent à la section 5 du présent guide de sûreté.

2.29. L'organisme exploitant doit permettre aux représentants autorisés de l'organisme de réglementation d'accéder à ses installations et activités de diagraphie pour y effectuer des inspections ainsi qu'à ses dossiers sur la protection et la sûreté et est tenu de coopérer à la conduite des inspections (par. 2.45 de la publication GSR Part 3 [9]).

2.30. L'organisme exploitant se doit de veiller à ce que des experts qualifiés (par. 2.43 à 2.47) soient identifiés et consultés selon les besoins au sujet de la

bonne application des prescriptions énoncées dans la publication GSR Part 3 (par. 2.46 de ladite publication [9]).

2.31. L'organisme exploitant est tenu de s'assurer que la protection et la sûreté sont intégrées efficacement à son système de gestion générale (prescription 5 de la publication GSR Part 3 [9]).

2.32. Conformément au paragraphe 2.48 de la publication GSR Part 3 [9], l'organisme exploitant (note omise) :

« [veille] à ce que le système de gestion soit conçu et appliqué de manière à renforcer la protection et la sûreté :

- a) en appliquant les prescriptions de protection et de sûreté en cohérence avec d'autres prescriptions, notamment celles qui ont trait à la performance d'exploitation, et avec les directives concernant la sécurité ;
- b) en décrivant les actions prévues et systématiques qui sont nécessaires pour donner l'assurance voulue qu'il est satisfait aux prescriptions de protection et de sûreté ;
- c) en veillant à ce que la protection et la sûreté ne soient pas compromises par d'autres prescriptions ;
- d) en prévoyant une évaluation régulière de la performance en matière de protection et de sûreté et l'application des enseignements tirés de l'expérience ;
- e) en favorisant une culture de sûreté. »

2.33. L'organisme exploitant est tenu de veiller à ce que les éléments du système de gestion qui ont trait à la protection et à la sûreté soient proportionnés aux risques radiologiques associés au nombre et au type de sources de rayonnements contenues dans les outils de diagraphie qu'il détient, et à la manière dont ces sources sont utilisées (par. 2.49 de la publication GSR Part 3 [9]).

2.34. Selon le paragraphe 2.50 de la publication GSR Part 3 [9], l'organisme exploitant doit être « à même de démontrer que les prescriptions de protection et de sûreté sont respectées effectivement dans le système de gestion ».

2.35. Comme indiqué au paragraphe 3.60 de la publication GSR Part 3 [9], l'organisme exploitant « [veille] à ce que des dispositions, y compris financières, soient prises rapidement pour la gestion sûre et le contrôle des générateurs de rayonnements et des sources radioactives une fois qu'il a été décidé de les retirer

du service ». Des recommandations visant à faciliter le respect des prescriptions concernant les générateurs de rayonnements et les sources radioactives utilisés en diagraphie figurent à la section 10 du présent guide de sûreté.

## **Culture de sûreté**

2.36. Bien que les sources de rayonnements et le matériel connexe utilisés en diagraphie intègrent des dispositifs de sûreté, on s'appuie encore beaucoup sur les procédures de travail sûres pour garantir la protection et la sûreté. Conformément au paragraphe 2.51 de la publication GSR Part 3 [9], l'organisme exploitant devrait favoriser et maintenir une culture de sûreté :

- a) en encourageant un engagement individuel et collectif en faveur de la protection et de la sûreté à tous les échelons de l'organisme, y compris au sein du personnel chargé de l'administration, de la sécurité, des installations d'entreposage, de l'exploitation, du transport, de l'assemblage et de la maintenance des outils de diagraphie, selon qu'il convient ;
- b) en veillant à ce que les aspects essentiels de la culture de sûreté soient compris de la même manière au sein de l'organisme ;
- c) en aidant les individus et les équipes à exécuter les activités de diagraphie de manière sûre et avec succès, compte tenu des interactions entre les personnes, le matériel de diagraphie, l'entreprise de diagraphie et le client ;
- d) en encourageant une communication ouverte et la participation du personnel d'exploitation, du (des) responsable(s) de la radioprotection et d'autres travailleurs au sein de l'installation à la définition et à la mise en œuvre des politiques, règles et procédures relatives à la protection et à la sûreté en diagraphie ;
- e) en responsabilisant l'organisme et les individus à tous les échelons en matière de protection et de sûreté en ce qui concerne l'achat, l'entreposage, l'installation, l'exploitation, la maintenance, la manipulation et la gestion sûre des sources de diagraphie jusqu'à leur stockage définitif dans des conditions de sûreté à la fin de leur vie utile ;
- f) en encourageant une attitude de remise en question, le désir d'apprendre et le refus de se contenter des résultats acquis en ce qui concerne la protection et la sûreté et en fournissant les moyens grâce auxquels l'organisme cherche en permanence à développer et renforcer sa culture de sûreté.

2.37. L'organisme exploitant devrait également veiller à ce que le personnel puisse exprimer librement ses préoccupations en matière de sûreté sans craindre de faire l'objet de représailles, d'intimidation, de harcèlement ou de discrimination.

## Facteurs humains

2.38. Le paragraphe 2.52 de la publication GSR Part 3 [9] stipule ce qui suit :

« Les parties principales et les autres parties ayant des responsabilités spécifiées en matière de protection et de sûreté, selon les cas, tiennent compte des facteurs humains et encouragent une bonne performance et de bonnes pratiques pour prévenir les défaillances humaines et organisationnelles, en veillant notamment à ce que :

- a) de bons principes ergonomiques soient appliqués dans la conception des équipements et l'élaboration des procédures d'exploitation, de manière à faciliter une exploitation et un emploi sûrs des équipements, à réduire au minimum la possibilité que des fausses manœuvres conduisent à des accidents et à limiter les possibilités d'interprétation erronée des indications de conditions normales et anormales ;
- b) des équipements, des systèmes de sûreté et des prescriptions procédurales appropriés ainsi que les autres dispositions nécessaires soient prévus pour :
  - i) réduire, dans la mesure du possible, le risque que des erreurs humaines ou des actions intempestives donnent lieu à des accidents ou autres incidents entraînant l'exposition d'une personne ;
  - ii) fournir les moyens de détecter les erreurs humaines et de les corriger ou de les compenser ;
  - iii) faciliter les mesures de protection et les actions correctives en cas de défaillances des systèmes de sûreté ou des mesures de protection et de sûreté. »

## RESPONSABLE DE LA RADIOPROTECTION

2.39. Selon le paragraphe 3.94 e) de la publication GSR Part 3 [9] :

« Les employeurs et les titulaires d'enregistrements et de licences, en consultation avec les travailleurs ou par l'intermédiaire de leurs représentants le cas échéant : [...] Désignent, selon que de besoin, un responsable de la radioprotection conformément aux critères établis par l'organisme de réglementation. »

2.40. Selon le paragraphe 3.96 de la publication GSR Part 3 [9] :

« Les titulaires d'enregistrements et de licences, au besoin en coopération avec les employeurs, établissent, maintiennent et gardent à l'examen un programme de surveillance du lieu de travail, sous la direction d'un responsable de la radioprotection ou d'un expert qualifié. »

2.41. Le responsable de la radioprotection est une personne techniquement compétente pour les questions de radioprotection liées aux opérations de diagraphie avec des sources de rayonnements, que l'entreprise de diagraphie désigne pour superviser l'application des prescriptions réglementaires [8]. La nomination du responsable de la radioprotection devrait se faire par écrit, et les rôles et responsabilités devraient être précisés dans la description du poste.

2.42. Le responsable de la radioprotection devrait superviser l'application des prescriptions de sûreté et avoir le pouvoir d'intervenir pour faire cesser une opération dangereuse ou non conforme.

## EXPERTS QUALIFIÉS

2.43. Comme indiqué au paragraphe 2.46 de la publication GSR Part 3 [9], l'organisme exploitant « [veille] à ce que des experts qualifiés soient identifiés et consultés selon les besoins au sujet de la bonne application des [prescriptions de la publication GSR Part 3]. »

2.44. Un expert qualifié est une personne qui, en vertu de l'agrément de commissions ou de sociétés appropriées, de licences professionnelles ou de qualifications universitaires et de son expérience, est dûment reconnue comme compétente dans la spécialité considérée [8], par exemple dans la radioprotection et l'exploitation sûre d'outils de diagraphie contenant des sources de rayonnements.

2.45. Le gouvernement est tenu d'établir des prescriptions pour la reconnaissance formelle des experts qualifiés (par. 2.21 de la publication GSR Part 3 [9]). Par « reconnaissance formelle » on entend la reconnaissance ou l'accréditation, consignée dans un document, de la part de l'autorité compétente qu'une personne possède les qualifications, la formation théorique et pratique, l'expérience et les compétences voulues pour les responsabilités qu'elle assumera en rapport avec la conduite des activités de diagraphie. La procédure de reconnaissance formelle peut varier d'un État à l'autre.

2.46. L'organisme exploitant peut consulter un ou plusieurs experts qualifiés sur des questions liées à la sûreté radiologique, telles que la conception des installations de diagraphie, les calculs relatifs au blindage ou le test et la maintenance des instruments de contrôle radiologique du lieu de travail. Il conservera toujours la responsabilité du respect des prescriptions réglementaires et ne pourra la déléguer à aucun expert qualifié.

2.47. Les experts qualifiés ne doivent pas nécessairement être des employés de l'organisme exploitant ; ils peuvent être nommés à temps partiel, pour une durée déterminée ou pour un projet particulier dans le domaine de la diagraphie. Par exemple, une entreprise de diagraphie basée dans un État pourrait nommer un expert qualifié dans un autre État où elle mène actuellement des opérations. Dans un tel cas, l'expert qualifié devrait satisfaire à tous les critères nationaux de qualification ou d'agrément applicables dans l'État où se déroulent les opérations de diagraphie. Les experts qualifiés devraient posséder l'expérience voulue (en l'occurrence dans le domaine des installations et activités de diagraphie faisant intervenir des sources radioactives et des générateurs de rayonnements). Ils devraient travailler en étroite coopération avec le responsable de la radioprotection pour s'assurer que les travailleurs s'acquittent de toutes les tâches et fonctions nécessaires.

## TRAVAILLEURS

2.48. Par « travailleur » on entend toute personne qui travaille à plein temps, à temps partiel ou temporairement pour le compte d'un employeur et à qui sont reconnus des droits et des devoirs en matière de radioprotection professionnelle [8].

2.49. Les travailleurs sont tenus de s'acquitter de leurs obligations et d'accomplir leurs tâches en matière de protection et de sûreté, conformément à la prescription 22 de la publication GSR Part 3 [9]. Le paragraphe 3.83 de cette publication [9] dispose que :

« Les travailleurs :

- a) se conforment à toutes les règles et procédures applicables en matière de protection et de sûreté qui sont spécifiées par l'employeur ou le titulaire d'enregistrement ou de licence ;
- b) utilisent correctement les appareils de surveillance et les équipements de protection individuels qui leur sont fournis ;

- c) coopèrent avec l'employeur ou le titulaire d'enregistrement ou de licence en ce qui concerne la protection et la sûreté et les programmes de surveillance de leur santé et d'évaluation des doses ;
- d) fournissent à l'employeur ou au titulaire d'enregistrement ou de licence les informations sur leurs emplois antérieurs et actuel qui peuvent contribuer à assurer, pour eux-mêmes et pour autrui, une protection et une sûreté efficaces et globales ;
- e) s'abstiennent de tout acte intentionnel qui pourrait les placer ou placer autrui dans des situations qui ne seraient pas conformes aux prescriptions [de la publication GSR Part 3] ;
- f) acceptent les informations, les instructions et la formation concernant la protection et la sûreté qui leur permettront de faire leur travail en se conformant aux prescriptions [de la publication GSR Part 3]. »

2.50. Le paragraphe 3.84 de la publication GSR Part 3 [9] stipule ce qui suit : « Un travailleur qui décèle des circonstances susceptibles de compromettre la protection et la sûreté les signale dès que possible à l'employeur ou au titulaire d'enregistrement ou de licence. » Les employeurs ne devraient pas prendre de mesures préjudiciables ou punitives à l'encontre d'un travailleur qui signale de telles circonstances.

## COOPÉRATION ENTRE LES EMPLOYEURS ET L'ORGANISME EXPLOITANT

2.51. La prescription 23 de la publication GSR Part 3 [9] est la suivante : « **Les employeurs et les titulaires d'enregistrements et de licences coopèrent dans la mesure nécessaire pour que toutes les parties responsables se conforment aux prescriptions relatives à la protection et à la sûreté.** » Le principal exemple de cette coopération dans le contexte de la diagraphie est celle qui devrait s'instaurer entre l'entreprise de diagraphie (c'est-à-dire l'organisme exploitant) et le client (c'est-à-dire le propriétaire du site où sont entreprises les opérations de diagraphie ; voir par. 2.59 à 2.64).

2.52. Le paragraphe 3.85 de la publication GSR Part 3 [9] dispose ce qui suit :

« Si des travailleurs sont affectés à des travaux qui mettent en jeu ou pourraient mettre en jeu une source qui n'est pas sous le contrôle de leur employeur, le titulaire d'enregistrement ou de licence qui en a la responsabilité et l'employeur coopèrent dans la mesure nécessaire pour que les deux parties se conforment aux prescriptions [de la publication GSR Part 3]. »

Par exemple, des activités de diagraphie pourraient être entreprises sur des sites où sont déjà présentes d'autres sources d'exposition aux rayonnements. En pareil cas, il conviendrait de mettre en œuvre les mesures de protection nécessaires en prenant en considération le fait que le client (c'est-à-dire l'organisme exploitant au niveau du site) est responsable de la protection et de la sûreté en ce qui concerne les risques radiologiques associés au site et que l'entreprise de diagraphie est responsable de la protection et de la sûreté pour ce qui est des sources de diagraphie.

2.53. Le paragraphe 3.86 de la publication GSR Part 3 [9] stipule ce qui suit :

« La coopération entre l'employeur et le titulaire d'enregistrement ou de licence porte, selon les besoins, sur :

- a) l'élaboration et l'application de restrictions d'exposition particulières et d'autres moyens pour faire en sorte que les travailleurs affectés à des travaux qui mettent en jeu ou pourraient mettre en jeu une source qui n'est pas sous le contrôle de leur employeur bénéficient de mesures de protection et de sûreté au moins équivalentes à celles dont bénéficient les employés du titulaire d'enregistrement ou de licence ;
- b) des évaluations particulières des doses reçues par les travailleurs spécifiés à l'alinéa a) ;
- c) la répartition claire et documentée entre les responsabilités de l'employeur et celles du titulaire d'enregistrement ou de licence en matière de protection et de sûreté. »

2.54. Le paragraphe 3.87 de la publication GSR Part 3 [9] dispose ce qui suit :

« Dans le cadre de la coopération entre les parties, le titulaire d'enregistrement ou de licence responsable de la source ou de l'exposition, le cas échéant :

- a) obtient des employeurs, y compris des travailleurs indépendants, les dossiers sur l'exposition professionnelle des travailleurs [...] et toute autre information nécessaire ;
- b) fournit à l'employeur des informations appropriées, y compris toute information disponible à prendre en considération pour le respect des prescriptions [de la publication GSR Part 3] qu'il lui demande ;
- c) fournit tant au travailleur qu'à l'employeur les dossiers d'exposition pertinents. »

## TRAVAILLEURS ENGAGÉS POUR DES CONTRATS DE COURTE DURÉE (TRAVAILLEURS ITINÉRANTS)

2.55. Si l'organisme exploitant engage des travailleurs indépendants dans le cadre de contrats de courte durée, il devrait veiller à ce qu'ils bénéficient du même niveau de protection et de sûreté que celui dont bénéficient les travailleurs employés à titre permanent. En général, ces travailleurs temporaires (parfois appelés « travailleurs itinérants ») travaillent pour l'organisme exploitant pendant une période relativement courte (quelques semaines, par exemple), puis partent travailler pour un autre employeur. Il convient de s'assurer que ces modalités de travail satisfont aux prescriptions réglementaires.

2.56. Les responsabilités respectives de l'organisme exploitant et du travailleur itinérant devraient être clairement indiquées dans le contrat. L'organisme exploitant devrait demander des copies des dossiers relatifs à la dose efficace annuelle reçue par le travailleur itinérant avant que ce dernier prenne ses fonctions dans l'organisme.

2.57. L'organisme exploitant et le travailleur itinérant devraient s'acquitter de leurs responsabilités respectives, conformément aux réglementations. L'organisme exploitant devrait déterminer avec le travailleur itinérant la répartition des responsabilités concernant divers aspects, notamment :

- a) la dosimétrie individuelle et la tenue de registres sur les doses (voir la section 6) ;
- b) les dispositions en matière de surveillance de la santé (voir la section 4) ;
- c) les modalités de contrôle radiologique du lieu de travail (voir la section 7) ;
- d) les règles locales (voir la section 4).

2.58. L'organisme exploitant devrait vérifier que le travailleur itinérant possède les qualifications appropriées et a reçu une formation adéquate tant en matière de sûreté radiologique qu'en ce qui concerne le maniement et l'utilisation sûrs des outils de diagraphie contenant des sources de rayonnements. Il devrait également s'assurer que l'ensemble des procédures et autres documents utiles sont fournis dans une langue que le travailleur itinérant comprend.

## CLIENT

2.59. Le client est l'organisme ou la personne qui fait appel à l'organisme exploitant (c'est-à-dire l'entreprise de diagraphie) pour réaliser des travaux de

diagraphie. Il s'agit souvent de l'organisme ou de la personne qui est responsable du puits ou du site ou de l'installation de forage. Le client devrait toujours avoir recours aux services d'un organisme exploitant qui a été agréé par l'organisme de réglementation conformément aux prescriptions réglementaires applicables à la diagraphie mettant en jeu des sources de rayonnements.

2.60. L'organisme exploitant devrait insister pour obtenir suffisamment de temps pour planifier les travaux et les réaliser de manière sûre et pour pouvoir se conformer à toute obligation qui lui serait faite de déclarer les travaux au préalable à l'organisme de réglementation.

2.61. L'organisme exploitant ne devrait pas accepter des conditions ou restrictions qui l'empêcheraient de réaliser les travaux de diagraphie en toute sûreté. Le client devrait veiller à ce que les travaux de diagraphie soient coordonnés avec les autres travaux effectués sur le site afin de réduire autant que possible, d'une part, les risques propres au site pour les travailleurs et, d'autre part, l'exposition aux rayonnements pour les autres travailleurs du site. Il y aurait lieu de mettre en place une coordination particulière dans l'éventualité où plusieurs organismes exploitants travailleraient sur le site du client en même temps. Un système d'autorisation de travail peut faciliter la communication et la coordination entre les différentes activités effectuées sur un même site.

2.62. Le client est tenu d'assurer un environnement de travail sûr dans les emplacements auxquels l'entreprise de diagraphie pourrait devoir accéder. Il est également tenu d'informer les travailleurs extérieurs des problèmes de sûreté propres au site et devrait leur dispenser les formations nécessaires, conformément aux prescriptions réglementaires.

2.63. Dans l'éventualité où il faudrait entreposer temporairement des sources radioactives sur le site du client, ce dernier et l'organisme exploitant devraient veiller à la sûreté et à la sécurité des installations d'entreposage et s'assurer que toutes les autorisations nécessaires ont été obtenues auprès de l'organisme de réglementation. Les procédures d'accès aux installations d'entreposage devraient être clairement définies pour le client et l'organisme exploitant, et ceux-ci devraient veiller à les appliquer (voir également la section 8).

2.64. Dans le cas d'un incident impliquant les outils de diagraphie, à la suite duquel des personnes pourraient avoir été exposées aux rayonnements, le client devrait coopérer dans toute la mesure nécessaire avec l'organisme exploitant pour gérer la situation en conformité avec les prescriptions réglementaires (voir la section 13).

### 3. ÉVALUATION DE LA SÛRETÉ

#### GÉNÉRALITÉS

3.1. La prescription 13 de la publication GSR Part 3 [9] est libellée comme suit :

**«L'organisme de réglementation établit et fait appliquer des prescriptions pour l'évaluation de la sûreté, et la personne ou l'organisation responsable d'une installation ou d'une activité entraînant des risques radiologiques procède à une évaluation de la sûreté appropriée de cette installation ou activité. »**

Les prescriptions relatives à l'évaluation de la sûreté sont énoncées dans la publication intitulée *Évaluation de la sûreté des installations et activités* [n° GSR Part 4 (Rev. 1) de la collection Normes de sûreté de l'AIEA] [16].

3.2. Une grande partie des sources de rayonnements utilisées en diagraphie peuvent produire des débits de dose élevés et devraient donc être soumises à une évaluation approfondie de la sûreté. Pour les sources et les outils de diagraphie de même type, une évaluation générique de la sûreté pourrait suffire.

3.3. L'évaluation de la sûreté initiale, parfois appelée « évaluation radiologique préalable », est le principal outil permettant de déterminer les mesures de contrôle à prendre et de confirmer que tous les paramètres qui ont une incidence sur la protection et la sûreté sont pris en compte. Conformément à la prescription 13 de la publication GSR Part 3 [9], l'évaluation de la sûreté doit être documentée et, le cas échéant, analysée de façon indépendante dans le cadre du système de gestion de l'organisme exploitant.

3.4. Les utilisateurs potentiels de sources de diagraphie devraient présenter une évaluation de la sûreté à l'organisme de réglementation lorsqu'ils font une demande d'autorisation ; par conséquent, l'évaluation de la sûreté devrait avoir été préparée et documentée avant que l'organisme exploitant ne reçoive des sources de rayonnements. Les fournisseurs de sources de diagraphie devraient demander une autorisation appropriée avant de vendre ou de livrer des sources de ce type dans un État, conformément aux prescriptions réglementaires de l'État.

3.5. L'organisme exploitant devrait s'organiser à l'avance afin de s'assurer qu'il dispose de suffisamment de temps pour établir les mesures de contrôle requises en matière de protection et de sûreté et les appliquer. Il n'est pas forcément

nécessaire de procéder à une nouvelle évaluation de la sûreté lorsqu'une source de rayonnements utilisée en diagraphie doit être remplacée par une source de même type et de même puissance, à moins que des modifications soient apportées aux modalités de travail.

3.6. L'évaluation de la sûreté doit faire l'objet d'une vérification indépendante avant d'être soumise à l'organisme de réglementation dans le cadre de la procédure d'autorisation {voir la prescription 21 de la publication GSR Part 4 (Rev. 1) [16]}.

3.7. Dans le cas où des travaux de diagraphie seraient en cours sans avoir fait l'objet d'une évaluation préalable de la sûreté, l'organisme exploitant devrait procéder à une évaluation rétrospective de la sûreté et la consigner. Sur la base de cette évaluation, soit il serait possible de conclure que toutes les mesures de contrôle nécessaires sont en place, soit il faudrait définir et mettre en œuvre des mesures de contrôle supplémentaires.

## MÉTHODOLOGIE DE L'ÉVALUATION DE LA SÛRETÉ

3.8. Les risques radiologiques résultant de l'utilisation de chaque source de rayonnements ainsi que la probabilité et l'ampleur des expositions potentielles en cas d'incident devraient être pris en compte dans l'évaluation de la sûreté. Celle-ci devrait notamment prendre en considération les éléments suivants :

- a) les débits de dose dus aux sources radioactives protégées et non protégées ainsi qu'aux générateurs de neutrons, le cas échéant ;
- b) l'exposition des ingénieurs en diagraphie, des autres travailleurs et du public résultant des opérations de diagraphie normales et les expositions potentielles susceptibles d'être causées par des incidents raisonnablement prévisibles (comme une perte de protection, une contamination due à une source radioactive endommagée et d'autres scénarios, y compris des événements de très faible probabilité) ;
- c) les limites et les conditions techniques d'exploitation de la source de diagraphie ;
- d) la façon dont les structures, systèmes et composants, de même que les procédures relatives à la protection et à la sûreté, pourraient subir des défaillances ou entraîner de toute autre manière des expositions potentielles, et les conséquences de ces défaillances ou expositions potentielles ;
- e) la façon dont des facteurs extérieurs pourraient influencer sur la protection et la sûreté ;

- f) la manière dont des fausses manœuvres et des facteurs humains pourraient avoir une incidence sur la protection et la sûreté ;
- g) l'évaluation des incidences sur la protection et la sûreté de toute proposition de modification ;
- h) toute incertitude ou hypothèse et ses incidences sur la protection et la sûreté.

Les éléments d'une évaluation de la sûreté en diagraphie sont décrits à l'annexe II.

## RÉSULTATS DE L'ÉVALUATION DE LA SÛRETÉ

3.9. L'évaluation de la sûreté devrait servir de base à l'organisme exploitant pour prendre des décisions concernant les aspects suivants :

- a) les mesures de contrôle technique qui sont nécessaires pour la sûreté ;
- b) les contrôles administratifs qui sont nécessaires pour la sûreté, par exemple l'élaboration de procédures de travail sûres (règles locales) à appliquer pour l'entreposage, l'exploitation, la tenue à jour d'un inventaire des sources, l'entretien et la maintenance, ainsi que la gestion des sources retirées du service ;
- c) les procédures de désignation des zones contrôlées et des zones surveillées (voir les sections 4 et 11) ;
- d) les mesures à mettre en place pour assurer la protection du public ;
- e) l'évaluation de l'exposition professionnelle (rayons gamma et neutrons, s'il y a lieu) (voir la section 6) ;
- f) le programme de formation des ingénieurs en diagraphie et des autres travailleurs (voir la section 5) ;
- g) l'établissement d'un programme efficace de préparation et de conduite des interventions d'urgence pour gérer les événements raisonnablement prévisibles (y compris les événements de très faible probabilité). Ce programme devrait comporter des informations sur : les incidents raisonnablement prévisibles, les mesures nécessaires pour réduire au minimum la probabilité que de tels incidents se produisent et les mesures à prendre en cas d'urgence, y compris les plans et procédures d'urgence et les équipements d'urgence (voir la section 13) ;
- h) la sécurité des sources de rayonnements utilisées en diagraphie, le but étant de décourager, retarder et détecter le vol de sources ou d'intervenir si un vol se produit (voir la section 9).

## EXAMENS DE L'ÉVALUATION DE LA SÛRETÉ

3.10. L'évaluation de la sûreté devrait être réexaminée tous les ans et dès que l'une des situations suivantes se présente :

- a) la sûreté pourrait être compromise en raison de modifications apportées aux installations ou aux activités ;
- b) il est prévu de faire l'acquisition d'une nouvelle source de rayonnements ou d'une source ayant des caractéristiques différentes ;
- c) l'expérience d'exploitation ou une enquête à la suite d'un incident, d'une défaillance ou d'une erreur montre que les mesures de sûreté en vigueur ne sont plus valables ou ne sont pas pleinement efficaces ;
- d) des modifications importantes des normes, réglementations ou orientations applicables sont envisagées ou ont été apportées.

L'organisme exploitant devrait s'assurer que l'évaluation de la sûreté tient compte des pratiques de travail actuelles et qu'aucun changement n'a été négligé.

## DOSSIER SUR L'ÉVALUATION DE LA SÛRETÉ

3.11. L'évaluation de la sûreté devrait être consignée dans un dossier et examinée de façon indépendante dans le cadre du système de gestion de l'organisme exploitant. Les révisions et modifications de l'évaluation de la sûreté devraient être soumises à un audit réalisé par l'organisme de réglementation.

## OPTIMISATION DE LA PROTECTION ET DE LA SÛRETÉ

3.12. L'évaluation de la sûreté devrait être réalisée en partant du principe que la valeur des doses individuelles, le nombre de personnes exposées et la probabilité de subir une exposition doivent être maintenus aussi bas que raisonnablement possible, compte tenu des facteurs économiques et sociaux. Toute interaction entre ces divers facteurs devrait être prise en considération. Imaginons que la prochaine mesure à prendre pour parvenir à réduire le détriment radiologique nécessiterait de déployer des ressources disproportionnées par rapport à la réduction du détriment qui serait obtenue, il se pourrait qu'il ne soit pas indiqué de prendre cette mesure, pour autant que les personnes soient correctement protégées. On pourrait alors affirmer que la protection et la sûreté ont été optimisées et que les expositions ont été maintenues à un niveau aussi bas que raisonnablement possible, compte tenu

des facteurs économiques et sociaux. Une procédure semblable devrait également être appliquée dans le cas de l'examen d'une procédure qui est déjà en place [17].

3.13. Lorsque la protection et la sûreté sont optimisées, les expositions professionnelles et les expositions du public résultant d'activités de diagraphie devraient être faibles, grâce à une combinaison de mesures de contrôle technique (blindage intégré aux conteneurs utilisés pour les outils de diagraphie, par exemple) et de mesures de contrôle administratif (formation, désignation de zones, procédures de manipulation des sources, contrôle radiologique, etc.).

## 4. PROGRAMME DE RADIOPROTECTION

### OBJECTIFS ET CHAMP D'APPLICATION

4.1. La prescription 24 de la publication GSR Part 3 [9] stipule ce qui suit :

**« Les employeurs et les titulaires d'enregistrements et de licences établissent et mettent à jour des dispositions concernant l'organisation et les procédures ainsi que des dispositions techniques pour la désignation de zones contrôlées et de zones surveillées, pour les règles locales et la surveillance du lieu de travail, dans le cadre d'un programme de radioprotection contre l'exposition professionnelle. »**

4.2. Le paragraphe 3.93 de la publication GSR Part 3 [9] dispose ce qui suit :

« Les employeurs et les titulaires d'enregistrements et de licences réduisent le plus possible la nécessité de recourir à des contrôles administratifs et à des équipements de protection individuels pour assurer la protection et la sûreté en prévoyant des commandes bien conçues et en créant des conditions de travail satisfaisantes, conformément à la hiérarchie ci-après des mesures préventives :

- 1) commandes ;
- 2) contrôles administratifs ;
- 3) équipements de protection individuels. »

4.3. Le programme de radioprotection constitue un facteur essentiel du développement et du maintien d'une culture de sûreté au sein d'une

organisation [18]. Il devrait porter sur la structure de gestion, les politiques, les responsabilités, les procédures et les dispositions organisationnelles de l'organisme exploitant, lequel devrait veiller à mettre en place tous ces éléments afin de maîtriser les risques radiologiques et d'optimiser la protection et la sûreté. On trouvera des recommandations détaillées sur l'établissement et le maintien d'un programme de radioprotection pour la protection des travailleurs dans la publication intitulée *Radioprotection professionnelle* (n° GSG-7 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA) [19].

4.4. Le programme de radioprotection devrait être spécialement adapté aux besoins de l'organisme exploitant. Il devrait tenir compte de la complexité des installations et activités de diagraphie mettant en jeu des sources de rayonnements ainsi que des risques qui y sont associés. Il devrait par ailleurs être établi sur la base de l'évaluation de la sûreté réalisée par l'organisme exploitant (voir la section 3) et porter à la fois sur les situations d'exposition planifiée et, selon qu'il convient, sur les situations d'exposition d'urgence (voir la section 13).

4.5. L'organisme exploitant devrait prendre en compte toutes les mesures de sûreté industrielle supplémentaires à mettre en place pour faire face aux autres risques qui pourraient se présenter sur le lieu de travail, notamment les suivants :

- a) risques chimiques ;
- b) incendies et explosions ;
- c) bruit et vibrations ;
- d) risques mécaniques (équipement de levage, ponts roulants, etc.) ;
- e) risques liés aux cuves sous pression ;
- f) autres sources de rayonnements (p. ex. sources sur le site d'une installation nucléaire ou sources utilisées en radiographie industrielle).

## STRUCTURE ET CONTENU

4.6. Le programme de radioprotection devrait porter sur les éléments essentiels qui contribuent à la protection et à la sûreté. Sa structure et son contenu devraient être consignés avec un niveau de détail suffisant, et les aspects fondamentaux suivants devraient être abordés :

- a) structure de gestion et politiques relatives à la protection et à la sûreté ;
- b) attribution des responsabilités individuelles en matière de protection et de sûreté ;

- c) programme de formation théorique et pratique sur la nature des risques radiologiques associés à la diagraphie et sur les mesures requises en matière de protection et de sûreté ;
- d) règles locales et dispositions relatives à la supervision des tâches ;
- e) désignation des zones contrôlées et des zones surveillées, le cas échéant ;
- f) sûreté et sécurité des sources radioactives, y compris gestion des sources retirées du service ;
- g) préparation et conduite des interventions d'urgence ;
- h) dispositions relatives à l'évaluation de l'exposition professionnelle et au contrôle radiologique du lieu de travail, y compris concernant l'acquisition, le test et la maintenance des appareils de contrôle radiologique du lieu de travail ;
- i) programme de surveillance de la santé des travailleurs ;
- j) système de consignation et de déclaration des informations qui concernent la maîtrise des expositions, les décisions relatives aux mesures prises en matière de radioprotection et de sûreté professionnelles et les résultats du contrôle radiologique des individus et du lieu de travail ;
- k) méthodes employées pour l'examen et l'audit périodiques du fonctionnement du programme de radioprotection ;
- l) prescriptions en matière d'assurance de la qualité et procédures relatives à l'amélioration des processus.

4.7. Ces éléments d'un programme de radioprotection, qui sont décrits plus en détail dans les parties qui suivent, peuvent être consignés dans un seul document ou dans plusieurs documents en fonction de l'ampleur et de la complexité des activités effectuées. Le programme de radioprotection devrait être communiqué aux travailleurs dans sa version intégrale ou sous la forme d'un résumé.

## STRUCTURE DE GESTION ET POLITIQUES

4.8. Le programme de radioprotection devrait contenir une description de la structure de gestion en matière de protection et de sûreté. Cette structure pourrait être présentée sous la forme d'un organigramme, lequel devrait faire explicitement apparaître la chaîne hiérarchique – des travailleurs jusqu'aux cadres supérieurs auxquels incombe la responsabilité générale – et indiquer le nom et les coordonnées des personnes qui ont des responsabilités particulières en matière de protection et de sûreté, comme le responsable de la radioprotection (voir la section 2). Si l'organisme exploitant exerce ses activités sur plusieurs sites, la structure de gestion devrait indiquer clairement la chaîne hiérarchique et les personnes responsables pour chaque site.

4.9. Le programme de radioprotection devrait comprendre les politiques de l'organisme en matière de sûreté radiologique ainsi qu'un engagement de la direction à maintenir les doses de rayonnements à un niveau aussi bas que raisonnablement possible et à promouvoir une culture de sûreté positive.

## PROGRAMME DE FORMATION THÉORIQUE ET PRATIQUE

4.10. Le programme de radioprotection devrait décrire le contenu du programme de formation en protection et en sûreté destiné à tous les travailleurs directement concernés par les activités de diagraphie et par les actions d'intervention d'urgence associées. Il devrait comporter, s'il y a lieu, un module de sensibilisation aux rayonnements à l'intention des autres membres du personnel, tels que les cadres, les stagiaires, les travailleurs qui ne sont pas directement concernés par les activités de diagraphie (comme les membres des équipes de nettoyage et d'entretien) et les sous-traitants. Le programme de radioprotection devrait également préciser quelles sont les exigences minimales en termes de diplômes et de qualifications professionnelles pour le personnel concerné, notamment le responsable de la radioprotection et le personnel de diagraphie, conformément aux prescriptions réglementaires. La section 5 fournit de plus amples renseignements sur la formation et la qualification du personnel.

4.11. L'organisme exploitant devrait tenir des dossiers appropriés sur les formations dispensées, lesquels devraient être conformes aux prescriptions réglementaires en la matière. Les dispositions relatives à la tenue de ces dossiers devraient figurer dans le programme de radioprotection.

## RÈGLES LOCALES ET SUPERVISION

4.12. Le paragraphe 3.94 de la publication GSR Part 3 [9] dispose ce qui suit :

« Les employeurs et les titulaires d'enregistrements et de licences, en consultation avec les travailleurs ou par l'intermédiaire de leurs représentants le cas échéant :

- a) établissent par écrit les règles et procédures locales nécessaires pour assurer la protection et la sûreté des travailleurs et des autres personnes ;
- b) indiquent, dans les règles et procédures locales, les niveaux d'investigation ou les niveaux autorisés pertinents, ainsi que les

- procédures à suivre en cas de dépassement d'un quelconque de ces niveaux ;
- c) portent les règles et procédures locales ainsi que les mesures de protection et de sûreté à la connaissance des travailleurs auxquels elles s'appliquent et des autres personnes qu'elles pourraient concerner ;
  - d) veillent à ce que tous les travaux au cours desquels les travailleurs sont ou pourraient être soumis à une exposition professionnelle fassent l'objet d'une surveillance adéquate et font tout ce qui est raisonnablement possible pour que les règles, les procédures, les mesures de protection et de sûreté soient observées ;
  - e) désignent, selon que de besoin, un responsable de la radioprotection conformément aux critères établis par l'organisme de réglementation. »

4.13. Les règles locales décrivant les procédures applicables aux travaux de diagraphie devraient être rédigées dans une langue qui est comprise par les travailleurs qui devront les appliquer. Ces règles devraient porter sur toutes les procédures associées aux travaux de diagraphie pour lesquels il existe un risque d'exposition aux rayonnements, comme les opérations courantes, le chargement et le déchargement des sources, le transport de sources radioactives et les interventions d'urgence (voir les sections 10 à 13). Les règles locales constituent un moyen important de limiter les expositions aux rayonnements. Elles devraient contenir suffisamment d'informations pour permettre au personnel de diagraphie et aux autres travailleurs d'effectuer leurs tâches en toute sûreté et dans le respect des prescriptions réglementaires.

4.14. Une copie des règles locales devrait être remise aux travailleurs intervenant dans les opérations de diagraphie ainsi qu'aux autres personnes concernées ; d'autres copies devraient être affichées dans la zone de travail, selon qu'il convient. Les cadres devraient veiller à ce que toutes les personnes concernées aient lu et compris les règles locales.

4.15. Dans le cas d'organismes ayant peu de sources de diagraphie, un seul ensemble de règles locales regroupant toutes les procédures pourrait s'avérer suffisant. Dans le cas d'organismes de plus grande envergure, il pourrait être utile d'élaborer plusieurs ensembles de règles locales traitant d'aspects spécifiques, comme les procédures à suivre pour l'assemblage et l'étalonnage des outils de diagraphie, pour l'exécution de travaux de diagraphie sur un site ou encore pour le chargement et le déchargement de sources de diagraphie. Certains clients pourraient également imposer l'élaboration de règles locales spécifiques pour les travaux de diagraphie réalisés sur leurs sites.

4.16. L'organisme exploitant est tenu de désigner un responsable de la radioprotection (voir par. 2.39 à 2.42) et peut nommer plusieurs employés à ce poste pour superviser l'application quotidienne des règles locales et effectuer d'autres tâches prescrites dans le cadre du programme.

4.17. Une proposition de structure pour les règles locales en matière de diagraphie est présentée à l'annexe V.

## COMITÉ DE LA SÛRETÉ RADIOLOGIQUE

4.18. Dans les entreprises de diagraphie de grande taille (comptant une centaine d'employés ou plus) qui disposent d'un grand nombre d'outils et d'applications de diagraphie, il est recommandé d'établir un comité de la sûreté radiologique chargé de contrôler régulièrement la mise en œuvre du programme de radioprotection. Ce comité pourrait être entièrement consacré à la sûreté radiologique ou être doté d'autres responsabilités dans le domaine de la sûreté (conventionnelle). Il devrait être composé du responsable de la radioprotection, du responsable des forages, du responsable de la santé, de la sûreté et de l'environnement ainsi que d'ingénieurs en diagraphie, selon qu'il convient. Sachant qu'une situation d'urgence peut survenir à la suite de la perte ou du vol d'une source, le comité pourrait aussi compter parmi ses membres un responsable de la sécurité. Le(s) cadre(s) supérieur(s) chargé(s) de la sûreté radiologique ainsi que des représentants du personnel devraient également y siéger.

4.19. Le comité de la sûreté radiologique a pour principale tâche d'examiner et d'évaluer l'application et l'efficacité du programme de radioprotection. Il devrait notamment avoir les responsabilités suivantes :

- a) procéder à des examens réguliers du programme de radioprotection ;
- b) examiner les doses d'exposition professionnelle, les résultats du programme de contrôle radiologique du lieu de travail et les éventuels rapports d'incident établis par le responsable de la radioprotection ;
- c) examiner les résultats des audits sur le fonctionnement du programme de radioprotection ;
- d) formuler des recommandations à l'intention de la direction en vue d'améliorer le programme de radioprotection ;
- e) fournir des conseils et des orientations concernant la manière dont le responsable de la radioprotection s'acquitte de ses fonctions ;
- f) surveiller les enquêtes sur tout incident susceptible d'entraîner une exposition imprévue aux rayonnements ;

- g) établir des rapports sur des questions pertinentes liées à la sûreté radiologique, et communiquer ces rapports aux cadres et aux travailleurs, selon qu'il convient.

## DÉSIGNATION DE ZONES CONTRÔLÉES ET DE ZONES SURVEILLÉES

4.20. Le paragraphe 3.88 de la publication GSR Part 3 [9] stipule ce qui suit (note omise) :

« Les titulaires d'enregistrements et de licences classent comme zone contrôlée toute zone où des mesures de protection et de sûreté particulières sont ou pourraient être requises pour :

- a) maîtriser les expositions ou empêcher la propagation d'une contamination dans des conditions de fonctionnement normal ;
- b) prévenir les expositions potentielles ou en limiter la probabilité et l'étendue dans les incidents de fonctionnement prévus et les conditions accidentelles. »

4.21. Le paragraphe 3.89 de la publication GSR Part 3 [9] stipule ce qui suit :

« Lorsqu'ils fixent les limites d'une zone contrôlée, les titulaires d'enregistrements et de licences tiennent compte de la valeur des expositions prévisibles en fonctionnement normal, de la probabilité et de la valeur des expositions au cours d'incidents de fonctionnement prévus et de conditions accidentelles, ainsi que de la nature et de la portée des procédures de protection et de sûreté requises. »

4.22. Le paragraphe 3.90 de la publication GSR Part 3 [9] dispose ce qui suit :

« Les titulaires d'enregistrements et de licences :

- a) délimitent les zones contrôlées par des moyens matériels ou, lorsque cela n'est pas raisonnablement possible dans la pratique, par d'autres moyens appropriés ;
- b) lorsqu'une source n'est mise en position de travail ou sous tension que de façon intermittente ou lorsqu'elle est déplacée, délimitent une zone contrôlée appropriée par des moyens adaptés à la situation et spécifient les périodes d'exposition ;

- c) affichent le symbole recommandé par l'Organisation internationale de normalisation [voir la référence 20], ainsi que des instructions aux points d'accès et en d'autres endroits appropriés des zones contrôlées ;
- d) mettent en place des mesures de protection et de sûreté, y compris, le cas échéant, des mesures physiques pour maîtriser la propagation d'une contamination ainsi que des règles et procédures locales pour les zones contrôlées ;
- e) restreignent l'accès aux zones contrôlées au moyen de procédures administratives, telles que la délivrance d'autorisations de travail, ainsi que de barrières qui peuvent comprendre des serrures ou des systèmes de verrouillage ; les restrictions sont en rapport avec la probabilité et la valeur des expositions ;

.....

- h) font régulièrement le point de la situation pour déterminer s'il est nécessaire de modifier les mesures de protection et de sûreté ou les limites des zones contrôlées ;
- i) fournissent des informations pertinentes et dispensent une formation théorique et pratique aux personnes travaillant dans les zones contrôlées. »

4.23. Comme indiqué au paragraphe 3.91 de la publication GSR Part 3 [9] :

« Les titulaires d'enregistrements et de licences classent comme zone surveillée toute zone qui n'est pas déjà classée comme zone contrôlée mais où les conditions d'exposition professionnelle doivent faire l'objet d'un suivi, même si aucune mesure de protection et de sûreté particulière n'est normalement nécessaire. »

4.24. Le programme de radioprotection devrait décrire la procédure à suivre pour désigner les zones contrôlées et les zones surveillées. Il devrait également fournir des précisions concernant les dispositions à prendre pour délimiter les zones désignées et en restreindre l'accès, l'installation de panneaux d'avertissement et la mise en place d'un programme de contrôle radiologique pour les zones désignées.

4.25. Il convient de définir des zones contrôlées afin de limiter les expositions lors des travaux de diagraphie, en particulier lorsque les sources radioactives ne sont pas protégées, par exemple lors du transfert des outils de diagraphie en direction ou en provenance du puits, lors du chargement et du déchargement

des sources radioactives dans les outils de diagraphie et lors des opérations d'étalonnage des outils.

4.26. Les zones contrôlées et les zones surveillées devraient être désignées sur la base de l'évaluation de la sûreté (voir la section 3) et des débits de dose mesurés sur le lieu de travail. Lors de travaux de diagraphie, les débits de dose peuvent être élevés à l'intérieur de la zone des opérations ; cette dernière devrait donc être classée comme zone contrôlée, généralement de manière temporaire (c'est-à-dire pour la durée des travaux). L'approche adoptée dans ce cas précis dépendra des réglementations et prescriptions nationales ou locales. On trouvera à la section 11 de plus amples recommandations sur la désignation d'une zone contrôlée lors de travaux de diagraphie sur un site.

4.27. Les travaux de diagraphie devraient être organisés de telle sorte qu'il ne soit pas nécessaire de délimiter de zone contrôlée en dehors de la zone des opérations. En fonction du débit de dose à l'extérieur de la zone des opérations, la zone adjacente pourrait être classée comme zone surveillée.

## PROGRAMME DE CONTRÔLE RADIOLOGIQUE DU LIEU DE TRAVAIL

4.28. Le programme de radioprotection devrait décrire les dispositions prises par l'organisme exploitant en ce qui concerne la sélection, l'étalonnage, la maintenance, les essais et l'utilisation des appareils de contrôle radiologique du lieu de travail qui servent à mesurer les débits de dose lors des activités de diagraphie. Il devrait indiquer les emplacements où il faudrait mesurer les débits de dose autour des installations fixes (comme les installations d'entreposage des sources), pendant les étalonnages et lors de travaux réalisés sur site. Il devrait également préciser la fréquence de ces opérations de mesure.

4.29. Le programme de radioprotection devrait décrire les dispositions relatives à la tenue d'un registre des résultats du contrôle radiologique et préciser la durée de conservation de ce registre. Des recommandations détaillées sur les durées de conservation des registres figurent dans la publication n° GSG-7 [19]. Le nombre et le type d'instruments de contrôle radiologique du lieu de travail à mettre à la disposition des travailleurs devraient également être indiqués dans le programme de radioprotection.

4.30. Des niveaux d'investigation pour les débits de dose devraient être définis dans le programme de radioprotection, conformément aux recommandations

énoncées dans la publication n° GSG-7 [19]. Ces niveaux d'investigation devraient correspondre aux débits de dose maximaux qui sont acceptables lors de certaines activités et/ou à certains endroits, par exemple aux barrières d'une zone contrôlée durant des travaux sur site ou au poste de l'opérateur. Ils devraient être conformes aux prescriptions réglementaires et aux orientations applicables.

## DISPOSITIONS RELATIVES AU CONTRÔLE RADIOLOGIQUE INDIVIDUEL

4.31. Le programme de radioprotection devrait préciser le(s) dosimètre(s) individuel(s) à utiliser pour enregistrer, comme il convient, les doses de rayonnements gamma et neutroniques reçues par les travailleurs effectuant des activités de diagraphie. Il devrait par ailleurs indiquer à quels moments et pendant combien de temps porter les dosimètres, où les placer sur le corps et comment procéder pour entreposer correctement les dosimètres lorsqu'ils ne sont pas utilisés, évaluer les dosimètres et tenir des dossiers sur les doses. Le programme de radioprotection devrait stipuler que le prestataire de services de dosimétrie doit être dûment agréé ou homologué. Il devrait également contenir des orientations à l'intention du responsable de la radioprotection concernant l'examen des dossiers sur les doses auquel il convient de procéder régulièrement afin de détecter les doses qui sont supérieures aux valeurs habituelles et de déterminer si elles sont aussi basses que raisonnablement possible.

## PROGRAMME DE SURVEILLANCE DE LA SANTÉ

4.32. Le programme de radioprotection devrait contenir des informations détaillées sur la procédure à suivre aux fins de la surveillance régulière de la santé des travailleurs en diagraphie, conformément à la prescription 25 de la publication GSR Part 3 [9] et aux autres prescriptions réglementaires en la matière. L'objectif d'un programme de surveillance de la santé est de déterminer si les travailleurs sont et demeurent aptes à remplir les tâches qui doivent leur être confiées. Un expert qualifié et/ou un médecin du travail disposant des compétences nécessaires (voir la publication GSG-7 [19]) devraient être consultés au sujet de l'élaboration du programme de surveillance de la santé, lequel devrait être conforme aux prescriptions réglementaires.

4.33. Les examens médicaux des travailleurs sous rayonnements devraient être réalisés par un médecin du travail conformément aux principes généraux de la médecine du travail. Chaque travailleur visé par le programme de surveillance

de la santé devrait subir un examen médical avant de commencer à travailler sous rayonnements, puis à des intervalles spécifiés par la suite, conformément aux prescriptions réglementaires.

4.34. L'examen médical initial devrait avoir pour objet d'évaluer l'état de santé des travailleurs et leur aptitude à remplir les tâches qu'il est prévu de leur confier ; il devrait également permettre de déterminer si des travailleurs souffrent d'une affection qui pourrait faire en sorte qu'ils doivent prendre des précautions particulières dans l'exercice de leurs fonctions.

4.35. Les examens médicaux périodiques devraient avant tout servir à confirmer qu'aucune affection qui pourrait être préjudiciable à la santé du travailleur ne s'est développée pendant qu'il se trouvait dans des zones où il existe des risques sanitaires liés au travail, notamment des risques radiologiques [19]. La nature et la fréquence des examens médicaux périodiques devraient dépendre du type de travaux exécutés, de l'âge du travailleur, de son état de santé et éventuellement de ses habitudes (comme le tabagisme), ainsi que d'autres facteurs qui peuvent être précisés dans les réglementations. En général, ces examens périodiques sont effectués une fois par an.

4.36. Les dossiers médicaux associés au programme de surveillance de la santé devraient rester confidentiels et être conservés selon des modalités approuvées par l'organisme de réglementation. Ils devraient être conservés au moins jusqu'à la mort des travailleurs concernés.

4.37. Un programme de surveillance de la santé peut en outre fournir des données de référence qui peuvent être utilisées en cas d'exposition accidentelle à un produit dangereux ou de maladie professionnelle ou permettre aux travailleurs d'accéder à des services de conseils concernant les risques radiologiques auxquels ils sont ou pourraient être soumis.

## EXAMENS ET AUDITS PÉRIODIQUES DU FONCTIONNEMENT DU PROGRAMME DE RADIOPROTECTION

4.38. Faisant partie intégrante du système de gestion de l'organisme exploitant, le programme de radioprotection et sa mise en œuvre devraient faire l'objet d'un examen annuel. Cet examen périodique devrait servir à mettre en évidence les éventuels problèmes de fonctionnement et à formuler des recommandations pour améliorer l'efficacité du programme.

4.39. Un volet essentiel de ce processus d'examen périodique consiste en la réalisation d'une série d'audits du lieu de travail. L'organisme exploitant devrait préciser les modalités de désignation et les qualifications des personnes qui seront chargées de mener ces audits, la fréquence des audits, les attentes de l'équipe d'audit et les procédures à suivre pour communiquer les résultats et y donner suite.

## SYSTÈME DE GESTION ET AMÉLIORATION DES PROCESSUS

4.40. Les travaux de diagraphie et les activités associées devraient être réalisés conformément au système de gestion mis en place. Ce dernier devrait comprendre un programme d'assurance de la qualité qui permette de veiller à ce que tous les appareils et tous les systèmes de sûreté soient régulièrement vérifiés et testés et que toute défaillance ou insuffisance soit rapidement portée à l'attention de la direction et corrigée dans les meilleurs délais.

4.41. La direction devrait s'assurer que les bonnes procédures opérationnelles sont appliquées et que le système de gestion précise les contrôles et les audits à effectuer ainsi que les dossiers à tenir. Les prescriptions réglementaires pertinentes devraient être prises en compte et appliquées dans le système de gestion.

4.42. Le système de gestion devrait prévoir un mécanisme qui permette de recenser les enseignements tirés des incidents (qu'ils aient été signalés au sein de l'organisme ou par d'autres organismes), de diffuser ces enseignements et d'en tirer parti en vue d'améliorer la sûreté.

4.43. Le système de gestion devrait lui aussi faire l'objet d'un examen et être mis à jour si nécessaire compte tenu d'indicateurs de performance prédéfinis.

## 5. FORMATION ET QUALIFICATION

### GÉNÉRALITÉS

5.1. L'organisme exploitant est tenu de s'assurer que les travaux de diagraphie mettant en jeu des sources de rayonnements sont exécutés de manière sûre et dans le respect de toutes les réglementations et normes de sûreté applicables. Par conséquent, il devrait veiller à ce que ces travaux soient effectués uniquement par des ingénieurs en diagraphie et d'autres travailleurs qui possèdent les qualifications

et/ou certifications requises et qui sont formés et compétents en ce qui concerne la technologie de diagraphie ainsi qu'en matière de protection et de sûreté.

5.2. Le contenu des programmes de formation et de qualification du personnel de diagraphie varie d'une entreprise à l'autre. Si la sûreté radiologique n'est abordée que de manière succincte, l'organisme exploitant devrait prévoir une formation complémentaire consacrée à la protection et à la sûreté ainsi qu'à l'application des prescriptions réglementaires. Cette formation supplémentaire peut être dispensée par un organisme de formation spécialisé plutôt que par l'organisme exploitant lui-même. Les cours sur la protection et la sûreté peuvent être assurés par divers prestataires de services de formation, notamment des établissements d'enseignement supérieur, des universités, des instituts de radioprotection et des consultants en formation [21].

## ÉLABORATION D'UN PROGRAMME DE FORMATION

5.3. Les membres du personnel de diagraphie devraient être classés en différents niveaux de compétence en fonction de leur formation et de leur expérience. Aux fins de la formation, deux niveaux de compétence peuvent être définis, comme suit :

- Niveau 1 : personnel travaillant dans des zones surveillées.
- Niveau 2 : personnel manipulant des sources de rayonnements (y compris le personnel affecté au transport, à l'étalonnage et à l'assemblage d'appareils de diagraphie contenant des sources) et/ou travaillant dans des zones contrôlées.

5.4. Des programmes de formation devraient être établis pour les différents niveaux de compétence et leur contenu devrait être en adéquation avec les responsabilités du travailleur. Le programme de formation devrait fixer les critères de réussite aux épreuves écrites et aux épreuves pratiques ainsi que les procédures à suivre si un candidat échoue à une épreuve. Les détails du programme de formation devraient figurer dans le programme de radioprotection.

## STRUCTURE ET CONTENU DES COURS

5.5. Chaque cours devrait être structuré autour de buts et d'objectifs précis et adapté aux besoins du public visé [21].

TABLEAU 1. SYNTHÈSE DES ÉLÉMENTS ESSENTIELS D'UNE FORMATION DE BASE EN SÛRETÉ RADIOLOGIQUE DESTINÉE AU PERSONNEL DE DIAGRAPHIE DE NIVEAU 2

Notions fondamentales et mesures	Concepts fondamentaux des rayonnements ionisants Grandeurs et unités relatives aux rayonnements Instruments de détection des rayonnements ionisants Effets biologiques des rayonnements ionisants
Principes de radioprotection	Système de radioprotection : Justification des pratiques Optimisation de la protection et de la sûreté Limitation des doses
Application pratique de la radioprotection	Prescriptions réglementaires Désignation de zones contrôlées et de zones surveillées Niveaux d'investigation des doses pour les travailleurs et niveaux d'investigation des débits de dose à des endroits spécifiés Évaluation et contrôle des risques Débits de dose dus aux sources radioactives Effets de la durée, de la distance et du blindage Contrôle radiologique du lieu de travail Contrôle radiologique individuel et surveillance de la santé Pratiques de travail permettant de limiter les doses et de les maintenir à un niveau aussi bas que raisonnablement possible Entreposage des sources radioactives Exploitation et maintenance adéquates du matériel de diagraphie Programme de radioprotection Règles locales Gestion de la radioprotection Transport des sources radioactives Déclassement des installations et stockage définitif des sources radioactives Gestion de la fin de vie des sources une fois que leur activité a diminué Accidents et autres incidents mettant en jeu des sources de diagraphie, leurs conséquences et les enseignements tirés Sécurité des matières radioactives Préparation et conduite des interventions d'urgence

5.6. Une synthèse des éléments essentiels d'une formation de base en sûreté radiologique destinée au personnel de diagraphie de niveau 2 est présentée dans le tableau 1.

5.7. La formation devrait comporter des exercices pratiques, y compris sur les procédures permettant de récupérer un outil contenant une source radioactive qui serait bloqué ou qui se serait détaché. Il est recommandé de ne pas utiliser de vraies sources radioactives lors de tels exercices ; il existe des dispositifs spécialement prévus pour les formations qui simulent des sources radioactives et le matériel de contrôle radiologique du lieu de travail associé. Il est également possible de se servir d'outils de diagraphie non chargés (c'est-à-dire ne contenant pas de sources radioactives) ou d'utiliser des sources factices qui ne sont pas radioactives.

5.8. La section 13 contient des recommandations sur la formation et les exercices dans le domaine de la préparation des interventions d'urgence.

5.9. Les considérations de sécurité liées à l'utilisation de sources radioactives lors d'opérations de diagraphie devraient faire partie intégrante de la formation.

## REMISE À NIVEAU

5.10. L'organisme exploitant devrait prévoir un programme de remise à niveau à l'intention des membres du personnel de diagraphie pour que ceux-ci puissent maintenir à jour leurs connaissances et leurs aptitudes. Ce programme devrait comprendre un rappel des principes fondamentaux de la protection et de la sûreté ainsi que des informations sur les changements apportés aux normes de sûreté, aux appareils, aux politiques et aux procédures et sur les éventuelles évolutions des prescriptions réglementaires.

5.11. Cette remise à niveau devrait avoir lieu selon une périodicité conforme aux prescriptions réglementaires. Les cours de remise à niveau sur la protection et la sûreté pourraient être combinés à d'autres cours destinés à rafraîchir les connaissances sur les techniques de diagraphie. La remise à niveau des connaissances s'effectue en général tous les trois à cinq ans ; cela étant, si des modifications sont apportées à la réglementation ou si des problèmes de sûreté se font jour, ces informations devraient être portées à la connaissance du personnel sous forme d'instructions écrites dès que possible, puis être intégrées dans la prochaine remise à niveau prévue.

## ÉVALUATIONS ET CERTIFICATION

5.12. Des examens écrits et des séances de travaux pratiques sur la manipulation des sources de rayonnements en diagraphie devraient être organisés à l'intention

du personnel de diagraphie de niveau 2. Un programme interne de certification professionnelle mis en place par l'entreprise de diagraphie est suffisant pour le personnel de niveau 1.

## **6. CONTRÔLE RADIOLOGIQUE INDIVIDUEL DES TRAVAILLEURS**

### GÉNÉRALITÉS

6.1. Le paragraphe 3.99 de la publication GSR Part 3 [9] dispose ce qui suit :

« Les employeurs, ainsi que les travailleurs indépendants, et les titulaires d'enregistrements et de licences sont chargés de prendre des dispositions pour évaluer l'exposition professionnelle des travailleurs à partir d'une surveillance individuelle, selon qu'il convient, et veillent à ce que des arrangements soient conclus avec des prestataires de services de dosimétrie autorisés ou approuvés appliquant un système de gestion de la qualité. »

6.2. Selon le paragraphe 3.100 de la même publication [9] (note omise) :

« Les travailleurs qui travaillent habituellement dans une zone contrôlée, ou qui travaillent occasionnellement dans une zone contrôlée et sont susceptibles de recevoir une dose importante résultant de l'exposition professionnelle, font l'objet d'une surveillance individuelle lorsque cette méthode est adaptée, adéquate et applicable. Dans les cas où elle ne l'est pas, l'exposition professionnelle des travailleurs est évaluée d'après les résultats de la surveillance du lieu de travail et les informations concernant les endroits où les travailleurs ont subi une exposition et la durée de celle-ci. »

6.3. On peut se servir des résultats du contrôle radiologique du lieu de travail pour estimer indirectement la dose de rayonnements reçue par les travailleurs ; c'est une méthode qui, bien souvent, conviendra pour les travailleurs qui n'interviennent pas directement dans les activités de diagraphie mettant en jeu des sources de rayonnements. Dans le cas de travaux pour lesquels il faut assembler, étalonner et utiliser des outils de diagraphie contenant des sources de rayonnements, il sera généralement opportun de faire porter aux travailleurs des dosimètres individuels pour évaluer directement la dose individuelle reçue en raison de l'exposition professionnelle.

## LIMITES DE DOSE POUR LA RADIOPROTECTION PROFESSIONNELLE

6.4. Le paragraphe 3.26 de la publication GSR Part 3 [9] stipule ce qui suit :  
« Le gouvernement ou l'organisme de réglementation établit et l'organisme de réglementation fait respecter les limites de dose spécifiées à l'appendice III [de la publication GSR Part 3] pour les expositions professionnelles et les expositions du public dans les situations d'exposition planifiée. »

6.5. Le paragraphe 3.27 de la publication GSR Part 3 [9] dispose ce qui suit :

« Le gouvernement ou l'organisme de réglementation définit les restrictions supplémentaires éventuelles que les titulaires d'enregistrements et de licences sont tenus de respecter pour faire en sorte que les limites de dose spécifiées à l'appendice III [de la publication GSR Part 3] ne soient pas dépassées du fait d'associations éventuelles de doses dans le cadre d'expositions dues à différentes pratiques autorisées. »

6.6. Selon le paragraphe 3.28 de la même publication [9] (note omise) :

« Les titulaires d'enregistrements et de licences veillent à ce que les expositions des personnes dues à des pratiques pour lesquelles ils ont reçu une autorisation soient restreintes de façon que ni la dose efficace ni la dose équivalente aux tissus ou aux organes ne dépassent toute limite de dose applicable qui est spécifiée à l'appendice III [de la publication GSR Part 3]. »

6.7. Le paragraphe III.1 de la publication GSR Part 3 [9] dispose ce qui suit :

« Pour l'exposition professionnelle de travailleurs âgés de plus de 18 ans, les limites de dose sont les suivantes :

- a) une dose efficace de 20 mSv par an en moyenne sur cinq années consécutives<sup>66</sup> (100 mSv en cinq ans), et de 50 mSv en une seule année ;
- b) une dose équivalente au cristallin de 20 mSv par an en moyenne sur cinq années consécutives (100 mSv en cinq ans) et de 50 mSv en une seule année ;
- c) une dose équivalente aux extrémités (mains et pieds) ou à la peau<sup>67</sup> de 500 mSv par an.

Des restrictions supplémentaires s'appliquent à l'exposition professionnelle d'une travailleuse qui a déclaré sa grossesse ou qui allaite » (voir la section 6 de la publication GSG-7 [19]).

« <sup>66</sup> Le début de la période de calcul de la moyenne coïncide avec le premier jour de la période annuelle pertinente après la date d'entrée en vigueur des [normes énoncées dans la publication GSR Part 3], sans calcul rétrospectif de la moyenne. »

<sup>67</sup> Les limites de dose équivalente à la peau s'appliquent à la dose moyenne sur 1 cm<sup>2</sup> de la partie la plus irradiée de la peau. La dose à la peau contribue aussi à la dose efficace, cette contribution étant la dose moyenne à la totalité de la peau multipliée par le facteur de pondération tissulaire pour la peau. »

6.8. Le paragraphe III.2 de la publication GSR Part 3 [9] stipule ce qui suit :

« Pour l'exposition professionnelle des apprentis âgés de 16 à 18 ans qui sont formés pour un emploi impliquant une exposition aux rayonnements et pour l'exposition d'étudiants âgés de 16 à 18 ans qui utilisent des sources au cours de leurs études, les limites de dose sont les suivantes :

- a) une dose efficace de 6 mSv par an ;
- b) une dose équivalente au cristallin de 20 mSv par an ;
- c) une dose équivalente aux extrémités (mains et pieds) ou à la peau<sup>67</sup> de 150 mSv par an. »

« <sup>67</sup> Les limites de dose équivalente à la peau s'appliquent à la dose moyenne sur 1 cm<sup>2</sup> de la partie la plus irradiée de la peau. La dose à la peau contribue aussi à la dose efficace, cette contribution étant la dose moyenne à la totalité de la peau multipliée par le facteur de pondération tissulaire pour la peau. »

6.9. Les travailleurs titulaires de contrats de courte durée sont soumis aux mêmes limites de dose que celles qui sont applicables à leurs homologues employés à titre permanent.

## ÉVALUATION DES DOSES INDIVIDUELLES AU MOYEN DE DOSIMETRES PASSIFS

6.10. L'organisme exploitant devrait veiller à ce que les doses de rayonnements reçues par le personnel de diagraphie qui travaille avec des sources de rayonnements soient évaluées de manière régulière afin de s'assurer que ces doses

sont maintenues au niveau le plus bas qu'on puisse raisonnablement atteindre et sont inférieures aux limites de dose. L'évaluation des doses peut aussi mettre en évidence de bonnes ou mauvaises pratiques de travail, un dysfonctionnement des appareils ou une détérioration du blindage ou d'autres systèmes de sûreté.

6.11. L'organisme exploitant devrait conclure des arrangements avec un prestataire de services de dosimétrie pour la fourniture de dosimètres adéquats, qui devraient être attribués de manière nominative aux travailleurs aux fins de la tenue de dossiers officiels sur les doses reçues. Les dosimètres devraient être portés par tous les membres du personnel de diagraphie et par tous les autres travailleurs qui doivent entrer régulièrement dans des zones contrôlées (et aussi dans des zones surveillées, lorsque les réglementations nationales l'exigent).

6.12. Il existe divers types de dosimètres passifs pour mesurer les doses individuelles dues aux sources gamma utilisées en diagraphie, notamment les dosimètres thermoluminescents, les dosimètres à luminescence stimulée optiquement et les dosimètres photographiques personnels. Certains de ces dosimètres peuvent aussi permettre de mesurer les doses dues aux neutrons. À défaut, les travailleurs peuvent porter des dosimètres à neutrons distincts (des détecteurs solides de traces, par exemple). Tous ces types de dosimètres intègrent un ou plusieurs éléments passifs pour enregistrer l'exposition aux rayonnements. Les dosimètres sont fournis par une organisation agréée qui assure un service de dosimétrie spécialisé ; ils sont ensuite retournés à cette organisation pour qu'elle puisse les traiter et évaluer les doses.

6.13. Le choix du type de dosimètre devant être porté par le personnel de diagraphie devrait être soumis à l'appréciation du responsable de la radioprotection, si possible avec le concours d'un expert qualifié en dosimétrie des rayonnements. Outre la nécessité de respecter diverses prescriptions techniques, le choix du dosimètre pourrait également être influencé par des considérations de disponibilité, de coût et de robustesse ainsi que par les prescriptions réglementaires.

6.14. Afin de s'assurer que le dosimètre fournit une évaluation précise de la dose efficace reçue par le travailleur, il convient d'appliquer les principes indiqués ci-après.

- a) Les membres du personnel de diagraphie devraient porter les dosimètres en permanence lorsqu'ils effectuent des travaux faisant intervenir des sources de rayonnements.
- b) Les dosimètres devraient être portés conformément aux recommandations du prestataire de services de dosimétrie.

- c) L'élément de mesure devrait être correctement placé dans le porte-dosimètre.
- d) Chaque dosimètre ne devrait être porté que par la personne à laquelle il est délivré.
- e) Les dosimètres devraient être manipulés avec soin de façon à ne pas endommager l'élément de mesure qu'ils contiennent (les dosimètres peuvent être endommagés par l'eau, une température ou une pression élevée ou un choc physique).
- f) Les dosimètres ne devraient pas être exposés aux rayonnements lorsqu'ils ne sont pas portés par les travailleurs (en d'autres termes, ils devraient être tenus à l'abri des sources de rayonnements lors des périodes d'inutilisation).
- g) À la fin de leur période d'utilisation, les dosimètres devraient être retournés rapidement au prestataire de services de dosimétrie pour que celui-ci puisse les traiter. Les dosimètres qui ont été retournés plus tôt que prévu en raison de la suspicion d'une exposition anormale devraient être traités en urgence.
- h) Si l'organisme exploitant soupçonne qu'un dosimètre a été endommagé ou a été exposé à des rayonnements durant une période où l'appareil n'était pas porté par le travailleur auquel il était assigné, il devrait en avvertir le prestataire de services de dosimétrie pour que celui-ci puisse déterminer la dose qu'il convient d'attribuer au travailleur.
- i) Les dosimètres à neutrons ayant une réponse énergétique appropriée devraient être portés par les membres du personnel qui effectuent des opérations mettant en jeu des sources radioactives de neutrons ou des générateurs de neutrons.

## DOSIMÈTRES INDIVIDUELS ACTIFS

6.15. Les dosimètres individuels actifs sont de petits détecteurs électroniques de rayonnements qui émettent un signal d'avertissement lorsqu'un seuil d'alarme préétabli pour la dose ou le débit de dose est dépassé. La plupart de ces dispositifs sont dotés d'un affichage numérique qui fournit également l'équivalent de dose individuel cumulé. Le signal d'avertissement est en général une alarme sonore, mais celle-ci peut être complétée par une vibration ou un signal lumineux (ce qui est utile lorsque le bruit ambiant est élevé ou lorsque le travailleur porte des protecteurs auditifs).

6.16. Les dosimètres individuels actifs sont des outils utiles pour mettre en garde en cas de débits de dose élevés ou pour prévenir les surexpositions. Ils peuvent aider à alerter immédiatement les travailleurs lorsque des problèmes surviennent et contribuent ainsi à prévenir les incidents ou à en atténuer les conséquences. L'organisme exploitant devrait fournir des dosimètres individuels actifs aux

membres du personnel de diagraphie qui se livrent régulièrement à des activités de diagraphie faisant intervenir des sources de rayonnements.

6.17. Plusieurs aspects importants sont à prendre en compte concernant l'utilisation de dosimètres individuels actifs :

- a) Les dosimètres individuels actifs ne devraient pas remplacer les dosimètres passifs à moins que leur utilisation n'ait été expressément approuvée à cette fin (par l'organisme de réglementation, par exemple). Dans la plupart des cas, ils seront utilisés en complément des dosimètres passifs qui sont portés par le personnel de diagraphie.
- b) Les dosimètres individuels actifs ne devraient pas être utilisés à la place d'instruments de contrôle radiologique du lieu de travail (comme des débitmètres de dose).
- c) Les dosimètres individuels actifs devraient être testés périodiquement conformément aux recommandations nationales et aux indications du fabricant.
- d) Les dosimètres individuels actifs devraient être étalonnés en fonction des champs de rayonnements susceptibles d'être rencontrés sur le lieu de travail.
- e) Les paramètres d'alarme des dosimètres individuels actifs devraient correspondre à un niveau approprié de dose et/ou de débit de dose, et le seuil d'alarme devrait être visible lorsque les dispositifs sont en fonctionnement.
- f) Seules les personnes ayant les attributions et les responsabilités voulues devraient être autorisées à apporter des modifications aux dosimètres individuels actifs.

## TENUE DES DOSSIERS

6.18. Selon le paragraphe 3.103 de la publication GSR Part 3 [9] (note omise) : « Les employeurs et les titulaires d'enregistrements et de licences tiennent des dossiers sur l'exposition professionnelle de chaque travailleur dont l'évaluation est requise. »

6.19. L'organisme exploitant devrait tenir des dossiers sur les doses reçues par le personnel de diagraphie et par toutes les autres personnes qui entrent régulièrement dans des zones contrôlées (et aussi dans des zones surveillées, lorsque les réglementations nationales l'exigent). Ces dossiers devraient contenir des informations détaillées sur les doses enregistrées par les dosimètres portés par les travailleurs. Si possible, ils devraient faire clairement apparaître les doses

reçues à la suite d'incidents ou dans le cadre de l'application de procédures d'urgence, en les distinguant des doses reçues lors d'activités courantes.

6.20. Les dossiers devraient contenir les doses enregistrées par le ou les principaux dosimètres individuels des travailleurs délivrés par le prestataire de services de dosimétrie, plutôt que les doses mesurées par des appareils complémentaires tels que des dosimètres individuels actifs.

6.21. Le paragraphe 3.106 de la publication GSR Part 3 [9] dispose ce qui suit :

« Les employeurs et les titulaires d'enregistrements et de licences :

- a) donnent aux travailleurs accès aux dossiers sur leur propre exposition professionnelle ;
- b) donnent au responsable du programme de surveillance de la santé des travailleurs, à l'organisme de réglementation et à l'employeur concerné accès aux dossiers sur l'exposition professionnelle des travailleurs ;
- c) facilitent la transmission aux nouveaux employeurs de copies des dossiers d'exposition des travailleurs lorsque ceux-ci changent d'emploi ;
- d) prennent des dispositions pour que les dossiers d'exposition d'anciens travailleurs soient conservés par l'employeur ou le titulaire d'enregistrement ou de licence, selon le cas ;
- e) en se conformant aux dispositions des alinéas a) à d), s'attachent, avec le soin et l'attention voulus, à préserver le caractère confidentiel des dossiers. »

6.22. Le paragraphe 3.104 de la publication GSR Part 3 [9] dispose ce qui suit :

« Les dossiers sur l'exposition professionnelle de chaque travailleur sont conservés pendant toute la vie active de celui-ci et ensuite au moins jusqu'au moment où le travailleur atteint ou aurait atteint l'âge de 75 ans et, en tout cas, pendant au moins 30 ans à dater de la cessation du travail durant lequel il a été soumis à une exposition professionnelle. »

6.23. Le paragraphe 3.107 de la publication GSR Part 3 [9] dispose ce qui suit :

« Si les employeurs et les titulaires d'enregistrements et de licences cessent d'exercer des activités donnant lieu à une exposition professionnelle des travailleurs, ils devraient prendre des dispositions pour que les dossiers sur l'exposition professionnelle de ces derniers soient conservés par l'organisme

de réglementation, par un service public d'archives ou par l'employeur ou le titulaire d'enregistrement ou de licence concerné, selon le cas. »

## CONDUITE D'ENQUÊTES EN CAS DE DÉPASSEMENT DES LIMITES DE DOSE

6.24. L'organisme exploitant est tenu de mener une enquête si une dose reçue par un membre du personnel de diagraphie, un autre travailleur ou une personne du public est supérieure à une limite de dose ou à un niveau d'investigation fixé par l'organisme de réglementation ou par l'organisme exploitant (prescription 16 de la publication GSR Part 3 [9]). L'enquête devrait porter essentiellement sur les causes à l'origine de l'exposition et sur les défaillances éventuelles des procédures ou des systèmes de sûreté. Le rapport d'enquête devrait mettre en évidence les améliorations à apporter aux installations, aux appareils ou aux procédures pour optimiser la protection et la sûreté, pour réduire la probabilité qu'un événement similaire se produise et pour atténuer les conséquences de ce type d'événement, le cas échéant.

6.25. On trouvera à la section 13 des recommandations sur les procédures de notification et d'établissement de rapports en cas d'incidents.

## TEST ET ÉTALONNAGE DU MATÉRIEL DE DOSIMÉTRIE

6.26. Les dosimètres devraient être homologués et soumis à des tests périodiques d'assurance de la qualité. Les systèmes de dosimétrie individuelle devraient être étalonnés périodiquement, généralement tous les ans ou tous les deux ans, sachant que leur fonctionnement devrait faire l'objet de contrôles plus fréquents. Les réglementations nationales pourraient imposer une fréquence d'étalonnage différente. Des recommandations relatives au test et à l'étalonnage des dosimètres et autres instruments de dosimétrie figurent dans la publication GSG-7 [19].

## 7. CONTRÔLE RADIOLOGIQUE DU LIEU DE TRAVAIL

### PROGRAMME DE CONTRÔLE RADIOLOGIQUE

7.1. Le paragraphe 3.96 de la publication GSR Part 3 [9] stipule ce qui suit :  
« Les titulaires d'enregistrements et de licences [...] établissent, maintiennent et gardent à l'examen un programme de surveillance du lieu de travail, sous la direction d'un responsable de la radioprotection ou d'un expert qualifié. »

7.2. Le programme de contrôle radiologique du lieu de travail devrait être conçu pour évaluer l'efficacité des dispositions destinées à garantir la protection et la sûreté dans le cadre des travaux de diagraphie faisant intervenir des sources de rayonnements. Le programme devrait prévoir que des mesures du débit de dose soient réalisées aux emplacements suivants :

- a) autour des installations d'entreposage des sources au siège de l'entreprise de diagraphie et, s'il y a lieu, sur le site de diagraphie, afin de s'assurer que le niveau de protection est satisfaisant ;
- b) autour des barrières lors des opérations de diagraphie, afin de vérifier que les débits de dose restent inférieurs aux valeurs fixées par les réglementations ou orientations nationales ou par l'organisme exploitant ;
- c) au poste de l'opérateur lors du chargement et du déchargement d'un outil de diagraphie ou après l'utilisation d'un générateur de neutrons, afin de s'assurer que les niveaux de rayonnements sont acceptables ;
- d) sur le site à la fin des travaux de diagraphie, afin de vérifier qu'aucune source radioactive n'a été laissée sur place ;
- e) autour du colis de transport avant le transport des sources radioactives vers le site ou depuis celui-ci, afin non seulement de confirmer la présence des sources, mais aussi d'apporter la preuve du respect des prescriptions énoncées dans la publication intitulée *Règlement de transport des matières radioactives*, Édition de 2018 [n° SSR-6 (Rev. 1) de la collection Normes de sûreté de l'AIEA] [22] (voir la section 12) ;
- f) autour des véhicules servant à transporter les sources radioactives avant leur départ en direction du site ou depuis celui-ci, y compris au niveau du siège conducteur.

7.3. Il pourrait être nécessaire d'effectuer des contrôles périodiques, à des intervalles établis par l'organisme de réglementation, pour détecter la présence éventuelle de contamination radioactive sur les surfaces accessibles de l'outil de diagraphie ou de la source radioactive. En revanche, il n'est généralement pas

nécessaire de contrôler la présence de contamination radioactive dans la zone des opérations de diagraphie, sur la surface du colis de transport ou sur les travailleurs.

7.4. L'organisme exploitant devrait envisager de contrôler les outils de diagraphie pour détecter une éventuelle contamination radioactive par des matières radioactives naturelles. S'il détecte la présence d'une telle contamination, il devrait veiller à ce que l'on procède à la décontamination des outils et au stockage définitif des déchets en résultant. Des orientations pratiques sur les questions de sûreté radiologique et de gestion des déchets liées aux matières radioactives naturelles figurent dans la référence [23]. Si l'on sait que des matières radioactives naturelles sont présentes dans les zones où il est prévu d'effectuer des opérations de diagraphie, l'organisme exploitant devrait coopérer étroitement avec le client pour décider des dispositions qu'il convient de prendre pour empêcher la propagation de la contamination radioactive et assurer le stockage définitif des déchets qui en résultent.

7.5. Le programme de contrôle radiologique devrait indiquer les emplacements à contrôler, la fréquence des contrôles et les exigences en matière de tenue de dossiers. Ces informations devraient figurer dans les règles locales ainsi que dans le programme de radioprotection. Pour chaque emplacement où sont effectués des relevés, il faudrait fixer des niveaux d'investigation des débits de dose (voir le paragraphe 4.30) et indiquer les dispositions à prendre en cas de dépassement de ces niveaux. Les dossiers du programme de contrôle radiologique du lieu de travail doivent être mis à la disposition des personnes concernées, y compris des travailleurs et de l'organisme de réglementation (voir les paragraphes 2.45 et 3.98 de la publication GSR Part 3 [9]).

## SÉLECTION, MAINTENANCE ET ÉTALONNAGE DES INSTRUMENTS DE CONTRÔLE RADIOLOGIQUE DU LIEU DE TRAVAIL

7.6. L'organisme exploitant devrait veiller à ce qu'un nombre suffisant de débitmètres de dose adéquats soient disponibles. De nombreux types de détecteurs permettent de mesurer les niveaux de rayonnements gamma, mais certains pourraient ne pas convenir pour mesurer avec précision les photons de faible énergie (émis par l'américium 241, p. ex.), ce qui pourrait entraîner une sous-estimation du débit de dose. Les détecteurs devraient être étalonnés en fonction des champs de rayonnements susceptibles d'être rencontrés sur le lieu de travail. Des instruments de contrôle radiologique spéciaux sont nécessaires pour mesurer les rayonnements neutroniques. Il est recommandé de s'adresser aux

fabricants et à des experts qualifiés pour obtenir des informations et des conseils sur l'adéquation des détecteurs.

7.7. L'organisme exploitant devrait prendre des dispositions afin que les instruments de contrôle radiologique du lieu de travail soient formellement testés ou étalonnés à intervalles réguliers par un laboratoire d'essais spécialisé. Plusieurs caractéristiques de fonctionnement des instruments devraient être évaluées au cours de ces essais ou de ces opérations d'étalonnage, notamment la réponse à des débits de dose connus pour des niveaux d'énergie donnés, la linéarité de la réponse et le comportement des détecteurs lorsque les débits de dose sont faibles ou très élevés. La fréquence des essais ou des étalonnages, la méthode employée ainsi que la tenue des dossiers correspondants devraient être conformes aux prescriptions réglementaires ou aux recommandations énoncées dans les lignes directrices internationales applicables. L'organisme exploitant devrait également suivre les recommandations du fabricant des instruments.

7.8. L'organisme exploitant devrait prévoir une procédure pour la réalisation de contrôles réguliers du fonctionnement des instruments de contrôle radiologique du lieu de travail. Ces contrôles pourraient comporter une inspection physique afin de vérifier que les instruments ne sont pas endommagés, une vérification de l'état des piles et, au besoin, un étalonnage à zéro. Il faudrait également contrôler la réponse des détecteurs aux rayonnements, par exemple à l'aide d'une source d'essai de faible activité ou en plaçant les détecteurs près de la surface d'un colis de transport contenant une source de rayonnements. Il est possible que l'organisme de réglementation exige que ces contrôles soient effectués conformément à des procédures formelles et que les résultats obtenus soient consignés.

7.9. Il convient de tenir compte des conditions dans lesquelles les instruments de contrôle radiologique du lieu de travail doivent être utilisés. Certains instruments ne sont pas adaptés aux endroits très humides ou très chauds et d'autres ne sont pas assez résistants pour supporter une utilisation sur un site de diagraphie. Sur certains sites où sont menés des travaux de diagraphie, il pourrait s'avérer nécessaire d'avoir recours à des types particuliers d'instruments. Dans de nombreuses installations pétrolières et gazières, par exemple, les seuls instruments qui sont autorisés sont ceux qui sont conçus pour réduire au minimum le risque d'inflammation accidentelle de fumées ou de vapeurs inflammables (instruments dits « à sûreté intrinsèque »).

7.10. Les transmissions par radiofréquence (RF) peuvent perturber le fonctionnement de certains instruments de contrôle radiologique du lieu de travail. Si des travaux de diagraphie doivent être réalisés à proximité d'un équipement

émittant de hauts niveaux de rayonnements RF, il faudrait envisager de recourir à des instruments qui sont spécialement protégés contre les interférences RF.

7.11. Il convient également de tenir compte du niveau de bruit sur le lieu de travail. Les signaux d'avertissement sonores émis par les instruments devraient être suffisamment forts pour qu'on puisse les entendre ; ils devraient par ailleurs être complétés par des vibrations ou des signaux lumineux.

## **8. CONTRÔLE DES SOURCES RADIOACTIVES**

8.1. Le Code de conduite sur la sûreté et la sécurité des sources radioactives [15] s'applique à toutes les sources radioactives qui pourraient présenter un risque non négligeable pour les personnes, la société et l'environnement, et sert de guide aux États en ce qui concerne la sûreté et la sécurité des sources de catégorie 1, 2 et 3.

8.2. On considère généralement que les sources radioactives utilisées en diagraphie appartiennent à la catégorie 3, telle que définie dans la publication RS-G-1.9 [3]. Toutefois, comme on peut le voir à l'annexe I, certaines sources de diagraphie peuvent également être classées dans les catégories 2 ou 4 selon leur activité.

8.3. L'organisme exploitant est tenu d'exercer un contrôle adéquat sur les sources (voir le paragraphe 3.55 de la publication GSR Part 3 [9]). Cette responsabilité lui incombe dès le moment où il fait l'acquisition des sources et jusqu'à ce que celles-ci soient définitivement renvoyées à leur fournisseur d'origine ou traitées de manière sûre à la fin de leur vie utile.

8.4. L'organisme exploitant devraient veiller à se procurer des sources radioactives uniquement auprès de fournisseurs autorisés et s'assurer que les sources retirées du service sont renvoyées au fournisseur d'origine ou expédiées à un autre organisme autorisé, conformément aux prescriptions réglementaires. L'importation et l'exportation de sources radioactives devraient respecter les recommandations qui figurent dans le Code de conduite sur la sûreté et la sécurité des sources radioactives [15] ainsi que dans les orientations complémentaires relatives aux contrôles à l'importation et à l'exportation [24].

8.5. Le paragraphe 3.53 de la publication GSR Part 3 [9] dispose ce qui suit :

« Les titulaires d'enregistrements et de licences tiennent un inventaire donnant notamment les informations suivantes :

- a) emplacement et description de chaque générateur de rayonnements ou source radioactive dont ils sont responsables ;
- b) activité et forme de chaque source radioactive dont ils sont responsables. »

8.6. En plus de l'inventaire décrit au paragraphe 8.5, l'organisme exploitant devrait procéder à des contrôles comptables périodiques des sources afin de s'assurer que celles-ci se trouvent à l'emplacement qui leur a été affecté et qu'elles sont en sûreté.

8.7. Seuls des travailleurs formés et ayant été habilités par l'organisme exploitant devraient pouvoir retirer des sources de l'entrepôt où elles sont conservées ou les placer à un autre endroit. Les travailleurs devraient inscrire dans un registre leur nom, la date et l'heure de l'opération ainsi que le nouvel emplacement de la source. Le responsable de la radioprotection devrait vérifier ces informations au moins une fois par mois afin de s'assurer que toutes les sources de rayonnements se trouvent bien à l'endroit indiqué. Ces procédures de contrôle comptable devraient être appliquées aux outils de diagraphie qui sont équipés de générateurs de neutrons.

8.8. Chaque conteneur de source radioactive devrait être muni d'un verrou [ou d'un conteneur ou d'une enceinte externe verrouillé(e)] conçu pour empêcher tout enlèvement non autorisé ou accidentel de la source. Les installations d'entreposage doivent être verrouillées en permanence lorsqu'elles contiennent des sources radioactives, sauf si elles sont sous la surveillance directe du personnel d'exploitation (voir le paragraphe 3.59 de la publication GSR Part 3 [9]).

8.9. Les sources de diagraphie pour lesquelles aucune utilisation ultérieure n'est prévue devraient être considérées comme des sources retirées du service, et des dispositions devraient être prises pour les transférer vers une installation autorisée aux fins de leur stockage définitif, conformément aux prescriptions réglementaires. Tant que ce transfert n'aura pas été effectué, les sources retirées du service devraient être incluses dans l'inventaire des sources de l'installation et soumises aux contrôles comptables indiqués au paragraphe 8.6.

8.10. Toute présomption de perte de contrôle d'une source radioactive ou d'un générateur de neutrons devrait rapidement faire l'objet d'une enquête de la part de l'organisme exploitant. L'organisme de réglementation (et toute autre

autorité compétente) devrait être informé de la situation comme indiqué dans les prescriptions réglementaires et dans les plans et procédures d'urgence applicables.

## 9. CONSIDÉRATIONS DE SÉCURITÉ NUCLÉAIRE

9.1. Les mesures de sécurité visant les sources radioactives ont pour objet de dissuader, détecter et retarder tout accès non autorisé à ces sources et de faciliter la conduite d'interventions le cas échéant. Des sources radioactives employées en diagraphie ont été impliquées dans des incidents (voir l'annexe VI), et l'on devrait partir du principe qu'il pourrait y avoir un impact radiologique important si de telles sources venaient à être utilisées à des fins malveillantes.

9.2. Les paragraphes ci-après visent à attirer l'attention sur les questions de sécurité qu'il convient d'aborder et qui sont traitées en détail dans les publications de la collection Sécurité nucléaire de l'AIEA. En particulier, la publication n° 14 de cette collection [25] donne des recommandations aux États et aux autorités compétentes sur la manière d'élaborer ou de renforcer, de mettre en œuvre et de préserver un régime de sécurité nucléaire pour les matières radioactives, les installations associées et les activités associées. Toujours dans la même collection, la publication n° 11-G (Rev. 1) [26] contient des orientations plus spécifiquement destinées à aider les États à définir des prescriptions réglementaires propres à assurer la sécurité des sources radioactives, et la publication n° 9-G (Rev. 1) [27] aborde la question de la sécurité du transport des matières radioactives et donne des indications en la matière.

### INTERFACES ENTRE LA SÛRETÉ NUCLÉAIRE ET LA SÉCURITÉ NUCLÉAIRE

9.3. Les mesures de sûreté et les mesures de sécurité ont comme objectif commun de protéger la vie et la santé humaines, la société et l'environnement. Ces mesures devraient être conçues et mises en œuvre de manière intégrée et, autant qu'il sera possible, complémentaire, de sorte que les mesures de sécurité ne portent pas préjudice à la sûreté et que les mesures de sûreté ne portent pas préjudice à la sécurité.

9.4. Afin d'assurer une application complémentaire des mesures de sûreté et des mesures de sécurité, le gouvernement peut désigner un organisme chargé de gérer

les interfaces entre la sûreté et la sécurité en ce qui a trait aux sources radioactives. Il pourrait être aussi envisagé de confier à un seul organisme de réglementation la responsabilité de la sûreté et de la sécurité des sources radioactives dans le cadre de l'infrastructure réglementaire nationale.

9.5. Dans le cas de l'utilisation de sources radioactives aux fins de la diagraphie, il pourrait y avoir des interfaces entre les mesures de sûreté et les mesures de sécurité sur le plan de l'accès à l'information. Pour les besoins de la sûreté, il pourrait être nécessaire de faire en sorte que les informations relatives aux emplacements et aux caractéristiques des sources radioactives ainsi qu'aux mesures de sûreté en place soient facilement accessibles. Toutefois, ces informations pourraient également présenter un intérêt pour un adversaire, auquel cas il se pourrait que l'on doive protéger la confidentialité de certaines données sensibles pour des raisons de sécurité. On trouvera des orientations sur la protection et la confidentialité des informations sensibles dans le domaine de la sécurité nucléaire dans la publication n° 23-G de la collection Sécurité nucléaire de l'AIEA [28]. Il convient de maintenir un juste équilibre entre la nécessité d'assurer la disponibilité des informations pour des raisons de sûreté et la nécessité de protéger les informations sensibles pour des raisons de sécurité.

## MESURES DE SÉCURITÉ

9.6. La perte accidentelle de sources de diagraphie, qui pourrait avoir des conséquences tant pour la sécurité que pour la sûreté, est traitée au moyen des mesures de contrôle décrites à la section 8. La principale préoccupation en matière de sécurité réside dans le risque de vol et de sabotage des sources radioactives. La mise en place de mesures de sécurité efficaces permettra de s'attaquer à ce problème, et apportera nécessairement un autre avantage puisqu'elle contribuera à prévenir la perte accidentelle de contrôle.

9.7. Les mesures de sûreté destinées à prévenir la perte de sources radioactives ou à assurer une protection générale contre les rayonnements peuvent également s'avérer utiles pour lutter contre le vol de sources. Cependant, compte tenu du caractère intentionnel du vol, d'autres considérations entrent en jeu, en particulier pour les sources de haute activité, et des mesures de sécurité supplémentaires pourraient être nécessaires pour se prémunir contre les actes de vol.

9.8. La collection Sécurité nucléaire de l'AIEA fournit des orientations sur la définition de prescriptions relatives à la sécurité des sources radioactives au moyen d'une approche graduée, fondée sur des considérations liées à la menace,

à la nature des sources et à l'attractivité relative des matières en vue de leur utilisation à des fins malveillantes. Dans la publication n° 11-G (Rev. 1) de cette collection [26], il est suggéré de recourir au système de catégorisation établi dans la publication RS-G-1.9 [3] pour attribuer un niveau de sécurité particulier aux sources et pour faciliter la définition des mesures de sécurité nécessaires. Les sources de diagraphie sont généralement affectées au niveau de sécurité C, et le niveau maximal qui leur est attribué est le niveau de sécurité B. Les mesures de sécurité requises pour chaque fonction de sécurité (dissuasion, détection, retardement, intervention et gestion de la sécurité) correspondant aux niveaux de sécurité B et C sont décrites en détail dans la publication n° 11-G (Rev. 1) de la collection Sécurité nucléaire de l'AIEA [26].

9.9. Étant donné qu'ils sont petits et portatifs et qu'ils sont le plus souvent utilisés loin d'une installation sécurisée, les dispositifs de diagraphie pourraient nécessiter la mise en œuvre de mesures ou de procédures de sécurité supplémentaires pour garantir le maintien d'un niveau adéquat de protection et de contrôle pendant leur utilisation, pendant leur transport et pendant leur entreposage s'ils ne sont pas utilisés. La nature précise de ces mesures supplémentaires dépendra de l'évaluation de la menace. La publication n° 11-G (Rev. 1) de la collection Sécurité nucléaire de l'AIEA [26] présente également des exemples de mesures de sécurité, notamment dans le contexte d'opérations mobiles qui ne se prêtent pas aux mesures applicables à une installation fixe.

## **10. MANIPULATION SÛRE DES SOURCES RADIOACTIVES ET DES GÉNÉRATEURS DE RAYONNEMENTS**

### **GÉNÉRALITÉS**

10.1. Des informations sur les différents types de sources radioactives et de générateurs de neutrons utilisés en diagraphie figurent à l'annexe I.

10.2. Toute une variété de sources radioactives, de générateurs de neutrons et d'appareils auxiliaires permettant de réaliser des travaux de diagraphie sont disponibles dans le commerce. Il est recommandé de se procurer les sources de rayonnements et autres appareils utilisés en diagraphie auprès de fabricants autorisés dotés d'un système de gestion de la qualité reconnu qui soit, par exemple,

conforme à la norme ISO 9001 [29], au système décrit dans la publication intitulée *Direction et gestion pour la sûreté* (n° GSR Part 2 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA) [30] ou à une norme nationale équivalente, afin de s'assurer que les caractéristiques de sûreté de la conception sont reproduites de manière uniforme.

10.3. Le matériel utilisé en diagraphie se compose généralement de plusieurs sous-composants qui forment une colonne d'outils de diagraphie. La conception et l'exploitation de ces différents composants sont étroitement liées. Il convient de ne pas compromettre la sûreté en ayant recours à des composants qui ne seraient pas conformes aux spécifications de conception d'origine.

10.4. Il incombe aux fabricants et aux fournisseurs de sources radioactives et de générateurs de rayonnements de veiller à ce que les informations relatives à l'utilisation sûre du matériel soient mises à la disposition des organismes exploitants. Ces informations doivent être communiquées dans une langue compréhensible pour les utilisateurs, comme indiqué dans le paragraphe 3.49 c) de la publication GSR Part 3 [9].

10.5. L'organisme exploitant devrait veiller à ce que les appareils utilisés pour la diagraphie ne soient pas modifiés sans une évaluation préalable des incidences de la modification envisagée sur la protection et la sûreté. L'évaluation de la sûreté devrait être examinée par un expert qualifié ou par le fournisseur, et il faudrait s'assurer que le matériel satisfait aux prescriptions de l'organisme de réglementation. Il faudrait également déterminer si une autorisation ou une approbation complémentaire de l'organisme de réglementation serait requise.

## SOURCES RADIOACTIVES SCÉLÉES UTILISÉES EN DIAGRAPHIE

10.6. Les outils de diagraphie contiennent des sources radioactives scellées qui émettent des rayons gamma ou des neutrons (voir l'annexe I). Ces sources sont installées dans les outils au moyen d'instruments de manipulation spécialement conçus à cet effet. Les sources radioactives (ou, dans certains cas, les outils de diagraphie dans lesquels les sources ont été préchargées) sont conservées dans des conteneurs blindés lorsqu'elles ne sont pas utilisées. La partie de l'outil contenant la source radioactive est fixée à la colonne d'outils de diagraphie principale (à l'aide d'instruments de manipulation appropriés, si nécessaire) qui sera transportée vers le forage ou le puits (ou bien vers une installation d'étalonnage).

10.7. Les sources radioactives scellées (gamma et neutrons) destinées à la diagraphie devraient être compatibles avec l'outil et tout équipement auxiliaire

(comme les instruments de manipulation) avec lesquels elles sont utilisées. Ces sources devraient par ailleurs satisfaire aux normes internationales ou aux normes nationales équivalentes, comme indiqué ci-après :

- a) Les sources devraient être conformes aux prescriptions applicables énoncées dans la norme ISO 2919 [31].
- b) Les sources devraient être certifiées conformes aux prescriptions relatives aux matières radioactives sous forme spéciale, telles que définies dans la publication n° SSR-6 (Rev. 1) [22].
- c) Les sources devraient faire l'objet d'essais d'étanchéité selon les dispositions prévues par la norme ISO 9978 [32] ou par une norme nationale équivalente, et chaque source devrait être assortie d'un certificat d'essai d'étanchéité valide à des fins de traçabilité.
- d) Les sources devraient porter un marquage conforme à la norme ISO 2919 [31] ou à une norme nationale équivalente ou, au minimum, le symbole de mise en garde contre les rayonnements (symbole du trèfle) [20] et la mention « RADIOACTIF ».

10.8. Certains fabricants indiquent une durée de vie recommandée pour les sources radioactives scellées, en fonction de plusieurs facteurs tels que la période radioactive de la source, la manière dont celle-ci est encapsulée et l'impact sur l'environnement dans lequel la source sera utilisée. La durée de vie recommandée donne une indication de la période pendant laquelle la source devrait conserver son intégrité.

10.9. Les fabricants recommandent habituellement de remplacer une source lorsque celle-ci atteint la fin de sa durée de vie recommandée. L'organisme de réglementation peut, à sa discrétion, accorder une prolongation de la durée d'utilisation d'une source au-delà de sa durée de vie recommandée à condition que la source en question soit soumise à des analyses de frottis plus fréquentes ou à des essais d'étanchéité plus approfondis, comme indiqué dans le document ISO 9978 [32]. Il est aussi possible de faire réaliser une évaluation physique de l'état de la source par un organisme ou un expert dûment qualifié qui émettra un avis quant à la poursuite de son utilisation.

10.10. Dans le cas de sources de diagraphie qui doivent être transportées, le certificat de « forme spéciale » devrait être réexaminé et mis à jour au moins tous les cinq ans ou aux intervalles fixés dans les règlements nationaux. Les dossiers relatifs à la qualification des matières radioactives sous forme spéciale devraient être accessibles pour vérification lors des inspections réglementaires [13, 33]. Les certificats de « forme spéciale » mis à jour sont généralement délivrés par

le fabricant de la source ; cependant, il est de la responsabilité de l'organisme exploitant (en tant qu'expéditeur) de s'assurer qu'il y a un certificat de « forme spéciale » valide pour chacune des sources de diagraphie devant être transportées, conformément aux prescriptions de la publication n° SSR-6 (Rev. 1) [22].

## MARQUAGE ET ÉTIQUETAGE DES APPAREILS DE DIAGRAPHIE CONTENANT DES SOURCES RADIOACTIVES SCELLÉES

10.11. Chaque outil de diagraphie contenant une source radioactive devrait en permanence porter un marquage sur lequel figurent clairement les éléments suivants :

- a) le symbole international pour les rayonnements ionisants (trèfle) [20] ;
- b) le mot « RADIOACTIF » en caractères de 10 mm de hauteur au minimum, accompagné d'un bref avertissement dans une langue adaptée au pays ou à la région d'utilisation ;
- c) le(s) symbole(s) chimique(s) et le nombre de masse du (des) radionucléide(s) au(x)quel(s) l'outil est adapté ( $^{137}\text{Cs}$  ou  $^{241}\text{Am}$ , p. ex.) ;
- d) l'activité de la source se trouvant à l'intérieur de l'outil, indiquée pour chaque radionucléide auquel l'appareil est adapté, et la date de l'étalonnage de la source ;
- e) la marque, le modèle et le numéro de série de l'outil ;
- f) la date de fabrication de l'outil.

10.12. Le conteneur blindé d'un outil de diagraphie contenant une source radioactive devrait porter une étiquette ou une plaque durable et résistante au feu, sur laquelle figurent des informations concernant la source radioactive en question, dont :

- a) le symbole chimique et le nombre de masse du radionucléide ;
- b) l'activité à une date donnée ;
- c) le numéro d'identification de la source scellée ;
- d) le nom du fabricant de la source.

## GÉNÉRATEURS DE NEUTRONS UTILISÉS EN DIAGRAPHIE

10.13. Le générateur de neutrons utilisé pour les applications de diagraphie est un accélérateur linéaire compact de noyaux de deutérium, qui produit des neutrons de 14 MeV. Il se compose d'un tube accélérateur (tube à neutrons), d'une

cible contenant du deutérium ou du tritium, d'une alimentation haute tension et d'un module de mesure. On trouvera à l'annexe III quelques informations sur les considérations de sûreté radiologique liées aux générateurs de neutrons.

10.14. Les débits de dose enregistrés sur la face extérieure du générateur de neutrons devraient se situer dans les limites stipulées par l'organisme de réglementation.

10.15. Des rayons gamma sont émis à la fois pendant la production de neutrons (par l'interaction inélastique des neutrons de haute énergie) et pendant un certain temps après l'arrêt du générateur (en raison de la capture de neutrons thermiques et de la décroissance radioactive subséquente des produits d'activation neutronique).

10.16. Si, immédiatement après l'arrêt du générateur de neutrons, le débit de dose qui en provient est acceptable (selon le niveau déterminé par l'organisme exploitant dans l'évaluation de la sûreté ; voir la section 3), le personnel habilité peut être autorisé à manipuler le générateur. Dans le cas contraire, il convient d'observer un temps d'attente pour permettre la décroissance des produits d'activation créés dans le générateur de neutrons.

10.17. Il arrive que de la contamination radioactive s'accumule sur les surfaces extérieures du générateur de neutrons. Le cas échéant, les travailleurs devraient porter un équipement de protection individuel approprié lorsqu'ils sont amenés à manipuler le générateur. Des contrôles de la contamination devraient être réalisés périodiquement (au moins une fois par an), lors de la réception et de l'expédition du générateur et avant toute réparation de l'appareil.

## DISPOSITIFS DE REMPLACEMENT ET CONTENEURS D'EXPÉDITION DE SOURCES RADIOACTIVES

10.18. Des dispositifs de remplacement devraient être utilisés pour permettre l'échange en toute sûreté des anciennes et nouvelles sources de diagraphie. Il s'agit en général de conteneurs d'expédition que le fournisseur de sources utilise pour envoyer une nouvelle source à l'exploitant et faire en sorte que ce dernier puisse faire facilement l'échange entre l'ancienne et la nouvelle source et lui réexpédier l'ancienne source. Les conteneurs d'entreposage devraient permettre d'entreposer de manière sûre des sources scellées lorsqu'elles ne sont pas utilisées et d'empêcher des personnes non autorisées d'y avoir accès.

10.19. Les dispositifs de remplacement ou les conteneurs d'entreposage de sources devraient être conformes à toutes les normes nationales applicables en matière de débit de dose et d'étiquetage. Ces conteneurs devraient être munis d'un verrou ou être protégés par un conteneur externe verrouillé conçu pour empêcher le retrait non autorisé ou accidentel de la source scellée de sa position blindée. Lorsque les conteneurs d'entreposage et les dispositifs de remplacement contiennent des sources scellées, il convient de les laisser fermés à clé en permanence (en veillant toujours à ce que la clé soit retirée du verrou), à moins qu'ils soient sous la surveillance directe d'un travailleur autorisé. Les dispositifs de remplacement étant souvent utilisés comme conteneurs de transport, l'expéditeur devrait veiller à ce qu'ils soient transportés conformément aux prescriptions énoncées dans la publication n° SSR-6 (Rev. 1) [22].

## SÛRETÉ DES GÉNÉRATEURS DE NEUTRONS LORS DES OPÉRATIONS D'ÉTALONNAGE

10.20. L'approche la plus économique et la plus pratique pour réduire les débits de dose autour des générateurs de neutrons lors des opérations d'étalonnage consiste à utiliser des matériaux de protection de faible numéro atomique. L'annexe IV fournit des informations sur les calculs relatifs au blindage contre le rayonnement neutronique. La géométrie du blindage devrait être conçue de manière à limiter l'exposition des travailleurs chargés de l'étalonnage, en tenant dûment compte du rayonnement neutronique diffusé.

10.21. Le flux de neutrons peut être mesuré par les détecteurs de neutrons qui sont intégrés dans les générateurs. L'émission pulsée de neutrons peut grandement influencer sur les relevés de ces détecteurs, et les corrections nécessaires doivent donc être apportées aux valeurs mesurées.

10.22. Si des sources radioactives sont employées aux fins de l'étalonnage des générateurs de rayonnements, elles devraient l'être conformément aux règlements établis pour les sources scellées, une approche graduée de la sûreté devant être appliquée aux sources d'étalonnage de faible activité.

## CESSATION D'UTILISATION ET ENLÈVEMENT DES SOURCES RADIOACTIVES

10.23. Comme indiqué au paragraphe 3.60 de la publication GSR Part 3 [9], l'organisme exploitant « [veille] à ce que des dispositions, y compris financières,

soient prises rapidement pour la gestion sûre et le contrôle des générateurs de rayonnements et des sources radioactives une fois qu'il a été décidé de les retirer du service ».

10.24. Lorsqu'une installation de diagraphie ou des sources de rayonnement ne sont plus utilisées et qu'on ne pense pas s'en servir de nouveau pour autant qu'on puisse le prévoir, il convient de procéder au déclassement officiel de l'installation et au stockage définitif des sources. Toutes les sources de rayonnements retirées du service devraient être gérées selon une procédure qui soit conforme au cadre réglementaire national et, s'il y a lieu, soumise à l'approbation de l'organisme de réglementation. Cette procédure devrait notamment comprendre les mesures suivantes :

- a) Les sources de rayonnements gamma et neutroniques (y compris les sources d'étalonnage, le cas échéant) et les générateurs de neutrons devraient, après approbation de l'organisme de réglementation, être transférés à un autre organisme agréé. Si possible, l'organisme exploitant devrait retourner la source ou le générateur au fournisseur d'origine ; sinon, il peut prendre d'autres dispositions autorisées par l'organisme de réglementation. Il devrait également tenir des registres détaillés de toutes les autorisations obtenues pour la réception, l'entreposage, le transfert ou le stockage définitif des sources radioactives (y compris toutes les attestations remises par les destinataires ou par les installations de stockage définitif des déchets radioactifs). Les données pertinentes devraient être conservées conformément aux indications de l'organisme de réglementation.
- b) L'organisme exploitant devrait réexpédier les générateurs de neutrons retirés du service au fournisseur d'origine. À défaut, les générateurs devraient être rendus inutilisables et, sous réserve de l'approbation de l'organisme de réglementation, être transférés à un organisme agréé en vue d'un stockage définitif sûr (de la source de tritium).
- c) Lorsque la totalité des sources de rayonnements doivent être retirées de l'installation, tous les symboles de rayonnement (trèfles) et autres avis connexes qui sont affichés dans l'installation devraient être enlevés ; de plus, un contrôle radiologique du lieu de travail (voir la section 7) devrait être réalisé par le responsable de la radioprotection ou un expert qualifié pour fournir une assurance supplémentaire que les sources ont bien été retirées du site. Un plan final de déclassement, comprenant l'étude radiologique finale et des informations détaillées sur l'entreposage, le transfert ou le stockage définitif des sources de rayonnements, devrait être élaboré à l'avance. Ce plan doit être adressé à l'organisme de réglementation pour examen et approbation, comme indiqué dans la prescription 11 de la publication intitulée

*Déclassement des installations* (n° GSR Part 6 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA) [34]. D'autres recommandations sont présentées dans la publication intitulée *Decommissioning of Medical, Industrial and Research Facilities* (IAEA Safety Standards Series No. SSG-49) [35]. Dans le cas où le fabricant ou le fournisseur d'origine a cessé ses activités, il convient d'organiser le déclassement et le stockage définitif des anciennes sources de diagraphie conformément aux prescriptions établies par l'organisme de réglementation. On trouvera de plus amples recommandations sur la gestion des sources orphelines dans la publication n° SSG-19 [14].

- d) L'organisme exploitant devrait informer les autorités compétentes lorsque toutes les sources de rayonnements ont été retirées du site.
- e) Les déchets radioactifs devraient être gérés conformément aux recommandations figurant dans la publication intitulée *Predisposal Management of Waste from the Use of Radioactive Material in Medicine, Industry, Agriculture, Research and Education* (IAEA Safety Standards Series No. SSG-45) [36], ou à une norme nationale équivalente, et conformément aux prescriptions réglementaires.
- f) Pour le stockage définitif des sources scellées utilisées dans les appareils de diagraphie, une solution possible est le stockage en puits. Des recommandations relatives aux installations de stockage en puits figurent dans la publication intitulée *Borehole Disposal Facilities for Radioactive Waste* (IAEA Safety Standards Series No. SSG-1) [37]. Il existe également un manuel technique sur le stockage en puits des sources radioactives scellées retirées du service (voir la référence [38]).

## **11. CONDUITE D'ACTIVITÉS DE DIAGRAPHIE SUR UN SITE**

### **GÉNÉRALITÉS**

11.1. Lorsqu'il effectue des travaux de diagraphie sur un site, l'organisme exploitant devrait veiller à ce qu'un ou plusieurs travailleurs dûment formés soient présents lors des opérations faisant intervenir des sources de diagraphie. Si aucun de ces travailleurs n'occupe la fonction de responsable de la radioprotection (voir par. 2.39 à 2.42), ils devraient pouvoir obtenir à tout moment l'appui d'un responsable de la radioprotection qui soit en mesure de se rendre sur le site dans les délais les plus brefs, par exemple pour superviser la récupération d'une source.

## PRÉPARATION DU SITE

11.2. Dans la mesure où les travaux de diagraphie se déroulent généralement dans les installations d'un client plutôt que dans celles de l'organisme exploitant, il convient de consulter le client en ce qui concerne la préparation et la planification. Il s'agit notamment de déterminer d'un commun accord l'endroit et le moment où les travaux seront effectués. Les parties devraient également s'entretenir de la classification des zones et s'entendre sur les avis, panneaux d'avertissement et alarmes à utiliser pendant les travaux, afin d'éviter tout risque de confusion sur le site et d'assurer la conformité avec les exigences réglementaires. L'organisme exploitant et le client ont souvent intérêt à conclure un accord écrit, qui décrit précisément les résultats de la planification et de la préparation ainsi que les rôles et responsabilités qui incombent à chaque partie à cet égard.

11.3. Les membres du personnel de diagraphie devraient être informés des risques auxquels ils pourraient être exposés sur le site, dans les zones où les travaux sont prévus. Si le client a mis en place un système d'autorisation de travail ou d'autres procédures relatives à la sûreté du site, il convient de s'y conformer. L'organisme exploitant devrait remettre au client une copie de ses règles locales ainsi que de ses plans et procédures d'urgence.

11.4. L'organisme exploitant et le client devraient convenir du calendrier et de la durée des travaux de diagraphie. Le client devrait laisser suffisamment de temps au personnel de diagraphie pour qu'il puisse réaliser les travaux en toute sûreté.

11.5. L'organisme exploitant devrait indiquer au client quelle(s) source(s) de rayonnements il compte utiliser sur le site et l'informer des risques qui y sont associés. Il devrait s'assurer que des installations d'entreposage adéquates sont disponibles sur le site dans l'éventualité où il souhaiterait y entreposer des sources radioactives pendant la nuit (une autorisation distincte de l'organisme de réglementation pourrait être nécessaire à cet effet).

## DÉSIGNATION DE ZONES CONTRÔLÉES SUR UN SITE

11.6. Les travaux de diagraphie effectués sur un site devraient se dérouler dans une zone classée comme zone contrôlée. Aucune autre activité ne devrait être autorisée dans cette zone tant que les travaux de diagraphie ne sont pas terminés et que la zone reste classée comme zone contrôlée.

11.7. Les limites de la zone contrôlée devraient être fixées de telle sorte que la radioexposition des personnes situées à l'extérieur de la zone soit inférieure aux contraintes de dose applicables. L'organisme de réglementation peut établir le débit de dose maximal autorisé à la limite d'une zone contrôlée pendant des travaux de diagraphie entrepris sur un site, la valeur fixée étant en général comprise entre 2,5 et 20  $\mu\text{Sv/h}$ . Il est souvent possible d'atteindre un débit de dose inférieur à 1  $\mu\text{Sv/h}$  à la limite d'une zone.

11.8. Afin de limiter l'étendue de la zone contrôlée, il est recommandé de mettre en place un blindage supplémentaire, lorsque cela est possible.

11.9. Les débits de dose transitoires à l'extérieur de la zone contrôlée lors du chargement et du déchargement de la source seront beaucoup plus élevés que ceux enregistrés pendant l'opération de diagraphie en elle-même, lorsque la source se trouve dans le forage. Des précautions supplémentaires devraient être prises pendant ces manœuvres, afin de s'assurer que le chargement et le déchargement sont effectués de manière efficace et qu'il n'y a pas de risque important pour les personnes qui se tiennent à la limite de la zone contrôlée.

11.10. Le périmètre de la zone contrôlée devrait être délimité, en ayant recours à des moyens matériels lorsque cela est raisonnablement possible. On pourrait notamment se servir de structures existantes, comme des murs, utiliser des barrières temporaires ou ceinturer la zone à l'aide de ruban. On devrait s'employer à empêcher tout accès non autorisé à la zone contrôlée.

### **Avertissements**

11.11. Des avis devraient être affichés dans des endroits appropriés à la limite de la zone contrôlée. On devrait y faire figurer le symbole de rayonnement [20] ainsi que des avertissements et des instructions pertinentes dans une langue comprise par les personnes qui travaillent sur le site. Dans certains cas, il peut être utile d'afficher des avis supplémentaires à l'entrée du site afin d'informer les personnes qui y pénètrent que des travaux de diagraphie sont prévus.

### **Surveillance et contrôle radiologique aux limites de la zone contrôlée**

11.12. Avant le début des travaux de diagraphie, tout le monde devrait évacuer la zone contrôlée, à l'exception des membres du personnel de diagraphie qui sont chargés des travaux. Avant de commencer les opérations, ceux-ci devraient s'assurer qu'aucune personne non autorisée n'est présente dans la zone contrôlée et que l'accès à la zone est bloqué.

11.13. Les limites de la zone contrôlée devraient être clairement visibles, bien éclairées et surveillées en permanence tout au long des travaux de diagraphie, de sorte qu'aucune personne non autorisée ne puisse y pénétrer. La surveillance devrait être assurée par plusieurs personnes si la zone est étendue ou si elle ne peut pas être surveillée de manière efficace par une seule personne.

11.14. Les débits de dose devraient être mesurés aux abords des limites de la zone contrôlée lors d'un essai de la source (ou lors de la première utilisation de la source, selon les circonstances) afin de vérifier que les barrières sont placées au bon endroit. La délimitation et la démarcation de la zone contrôlée devraient être ajustées, s'il y a lieu.

## UTILISATION DE GÉNÉRATEURS DE NEUTRONS SUR UN SITE

11.15. Il convient de prendre les précautions suivantes lorsqu'on utilise des générateurs de neutrons sur un site :

- a) Les opérations de diagraphie en mer peuvent nécessiter au moins deux générateurs de neutrons. Dans de tels cas, il convient de prévoir des précautions supplémentaires (y compris la mise en place d'une double authentification pour contrôler l'accès).
- b) Les générateurs de neutrons contenant du tritium devraient être transportés conformément aux prescriptions de la publication SSR-6 (Rev. 1) [22].
- c) Des procédures relatives à la sûreté d'exploitation devraient être appliquées dans le cadre de la manipulation de l'outil de diagraphie (voir le paragraphe 11.16).

11.16. Le générateur de neutrons devrait rester éteint jusqu'à ce que l'outil de diagraphie soit sous terre : selon les pratiques habituellement en vigueur dans le secteur, il faut attendre que l'outil de diagraphie soit à une profondeur de 20 à 50 mètres avant de mettre le générateur sous tension. Des systèmes de sûreté et des procédures opérationnelles devraient être mis en place pour éviter que les générateurs de neutrons alimentés par batterie ne se mettent en marche de manière prématurée. Lorsqu'on remonte un générateur qui a été descendu dans un puits, il convient de le mettre hors tension et de le laisser au fond du trou, à une profondeur de 20 à 50 mètres, pendant une durée déterminée par le fabricant afin de laisser décroître les produits d'activation de courte période.

## CONTRÔLE DU DÉBIT DE DOSE

11.17. Pour les opérations de diagraphie, au moins un instrument approprié de contrôle radiologique du lieu de travail devrait être disponible sur le site pour chaque type de source de diagraphie. Avant le début des travaux, le fonctionnement de chaque instrument devrait être vérifié au moyen des contrôles décrits au paragraphe 7.8.

11.18. Le débit de dose autour des colis servant au transport des matières radioactives devrait être mesuré pour confirmer la présence de la (des) source(s) et pour vérifier le respect des prescriptions de la publication SSR-6 (Rev. 1) [22].

11.19. Durant les travaux de diagraphie, l'un des objectifs principaux du contrôle radiologique est de déterminer si une source de diagraphie est correctement blindée ou si l'émission de rayonnements d'un générateur a cessé, après chaque opération. On devrait toujours veiller à ce que l'instrument de contrôle radiologique du lieu de travail soit sous tension lorsqu'on s'approche des outils de diagraphie, afin de pouvoir vérifier la présence de la source dans la colonne d'outils et/ou de s'assurer que les rayonnements se situent à un niveau sûr.

## CONTRÔLE RADIOLOGIQUE INDIVIDUEL DES TRAVAILLEURS

11.20. Les membres du personnel de diagraphie devraient porter en permanence des dosimètres individuels passifs et actifs (voir la section 6) lorsqu'ils effectuent des travaux sur un site qui mettent en jeu des sources de rayonnements. Ils devraient régulièrement consulter leurs dosimètres actifs afin de contrôler les doses reçues pendant le travail.

## MATÉRIEL DE DIAGRAPHIE

11.21. Pour les opérations de diagraphie, seuls des appareils spécialement conçus à cet effet devraient être utilisés. Les travailleurs devraient bien connaître les appareils et avoir suivi une formation sur leur(s) mode(s) de fonctionnement, les bonnes modalités d'utilisation et les problèmes qui pourraient survenir. Les travailleurs devraient également avoir une bonne connaissance de la source, de son apparence et de la manière dont on l'utilise, ainsi que des risques en cas de mauvaise manipulation.

11.22. Chaque fois que cela est possible, on devrait privilégier des sources radioactives ayant un niveau d'activité faible, mais suffisant pour obtenir des résultats de diagraphie acceptables. Le recours à des sources de faible activité peut présenter plusieurs avantages, notamment les suivants :

- a) les zones contrôlées sont plus petites et donc plus faciles à gérer ;
- b) les débits de dose sont plus faibles au niveau des barrières et du poste de l'opérateur ;
- c) le risque radiologique est moindre en cas d'incident, par exemple si l'outil de diagraphie reste bloqué.

11.23. On ne devrait entreprendre des travaux de diagraphie que si l'outil et tous les équipements nécessaires sont disponibles et en bon état de marche, notamment les équipements suivants :

- a) instrument(s) de contrôle radiologique du lieu de travail (piles de rechange comprises) et dosimètres individuels ;
- b) outils de manipulation des sources et blindage local, s'il y a lieu ;
- c) matériel pour la délimitation de la zone contrôlée (barrières temporaires, ruban, avis et panneaux d'avertissement, selon les besoins) ;
- d) équipements d'urgence, y compris outils pour la manipulation des sources à distance et conteneur blindé de secours pour les situations d'urgence.

11.24. Les propriétés des conteneurs utilisés pour les sources radioactives (propriétés physiques, étiquetage, blindage, dispositifs pour la manipulation du conteneur et de la source et pour le chargement et le déchargement sûrs de l'outil de diagraphie) devraient être conformes aux prescriptions réglementaires.

## CONTRÔLES DE SÛRETÉ

11.25. Avant de se servir d'un appareil de diagraphie, il est recommandé de procéder aux contrôles indiqués ci-après. Ces contrôles devraient être décrits dans les procédures opérationnelles.

- a) Mesurer le débit de dose pour confirmer que la source radioactive est protégée.
- b) Vérifier la lisibilité des étiquettes et des plaques sur lesquelles sont inscrites les informations sur la source.

- c) Contrôler le bon fonctionnement des outils de manipulation des sources. Pour éviter toute exposition du personnel lors de ces contrôles, on peut se servir d'une source factice (d'un diamètre adapté à l'outil).
- d) Vérifier que tous les dispositifs de fixation et de retenue de l'outil de diagraphie fonctionnent correctement.
- e) Vérifier que le conteneur servant au transport de la source est en bon état et qu'il fonctionne bien, et fixer les bouchons de blindage, s'il y en a, pour réduire le risque de perte.

11.26. Si les contrôles révèlent des défaillances, il convient de ne pas utiliser l'appareil tant que les remplacements ou les réparations nécessaires n'auront pas été effectués.

## ENTREPOSAGE TEMPORAIRE DE SOURCES RADIOACTIVES SUR UN SITE

11.27. S'il faut entreposer des sources radioactives sur un site pendant la nuit ou entre les opérations de diagraphie, ces sources devraient être conservées dans des conteneurs scellés inviolables placés dans une installation d'entreposage appropriée. Ce type d'entreposage devrait être prévu lors de la phase de planification, et des dispositions devraient être prises avec le client concernant la mise en place d'installations d'entreposage adaptées qui soient conformes aux prescriptions réglementaires.

11.28. Une installation d'entreposage sur site devrait consister en un local fermant à clé ou un entrepôt ou un puits d'entreposage conçu à cet effet, dont l'accès est contrôlé. Ce type d'installation devrait fournir un niveau de protection, de sûreté et de sécurité comparable à celui des installations d'entreposage situées au siège de l'organisme exploitant. Une installation d'entreposage appropriée devrait protéger le matériel de diagraphie des conditions environnementales observées sur le site, tout en fournissant un niveau de sûreté adéquat. Elle devrait être à l'épreuve des intempéries et du feu et située loin de toutes matières corrosives ou explosives.

11.29. L'installation d'entreposage devrait être construite dans des matériaux qui procurent un blindage suffisant pour faire baisser les débits de dose à l'extérieur de l'installation aux niveaux fixés par l'organisme de réglementation. L'intérieur de l'installation devrait être classé comme zone contrôlée ou comme zone surveillée, selon le cas.

11.30. La porte d'accès à l'installation d'entreposage devrait être fermée à clé, et seul le personnel autorisé devrait être en possession des clés. Il convient d'utiliser un modèle particulier de clé qui soit difficile à reproduire. Un avis sur lequel figurent le symbole de rayonnement [20] et un numéro d'urgence devrait être affiché sur la porte. Il est conseillé de munir la porte de deux verrous distincts actionnés par des clés différentes et de remettre les deux clés à deux personnes différentes.

## ACHÈVEMENT DES TRAVAUX ET ENLÈVEMENT DES SOURCES

11.31. À la fin des travaux de diagraphie, les travailleurs devraient utiliser un instrument de contrôle radiologique du lieu de travail afin de s'assurer que chacune des sources a été placée dans un conteneur blindé et qu'aucune source ne s'est détachée. Les résultats de ce contrôle devraient être consignés.

11.32. Avant de quitter le site, les travailleurs devraient procéder à un examen visuel afin de s'assurer que le matériel n'a pas été endommagé. Ils devraient préparer les outils de diagraphie contenant des sources radioactives en vue de leur transport en verrouillant et en sécurisant les conteneurs et les colis de transport prévus à cet effet. Les colis de transport devraient être solidement arrimés dans le véhicule afin d'éviter tout dommage durant le transport.

## 12. TRANSPORT DES SOURCES RADIOACTIVES

12.1. Les sources radioactives utilisées en diagraphie devront être transportées :

- a) du site du fournisseur à l'installation de l'organisme exploitant ;
- b) de l'installation de l'organisme exploitant au site où se dérouleront les travaux ;
- c) de l'installation de l'organisme exploitant au site du fournisseur ou à une autre installation dûment autorisée à la fin de la vie utile de la source, si la source a été retirée du service pour une autre raison ou à la suite d'un accident mettant en jeu la source.

Les sources radioactives utilisées en diagraphie devront également être déplacées à l'intérieur de l'installation de l'organisme exploitant, par exemple de la salle d'entreposage à la salle d'étalonnage.

12.2. Le transport des sources radioactives (y compris des générateurs de neutrons contenant du tritium) utilisées en diagraphie devrait être effectué conformément aux réglementations nationales et aux prescriptions énoncées dans la publication SSR-6 (Rev. 1) [22]. Le cas échéant, il faudrait également tenir compte des dispositions des instruments internationaux contraignants applicables à certains modes de transport, tels que les *Instructions techniques pour la sécurité du transport aérien des marchandises dangereuses* [39] de l'Organisation de l'aviation civile internationale et le *Code maritime international des marchandises dangereuses* [40] de l'Organisation maritime internationale. Des accords régionaux pourraient aussi s'appliquer, comme l'Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route [41], l'Accord de portée limitée destiné à faciliter le transport des marchandises dangereuses signé par les Gouvernements argentin, brésilien, paraguayen et uruguayen [42] et l'Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voies de navigation intérieures [43].

## DÉPLACEMENT DES SOURCES À L'INTÉRIEUR DU SITE DES TRAVAUX

12.3. Lorsque des sources de rayonnements doivent être déplacées à l'intérieur d'un site en vue de travaux de diagraphie, elles devraient rester dans l'installation d'entreposage jusqu'à ce qu'elles soient prêtes à être transportées vers le nouvel emplacement.

12.4. Les sources radioactives ne devraient être déplacées que dans des conteneurs correctement blindés. Ces conteneurs devraient être verrouillés, et les clés devraient être retirées du verrou et remises au personnel autorisé uniquement. Les conteneurs devraient être placés sous surveillance pendant toute la durée de leur déplacement sur le site.

## TRANSPORT DES SOURCES VERS UN AUTRE SITE

12.5. Lorsque des sources de diagraphie doivent être transportées vers un autre site, elles devraient rester dans l'installation d'entreposage jusqu'à ce qu'elles soient prêtes à être déplacées vers le nouveau site. Les sources ne devraient être déplacées que dans des conteneurs blindés. Ces conteneurs devraient être verrouillés, et les clés devraient être retirées du verrou.

12.6. Comme indiqué dans la publication n° SSR-6 (Rev. 1) [22], les responsabilités liées au transport de matières radioactives incombent aux personnes suivantes :

- a) l'expéditeur (personne ou organisme qui prépare un envoi pour le transport) ;
- b) le transporteur (personne ou organisme qui entreprend de transporter des matières radioactives) ;
- c) le destinataire (personne ou organisme qui reçoit un envoi).

Bien souvent, dans le cadre de travaux de diagraphie qui sont effectués sur un site, l'organisme exploitant remplit ces trois fonctions. Il lui incombe par conséquent de s'assurer que le transport des sources radioactives utilisées en diagraphie satisfait aux prescriptions de la publication SSR-6 (Rev. 1) [22] ou aux dispositions des règlements nationaux équivalents, y compris aux prescriptions relatives à la conception et à l'étiquetage des colis de transport, aux prescriptions concernant les véhicules ainsi qu'à celles portant sur les contrôles pendant le transport.

12.7. Le transport des matières radioactives est une activité complexe, et une présentation détaillée des prescriptions énoncées dans la publication SSR-6 (Rev. 1) [22] sortirait du cadre du présent guide de sûreté. On trouvera des orientations concernant l'application de ces prescriptions dans la publication intitulée *Advisory Material for the IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material (2018 Edition)* [IAEA Safety Standards Series No. SSG-26 (Rev. 1)] [44].

12.8. Des orientations exhaustives concernant la sécurité nucléaire du transport des matières radioactives figurent dans la publication n° 9-G (Rev. 1) de la collection Sécurité nucléaire de l'AIEA [27].

## **13. PRÉPARATION ET CONDUITE DES INTERVENTIONS D'URGENCE**

### **GÉNÉRALITÉS**

13.1. Les prescriptions visant à garantir un niveau adéquat de préparation et d'intervention en cas de situation d'urgence nucléaire ou radiologique figurent dans la publication intitulée *Préparation et conduite des interventions en cas de*

*situation d'urgence nucléaire ou radiologique* (n° GSR Part 7 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA) [45]. Une situation d'urgence est définie comme suit :

« Situation ou événement inhabituel qui nécessite une action rapide essentiellement pour atténuer un danger ou des conséquences défavorables pour la vie et la santé des personnes, les biens ou l'environnement.

- ① Il s'agit aussi bien de situations d'urgence nucléaire ou radiologique que de situations d'urgence classique telles que les incendies, le rejet de produits chimiques dangereux, les tempêtes ou les séismes.
- ① Sont incluses les situations dans lesquelles il est justifié d'entreprendre une action rapide pour atténuer les effets d'un danger perçu » [45].

13.2. Une situation d'urgence nucléaire ou radiologique est définie comme suit :

« Situation d'urgence dans laquelle la cause du danger réel ou perçu est :

- a) l'énergie résultant d'une réaction nucléaire en chaîne ou de la décroissance des produits d'une réaction en chaîne ;
- b) une exposition à des rayonnements » [45].

13.3. Les incidents ayant mis en jeu des sources de rayonnements utilisées lors de travaux de diagraphie se sont produits essentiellement en raison d'une erreur de l'exploitant ou d'une défaillance du matériel ; on en trouvera quelques exemples à l'annexe VI. Parmi les incidents survenus, on peut notamment citer les cas suivants :

- endommagement mécanique du matériel de diagraphie ;
- perte de protection ayant donné lieu à des débits de dose plus élevés que prévu ;
- disparition (ou perte) de sources radioactives ;
- chute ou détachement de sources ;
- blocage de sources dans un puits ou un forage ;
- apparition de fuites au niveau des sources en raison d'un impact mécanique, d'un problème de corrosion ou d'un incendie ;
- catastrophes naturelles (ouragan, p. ex.) ;
- actes malveillants (vol de sources, p. ex.).

13.4. Dans bien des cas, les incidents liés à des sources de diagraphie peuvent être évités ou leurs conséquences peuvent être atténuées si les précautions suivantes sont prises :

- a) Le matériel de diagraphie devrait être conforme aux normes réglementaires en vigueur.
- b) Les travailleurs devraient :
  - être dûment formés et qualifiés et posséder les compétences requises ;
  - respecter les règles locales et les autres procédures applicables ;
  - utiliser des instruments de contrôle radiologique du lieu de travail étalonnés et porter des dosimètres individuels adéquats avant, pendant et après chaque utilisation d'une source ;
  - inspecter régulièrement et convenablement le matériel de diagraphie avant de s'en servir ;
  - se servir correctement des équipements d'urgence ;
  - procéder à une inspection finale de la zone de travail avant de quitter le site.

## ÉLABORATION DE PLANS ET PROCÉDURES D'URGENCE

13.5. La prévention des incidents et des accidents est certes la priorité absolue, mais il pourrait tout de même se produire des événements qui pourraient nécessiter des mesures de protection ou d'autres actions d'intervention. Les organismes exploitants sont tenus d'établir à l'avance un plan et des procédures d'urgence afin d'atteindre les objectifs de l'intervention d'urgence et de faire en sorte que cette intervention soit efficace (voir la prescription 23 de la publication GSR Part 7 [45]). Lorsque des travaux de diagraphie doivent être réalisés sur le site d'un client, ce dernier devrait être consulté en ce qui concerne le plan et les procédures d'urgence.

13.6. Une évaluation des dangers associés aux sources de rayonnements utilisées en diagraphie ainsi que des conséquences potentielles d'une situation d'urgence doit être réalisée de façon à servir de base à la mise en place de dispositions en matière de préparation et de conduite des interventions d'urgence, conformément à la prescription 4 de la publication GSR Part 7 [45]. Les situations d'urgence susceptibles de toucher les travailleurs, les personnes du public ou l'environnement devraient être recensées dans l'évaluation des dangers effectuée par l'organisme d'exploitant.

13.7. Les activités de diagraphie faisant intervenir des sources de rayonnements relèvent généralement de la catégorie IV parmi les catégories de préparation

des interventions d'urgence qui sont décrites dans le tableau 1 de la publication GSR Part 7 [45]. Il faut établir des dispositions d'urgence appropriées (prévoyant notamment les plans et procédures, les équipements, la formation, les exercices et les entraînements ainsi qu'un programme de gestion de la qualité) qui correspondent à cette catégorie. D'autres recommandations sont présentées dans les publications de la collection Normes de sûreté de l'AIEA n° GS-G-2.1, *Arrangements for Preparedness for a Nuclear or Radiological Emergency* [46], et n° GSG-2, *Critères à utiliser pour la préparation et la conduite des interventions en cas d'urgence nucléaire ou radiologique* [47].

13.8. Le plan d'urgence d'une installation de diagraphie devrait prévoir divers scénarios, notamment la disparition, la perte ou le vol d'une source et un endommagement du matériel de diagraphie donnant lieu à une contamination et/ou à une augmentation des débits de dose. Les procédures d'urgence devraient comprendre les éléments suivants :

- une description claire des rôles et responsabilités ;
- un concept des opérations ;
- des dispositions en matière de communication et de coordination ;
- des protocoles de notification en cas de situation d'urgence ;
- des instructions à l'intention du personnel présent sur le site ;
- des instructions relatives à la délimitation de la zone touchée et au contrôle des accès ;
- des mesures visant à assurer la protection des membres des équipes d'intervention, selon qu'il convient.

Si possible, il conviendrait de consulter un expert qualifié lors de l'élaboration des plans et procédures d'urgence.

13.9. La publication n° GS-G-2.1 [46] présente des recommandations sur la mise en place, étape par étape, de dispositions d'urgence adéquates aux niveaux organisationnel, local et national, y compris des modèles de plans d'urgence. D'autres orientations pratiques sur les procédures générales pour l'évaluation et l'intervention en cas d'urgence radiologique sont fournies dans la référence [48]. On trouvera également des guides d'intervention en cas de situation d'urgence radiologique dans la référence [49].

13.10. On peut considérer que les dispositions d'urgence comprennent plusieurs tâches, chacune d'entre elles devant être effectuée par l'organisme exploitant et les organismes d'intervention concernés, conformément aux recommandations

formulées dans la publication GS-G-2.1 [46] pour les installations et activités classées dans la catégorie de préparation des interventions d'urgence IV.

13.11. La mise en œuvre du plan et des procédures d'urgence sur site peut nécessiter un appui hors site (organisme d'intervention hors site, services d'urgence, spécialistes de la radioprotection, p. ex.), comme il en est question dans les publications GSR Part 7 [45] et GS-G-2.1 [46]. Le plan d'urgence sur site devrait contenir des renseignements détaillés sur l'appui hors site, et il faudrait s'assurer que les intervenants sont parfaitement au fait de leurs responsabilités et les acceptent. En particulier, le plan d'urgence sur site devrait prévoir les dispositions à prendre pour assurer une communication immédiate et efficace entre toutes les parties concernées.

13.12. Lorsqu'il demande une autorisation, l'organisme exploitant est tenu de présenter son plan d'urgence sur site à l'organisme de réglementation pour approbation (paragraphe 6.19 de la publication GSR Part 7 [45]). Il devrait également mettre le plan d'urgence et les procédures associées à la disposition des autorités hors site concernées.

## ÉQUIPEMENTS D'URGENCE

13.13. L'organisme exploitant est tenu de veiller à ce que l'ensemble des outils, instruments, fournitures, équipements, systèmes de communication, moyens et documents nécessaires pour intervenir en cas d'urgence sont disponibles et sous le contrôle d'un programme de gestion de la qualité qui comprend des dispositions pour le contrôle des stocks, les essais et l'étalonnage (voir le paragraphe 6.34 de la publication GSR Part 7 [45]).

13.14. Si l'on pense que la capsule d'une source scellée pourrait avoir été endommagée, des précautions supplémentaires devraient être prises, car il se pourrait que des matières radioactives s'échappent de la source et qu'il y ait un risque de contamination des personnes et des objets situés à proximité. Pour détecter et mesurer la contamination radioactive provenant de la source qui fuit, il faut avoir les équipements de surveillance spécialisés et les compétences techniques nécessaires. S'il sait ou soupçonne que la capsule d'une source s'est rompue et qu'il ne dispose pas des capacités requises pour faire face à une telle situation, l'organisme exploitant devrait rapidement demander conseil à un expert qualifié. Il faudrait également, en pareil cas, accorder l'attention voulue aux mesures à prendre pour décontaminer les personnes et les équipements, s'il y a lieu.

13.15. Pour les situations d'urgence mettant en jeu des sources de diagraphie, il faudrait s'assurer de disposer des équipements suivants, selon qu'il convient :

- a) des instruments de contrôle radiologique du lieu de travail pour mesurer les débits de dose aussi bien élevés que faibles ;
- b) des dosimètres individuels actifs dotés d'alarmes ;
- c) des dosimètres individuels supplémentaires ;
- d) des barrières et des panneaux d'avertissement pour la délimitation temporaire d'une zone contrôlée ;
- e) du matériel pour le blindage local, comme des sacs de grenaille de plomb ou des feuilles de plomb ;
- f) une trousse à outils et du matériel adéquats pour la récupération des sources (pinces à long manche, tenailles, tournevis, coupe-boulons, clés à molette) ;
- g) un conteneur blindé de secours ;
- h) une trousse pour analyse de frottis pour effectuer des essais d'étanchéité des sources et d'autres contrôles de la contamination superficielle ;
- i) du matériel de communication (téléphones portables, émetteurs et récepteurs radio) ;
- j) des piles et batteries de rechange et des lampes torches ;
- k) l'équipement de protection individuel nécessaire.

#### EXEMPLE DE PROCÉDURES D'INTERVENTION EN CAS D'INCIDENTS METTANT EN JEU DES SOURCES DE RAYONNEMENTS DANS LE DOMAINE DE LA DIAGRAPHIE

13.16. Les paragraphes 13.17 à 13.20 donnent des orientations pratiques sur les mesures qui doivent être prises immédiatement par les travailleurs et le responsable de la radioprotection dans une situation d'urgence. Les mesures sont énumérées dans l'ordre dans lequel elles devraient logiquement être prises, mais il pourrait s'avérer nécessaire de procéder dans un ordre différent selon les circonstances. L'organisme exploitant devrait établir les procédures et instructions à suivre en cas d'urgence en tenant compte des recommandations figurant dans la présente section et des scénarios d'accidents postulés définis sur la base de l'évaluation des dangers. Comme c'est toujours le cas en situation d'urgence radiologique, l'intervention d'urgence devrait viser avant toute chose à assurer la protection des personnes.

## Mesures à prendre en cas d'événements mettant en jeu des sources radioactives gamma et neutroniques

13.17. Dans le cas d'un événement mettant en jeu une source radioactive gamma ou neutronique, les travailleurs devraient prendre les mesures suivantes :

- a) constater rapidement l'existence d'une situation anormale susceptible de constituer une urgence et appliquer les procédures d'urgence appropriées ;
- b) rester calme et s'éloigner de la source radioactive, puis veiller à ce que tous les autres travailleurs se trouvant à proximité soient évacués et informés qu'il pourrait y avoir une situation d'urgence ;
- c) informer le responsable de la radioprotection de l'organisme exploitant ;
- d) mesurer les débits de dose de rayonnements gamma et/ou neutroniques et consigner les doses mesurées par les dosimètres individuels actifs ;
- e) confirmer le positionnement des barrières déjà en place ou (re)mettre en place des barrières pour délimiter une zone contrôlée en fonction des niveaux de référence des débits de dose, conformément aux prescriptions réglementaires et aux plans et procédures d'urgence ;
- f) empêcher l'accès à la zone contrôlée ;
- g) utiliser les équipements de protection individuels nécessaires ;
- h) maintenir la zone contrôlée sous surveillance ;
- i) informer les autorités compétentes (et le client, si la situation d'urgence se produit sur son site) et demander de l'aide, conformément aux instructions figurant dans le plan et les procédures d'urgence.

13.18. Dans le cas d'un événement mettant en jeu une source radioactive gamma ou neutronique, le responsable de la radioprotection devrait prendre les mesures suivantes :

- a) préparer et mettre en œuvre un plan d'action spécifique sur la base des plans et procédures d'urgence établis précédemment, en prenant soin de réduire au minimum les doses qui pourraient être reçues à la suite de l'application de ce plan ;
- b) se mettre à l'écart de la zone contrôlée et répéter le plan d'action avant d'aller le mettre en œuvre dans la zone contrôlée ;
- c) mettre en œuvre le plan d'action dans la mesure où les conditions (formation, équipements, situation sur place et autorisations) le permettent ; ne laisser en aucun cas la source entrer en contact avec les mains ou d'autres parties du corps ;
- d) si le plan d'action échoue, quitter la zone contrôlée et réfléchir à un nouveau plan d'action tout en veillant à maintenir la zone contrôlée sous surveillance ;

- e) si nécessaire, faire appel à l'assistance technique d'un expert qualifié ou du fabricant de la source et/ou du matériel de diagraphie, selon le cas. La prestation de cette assistance pourrait faire partie du plan et des procédures d'urgence, auquel cas elle devrait être organisée et convenue à l'avance par les différentes parties ;
- f) une fois que la situation a été maîtrisée et que la sûreté de la source a été assurée, mener une enquête sur l'événement et faire une estimation des doses reçues ;
- g) renvoyer les dosimètres individuels au service de dosimétrie pour qu'il procède à une évaluation rapide ;
- h) faire réparer tout équipement endommagé ou défectueux par le fabricant ou demander à un expert qualifié de procéder à un examen détaillé et aux réparations nécessaires avant toute réutilisation ;
- i) établir un rapport et avertir l'organisme de réglementation, conformément aux prescriptions réglementaires.

### **Mesures à prendre en cas d'événements mettant en jeu des générateurs de neutrons**

13.19. Dans le cas d'un événement mettant en jeu un générateur de neutrons, les travailleurs devraient prendre les mesures suivantes :

- a) constater rapidement l'existence d'une situation anormale susceptible de constituer une urgence et appliquer les procédures d'urgence appropriées ;
- b) couper l'alimentation électrique du générateur de neutrons ;
- c) informer le responsable de la radioprotection ;
- d) effectuer un levé radiologique pour vérifier s'il y a ou non un risque radiologique résiduel ;
- e) ne pas déplacer le matériel de diagraphie tant que des paramètres comme la position, la direction du faisceau et les caractéristiques de l'exposition (tension du tube, courant et durée) n'ont pas été consignés ;
- f) ne pas utiliser le générateur de neutrons tant qu'il n'a pas été examiné et réparé par le fabricant ou par un expert qualifié ;
- g) utiliser les équipements de protection individuels nécessaires.

13.20. Dans le cas d'un événement mettant en jeu un générateur de neutrons, le responsable de la radioprotection devrait prendre les mesures suivantes :

- a) faire une estimation des doses qui pourraient avoir été reçues ;
- b) renvoyer les dosimètres individuels au service de dosimétrie pour qu'il procède à une évaluation rapide ;

- c) établir un rapport et avvertir l'organisme de réglementation, conformément aux prescriptions réglementaires.

## FORMATION ET EXERCICES

13.21. Conformément au paragraphe 5.44 de la publication GSR Part 7 [45], tous les membres du personnel qui participeront à la mise en œuvre des plans d'urgence doivent être dûment qualifiés et formés pour s'acquitter efficacement de leurs fonctions. Notamment, ils devraient bien connaître et maîtriser le plan d'urgence et avoir reçu une formation spécifique sur l'application des procédures d'urgence et sur l'utilisation des équipements d'urgence. Ils devraient également avoir reçu des orientations et une formation sur le rayon approximatif de la zone intérieure bouclée dans laquelle des actions protectrices urgentes seraient tout d'abord mises en œuvre et sur l'ajustement de cette zone sur la base des conditions observées et évaluées sur le site.

13.22. Chaque travailleur ne devrait mettre en œuvre que les parties du plan d'urgence pour lesquelles il a été habilité et formé et pour lesquelles il dispose du matériel adéquat. Les dispositions en matière de formation devraient être régulièrement réexaminées afin d'assurer le maintien des compétences des travailleurs.

13.23. Des exercices d'intervention d'urgence devraient être organisés, à une fréquence suffisante eu égard aux risques potentiels, pour tester les éléments essentiels du plan d'urgence. Il faudrait régulièrement procéder à des exercices à petite échelle pour s'assurer que les coordonnées de l'ensemble des personnes et organismes ayant des responsabilités dans le cadre des interventions d'urgence sont à jour.

13.24. Tous les enseignements tirés de ces exercices doivent être pris en compte dans les examens et, s'il y a lieu, les révisions du plan et des procédures d'urgence (voir le paragraphe 6.36 de la publication GSR Part 7 [45]).

## EXAMENS PÉRIODIQUES DU PLAN D'URGENCE

13.25. Il est recommandé de réaliser des examens formels du plan d'urgence à intervalles réguliers. Ces examens périodiques devraient prévoir des dispositions pour actualiser le plan d'urgence à la lumière des enseignements tirés des exercices ou des situations d'urgence.

## ÉTABLISSEMENT DE RAPPORTS

13.26. L'objectif principal de la préparation et de la conduite des interventions d'urgence est d'atténuer les conséquences d'une situation d'urgence. Pour y parvenir, il faudrait réaliser un examen critique des incidents qui se sont produits, afin que les enseignements tirés puissent être utilisés pour fournir un retour d'expérience en vue d'améliorer les équipements, les procédures de maintenance, les procédures opérationnelles et les dispositions en matière d'intervention d'urgence. Un rapport détaillé devrait être établi, dans lequel devrait figurer une analyse de la situation d'urgence et de l'intervention qui a été menée pour y faire face.

13.27. Les rapports sur des incidents mettant en jeu des sources de rayonnements utilisées lors de travaux de diagraphie devraient être établis par le responsable de la radioprotection avec, au besoin, le concours d'experts qualifiés. Ces rapports devraient être remis à la direction, à l'organisme de réglementation et aux autres autorités compétentes aux niveaux local, régional et national. Dans l'éventualité où un dysfonctionnement du matériel pourrait être en cause, le fournisseur et l'organisme de réglementation devraient en être avertis afin qu'il soit procédé à une évaluation du matériel et que les mesures nécessaires soient prises.

13.28. Un rapport sur une situation d'urgence devrait contenir les renseignements suivants :

- a) une description de la situation d'urgence, avec autant de détails que possible sur l'équipement en cause, y compris le modèle et le numéro de série ;
- b) les conditions environnementales au moment de la situation d'urgence, avec des précisions quant à savoir si ces conditions ont joué ou non un rôle important dans le déclenchement ou dans l'issue de la situation d'urgence ;
- c) la ou les causes précises de la situation d'urgence ;
- d) des détails sur les mesures prises pour reprendre le contrôle de la situation et rétablir des conditions normales, avec des précisions sur toute mesure qui s'est avérée particulièrement bénéfique ou préjudiciable ;
- e) les membres du personnel ayant pris part à l'intervention d'urgence, leurs responsabilités, leurs tâches et leurs qualifications ;
- f) une évaluation et un récapitulatif des doses reçues par toutes les personnes touchées ;
- g) les mesures correctives recommandées pour éviter que des situations d'urgence similaires se produisent à l'avenir ;
- h) les enseignements tirés de la gestion de la situation d'urgence.

## COMMUNICATION AVEC LE PUBLIC

13.29. La communication avec le public concernant les situations d'urgence mettant en jeu des sources de diagraphie (en cas de vol d'une source, par exemple) devrait être prise en main par l'organisme exploitant en concertation avec l'organisme de réglementation et les autres autorités compétentes, comme indiqué dans le plan et les procédures d'urgence. Les prescriptions 10 et 13 de la publication GSR Part 7 [45] abordent les dispositions à prendre en matière de communication avec le public, et d'autres recommandations sur l'information du public figurent dans la publication GS-G-2.1 [46].

## RÉFÉRENCES

- [1] AGENCE DE L'OCDE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE, AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, COMMUNAUTÉ EUROPÉENNE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE, ORGANISATION INTERNATIONALE DU TRAVAIL, ORGANISATION MARITIME INTERNATIONALE, ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ, ORGANISATION PANAMÉRICAINNE DE LA SANTÉ, PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT, Principes fondamentaux de sûreté, n° SF-1 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA, AIEA, Vienne (2007).
- [2] BADRUZZAMAN, A., BARNES, S., BAIR, F.J., GRICE, K.J., "Radioactive sources in petroleum industry: Applications, concerns and alternatives", Proc. Asia Pacific Health, Safety, Security and Environment Conference and Exhibition, Jakarta, 2009, Society of Petroleum Engineers, Richardson, TX (2009).
- [3] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Catégorisation des sources radioactives, n° RS-G-1.9 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA, AIEA, Vienne (2011).
- [4] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Sûreté des générateurs de rayonnements et des sources radioactives scellées, n° RS-G-1.10 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA, AIEA, Vienne (2008).
- [5] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Sûreté radiologique en radiographie industrielle, n° SSG-11 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA, AIEA, Vienne (2013).
- [6] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Safety of Gamma, Electron and X Ray Irradiation Facilities, IAEA Safety Standards Series No. SSG-8, IAEA, Vienna (2010).
- [7] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Safety in the Use of Nuclear Gauges, IAEA Safety Standards Series No. SSG-58, IAEA, Vienna (2020).
- [8] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Glossaire de sûreté de l'AIEA : Terminologie employée en sûreté nucléaire et en radioprotection, Édition 2018, AIEA, Vienne (2021).
- [9] AGENCE DE L'OCDE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE, AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, COMMISSION EUROPÉENNE, ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE, ORGANISATION INTERNATIONALE DU TRAVAIL, ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ, ORGANISATION PANAMÉRICAINNE DE LA SANTÉ, PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT, Radioprotection et sûreté des sources de rayonnements : Normes fondamentales internationales de sûreté, n° GSR Part 3 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA, AIEA, Vienne (2016).

- [10] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Management of Radioactive Waste from the Mining and Milling of Ores, Safety Standards Series No. WS-G-1.2, IAEA, Vienna (2002) (une version révisée est en préparation).
- [11] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Application of Radiotracer Techniques for Interwell Studies, IAEA Radiation Technology Series No. 3, IAEA, Vienna (2012).
- [12] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Cadre gouvernemental, législatif et réglementaire de la sûreté, n° GSR Part 1 (Rev. 1) de la collection Normes de sûreté de l'AIEA, AIEA, Vienne (2017).
- [13] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Inspection des sources de rayonnements et mesures coercitives, IAEA-TECDOC-1526, AIEA, Vienne (2012).
- [14] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Stratégie nationale visant à la reprise de contrôle des sources orphelines et au renforcement du contrôle des sources vulnérables, n° SSG-19 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA, AIEA, Vienne (2015).
- [15] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Code de conduite sur la sûreté et la sécurité des sources radioactives, AIEA, Vienne (2004).
- [16] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Évaluation de la sûreté des installations et activités, n° GSR Part 4 (Rev. 1) de la collection Normes de sûreté de l'AIEA, AIEA, Vienne (2017).
- [17] COMMISSION INTERNATIONALE DE PROTECTION RADIOLOGIQUE, Recommandations 2007 de la Commission internationale de protection radiologique, Publication 103, Lavoisier, Paris (2009).
- [18] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Developing Safety Culture in Nuclear Activities: Practical Suggestions to Assist Progress, Safety Reports Series No. 11, IAEA, Vienna (1998).
- [19] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, BUREAU INTERNATIONAL DU TRAVAIL, Radioprotection professionnelle, n° GSG-7 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA, AIEA, Vienne (2022).
- [20] ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION, Symbole de base pour les rayonnements ionisants, ISO 361:1975, ISO, Genève (1975).
- [21] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Training in Radiation Protection and the Safe Use of Radiation Sources, Safety Reports Series No. 20, IAEA, Vienna (2001).
- [22] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Règlement de transport des matières radioactives, édition de 2018, n° SSR-6 (Rev. 1) de la collection Normes de sûreté de l'AIEA, AIEA, Vienne (2018).
- [23] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Protection and the Management of Radioactive Waste in the Oil and Gas Industry, Safety Reports Series No. 34, IAEA, Vienna (2003).
- [24] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Orientations pour l'importation et l'exportation de sources radioactives, AIEA, Vienne (2012).

- [25] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Recommandations de sécurité nucléaire relatives aux matières radioactives et aux installations associées, n° 14 de la collection Sécurité nucléaire de l'AIEA, AIEA, Vienne (2011).
- [26] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Sécurité des matières radioactives en cours d'utilisation et d'entreposage et des installations associées, n° 11-G (Rev. 1) de la collection Sécurité nucléaire de l'AIEA, AIEA, Vienne (2022).
- [27] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Sécurité des matières radioactives en cours de transport, n° 9-G (Rev. 1) de la collection Sécurité nucléaire de l'AIEA, AIEA, Vienne (2022).
- [28] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Sécurité de l'information nucléaire, n° 23-G de la collection Sécurité nucléaire de l'AIEA, AIEA, Vienne (2017).
- [29] ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION, Systèmes de management de la qualité – Exigences, ISO 9001:2015, ISO, Genève (2015).
- [30] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Direction et gestion pour la sûreté, n° GSR Part 2 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA, AIEA, Vienne (2016).
- [31] ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION, Radioprotection – Sources radioactives scellées – Exigences générales et classification, ISO 2919:2012, ISO, Genève (2012).
- [32] ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION, Radioprotection – Sources radioactives scellées – Méthodes d'essai d'étanchéité, ISO 9978:1992, ISO, Genève (1992).
- [33] NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Qualification of Special Form Radioactive Material, 10 CFR 71.75, US Govt Printing Office, Washington DC (2015).
- [34] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Déclassement des installations, n° GSR Part 6 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA, AIEA, Vienne (2017).
- [35] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Decommissioning of Medical, Industrial and Research Facilities, IAEA Safety Standards Series No. SSG-49, IAEA, Vienna (2019).
- [36] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Predisposal Management of Radioactive Waste from the Use of Radioactive Material in Medicine, Industry, Agriculture, Research and Education, IAEA Safety Standards Series No. SSG-45, IAEA, Vienna (2019).
- [37] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Borehole Disposal Facilities for Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. SSG-1, IAEA, Vienna (2009).
- [38] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, BOSS: Borehole Disposal of Disused Sealed Sources — A Technical Manual, IAEA-TECDOC-1644, IAEA, Vienna (2011).
- [39] ORGANISATION DE L'AVIATION CIVILE INTERNATIONALE, Instructions techniques pour la sécurité du transport aérien des marchandises dangereuses, Édition 2017-2018, OACI, Montréal (2017).

- [40] ORGANISATION MARITIME INTERNATIONALE, Code maritime international des marchandises dangereuses (Code IMDG), Édition de 2018, OMI, Londres (2018).
- [41] COMMISSION ÉCONOMIQUE DES NATIONS UNIES POUR L'EUROPE, COMITÉ DES TRANSPORTS INTÉRIEURS, Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (ADR), Édition de 2019, CEE-ONU, Genève (2018).
- [42] MARCHÉ COMMUN DU SUD, Accord de portée limitée destiné à faciliter le transport des marchandises dangereuses (1994).
- [43] COMMISSION ÉCONOMIQUE DES NATIONS UNIES POUR L'EUROPE, COMITÉ DES TRANSPORTS INTÉRIEURS, Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voies de navigation intérieures (ADN), Édition de 2017, CEE-ONU, Genève (2016).
- [44] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Advisory Material for the IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material (2018 Edition), IAEA Safety Standards Series No. SSG-26 (Rev. 1), IAEA, Vienna (2022).
- [45] AGENCE DE L'OCDE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE, AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, BUREAU DE LA COORDINATION DES AFFAIRES HUMANITAIRES DE L'ONU, COMMISSION PRÉPARATOIRE DE L'ORGANISATION DU TRAITÉ D'INTERDICTION COMPLÈTE DES ESSAIS NUCLÉAIRES, INTERPOL, ORGANISATION DE L'AVIATION CIVILE INTERNATIONALE, ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE, ORGANISATION INTERNATIONALE DU TRAVAIL, ORGANISATION MARITIME INTERNATIONALE, ORGANISATION MÉTÉOROLOGIQUE MONDIALE, ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ, ORGANISATION PANAMÉRICAINNE DE LA SANTÉ, PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT, Préparation et conduite des interventions en cas de situation d'urgence nucléaire ou radiologique, n° GSR Part 7 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA, AIEA, Vienne (2017).
- [46] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR OFFICE, PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION, UNITED NATIONS OFFICE FOR THE COORDINATION OF HUMANITARIAN AFFAIRS, WORLD HEALTH ORGANIZATION, Arrangements for Preparedness for a Nuclear or Radiological Emergency, IAEA Safety Standards Series No. GS-G-2.1, IAEA, Vienna (2007).
- [47] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, BUREAU INTERNATIONAL DU TRAVAIL, ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE, ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ, ORGANISATION PANAMÉRICAINNE DE LA SANTÉ, Critères à utiliser pour la préparation et la conduite des interventions en cas d'urgence nucléaire ou radiologique, n° GSG-2 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA, AIEA, Vienne (2012).

- [48] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Generic Procedures for Assessment and Response During a Radiological Emergency, IAEA-TECDOC-1162, IAEA, Vienna (2000).
- [49] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Méthode d'élaboration de mesures d'intervention en cas de situation d'urgence nucléaire ou radiologique, EPR-METHOD 2003, AIEA, Vienne (2009).



## Annexe I

### APERÇU DES SOURCES RADIOACTIVES UTILISÉES EN DIAGRAPHIE

I-1. Les sources radioactives sont largement utilisées dans diverses techniques de diagraphie. Le tableau I-1 donne des exemples de sources radioactives et de générateurs de neutrons qui sont communément utilisés dans les applications de diagraphie dans l'industrie pétrolière [I-1], et propose une catégorisation de ces sources conformément à la publication intitulée *Catégorisation des sources radioactives* (n° RS-G-1.9 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA) [I-2].

### RÉFÉRENCES RELATIVES À L'ANNEXE I

- [I-1] BADRUZZAMAN, A., BARNES, S., BAIR, F.J., GRICE, K.J., "Radioactive sources in petroleum industry: Applications, concerns and alternatives", Proc. Asia Pacific Health, Safety, Security and Environment Conference and Exhibition, Jakarta, 2009, Society of Petroleum Engineers, Richardson, TX (2009).
- [I-2] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, *Catégorisation des sources radioactives*, n° RS-G-1.9 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA, AIEA, Vienne (2011).

TABLEAU I-1. EXEMPLES DE SOURCES UTILISÉES POUR DES APPLICATIONS DANS L'INDUSTRIE PÉTROLIÈRE [II-1]

Application	Radio-isotope	Période (années)	Activité typique (A) (TBq <sup>a</sup> )	Valeur D (TBq <sup>a</sup> )	Rapport A/D	Catégorie (basée sur A/D)	Catégorie recommandée
Diagraphie : porosité neutron ou lithologie capture	<sup>241</sup> Am-Be	433	0,02 à 0,8	0,06	0,33 à 13	2, 3 ou 4	3
Diagraphie : densité	<sup>137</sup> Cs	30,2	0,037 à 0,074	0,1	0,37 à 0,74	4	3
Diagraphie : porosité neutron	<sup>252</sup> Cf	2,65	0,001 à 0,004	0,02	0,05 à 0,02	4	3
Diagraphie avec générateur de neutrons deutérium-tritium (D-T)	<sup>3</sup> H	12,33	0,11 à 1,1	2 000	$5 \times 10^{-5}$ à $5 \times 10^{-4}$	5	5

<sup>a</sup> Dans le secteur de la diagraphie dans certains États, les valeurs d'activité sont exprimées en curie. À des fins de conversion, 1 TBq équivaut à 27 curies.

## Annexe II

### ÉLÉMENTS À PRENDRE EN COMPTE AUX FINS D'UNE ÉVALUATION DE LA SÛRETÉ EN DIAGRAPHIE

II-1. Afin de réaliser une évaluation de la sûreté pour des conditions normales de fonctionnement et des scénarios d'incidents prévisibles, il convient d'examiner et de consigner les dangers et les mesures de contrôle associés. Certains éléments importants d'une évaluation de la sûreté en diagraphie sont décrits ci-après.

#### CONDITIONS NORMALES DE FONCTIONNEMENT

II-2. Les conditions normales de fonctionnement à prendre en compte sont les suivantes :

- entreposage des sources de diagraphie ;
- étalonnage et utilisation des outils de diagraphie ;
- transport des sources ;
- réalisation des travaux sur le site avec les outils de diagraphie ;
- maintenance des outils ;
- stockage définitif des sources retirées du service.

II-3. Pour chacune des conditions susmentionnées, il convient de déterminer les dangers associés et les mesures de contrôle nécessaires.

#### INCIDENTS RAISONNABLEMENT PRÉVISIBLES

II-4. On trouvera ci-après une liste d'incidents raisonnablement prévisibles mettant en jeu des sources de rayonnements utilisées en diagraphie. Cette liste n'est nullement exhaustive.

- a) Une source se détache de l'outil de diagraphie (au fond du puits, p. ex.).
- b) Une source se retrouve bloquée dans l'outil ou dans le conteneur.
- c) Un outil reste coincé au fond du puits ou du forage.
- d) La mise hors tension d'un générateur de neutrons échoue.
- e) Présence de débits de dose élevés dans une zone qui n'est pas classée comme zone contrôlée.

- f) Surexposition présumée ou avérée de personnes aux rayonnements gamma et/ou neutroniques.
- g) Une source est manquante ou a été perdue ou volée.
- h) Une source a été endommagée ou fuit, par exemple en raison de dommages mécaniques ou à la suite d'un incendie ou d'une explosion dans une zone de travail ou une zone d'entreposage.
- i) Rupture d'une source de diagraphie, par exemple lors d'une tentative de récupération d'une source qui est restée bloquée dans le trou de forage.
- j) Un accident survient pendant le transport de sources radioactives.

II-5. Les éléments à prendre en considération dans l'évaluation de la sûreté pour chacun de ces scénarios sont examinés ci-après.

## DANGERS

### **Dangers radiologiques externes**

II-6. Les dangers radiologiques externes suivants doivent être pris en compte dans l'évaluation de la sûreté :

- a) sources radioactives : débits de dose gamma et, le cas échéant, neutroniques produits par les sources de diagraphie pendant l'entreposage, l'utilisation (en position blindée ou non) et le transport, ainsi que dans des scénarios d'accidents ;
- b) générateurs de neutrons : débits de dose neutroniques et gamma produits par les générateurs de neutrons dans des conditions normales d'utilisation et dans des scénarios d'accidents ;
- c) rayons gamma émis par tout produit d'activation neutronique, le cas échéant.

### **Dangers radiologiques internes**

II-7. Les aspects suivants liés aux dangers radiologiques internes doivent être pris en compte dans l'évaluation de la sûreté :

- a) risque de contamination de l'outil de diagraphie par des matières radioactives naturelles (hors du cadre de la présente publication) ;
- b) risque d'exposition interne en cas d'endommagement d'une source radioactive scellée.

## **Qui serait exposé aux dangers ?**

II-8. Il faut tenir compte des personnes suivantes, selon les circonstances :

- a) travailleurs : personnel de diagraphie et autres travailleurs présents sur le site (grutiers, p. ex.) ;
- b) personnes du public, y compris les visiteurs sur place.

## MESURES DE CONTRÔLE

### **Contrôles techniques**

II-9. Les contrôles techniques suivants doivent être pris en compte :

- a) blindage des installations d'entreposage, des conteneurs d'outils de diagraphie, des colis de transport et des suremballages (pour les radionucléides émetteurs gamma et émetteurs de neutrons, selon le cas) ;
- b) conception des colis de transport ;
- c) utilisation d'outils de manipulation adaptés (pour maintenir une distance suffisante par rapport à la source) ;
- d) conception des outils de diagraphie, permettant par exemple de limiter la probabilité de détachement d'une source ;
- e) conteneurs pour l'entreposage temporaire des sources à la suite d'un accident.

### **Contrôles administratifs**

II-10. Les contrôles administratifs suivants doivent être pris en compte :

- a) procédures de travail sûres, y compris des règles locales ;
- b) étiquetage des colis de transport et documentation ;
- c) désignation de zones contrôlées et délimitation de ces zones au moyen de barrières et de panneaux d'avertissement ;
- d) formation du personnel et désignation d'un responsable de la radioprotection ;
- e) conseils d'un expert qualifié ;
- f) contrôle radiologique du lieu de travail et contrôle radiologique individuel (rayonnements gamma et neutroniques), et surveillance de la santé ;
- g) programme de maintenance préventive et contrôles périodiques de l'état du matériel de diagraphie ;

- h) audits de sûreté périodiques des opérations ;
- i) essais d'étanchéité des sources radioactives scellées ;
- j) registres de comptabilité et de suivi des mouvements des sources.

## Annexe III

### INFORMATIONS RELATIVES À LA SÛRETÉ RADIOLOGIQUE DES GÉNÉRATEURS DE NEUTRONS UTILISÉS EN DIAGRAPHIE

III-1. Le générateur de neutrons utilisé en diagraphie est un accélérateur compact de noyaux de deutérium. Il se compose d'un tube accélérateur (tube à neutrons), d'une cible contenant du deutérium ou du tritium, d'une alimentation haute tension et d'un module de mesure.

III-2. Les caractéristiques suivantes sont importantes du point de vue de la sûreté radiologique lorsqu'on a recours à des générateurs de neutrons :

- débit d'équivalent de dose ambiant (rayonnements neutroniques et gamma) à 1,0 m du générateur de neutrons lorsqu'il fonctionne à sa puissance nominale ;
- débit d'équivalent de dose ambiant (rayonnements gamma) à 0,1 m de la cible du tube à neutrons du générateur de neutrons pendant une durée maximale d'une heure après un fonctionnement à la puissance nominale ;
- activité du tritium dans la cible.

III-3. Le débit de dose à 0,1 m de la cible du tube devra normalement être inférieur à 1  $\mu\text{Sv/h}$ , ou bien à une valeur établie par l'organisme de réglementation, avant que le personnel ne soit autorisé à manipuler directement le générateur. Sinon, il faudra observer un temps d'attente pour laisser décroître les produits d'activation dans le tube. Le principal problème posé par l'activation neutronique réside dans les rayons gamma émis par le  $^{56}\text{Mn}$  (période de 2,6 heures) produit par le  $^{56}\text{Fe}$  et le  $^{55}\text{Mn}$  présents dans le boîtier du générateur de neutrons : les réactions qui interviennent sont  $^{56}\text{Fe}(n,p)^{56}\text{Mn}$  (pour les neutrons rapides de 14 MeV) et  $^{55}\text{Mn}(n,\gamma)^{56}\text{Mn}$  (pour les neutrons thermiques). Comme expliqué au paragraphe 11.16, lorsqu'on remonte un générateur qui a été descendu dans un puits, on le met hors tension et on le maintient au fond du trou, à une profondeur de 20 à 50 mètres, pour permettre la décroissance des produits d'activation de courte période.

## Annexe IV

### CALCULS RELATIFS AU BLINDAGE CONTRE LES RAYONNEMENTS

IV-1. La présente annexe illustre, au moyen d'exemples simples, les calculs réalisés pour la conception du blindage pour les sources gamma et les sources de neutrons utilisées dans le secteur de la diagraphie.

#### BLINDAGE POUR LES SOURCES DE RAYONNEMENTS GAMMA

IV-2. Lorsque les rayons gamma traversent un milieu, ils sont absorbés. Cette absorption est caractérisée par le coefficient d'atténuation linéique du milieu pour un rayon gamma d'une énergie donnée. Les coefficients d'atténuation linéiques varient en fonction de la densité du milieu absorbant, y compris pour un même milieu. La loi d'atténuation s'exprime par la formule suivante :

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu t} \quad (\text{IV-1})$$

où

$I$  est l'intensité des photons transmis à travers un milieu absorbant ;

$I_0$  est l'intensité initiale des photons ;

$\mu$  est le coefficient d'atténuation linéique ( $\text{cm}^{-1}$ ) ;

et  $t$  est l'épaisseur du milieu absorbant (cm).

IV-3. Dans le cas des rayons gamma, il est utile de tenir compte de la couche de demi-atténuation (*half-value thickness* ou HVT en anglais) d'un milieu absorbant donné pour les énergies de rayons gamma considérées. La valeur HVT correspond à l'épaisseur du matériau de blindage qui transmettra la moitié du rayonnement incident. Elle est déterminée à partir du coefficient d'atténuation linéique, comme suit :

$$1 \text{ HVT} = 0,693/\mu \quad (\text{IV-2})$$

De manière comparable, la couche d'atténuation au dixième (*tenth-value thickness* ou TVT en anglais) correspond à l'épaisseur du matériau de

blindage qui transmettra un dixième du rayonnement incident (1 TVT équivaut environ à 3,3 HVT).

IV-4. Les valeurs HVT pour le  $^{137}\text{Cs}$  sont les suivantes :

- acier : 1,6 cm ;
- plomb : 0,7 cm.

IV-5. À titre d'exemple, le débit de dose à 50 cm du centre d'un conteneur en plomb de 3,2 cm d'épaisseur contenant 1 GBq de  $^{137}\text{Cs}$  peut être calculé comme suit :

- 1) Le débit de dose à 1 m d'une source de  $^{137}\text{Cs}$  non protégée ayant une activité de 1 GBq est de 80  $\mu\text{Gy/h}$ .
- 2) Le débit de dose à 50 cm de la source non protégée est de 320  $\mu\text{Gy/h}$ .
- 3) L'épaisseur du blindage est de 32 mm, ce qui équivaut à 1 TVT + 2 HVT.
- 4) Le débit de dose à l'endroit considéré est de 8  $\mu\text{Gy/h}$ .

## BLINDAGE POUR LES SOURCES DE RAYONNEMENTS NEUTRONIQUES

### Sources à l' $^{241}\text{Am-Be}$

IV-6. Il est préférable de recourir à l'informatique pour effectuer les calculs relatifs au blindage neutronique. Il est cependant possible de réaliser des calculs approximatifs grâce au concept de section efficace de déplacement, à l'aide de la formule suivante :

$$D(t) = D(0) e^{-\Sigma t} \quad (\text{IV-3})$$

où

- $D(t)$  est le débit de dose avec blindage ;
- $D(0)$  est le débit de dose sans blindage ;
- $t$  est l'épaisseur du blindage (cm) ;

et  $\Sigma$  est la section efficace de déplacement pour les neutrons ( $\text{cm}^{-1}$ ). Par exemple, la section efficace de déplacement de l'eau est de  $0,103 \text{ cm}^{-1}$ .

En utilisant la valeur de la section efficace de déplacement et l'épaisseur du blindage, il est possible de calculer le débit de dose à l'extérieur d'un conteneur blindé.

### Générateurs de neutrons

IV-7. L'épaisseur de blindage nécessaire,  $d$ , pour les rayonnements neutroniques émis par un générateur en marche (dans le cadre d'opérations hors puits), peut être obtenue comme suit [IV-1] :

$$d = \lambda \cdot \ln \left( \frac{C \cdot Q \cdot h}{4 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \dot{H}_{np}} \right) \text{cm} \quad (\text{IV-4})$$

où

$\lambda$  est la longueur de relaxation du flux de neutrons (cm) ;

$C$  est un facteur de correction sans dimension ;

$Q$  est le flux moyen de neutrons émis ( $\text{s}^{-1}$ ) ;

$h$  est le facteur de dose ( $\mu\text{Sv cm}^2$ ) ;

$R$  est la distance entre le tube du générateur et la surface externe du blindage ou de la clôture empêchant l'accès à un générateur actionné à l'extérieur du puits (cm) ;

et  $\dot{H}_{np}$  est le débit de dose cible ( $\mu\text{Sv/h}$ ).

IV-8. Les valeurs des paramètres  $\lambda$ ,  $C$  et  $h$  sont indiquées au tableau IV-1 pour des neutrons de 14 MeV en fonction du matériau de blindage utilisé.

TABLEAU IV-1. VALEURS DES PARAMÈTRES  $\lambda$ ,  $C$  ET  $h$  POUR DES NEUTRONS DE 14 MeV

Matériau de blindage	$\lambda$ (cm)	$C$	$h$ ( $\mu\text{Sv cm}^2$ )
Béton	19,7	1,2	$4,96 \times 10^{-4}$
Paraffine	17,5	1,3	$4,96 \times 10^{-4}$
Eau	16,9	1,3	$4,96 \times 10^{-4}$

## RÉFÉRENCE RELATIVE À L'ANNEXE IV

- [IV-1] ALEYNIKOV, V.E., BESKROVNAJA, L.G., KRYLOV, A.R., "Neutron effective dose calculation behind concrete shielding of charge particle accelerators with energy up to 100 MeV", Proc. IRPA Regional Congr. on Radiation Protection in Central Europe, Bratislava, 2003, Nuclear Regulatory Authority of the Slovak Republic, Bratislava (2003).

## Annexe V

### PROPOSITION DE STRUCTURE POUR LES RÈGLES LOCALES EN MATIÈRE DE DIAGRAPHIE

V-1. Les règles locales établies par l'organisme exploitant devraient servir à déterminer de manière précise les mesures requises pour garantir la protection et la sûreté ainsi que les personnes responsables de leur mise en œuvre. Une proposition de structure pour les règles locales en matière de diagraphie est présentée dans le tableau V-1.

TABLEAU V-1. RÈGLES LOCALES RELATIVES AUX OPÉRATIONS DE  
DIAGRAPHIE : PROPOSITION DE STRUCTURE

Section	Contenu
Introduction	Personnes visées par les règles Outils ou sites de diagraphie visés par les règles Règlementations applicables
Procédures de transport des outils de diagraphie contenant des sources radioactives (le cas échéant)	Préparation de l'expédition d'une source radioactive Prescriptions applicables aux colis de transport Marquage, étiquetage et autres mesures de contrôle opérationnelles Prescriptions relatives aux documents de transport, y compris dispositions en matière de préparation et de conduite des interventions d'urgence Système de gestion du transport Dispositions relatives à la réception d'une source radioactive
Procédures d'entreposage et de comptabilité des sources	Description des installations d'entreposage des sources radioactives Sécurité (contrôle des clés, p. ex.) Désignation de zones d'entreposage et panneaux d'avertissement Inventaires périodiques du stock physique de sources Tenue d'un registre de comptabilité des sources Tenue d'un registre de suivi des mouvements des sources

-----

TABLEAU V-1. RÈGLES LOCALES RELATIVES AUX OPÉRATIONS DE DIAGRAPHIE : PROPOSITION DE STRUCTURE (suite)

Section	Contenu
Procédures de contrôle de l'exposition	Description des zones contrôlées et des zones surveillées Programme de contrôle radiologique du lieu de travail Dispositions en matière de dosimétrie individuelle Niveaux d'investigation des doses Dispositions en matière de surveillance de la santé
Étalonnages, essais et maintenance	Essais annuels des instruments de contrôle radiologique du lieu de travail Programme de maintenance préventive pour les outils de diagraphie Essais d'étanchéité des sources radioactives
Rôles et responsabilités, et coordonnées	Cadres concernés Travailleurs qui utilisent les outils de diagraphie Responsable de la radioprotection Expert qualifié Organisme de réglementation Médecin du travail Fournisseur des outils de diagraphie et organismes chargés de la maintenance Agent de sécurité
Procédures d'urgence	Rôles et responsabilités Mesures immédiates requises Coordonnées des personnes à contacter en cas d'urgence

## Annexe VI

### EXEMPLES D'INCIDENTS METTANT EN JEU DES SOURCES DE RAYONNEMENTS UTILISÉES EN DIAGRAPHIE

#### EXEMPLE 1 : ENDOMMAGEMENT D'UNE SOURCE DE DIAGRAPHIE [VI-1]

VI-1. Un outil de diagraphie contenant deux sources –  $^{137}\text{Cs}$  (63 GBq) et  $^{241}\text{Am-Be}$  (592 Gbq) – s'est coincé près du fond d'un trou de forage. Après deux jours d'efforts, l'entreprise de diagraphie est parvenue à récupérer la source à l' $^{241}\text{Am-Be}$  en inversant la rotation de la tige de forage bloquée pour libérer l'outil. La source a pu être récupérée intacte.

VI-2. L'entreprise s'est mise en rapport avec l'organisme de réglementation pour l'informer de l'incident et lui a demandé l'autorisation d'abandonner les tentatives de récupération de la source au  $^{137}\text{Cs}$  si celles-ci n'aboutissaient pas dans les deux jours suivants. L'organisme de réglementation a donné son aval et a indiqué à l'entreprise un numéro d'urgence à composer en cas de problèmes de santé et de sûreté pendant les opérations de récupération.

VI-3. Le lendemain, l'entreprise a signalé que, pendant les opérations de récupération, les mesures de débit de dose des remontées de boue étaient passées de  $4 \mu\text{Sv/h}$  à  $70 \mu\text{Sv/h}$ , une forte augmentation attribuée à la rupture de la source à l'intérieur du trou de forage. La décision a donc été prise de boucler et d'évacuer l'installation de forage et la zone environnante.

VI-4. Avant de déterminer les mesures à prendre pour la suite, l'entreprise a procédé à un nouveau levé radiologique de la zone et soumis l'ensemble du personnel à un contrôle radiologique.

#### EXEMPLE 2 : ABANDON D'UNE SOURCE DE DIAGRAPHIE [VI-2]

VI-5. L'organisme de réglementation a reçu de la part d'une entreprise de diagraphie une notification l'informant qu'un outil de diagraphie contenant trois sources – une source à l' $^{241}\text{Am-Be}$  (166,5 GBq) et deux sources au  $^{137}\text{Cs}$  (74 GBq et 29,6 GBq) – s'est retrouvé coincé dans un puits. Après plusieurs tentatives de récupération infructueuses, l'entreprise a pris la décision d'abandonner les sources au fond du puits. Elle s'est engagée à recouvrir les sources d'une chape

de ciment teint en rouge d'une épaisseur d'au moins 30 mètres, à placer un dispositif de déviation au-dessus de la colonne d'outils et à installer une plaque sur la tête de puits.

### EXEMPLE 3 : PERTE TEMPORAIRE D'UNE SOURCE DE DIAGRAPHIE [VI-3]

VI-6. Une source de 55 GBq ( $^{137}\text{Cs}$ ) est tombée de son conteneur pendant qu'on la déplaçait sur une installation en mer. Elle s'est retrouvée sur une plateforme située en dessous du niveau sur lequel elle était transportée. Un employé l'a ramassée et l'a replacée dans son conteneur, une manœuvre qui a pris 45 secondes environ.

VI-7. Les calculs effectués ont permis de déterminer que l'employé avait reçu une dose efficace de l'ordre de 0,8 mSv. Le comité consultatif sur les rayonnements a recommandé que l'employé subisse un test sanguin pour la détection des aberrations chromosomiques. Les résultats des tests sanguins sur les lymphocytes ont indiqué des taux normaux.

VI-8. Plusieurs règles fondamentales n'ont pas été respectées pendant cet incident :

- a) l'incident n'a pas été signalé lorsqu'il s'est produit ;
- b) aucun outil de récupération des sources n'était disponible (aucun outil n'était présent sur l'installation où l'incident s'est produit) ;
- c) aucun protocole de récupération n'était en place ;
- d) un employé portait un dispositif de contrôle radiologique individuel dont l'utilisation n'avait pas été approuvée dans l'État concerné.

### EXEMPLE 4 : PERTE DE CONTRÔLE D'UNE SOURCE DE DIAGRAPHIE AU CÉSURIUM 137 AYANT DONNÉ LIEU À UNE RADIOEXPOSITION [VI-4]

VI-9. L'incident s'est produit sur une installation de forage dans l'État du Montana le 21 mai 2002 et a été signalé à la Commission de la réglementation nucléaire (NRC) des États-Unis le 23 mai 2002. Dans un premier temps, la NRC a dépêché sur le site une équipe chargée d'effectuer une inspection réactive dans le but de recueillir des renseignements sur l'incident. Cependant, à la suite d'un test sanguin (cytogénétique) ayant révélé une possible exposition d'un travailleur

à une dose de rayonnements de l'ordre de 2 Gy, il a été décidé de faire passer l'inspection au stade d'inspection « renforcée ».

VI-10. L'assemblage de la source comprenait une capsule de source scellée (modèle AEA Technology X2170/2) placée à l'intérieur d'une enveloppe de protection en métal, elle-même insérée dans un boîtier (modèle DH604538). La capsule contenait 48 GBq de  $^{137}\text{Cs}$ . L'enveloppe de protection entourant la capsule assurait un blindage important dans toutes les directions, excepté vers l'avant et sur un côté du boîtier, là où le blindage était plus léger et d'où était émis le rayonnement servant aux opérations de diagraphie. Le boîtier de la source mesurait environ 10 cm de long et son diamètre était d'environ 3 cm. Une des extrémités de l'assemblage de la source avait une forme évasée, qui était conçue pour s'adapter à l'outil de diagraphie et qui permettait également d'attraper l'assemblage à l'aide d'un instrument de manipulation spécial. Lorsqu'il n'était pas utilisé, l'assemblage logeait dans un conteneur d'entreposage blindé, utilisé à la fois pour assurer un entreposage sûr de la source et pour transporter la source vers les sites de diagraphie.

VI-11. Le 23 mai 2002, le responsable de la radioprotection de l'organisme exploitant a été informé par le bureau de terrain d'un incident survenu sur un site temporaire et ayant entraîné la perte de contrôle d'une source de diagraphie contenant 48 GBq de  $^{137}\text{Cs}$ . Il a à son tour averti le centre d'opérations de la NRC le 23 mai 2002 à 16 h 35.

VI-12. L'organisme exploitant a indiqué qu'à la fin des opérations de diagraphie qui avaient eu lieu le 21 mai 2002, les ingénieurs en diagraphie n'avaient pas correctement transféré la source scellée depuis l'outil de diagraphie jusqu'à son conteneur de transport blindé. La source non protégée a donc été laissée sur le sol de l'installation de forage et n'a été récupérée que deux jours plus tard quand on s'est aperçu de sa disparition. On a estimé que plusieurs travailleurs de l'installation de forage avaient été exposés à cette source non protégée. Ces travailleurs n'étant pas exposés aux rayonnements dans le cadre normal de leur travail, ils étaient censés bénéficier d'un niveau de protection identique à celui dont bénéficient les personnes du public.

VI-13. D'après les résultats de l'enquête, l'événement a été directement causé par une erreur d'un ingénieur en diagraphie qui n'a pas correctement transféré la source de  $^{137}\text{Cs}$  dans son conteneur d'entreposage immédiatement après son retrait de l'outil de diagraphie. Cette erreur a directement entraîné la perte de contrôle de la source. De nombreux autres facteurs ont joué un rôle dans l'incident, notamment l'absence de levé radiologique, une erreur d'indication au

niveau du bouchon du conteneur et la non-communication des spécifications de conception du bouchon. Une cause profonde possible de l'événement serait un manquement de l'organisme exploitant, lequel n'a pas mené d'enquête adéquate sur des événements antérieurs afin d'en déterminer les causes sous-jacentes.

#### EXEMPLE 5 : RÉCUPÉRATION D'UNE SOURCE RADIOACTIVE BLOQUÉE AU FOND D'UN PUIITS

VI-14. Lors d'essais de pression dans un puits, un coincement par pression différentielle de la colonne d'outils contenant des sources radioactives scellées est survenu. L'organisme de réglementation a été averti qu'une source radioactive était bloquée, et il a été décidé d'entreprendre une procédure inversée de coupure et d'enfilage (*cut and thread* en anglais) afin de récupérer la colonne d'outils coincée.

VI-15. L'exploitant a procédé à l'enfilage d'une tige de forage sur un câble, une cloche de repêchage étant placée à l'extrémité de la colonne. À mesure que la tige de forage et la cloche de repêchage s'approchaient de la colonne d'outils, une forte tension était observée au niveau du câble de diagraphie, ce qui pouvait laisser penser que le câble était endommagé dans le fond du trou. Il a alors été décidé de tirer sur le point fragile de la tête de câble et de récupérer la colonne d'outils à l'aide de la tige et de la cloche de repêchage uniquement. Il s'agissait du seul moyen de récupérer les sources et la colonne d'outils. L'exploitant a retiré deux longueurs de tige de forage et s'est préparé à tirer sur le point fragile à l'aide des élévateurs de l'installation de forage et d'un serre-câble. La manœuvre ayant fonctionné, il a dirigé la tige de forage pour la placer juste au-dessus du poisson, puis a injecté de la boue pour assurer une bonne connexion avec la colonne d'outils. Il a finalement réussi à accrocher la tige de forage à l'outil. Pendant l'opération de récupération, une surpression d'environ 130 kPa a été observée.

VI-16. La colonne d'outils, avec les sources radioactives, a été récupérée. D'après l'inspection initiale, les sources n'avaient pas été endommagées et la colonne d'outils n'avait subi que des dommages minimes. Les sources ont été renvoyées au siège de l'exploitant. Des essais d'étanchéité ont été réalisés pour vérifier l'intégrité des sources, lesquelles ont été mises en quarantaine en attendant les résultats des essais. Il a finalement été confirmé que les sources ne présentaient aucune fuite de matières radioactives.

## RÉFÉRENCES RELATIVES À L'ANNEXE VI

- [VI-1] UNITED STATES NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Event Notification Report No. 42891 (2006),  
[www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/event-status/event/2006/20061011en.html](http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/event-status/event/2006/20061011en.html).
- [VI-2] UNITED STATES NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Event Notification Report No. 40365 (2003),  
[www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/event-status/event/2003/20031204en.html](http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/event-status/event/2003/20031204en.html).
- [VI-3] STATE OF VICTORIA DEPARTMENT OF HEALTH, Annual Report of the Australian Radiation Advisory Committee 1999, Department of Health, Melbourne (1999).
- [VI-4] NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Loss of Control of Cesium-137 Well Logging Source Resulting in Radiation Exposures to Members of the Public, Rep. NUREG-1794, NRC, Arlington, TX (2004).

## PERSONNES AYANT COLLABORÉ À LA RÉDACTION ET À L'EXAMEN DU TEXTE

Badruzzaman, A.	Chevron Corporation (États-Unis d'Amérique)
Boal, T.	Agence internationale de l'énergie atomique
Colgan, P.A.	Agence internationale de l'énergie atomique
Foster, D.	Agence internationale de l'énergie atomique
George, C.	Agence internationale de l'énergie atomique
Gusev, I.	Agence internationale de l'énergie atomique
Haridasan, P.P.	Agence internationale de l'énergie atomique
Jova Sed, L.	Agence internationale de l'énergie atomique
Mats, N.	Institut national de recherche « Geologorazvedka » (Fédération de Russie)
Nandakumar, A.	Consultant (Inde)
Nestoroska Madjunarova, S.	Agence internationale de l'énergie atomique
Robertson, S.	Agence de protection de la santé (Royaume-Uni)
Rustamova, S.	Agence nationale de réglementation des activités nucléaires et radiologiques (Azerbaïdjan)
Saenger, R.	Schlumberger (France)
Shaw, P.	Agence internationale de l'énergie atomique
Stewart, J.	Agence internationale de l'énergie atomique
Varley, K.	Agence internationale de l'énergie atomique





# IAEA

Agence internationale de l'énergie atomique

N° 26

## OÙ COMMANDER ?

Vous pouvez vous procurer les publications de l'AIEA disponibles à la vente chez nos dépositaires ci-dessous ou dans les grandes librairies.

Les publications non destinées à la vente doivent être commandées directement à l'AIEA. Les coordonnées figurent à la fin de la liste ci-dessous.

### AMÉRIQUE DU NORD

#### ***Bernan / Rowman & Littlefield***

15250 NBN Way, Blue Ridge Summit, PA 17214 (États-Unis d'Amérique)  
Téléphone : +1 800 462 6420 • Télécopie : +1 800 338 4550  
Courriel : [orders@rowman.com](mailto:orders@rowman.com) • Site web : [www.rowman.com/bernan](http://www.rowman.com/bernan)

#### ***Renouf Publishing Co. Ltd***

22-1010 Polytek Street, Ottawa, ON K1J 9J1 (Canada)  
Téléphone : +1 613 745 2665 • Télécopie : +1 613 745 7660  
Courriel : [order@renoufbooks.com](mailto:order@renoufbooks.com) • Site web : [www.renoufbooks.com](http://www.renoufbooks.com)

### RESTE DU MONDE

Veillez-vous adresser à votre libraire préféré ou à notre principal distributeur :

#### ***Eurospan Group***

Gray's Inn House  
127 Clerkenwell Road  
London EC1R 5DB  
(Royaume-Uni)

#### ***Commandes commerciales et renseignements :***

Téléphone : +44 (0) 176 760 4972 • Télécopie : +44 (0) 176 760 1640  
Courriel : [eurospan@turpin-distribution.com](mailto:eurospan@turpin-distribution.com)

#### ***Commandes individuelles :***

[www.eurospanbookstore.com/iaea](http://www.eurospanbookstore.com/iaea)

#### ***Pour plus d'informations :***

Téléphone : +44 (0) 207 240 0856 • Télécopie : +44 (0) 207 379 0609  
Courriel : [info@eurospangroup.com](mailto:info@eurospangroup.com) • Site web : [www.eurospangroup.com](http://www.eurospangroup.com)

### Les commandes de publications destinées ou non à la vente peuvent être adressées directement à :

Unité de la promotion et de la vente  
Agence internationale de l'énergie atomique  
Centre international de Vienne, B.P. 100, 1400 Vienne (Autriche)  
Téléphone : +43 1 2600 22529 ou 22530 • Télécopie : +43 1 26007 22529  
Courriel : [sales.publications@iaea.org](mailto:sales.publications@iaea.org) • Site web : <https://www.iaea.org/fr/publications>





# Des normes internationales pour la sûreté