

# Personne Compétente en Radioprotection

## Radioprotection pratique pour l'industrie et la recherche Sources scellées



Jean-Claude Moreau et Marc Ammerich

# **Personne compétente en radioprotection**

**Radioprotection pratique pour l'industrie  
et la recherche**

**Sources scellées et générateurs de rayonnements X**

Vj ku' r ci g' k p v g p v k p c m { ' i g h v' d r e p m

# **Personne compétente en radioprotection**

**Radioprotection pratique pour l'industrie  
et la recherche**

**Sources scellées et générateurs de rayonnements X**

**Jean-Claude Moreau et Marc Ammerich**



17, avenue du Hoggar  
Parc d'activités de Courtabœuf, BP 112  
91944 Les Ulis Cedex A, France

Illustrations de couverture : La Vénus de Milo. Détermination et préparation du contrôle gamma-graphique. Cette opération a été menée pour visualiser l'intérieur de la statue afin de repérer ses zones fragiles, avant de pouvoir la déplacer lors de la rénovation de la salle qui lui est dédiée.  
© C.Dupont/CEA.

Imprimé en France

ISBN : 978-2-86883-590-9

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés, réservés pour tous pays. La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (alinéa 1<sup>er</sup> de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du code pénal.

© EDP Sciences 2010

# Préface

Christine Jimonet

Avec la publication de cet ouvrage, un nouveau pas est franchi dans l'objectif que nous nous étions assigné : fournir aux Personnes compétentes en radioprotection un ensemble d'outils nécessaires à leur fonction, utiles dans leur pratique quotidienne.

Les Personnes compétentes disposent toutes du volume intitulé « Principes de radioprotection – réglementation », la brique élémentaire de la série qui traite des données théoriques et des fondamentaux. Ce volume de base a fait l'objet d'une réédition, pour prendre en compte les modifications réglementaires intervenues depuis sa parution.

Autour de ce socle de base gravitent des volumes résolument pratiques, chacun répondant aux spécificités des différents domaines d'application. C'est ainsi que paraît aujourd'hui le volume « **Radioprotection pratique pour l'industrie et la recherche – Sources scellées et générateurs de rayonnements X** », faisant suite aux volumes consacrés respectivement aux personnes travaillant au sein d'INB/ICPE et à celles utilisant des sources non scellées dans les domaines industriels et de recherche.

Ce volume est bien sûr, comme les précédents, conforme aux exigences réglementaires décrites dans l'arrêté du 26 octobre 2005 relatif aux modalités de formation de la personne compétente en radioprotection et de certification du formateur. Conformément à l'esprit de la série, cet ouvrage pratique contient peu de théorie mais fourmille de données concrètes. Les valeurs de débit de dose sont par exemple indiquées pour quasiment l'ensemble des utilisations des générateurs X et sources scellées décrites. Il est essentiel pour les utilisateurs de connaître ce point, et un chapitre entier est donc consacré à la détermination pratique du débit de dose dû à ces sources de rayonnement.

Sur le terrain, la PCR est la clé de voûte sur laquelle repose la protection des opérateurs utilisant les rayonnements ionisants. Elle exerce ses fonctions dans la gestion des sources de rayonnement, la gestion du personnel et des espaces au travers des études de postes, comme le détaille très précisément le document du chapitre 11 en annexe de ce volume. Véritable pivot autour duquel s'articulent les missions de gestion du risque radiologique, les études de postes font l'objet de deux chapitres. Le premier propose au lecteur un guide méthodologique ; quant au second, il démontre au travers d'exemples concrets comment utiliser cette méthode en accompagnant le lecteur dans sa propre démarche d'analyse de poste de travail.

Support pédagogique à la formation, ce livre alterne les méthodes d'apprentissage. Il est par exemple demandé au lecteur de devenir acteur dans le chapitre traitant de la détection de la contamination surfacique et des fuites de rayonnements, où chaque notion est abordée sous forme de questionnement, à la manière d'un cahier de travaux pratiques.

Pour les autres chapitres, le lecteur est fréquemment invité à faire le point et tester ses connaissances au travers de la résolution d'exercices qui lui sont régulièrement proposés.

Véritable outil de travail pour la PCR, ce livre est conçu pour une lecture non nécessairement linéaire et de fréquents renvois guident et orientent le lecteur vers des notions connexes ou complémentaires avec un objectif d'exhaustivité de l'information. La relative aridité du sujet qui pourrait émousser l'intérêt et l'attention du lecteur est compensée par une importante iconographie ainsi que quelques références historiques qui rythment et allègent le propos.

Pour conclure, je ne peux que féliciter les auteurs de cet ouvrage pour la somme de données concrètes compilées dans ce volume. Cet ouvrage est aussi le reflet d'une vie entière d'expertise en radioprotection qui permet aux auteurs de transmettre leur expérience de terrain et ainsi d'émailler le texte de commentaires et autres mises en garde. Souhaitons donc que cet ouvrage réponde aux interrogations de la PCR intervenant dans le milieu industriel et de la recherche mettant en œuvre soit des radio-isotopes sous forme de sources scellées, soit des générateurs de rayons X !

Christine Jimonet  
Ingénieur Chercheur  
Responsable d'enseignement à l'INSTN

# Table des matières

---

<b>Auteurs</b> .....	xi
<b>Contributeurs</b> .....	xiii

## **Chapitre 1 : Introduction**

## **Chapitre 2 : Rappels réglementaires**

2.1. Protection des travailleurs et Personne compétente .....	3
2.2. Autorisations et déclarations d'activités nucléaires .....	4
2.3. Exemptions de déclaration et d'autorisation .....	4
2.4. Régime de déclaration .....	5
2.5. Régime d'autorisation et régime INB .....	6
2.6. Les interdictions .....	6
2.7. La Personne compétente en radioprotection (PCR) .....	7

## **Chapitre 3 : Les générateurs X**

3.1. Émission des rayonnements X .....	9
3.2. Générateurs X dans l'industrie et la recherche .....	11
3.2.1. Production d'images .....	12
3.2.2. Cristallographie, diffraction .....	14
3.2.3. Fluorescence X .....	16
3.2.4. Grands appareillages de puissance .....	18
3.2.5. Autres applications .....	20
3.3. Débit de dose dû à un générateur X .....	20
3.3.1. Quelques valeurs de référence dans le faisceau .....	20
3.3.2. Rayonnement diffusé et fuites .....	22
3.4. Moyens de prévention et protection .....	22
3.4.1. Supprimer le risque .....	22
3.4.2. Les écrans .....	24
3.4.3. Distance et balisages. Classement des personnels .....	24
3.4.4. Formation du personnel .....	25



3.5.	Moyens de détection et de mesure .....	26
3.5.1.	Spécificités des rayonnements X .....	26
3.5.2.	Dosimétrie individuelle .....	26
3.5.3.	Mesure au poste de travail.....	30
3.6.	Contrôles.....	34
3.7.	Corrections des exercices et questions .....	34

**Chapitre 4 : Substances radioactives sous forme scellée**

4.1.	Caractéristiques des sources scellées .....	37
4.1.1.	Définition d'une source scellée .....	37
4.1.2.	Types de sources scellées .....	38
4.2.	Utilisation des sources scellées dans l'industrie et la recherche .....	39
4.2.1.	Ionisation et irradiation industrielle .....	39
4.2.2.	La gammagraphie en contrôle non destructif .....	43
4.2.3.	Mesures de paramètres : jauges de niveau, d'épaisseur, de densité .....	54
4.2.4.	Mesure d'humidité et de densité des sols .....	64
4.2.5.	Analyse par fluorescence X : détection du plomb dans les peintures.....	70
4.2.6.	Détecteurs à capture électronique .....	72
4.2.7.	Détecteurs de fumées .....	74
4.2.8.	Sources étalons .....	74
4.3.	Correction des exercices et des questions .....	76

**Chapitre 5 : Détermination pratique du débit de dose dû à un générateur X ou une source scellée**

5.1.	Générateur X .....	79
5.1.1.	Formule permettant de calculer le débit de dose dans le faisceau .....	79
5.1.2.	Rayonnement diffusé .....	81
5.2.	Accélérateurs de particules lourdes chargées .....	81
5.3.	Rayonnements émis par les sources radioactives .....	81
5.3.1.	Rayonnement $\alpha$ .....	81
5.3.2.	Rayonnement $\beta$ .....	82
5.3.3.	Rayonnement $\gamma$ et X .....	85
5.3.4.	Neutrons .....	92
5.4.	Correction des exercices .....	93

**Chapitre 6 : Estimation des épaisseurs d'écran**

6.1.	Générateurs de rayonnements X (faible énergie) .....	97
6.2.	Rayonnements $\alpha$ et autres particules lourdes chargées .....	99
6.2.1.	Rayonnement $\alpha$ .....	99
6.2.2.	Autres particules lourdes chargées .....	99
6.3.	Rayonnement $\beta$ .....	99
6.4.	Rayonnements $\gamma$ et X.....	99
6.4.1.	Retour sur la théorie .....	100
6.4.2.	Utilisation des épaisseurs 1/10 <sup>e</sup> et 1/2 (hors diffusion dans l'air) ..	100

6.4.3.	Utilisation des abaques du guide pratique <i>Radionucléides et Radioprotection</i> [T2] (hors diffusion dans l'air) .....	101
6.4.4.	Influence de la diffusion dans l'air .....	103
6.5.	Neutrons .....	105
6.6.	Correction des exercices et réponses aux questions .....	106

## **Chapitre 7 : Détection de la contamination surfacique et des fuites de rayonnements**

7.1.	Objectifs .....	109
7.2.	Matériel utilisé .....	109
7.3.	Mode opératoire .....	111
7.4.	Résultats des mesures .....	111
7.5.	Utilisation des résultats .....	111
7.5.1.	Contrôles de contamination surfacique .....	111
7.5.2.	Recherche de faisceaux parasites de rayonnements (fuites de rayonnements) .....	112
7.6.	Réponses aux questions .....	113

## **Chapitre 8 : Conduite à tenir en situation accidentelle**

8.1.	Organisation de l'action .....	117
8.2.	Mesures conservatoires d'urgence .....	117
8.2.1.	Risque d'exposition externe .....	118
8.2.2.	Risque d'exposition interne .....	118
8.3.	Réflexion – Communication .....	118
8.3.1.	Prise de renseignements .....	119
8.3.2.	Communication avec les services de secours .....	119
8.3.3.	Communication avec les institutionnels et les autorités .....	120
8.4.	Gestion des accidentés .....	120
8.5.	Récupération de la situation .....	120
8.6.	Gestion administrative de l'incident .....	121
8.6.1.	Obligations réglementaires .....	121
8.6.2.	Comportement en cas d'incident radiologique .....	124
8.6.3.	Critères de déclaration et de classement des événements .....	128

## **Chapitre 9 : Méthodologie des études de postes**

9.1.	Connaissance des sources et des risques .....	131
9.2.	Analyse des postes de travail et évaluation prévisionnelle de dose .....	132
9.2.1.	Méthode d'analyse .....	132
9.2.2.	Évaluation prévisionnelle de dose (EPD) .....	133
9.3.	Application du principe ALARA .....	133
9.3.1.	Moyens de prévention .....	134
9.3.2.	Moyens de protection .....	134
9.4.	Gestion du personnel affecté et politique dosimétrique .....	134
9.4.1.	Classement des personnels en A, B, ou NE .....	134
9.4.2.	Organisation du suivi médical .....	135
9.4.3.	Mise en place des formations adéquates .....	135

9.4.4.	Choix des moyens dosimétriques individuels .....	136
9.4.5.	Mise en route du suivi dosimétrique .....	136
9.5.	Gestion de l'installation .....	136
9.5.1.	Zonage.....	136
9.5.2.	Mise en place du programme de contrôles internes et externes ...	136
9.5.3.	Mise en place des moyens de détection .....	137
9.6.	Analyse des situations anormales et accidentelles potentielles .....	138
9.6.1.	Liste des situations .....	138
9.6.2.	Mesures préventives .....	139
9.6.3.	Limitation des conséquences en situation incidentelle ou accidentelle .....	139
9.7.	Gestion documentaire : études de postes et fiches d'exposition .....	139
9.8.	Et la sécurité classique? .....	140

### **Chapitre 10 : Exemples d'études de postes**

10.1.	Générateur X auto-protégé : le plus simple .....	143
10.1.1.	Cas général : « tout va bien » .....	143
10.1.2.	Variante avec faisceaux parasites .....	154
10.2.	Détecteur de plomb dans les peintures anciennes : « le plus courant » .....	157
10.3.	Utilisation de jauges de niveau .....	168
10.4.	Contrôle radiologique par gammagraphie : le plus compliqué .....	191
10.5.	Corrections des exercices .....	210

### **Chapitre 11 : Annexe : missions du ressort de la PCR**

#### **Glossaire**

<b>Références bibliographiques</b> .....	225
--	-----

# Auteurs

---

## **Marc AMMERICH**

Technicien Supérieur en Radioprotection, Ingénieur CNAM en Physique Nucléaire et titulaire d'un DESS en sciences des aérosols. Après un début de carrière au Service de Protection Radiologique de CEA de Saclay, il rejoint le groupe des enseignements de radioprotection de l'INSTN en 1991 et en prend la direction en 1996. Mis à disposition de l'Autorité de Sûreté Nucléaire en 2001, il exerce entre autre la fonction d'inspecteur avec la spécialité « radioprotection ». Il est actuellement affecté à l'inspection générale et nucléaire du CEA, en tant qu'inspecteur nucléaire. Prix SFEN 1989 pour la réalisation du banc ICARE.

## **Jean-Claude MOREAU**

Technicien Supérieur en Radioprotection, Ingénieur CNAM en Physique, il a exercé la Radioprotection au CEA/SACLAY pendant 16 ans, puis occupé des fonctions de direction à STMI (groupe AREVA). Après un bref détour dans les technologies de l'environnement, il fonde en 2000 la société CAP2i, cabinet spécialisé en radioprotection : études, expertises, formation. Il a enseigné la radioprotection à l'INSTN, dans plusieurs Universités, et formé de nombreuses PCR. Jean-Claude MOREAU est expert en prévention des risques et évaluateur pédagogique au Comité Français de Certification des Entreprises pour la Formation et le suivi du personnel travaillant sous Rayonnements Ionisants (CEFRI).

**Vj ku'ŕ ci g'kpvgpvkqpcmf 'ighv'dnc pm**

# Contributeurs

---

Ce livre a bénéficié de la contribution à des titres divers des personnes nommées ci-dessous. Chacun reconnaîtra son implication dans les différentes étapes de réalisation de cet ouvrage, qu'il s'agisse de conseils à la rédaction, d'iconographie ou de relecture du manuscrit. Qu'ils en soient sincèrement remerciés.

**Jean-Christophe BODINEAU** CEA, Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires (INSTN)

**Jean DENOST** Philips Panalytical (retraité)

**Jean-Baptiste FLEUTOT** conseiller médical du Délégué à la Sûreté Nucléaire et à la radioprotection pour les activités et installations intéressant la Défense (DSND)

**Clarisse GERBAUD** APERCORA/CAP2i

**Denis GIORDAN** Cellule Mobile d'Intervention Radiologique (CMIR) du Haut-Rhin

**Bernard SCHAFER** CEPi groupe Bureau Veritas

**Vj ku' r ci g' k p v g p v k q p c m { ' i g h v' d i r e p m**

# 1

## Introduction

Le dictionnaire des sciences et techniques nucléaires (Omniscience, 2008) définit une source scellée comme étant « une source radioactive enfermée dans une enveloppe scellée ou munie d'un revêtement auquel elle est intimement liée, cette enveloppe ou ce revêtement devant présenter une résistance mécanique et chimique suffisante pour empêcher un contact extérieur avec la substance radioactive et la dispersion de celle-ci dans les conditions d'emploi pour lesquelles elle a été conçue ».

En 2000, la France comptait ainsi 5 300 utilisateurs de sources scellées au sens d'entreprises ou d'organismes, eux-mêmes détenteurs de 30 000 sources achetées chez environ 200 fournisseurs et utilisées par 30 000 à 40 000 opérateurs.

En regard de l'utilisation de l'ensemble de ces sources scellées, notons également que la dose collective annuelle est de l'ordre de 22 h.Sv.

Afin de compléter ce tour d'horizon, la figure 1.1 présente les différentes applications industrielles et de recherche des sources scellées.

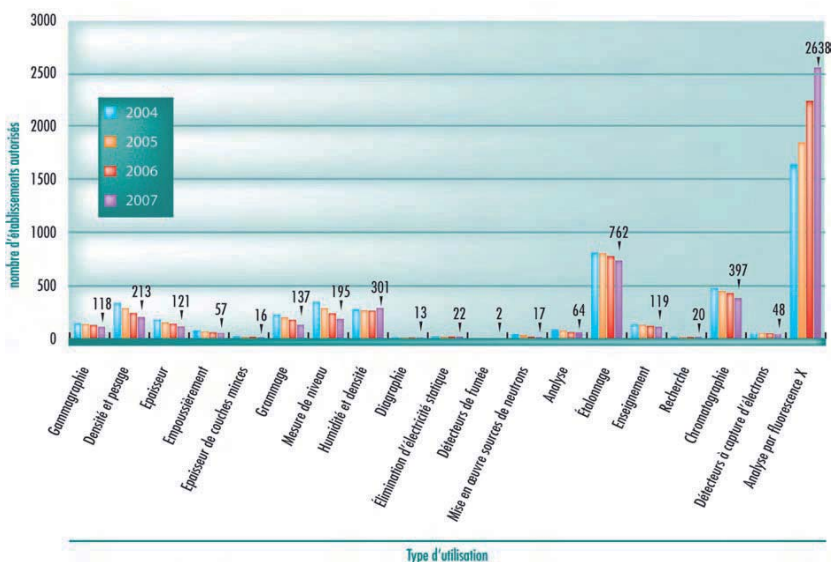
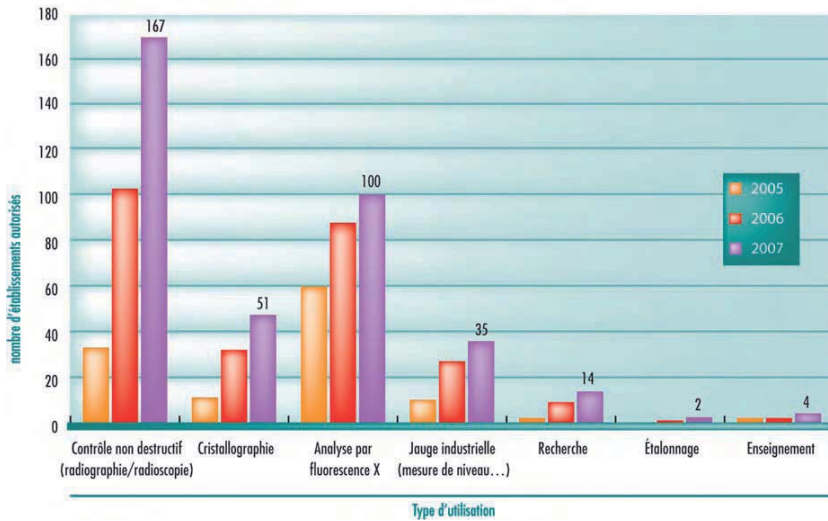


Figure 1.1. Sources scellées (Rapport de l'ASN sur l'état de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France en 2008).





**Figure 1.2. Générateurs X (Rapport de l'ASN sur l'état de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France en 2008).**

Pour des informations plus détaillées, le lecteur pourra se reporter au chapitre 5 « Principales utilisations des sources de rayonnement ionisants et gestion des déchets générés » du volume théorique « Principes de radioprotection-réglementation ».

Avant 2002, les générateurs de rayons X devaient être simplement déclarés à l'inspecteur du travail. Les détenteurs de ces appareils n'entretenant pas toujours la démarche, la Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection (DGSNR) a alors repris les dossiers d'autorisation et de déclaration. Mais la publication des textes réglementaires n'ayant pas toujours été accompagnée des modalités pratiques que devaient suivre les détenteurs, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) n'est donc pas aujourd'hui en possession d'un recensement exhaustif. D'après les éléments publiés (figure 1.2), il y aurait plusieurs milliers de générateurs X en France aujourd'hui.

Nous invitons le lecteur à compléter ses connaissances générales relatives aux générateurs de rayons X en se reportant au chapitre 3 « Rayonnements d'origine électrique : rayonnements X et accélérateurs » du volume théorique « Principes de radioprotection-réglementation ».

Précisons juste, au terme de cette courte introduction, que les sources scellées et générateurs X utilisés en INB et dans le cadre de la Défense nationale ne sont pas comptabilisés dans les chiffres présentés et notons une particularité : certaines sources voyagent sur le territoire et parfois en dehors, comme l'atteste le petit millier d'appareils de gammagraphie mobiles.

# 2

## Rappels réglementaires

---

### 2.1. Protection des travailleurs et Personne compétente

Les dispositions du code du travail [R1]<sup>1</sup> concernant la prévention du risque d'exposition aux rayonnements ionisants s'appliquent à tous les établissements, sauf les mines et les entreprises de transport sous statut particulier, dans le respect des principes de justification d'utilisation, d'optimisation de la radioprotection, et de limitation de la dose [R2], dès lors que des travailleurs sont susceptibles d'être exposés à un risque dû aux rayonnements ionisants provenant de sources artificielles, ou de sources naturelles utilisées pour leurs propriétés radioactives.

Ce risque d'exposition résulte, soit d'activités nucléaires soumises à un régime d'autorisation ou de déclaration [R2], soit d'interventions en situation d'urgence radiologique, ou d'interventions justifiées par une exposition durable aux rayonnements ionisants non acceptable (voir article 4451-1 [R1]<sup>1</sup>).

Ces dispositions s'appliquent également aux sources constituées par des radionucléides naturels non utilisés pour leurs propriétés radioactives, dans la mesure où leur présence entraîne une augmentation notable de l'exposition des travailleurs par rapport au niveau naturel de rayonnements, de nature à porter atteinte à leur santé.

On en déduit que les dispositions du code du travail et du code de santé publique s'appliquent dès que l'exposition annuelle des individus est potentiellement supérieure à 1 mSv.an<sup>-1</sup>.

Ces dispositions s'appliquent également au travailleur non salarié, dès lors qu'il existe un risque pour lui-même ou pour d'autres personnes. Sont donc concernés les salariés, les artisans, les gérants, les professions libérales, les bénévoles...

Les dispositions ne s'appliquent pas aux expositions résultant de la présence des radionucléides contenus naturellement dans le corps humain, du rayonnement cosmique régnant au niveau du sol, ou du rayonnement tellurique issu des radionucléides présents dans la croûte terrestre non perturbée.

Elles s'appliquent, par contre, au personnel navigant, aux astronautes, au personnel minier, etc.

---

<sup>1</sup> Voir la bibliographie en fin d'ouvrage.

## 2.2. Autorisations et déclarations d'activités nucléaires

Sont soumises au régime d'autorisation ou de déclaration (art. R.1333-17 du code de santé publique [R2]), les activités nucléaires suivantes, sous réserve qu'elles ne bénéficient pas d'une exemption :

- pour les radionucléides et produits ou dispositifs en contenant : la fabrication, l'utilisation ou la détention, la distribution, l'importation ou l'exportation (que ces radionucléides, produits ou dispositifs soient détenus ou non dans l'établissement) ;
- pour les accélérateurs de tout type de particules et les appareils électriques émettant des rayonnements ionisants autres que les microscopes électroniques : la fabrication, l'utilisation ou la détention, la distribution ;
- l'irradiation de produits de quelque nature que ce soit, y compris les denrées alimentaires.

Le transport de matières radioactives est soumis à autorisation ou déclaration dans les conditions énoncées à l'article R. 1333-44 [R2].

La procédure de classement des installations détenant ou utilisant des radionucléides vis-à-vis de la protection de l'environnement a considérablement évolué à la fin de l'année 2006 [R10]. Cette procédure s'applique maintenant uniquement aux installations déjà classées autorisées pour une autre activité ou une autre substance que la matière radioactive.

Par exemple, une installation de gammagraphie industrielle, n'étant pas soumise à une autre rubrique que la rubrique n° 1715 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), n'a plus lieu d'être classée.

Par contre, une fonderie, une fabrique de plastiques, risque fort d'être classée ICPE autorisée, puisque dépendant d'une autre rubrique de la nomenclature des installations classées. Si elle dispose d'une jauge de niveau ou d'épaisseur, par exemple de l'américium 241, il faudra inclure cette source dans le dossier d'autorisation.

## 2.3. Exemptions de déclaration et d'autorisation

Il n'y a pas d'exemption possible (voir R. 1333-18 [R2]) :

- pour la détention et l'utilisation des sources de rayonnements dans le domaine médical ;
- pour la fabrication, l'importation et l'exportation de radionucléides ou de dispositifs en contenant ;
- pour l'irradiation des produits, de quelque nature que ce soit.

Dans le domaine industriel, pour les sources radioactives, il existe des « seuils d'exemption », en activité ou en concentration (activité massique), en dessous desquels la déclaration n'est pas requise (voir liste dans le code de santé publique [R2] : annexe 13-8), sous réserve de disposer de moins d'une tonne de matière radioactive.

La distribution et l'utilisation de certains biens de consommation et matériaux de constructions contenant des substances radioactives pourraient éventuellement être exemptées. Une décision de l'ASN devrait préciser ces dispositions.

Toujours dans le domaine industriel, pour les tubes générateurs de rayons X, les exemptions sont les suivantes :

- générateurs et accélérateurs de tension  $< 5$  kV, et microscopes électroniques ;
- appareils dont le débit de dose à 10 cm de tout point accessible  $\leq 1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ , dans les conditions normales de fonctionnement et :
  - conforme à une liste de normes (cette liste n'est pas établie. Une décision ASN devrait préciser ces dispositions) ;
  - ou
  - titulaire d'un certificat d'exemption (ces exemptions ne sont pas connues aujourd'hui. une décision ASN devrait préciser ces dispositions) ;
  - ou
  - HT  $\leq 30$  kV.

*Quelques remarques :*

- L'exemption ne signifie pas absence de risques potentiels. Il peut donc y avoir nécessité d'une PCR. Cette fonction peut alors être externalisée.
- Les caractéristiques permettant l'exemption de déclaration et d'autorisation s'entendent dans les conditions normales de travail. Une potentialité de situation accidentelle ne doit pas entraîner une procédure de déclaration, mais nécessite d'engager des actions visant à supprimer cette potentialité.
- La liste des normes auxquelles un générateur devrait se conformer pour être exempté de déclaration n'est pas parue. Dire par exemple qu'un générateur conforme à la norme NF C 74-100 est « exemptable » n'a donc pas de sens.

## 2.4. Régime de déclaration

Sont soumis à déclaration :

- la détention et/ou l'usage des sources radioactives d'activité totale ou massique supérieure à un des seuils d'exemption du tableau A de l'annexe 13-8 du code de santé publique, ou masse  $> 1$  tonne, figurant sur une liste d'activités nucléaires publiée par l'ASN (décision ASN à paraître) ;
- les générateurs X de recherche médicale et diagnostic figurant sur la liste ad hoc de l'ASN (décision ASN à paraître) ;
- les générateurs X, industrie et recherche (hors médical) délivrant à 10 cm de tout point accessible de la surface un débit de dose  $\leq 10 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ , dans les conditions normales de fonctionnement.

Pour ces applications, la fonction PCR est requise, bien que pas forcément nécessaire sur le plan de la prévention des risques (générateurs X auto-protégés par exemple). Cette fonction peut être externalisée. Une décision de l'ASN fixera dans un avenir à déterminer l'évolution des conditions d'externalisation.

- **Substance radioactive** : toute substance qui contient un ou plusieurs radionucléides dont l'activité ou la concentration ne peut être négligée du point de vue de la radioprotection.

L'*emballage* est constitué de l'assemblage des composants nécessaires pour enfermer complètement le contenu radioactif (un ou plusieurs récipients, matières absorbantes, calages ... si nécessaire) : caisse, fût, conteneur, citerne, grand récipient pour vrac...

Exemples :  $^{60}\text{Co}$  :  $A \geq 4 \text{ GBq}$ ,  $^{192}\text{Ir} \geq 10 \text{ GBq}$ ,  $^{137}\text{Cs} \geq 20 \text{ GBq}$ .

Pour les radionucléides non mentionnés dans la directive, la valeur à retenir est égale à 1/100<sup>e</sup> de la valeur A1 indiquée dans le règlement de transport des matières radioactives (valeur fournie également dans le guide *Radionucléides et radioprotection* [T2]).

# Références bibliographiques

---

## Réglementation

*(à la date du 09/09/08)*

- [R1] Code du travail, particulièrement articles R.4722-21 à 22, L.4451-1, L.4523-4 & L.6313-1 & 8, R.4121-4, R.4451 à 4457.
- [R2] Code de la santé Publique, particulièrement articles L.231.1, L.1333-1 à 17, R.1333-1 à 103 et annexes.
- [R3] Arrêté du 15 mai 2006 relatif aux conditions de délimitation et de signalisation des zones surveillées et contrôlées et des zones spécialement réglementées ou interdites compte tenu de l'exposition aux rayonnements ionisants, dit « arrêté zonage ».
- [R4] Arrêté du 21 décembre 2007 portant homologation de la décision n° 2007-DC-0074 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 29 novembre 2007 fixant la liste des appareils ou catégories d'appareils pour lesquels la manipulation requiert le certificat d'aptitude mentionné au premier alinéa de l'article R.231-91 du code du travail, dit « arrêté CAMARI ».
- [R5] Arrêté du 26 octobre 2005 définissant les modalités de contrôle de radioprotection en application des articles R.231-84 du code du travail et R.1333-44 du code de santé publique, dit « arrêté contrôle ».
- [R6] Directive Euratom 2003-122 du 22 décembre 2003 relative au contrôle des sources radioactives scellées de haute activité et des sources orphelines.
- [R7] Arrêté du 1<sup>er</sup> septembre 2003 définissant les modalités de calcul des doses efficaces et des doses équivalentes résultant de l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants.
- [R8] Règlement de transport par route, dit « ADR ».
- [R9] Règlement de transport par voie aérienne, dit « IATA ».
- [R10] Code de l'environnement : décret 2006-1454 du 24 novembre 2006 modifiant la nomenclature des installations classées. Rubriques 1700 et 1715.