



## **5 L'IMPACT DES INSTALLATIONS MÉDICALES**

- 5| 1 Expositions médicales des patients
- 5| 2 Les incidents d'exposition de patients
  - 5| 2| 1 Accidents de radiothérapie au centre hospitalier de Lyon-Sud
  - 5| 2| 2 Accidents de radiothérapie au centre hospitalier d'Épinal
  - 5| 2| 3 Incident de curiethérapie au CHU d'Amiens
  - 5| 2| 4 Trois erreurs d'identification de patients en radiothérapie, actuellement sans conséquence
- 5| 3 La radioprotection du personnel médical
  - 5| 3| 1 Dosimétrie
  - 5| 3| 2 Organisation de la radioprotection
- 5| 4 L'impact sur l'environnement et la population

## **6 PERSPECTIVES**

L'industrie et la recherche utilisent de longue date des sources de rayonnements ionisants dans une grande variété d'applications et de lieux d'utilisation. L'enjeu de la réglementation de la radioprotection actuellement en vigueur est de contrôler que, malgré cette grande diversité, la sécurité des travailleurs, du public et de l'environnement est correctement assurée. Il importe ainsi de pouvoir suivre les conditions de détention, d'utilisation et d'élimination des sources du stade de leur fabrication jusqu'à leur fin de vie. Les investigations conduites par l'ASN ont permis de confirmer qu'il existe dans les mondes de l'industrie et de la recherche une très grande disparité des moyens consacrés à la radioprotection. Cette situation a conduit l'ASN à dégager des priorités d'action. C'est ainsi qu'un effort particulier a été engagé vers les fabricants et fournisseurs de sources de radionucléides, car ils ont une responsabilité importante tout au long de la vie des sources radioactives, de leur production jusqu'à leur élimination finale. Il importe donc que leur situation au regard des règles de radioprotection soit satisfaisante.

## 1 PRÉSENTATION DES ACTIVITÉS INDUSTRIELLES ET DE RECHERCHE UTILISANT DES RAYONNEMENTS IONISANTS

L'industrie et la recherche mettent en œuvre des sources de rayonnements qui sont produits soit par des radioéléments - essentiellement artificiels - en sources scellées ou non, soit par des générateurs électriques. Les principales applications dans ces secteurs d'activités sont présentées ci-après.

### 1 | 1

#### Les sources radioactives scellées

Les sources scellées sont celles dont la structure ou le conditionnement empêche, en utilisation normale, toute dispersion de matières radioactives. Parmi leurs principales utilisations, on peut citer l'irradiation industrielle, le contrôle non destructif, le contrôle de paramètres et d'autres applications courantes présentées ci-après.

### 1 | 1 | 1

#### L'irradiation industrielle

Elle est mise en œuvre pour la stérilisation de dispositifs médicaux, de produits pharmaceutiques ou cosmétiques et la conservation de produits alimentaires.



Tir de gammagraphie en préparation

À faible dose, l'irradiation sert à inhiber la germination (pommes de terre, oignons, ail, gingembre), à désinsectiser et déparasiter les céréales, les plantes légumineuses, les fruits frais et secs, les poissons et viandes, à ralentir le processus physiologique de décomposition des fruits et légumes frais.

À dose moyenne, l'ionisation par irradiation permet la prolongation de la conservation des poissons frais, des fraises, l'élimination des agents d'altération et des micro-organismes pathogènes sur les fruits de mer, les volailles et viandes (produits frais ou congelés), et l'amélioration technique des aliments, par exemple l'augmentation du rendement en jus du raisin ou la diminution de la durée de cuisson des légumes déshydratés.

À forte dose, l'ionisation permet la stérilisation industrielle des viandes, volailles et fruits de mer, des aliments prêts à l'emploi, des rations hospitalières, et la décontamination de certains additifs et ingrédients alimentaires comme les épices, les gommes, les préparations d'enzymes. Ces techniques d'irradiation de produits de consommation peuvent être autorisées car, à l'issue de leur traitement, ces produits ne présentent aucune radioactivité artificielle ajoutée. Les irradiateurs industriels utilisent des sources de cobalt 60 dont l'activité totale peut dépasser 250 000 TBq. Certaines de ces installations sont classées installations nucléaires de base (INB).

## 1 | 1 | 2

### Le contrôle non destructif

Parmi les techniques de contrôle non destructif, l'une d'elles utilise notamment des sources radioactives. Il s'agit de la gammagraphie, qui permet d'apprécier des défauts d'homogénéité dans le métal et en particulier dans les cordons de soudure. Cette technique utilise notamment des sources d'iridium 192 et de cobalt 60, dont l'activité ne dépasse pas une vingtaine de térabecquerels. Un appareil de gammagraphie est le plus souvent un appareil mobile pouvant être déplacé d'un chantier à l'autre et se compose principalement :

- d'un projecteur de source, servant de container de stockage quand la source n'est pas utilisée, et permettant son transport ;
- d'une gaine d'éjection et d'une télécommande destinées à déplacer la source entre le projecteur et l'objet à radiographier, tout en assurant la protection de l'opérateur qui se tient à distance de la source ;
- d'une source radioactive insérée dans un porte-source.



Exemple de gammagraphe – le Gam80

1 | 1 | 3

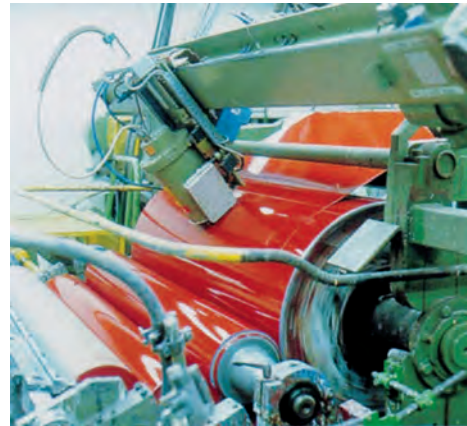
### Le contrôle de paramètres

Le principe de fonctionnement de ces appareils est l'atténuation du signal émis: la différence entre le signal émis est le signal reçu permet d'évaluer la grandeur recherchée.

Les radioéléments les plus couramment employés sont le krypton 85, le césium 137, l'américium 241, le cobalt 60 et le prométhéum 147. Les activités des sources sont comprises entre quelques kilo becquerels et quelques giga becquerels.

Les sources sont utilisées à des fins de :

- mesure d'empoussièrement de l'atmosphère : l'air est filtré en permanence sur un ruban défilant à vitesse contrôlée, interposé entre la source et le détecteur. L'intensité du rayonnement reçu par le détecteur est fonction du taux d'empoussièrement du filtre, ce qui permet de déterminer ce taux. Les sources utilisées le plus fréquemment sont du carbone 14 (activité 3,5 MBq) ou du prométhéum 147 (activité 9 MBq). Ces mesures sont effectuées pour assurer une surveillance de la qualité de l'air par le contrôle de la teneur en poussières des rejets d'usines ;
- mesure de grammage de papier : un faisceau de rayonnement bêta traverse le papier et est reçu sur un détecteur situé en vis-à-vis. L'atténuation du signal sur ce détecteur permet de connaître la densité du papier et donc le grammage. Les sources utilisées sont, en général, du krypton 85, du prométhéum 147 et de l'américium 241 avec des activités ne dépassant pas 3 GBq ;
- mesure de niveau de liquide : un faisceau de rayonnement gamma traverse le conteneur rempli d'un liquide. Il est reçu sur un détecteur situé en vis-à-vis. L'atténuation du signal sur ce détecteur permet de connaître le niveau de remplissage du container et de déclencher automatiquement certaines opérations (arrêt/poursuite du remplissage, alarme, etc.). Les radionucléides utilisés dépendent des caractéristiques du contenant et du contenu. On utilise en général, selon le cas, de l'américium 241 (activité 1,7 GBq), du césium 137-baryum 137m (activité 37 MBq) ;
- mesure de densité et de pesage : le principe est le même que pour les deux précédentes mesures. Les sources utilisées sont, en général, de l'américium 241 (activité 2 GBq), du césium 137-baryum 137m (activité 100 MBq) ou du cobalt 60 (30 GBq) ;
- mesure de densité et d'humidité des sols ou gammadensimétrie, en particulier dans l'agriculture et les travaux publics. Ces appareils fonctionnent avec un couple de sources d'américium-béryllium et une source de césium 137 ;
- diagraphie permettant d'étudier les propriétés géologiques des sous-sols par introduction d'une sonde de mesure comportant une source de cobalt 60, de césium 137, d'américium 141-béryllium ou de californium 252.



Mesure de grammage par rétrodiffusion

1 | 1 | 4

### Les autres applications courantes

Les sources scellées peuvent être également mises en œuvre pour :

- l'élimination de l'électricité statique ;
- la détection de fumée (voir encadré) ;
- l'étalonnage d'appareils de mesure (métrologie des rayonnements) ;
- l'enseignement lors de travaux pratiques sur les phénomènes de radioactivité ;
- la détection par capture d'électrons utilisant des sources de nickel 63 ou de tritium dans des chromatographes en phase gazeuse. Cette technique permet la détection et le dosage de différents éléments. Ces appareils, souvent portatifs, sont utilisés pour le dosage de pesticides ou la détection d'explosifs ou de drogues et de produits toxiques ;

- la détection par appareils à fluorescence X. Cette technique trouve son utilisation en particulier dans la détection du plomb dans les peintures (voir encadré page suivante).

Les tableaux 1 et 2 suivants précisent le nombre d'établissements autorisés à mettre en œuvre des sources radioactives dans les applications recensées. Ils illustrent la diversité de ces applications.

Il convient de noter qu'un même établissement peut exercer plusieurs activités et, à ce titre, apparaît pour chacune de ses activités dans les tableaux 1 et 2 précités.

PRINCIPALES UTILISATIONS EN SOURCES RADIOACTIVES NON SCÉLÉES	2006
Recherche	995
Utilisation de traceurs	10
Étalonnage	64
Enseignement	18

**Tableau 1 : utilisation des sources radioactives non scellées**

NOMBRE D'ÉTABLISSEMENTS AUTORISÉS EN	2006
Gammagraphie	130
Mesure de densité et pesage	243
Mesure d'épaisseur	143
Mesure d'empoussièrement	62
Mesure d'épaisseur des couches minces	20
Détermination du grammage	179
Mesure de niveau	240
Mesure d'humidité et de densité	265
Diagraphie	13
Élimination d'électricité statique	22
Détecteurs de fumée	2
Mise en œuvre de sources de neutrons	21
Analyse	63
Étalonnage	777
Enseignement	122
Recherche	18
Chromatographie	431
Détecteurs à capture d'électrons	52
Analyse par fluorescence X	2237

**Tableau 2 : utilisation des sources radioactives scellées**

### La détection du plomb dans les peintures

Le saturnisme est une maladie due à l'intoxication par le plomb. Cette intoxication est consécutive la plupart du temps à l'ingestion ou à l'inhalation de poussières provenant de peintures cérusées contenant des sels de plomb. Ces peintures se rencontrent principalement dans les logements anciens (jusqu'en 1948), l'utilisation du plomb comme adjuvant étant dorénavant interdite.

Un dispositif législatif relatif à la lutte contre l'exclusion impose des actions de prévention du saturnisme infantile avec le contrôle de la concentration en plomb dans les peintures. L'arrêté du 12 juillet 1999 relatif au diagnostic du risque d'intoxication par le plomb des peintures pris pour l'application de l'article R. 32-2 du CSP précise, dans son article 3, que « la mesure du plomb sera effectuée préférentiellement à l'aide d'un appareil portable à fluorescence X ». Cette méthode d'analyse non destructive permet de détecter instantanément la présence du plomb dans un revêtement.

L'excitation de la matière à analyser par un apport d'énergie permet d'obtenir un spectre dans lequel on peut reconnaître et quantifier la présence de la raie caractéristique du plomb. Le principe de la mesure est le suivant : le photon gamma émis par un radionucléide interagit, par effet photo-électrique, avec un électron de l'atome de la cible et l'éjecte de celui-ci. La désexcitation de l'atome pour revenir à son équilibre se traduit par l'émission d'un photon X (fluorescence X) dont l'énergie est caractéristique de l'élément à analyser (plomb). Les photons X émis sont comptés par un détecteur : leur nombre est proportionnel au nombre d'atomes de l'élément recherché par unité de surface. La précision des mesures est actuellement de 0,058 mg de plomb par cm<sup>2</sup> de surface.

Les appareils, qui sont portatifs, utilisent des sources de cadmium 109 (période 464 jours) ou de cobalt 57 (période 270 jours). L'activité de ces sources est d'environ 400 MBq.

En 2004, a été mis sur le marché un nouveau type d'appareil qui ne comporte pas de source radioactive, ce sont des générateurs électriques fonctionnant sur le même principe d'émission de photons X de fluorescence. Toutefois, ce nouveau type d'appareil ne permet pas actuellement de respecter les critères définis dans l'arrêté du 25 avril 2006 relatif au constat de risque d'exposition au plomb et ne peut donc plus être autorisé.

Ces différents appareils sont utilisés par des organismes très divers, essentiellement des cabinets d'expertise, des architectes, des géomètres, des notaires, des agents immobiliers et des syndicats d'immeubles. Dans ce cadre, l'ASN s'assure que les appareils offrent des garanties de radioprotection adaptées aux conditions d'emploi et impose aux utilisateurs des contraintes pour la manipulation et le stockage de ces appareils afin d'éviter les prêts non autorisés et les vols d'appareils.

## 1 | 2

### Les sources radioactives non scellées

Les principaux radioéléments utilisés sous forme non scellées sont le phosphore 32 ou 33, le carbone 14, le soufre 35, le chrome 51, l'iode 125 et le tritium. Ils sont employés comme traceurs et à des fins d'étalonnage ou d'enseignement. L'utilisation de traceurs radioactifs incorporés à des molécules est très courante en recherche biologique. Ils sont ainsi un outil puissant d'investigation en biologie cellulaire et moléculaire. Les sources non scellées servent également de traceurs pour des mesures d'usure, de recherche de fuites, de frottement, de construction de modèles hydrodynamiques, ainsi qu'en hydrologie.

Le nombre d'établissements autorisés à utiliser des sources non scellées est de 1061.

## 1 | 3

### Les générateurs électriques de rayonnements ionisants

Les générateurs électriques de rayonnements ionisants (en général des rayons X) sont destinés essentiellement à des analyses structurales non destructives (tomographie, diffractométrie...), des vérifications de la qualité des cordons de soudure, ou du contrôle de la fatigue des matériaux (notamment en aéronautique).

Ces appareils, fonctionnant sur le principe d'atténuation des rayons X, sont notamment utilisés à titre de jauges industrielles (mesure de remplissage de fûts...) ou pour le contrôle de containers de marchandises ou de bagages. Il existe aussi des emplois plus spécifiques fondés sur la réalisation de radiographies en vue de la restauration d'instruments de musique ou de tableaux, l'étude en archéologie de momies ou l'analyse de fossiles.





Contrôleur de bagages

Les vétérinaires utilisent également ces appareils dans le cadre usuel de radiographies osseuses et autres diagnostics courants.

Il n'existe pas, contrairement aux générateurs électriques utilisés en médecine, d'obligation de marquage CE permettant une libre circulation de ces appareils dans l'Union européenne.

Le tableau ci-dessous précise le nombre d'établissements autorisés à mettre en œuvre des générateurs électriques de rayonnements ionisants dans les applications recensées. Il illustre la diversité de ces applications.

PRINCIPALES UTILISATIONS DE GÉNÉRATEURS ÉLECTRIQUES DE RAYONNEMENTS IONISANTS	2006
Contrôle non destructif (radiographie/radioscopie)	103
Cristallographie	32
Analyse par fluorescence X	88
Jauge industrielle (mesure de niveau,...)	27
Recherche	9
Étalonnage	1
Enseignement	2

Tableau 3 : utilisation de générateurs électriques de rayonnements ionisants

## 1 | 4

### Les accélérateurs de particules

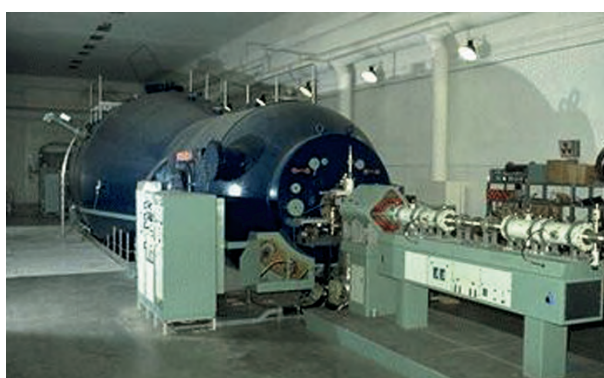
Enfin, certaines applications nécessitent d'avoir recours à des accélérateurs de particules produisant, suivant les cas, des faisceaux de photons ou d'électrons.



INDUSTRIES	PROCÉDÉS	PRODUITS
Chimie Pétrochimie	Réticulation Dépolymérisation Greffage – Polymérisation	Polyéthylène, polypropylène, copolymères, lubrifiants, alcool
Revêtements Adhésifs	Vulcanisation Greffage Polymérisation	Bandes adhésives, produits en papier couché, panneaux en plaqué, barrières thermiques, composites bois-plastique et verre-plastique
Électricité	Réticulation Mémoire thermique Modification semi-conducteurs	Constructions, instruments, fils de téléphone, câbles de puissance, rubans isolants, épissures des câbles blindés, diodes Zener...
Alimentation	Désinfection – Pasteurisation Conservation – Stérilisation	Aliments pour animaux, grains, céréales, farine, légumes, fruits, volailles, viandes, poissons, crustacés
Santé Pharmacie	Stérilisation Modification de polymères	Matériel à usage unique, poudres, médicaments, membranes
Plastiques Polymères	Réticulation Fabrication de mousses Mémoire thermique	Emballages alimentaires rétractables, appareils de gymnastique, tuyaux et gaines, emballages moulés, emballages flexibles en laminés
Environnement	Désinfection – Précipitation Détoxification organique Inhibition de fermentation DeSOx/DeNOx	Boues résiduares pour l'épandage, émission de fumée, gaz, solvants, eaux et effluents divers, substances nutritives issues de boues ou de déchets
Pâte à papier Textiles	Dépolymérisation Greffage	Polyéthylène, polypropylène, copolymères, lubrifiants, alcool
Caoutchouc	Vulcanisation, résistance accrue Vulcanisation contrôlée	Bandes adhésives, produits en papier couché, panneaux en plaqué, barrières thermiques

**Tableau 4 : domaine d'utilisation des accélérateurs de particules**

Le parc d'accélérateurs de particules, qu'ils se présentent sous forme linéaire (linacs) ou circulaire (cyclotrons et synchrotrons), comprend en France environ 50 installations recensées qui peuvent être utilisées dans des domaines très divers présentés dans le tableau 4.



**Accélérateur**

## Les activités en voie de disparition, non justifiées ou interdites

Diverses activités tendent à disparaître du fait notamment de l'évolution des techniques : c'est le cas de la détection de fumée (voir encadré). C'est également le cas de la détermination du point de rosée, de la mesure de niveau et de la mesure de densité pour lesquelles les techniques à base de rayons X ou par ultrasons tendent à se substituer à celles employant des radionucléides ou de la mesure de la hauteur d'enneigement ou du positionnement des bennes de remonte-pentes à partir d'une source radioactive fixée dans les épissures du câble porteur.



Détecteurs en phase de pré-démantèlement de la source d'americium

Est interdite toute addition intentionnelle de radionucléides dans les biens de consommation et les produits de construction (articles R. 1333-2 et 3 du code de la santé publique). À ce titre, la fabrication et l'importation ainsi que le commerce des pierres précieuses irradiées, qui présentent une activité résiduelle après avoir subi une activation destinée à en améliorer la qualité esthétique et la valeur marchande, n'ont pas été autorisés.

Il en est de même pour des accessoires tels que les porte-clés, les équipements de chasse (dispositifs de visée) ou des équipements de navigation (compas de relèvement) ou des équipements pour la pêche en rivière (détecteurs de touches) munis de sources scellées de tritium.

#### La détection de fumée

Il s'agit de signaler le plus précocement possible un départ de feu en détectant les fumées produites. Les appareils utilisés comprennent deux chambres d'ionisation dont l'une, de référence, est étanche aux gaz d'ambiance, et l'autre laisse pénétrer les gaz de combustion. On compare l'intensité du courant traversant la chambre de référence et l'intensité du courant traversant la chambre de mesure. Lorsque la différence d'intensité est supérieure à un seuil prédéterminé, il y a déclenchement d'une alarme. L'ionisation des gaz contenus dans la chambre de référence est produite par l'émission d'un rayonnement provenant d'une source scellée. Si précédemment plusieurs types de radioéléments ont été employés (américium 241, plutonium 238, nickel 63, krypton 85), actuellement seul l'américium est utilisé, avec une activité ne dépassant pas 37 kBq. Ces dernières années, des progrès dans la conception des appareils ont permis de diminuer l'activité nécessaire à leur fonctionnement, certains d'entre eux utilisant une source de 10 kBq.

L'usage domestique de détecteurs de fumée utilisant des sources radioactives est interdit en France. Cette interdiction ne s'applique pas aux parties communes des immeubles d'habitation. Les autorisations sont délivrées dans le cadre d'une procédure adaptée aux contraintes découlant de l'utilisation de ces appareils.

Depuis, sont apparues de nouvelles techniques de détection, notamment optiques, qui sont aussi performantes que celles nécessitant une source radioactive. L'utilisation d'appareils de détection contenant des sources radioactives n'est donc plus justifiée. En conséquence, l'ASN a engagé, avec la profession, des discussions pour retirer à terme les détecteurs de fumée contenant des sources radioactives. Il est envisagé un arrêt, en 2007, de la commercialisation d'appareils neufs à l'exception du remplacement d'appareils entrant dans le cadre de la maintenance des systèmes de détection (la maintenance signifie le remplacement d'appareils existants et/ou l'ajout de détecteurs sur une ligne existante), puis l'arrêt total, en 2009, de la commercialisation d'appareils neufs. À partir de cette date, seul le reconditionnement d'appareils anciens serait autorisé pour deux cycles de maintenance de quatre ans maximum chacun.

## 2 DISPOSITIONS RÉGLEMENTAIRES RELATIVES AUX APPLICATIONS INDUSTRIELLES ET DE RECHERCHE

Sont rappelées ici les dispositions concernant les applications industrielles et de recherche qui figurent dans le code de la santé publique (articles R. 1333-26 à R. 1333-28).

### 2 | 1

#### Les régimes d'autorisation des sources de rayonnements ionisants utilisées à des fins industrielles et de recherche

Le tableau 5 présente les procédures auxquelles sont soumises les différentes applications à des fins industrielles ou de recherche, y compris vétérinaires.

Il convient de noter que, contrairement aux applications médicales, les applications industrielles et de recherche ne peuvent pas faire l'objet d'une déclaration mais sont toujours soumises à autorisation, sauf pour certaines d'entre elles qui, sous certaines conditions, peuvent être exemptées de cette autorisation. En outre, le code de la santé publique a introduit une dispense d'autorisation délivrée par le ministre chargé de la Santé pour des activités nucléaires bénéficiant déjà d'une autorisation relevant du code minier, du régime des installations nucléaires de base ou de celui des installations classées pour la protection de l'environnement.

Nature de l'activité nucléaire	Procédure et autorité compétente	Observations
Fabrication de sources radioactives ou d'appareils en contenant	Autorisation de l'ASN <sup>(1)</sup> , sauf si activité nucléaire dans ICPE autorisée : autorisation préfectorale	
Fabrication de produits ou dispositifs contenant des sources radioactives		Exemption possible si critères fixés à l'article R. 1333-27 du CSP respectés <sup>(2)</sup>
Utilisation de sources radioactives		
Irradiation de produits, y compris les produits alimentaires		
Utilisation de générateurs électriques, y compris les accélérateurs de particules	Autorisation de l'ASN	Exemption possible si critères fixés à l'article R. 1333-27 du CSP respectés <sup>(2)</sup>
Import ou export de sources radioactives ou d'appareils en contenant		
Distribution de sources radioactives ou d'appareils en contenant		Exemption possible si critères fixés à l'article R. 1333-27 respectés <sup>(2)</sup>

**Tableau 5 : procédures applicables aux activités nucléaires industrielles ou de recherche**

- (1) Les autorisations délivrées pour des activités nucléaires relevant du code minier ou du régime des installations nucléaires de base valent également autorisation délivrée au titre du code de la santé publique.
- (2) Les critères d'exemption aux procédures d'autorisation s'appliquent :
- pour les radionucléides, si les quantités totales mises en jeu ou leur concentration par unité de masse sont inférieures aux seuils fixés en annexe du code de la santé publique (pour autant que les masses de substances mises en jeu ne dépassent pas une tonne) ;
  - pour les générateurs électriques de rayonnements ionisants, s'ils sont d'un type certifié conforme aux normes et ne créent, en fonctionnement normal, en aucun point situé à une distance de 0,1 m de leur surface accessible, un débit de dose équivalente supérieur à 1µSv/h, ou s'il s'agit d'appareils fonctionnant sous une différence de potentiel inférieure ou égale à 30 kV sous les mêmes conditions de limite de débit de dose équivalente.

La durée maximale de validité des autorisations est fixée à 5 ans renouvelable. L'autorisation qui est délivrée au responsable d'une installation est personnelle et non transférable. Toute modification de l'autorisation portant soit sur son bénéficiaire, soit sur l'installation ou ses conditions de fonctionnement, doit faire l'objet d'une nouvelle instruction, en application de l'article R. 1333-36 du code de la santé publique. Le titulaire d'une autorisation doit mettre en œuvre les mesures de protection, d'information et de formation à la radioprotection des personnes susceptibles d'être exposées aux rayonnements ionisants, prévues aux articles L. 1333-8 et L. 1333-11 du code de la santé publique.

Enfin, tout incident ou accident susceptible d'être à l'origine d'une surexposition d'une personne doit être déclaré sans délai au préfet du département et à l'ASN. Pour mémoire, l'ASN a mis en place en 2003 un numéro d'appel téléphonique réservé aux situations d'urgence (N° Vert : 0 800 804 135) accessible 24 heures/24, qui peut être également utilisé pour tout incident à caractère radiologique survenant dans toute installation industrielle ou de recherche mettant en œuvre des sources de rayonnements ionisants.

Le point 2/3 fournit des précisions pour la constitution des dossiers de demande d'autorisation prévue aux articles R. 1333-26 et R. 1333-27. Un arrêté en cours de préparation, pris sur le fondement de l'article R. 1333-44, va détailler les modalités correspondantes.

**Conditions particulières d'emploi des sources de rayonnement**

*(les textes marqués d'une \* sont les plus fréquemment utilisés)*

- autorisation des sources scellées : conditions applicables à la récupération et au devenir des sources périmées ou qui ne sont plus utilisées (CPA)\* ;
- prolongation de l'autorisation d'utiliser des sources scellées radioactives de radioéléments artificiels au-delà de la période de dix années prévues par les CPA ;
- emploi du gaz krypton naturel ;
- emploi des détecteurs de fuites en phase gazeuse sur des canalisations enterrées ;
- emploi en hydrologie ;
- emploi pour la mesure du taux de renouvellement d'air ;
- emploi des appareils portatifs\* ;
- emploi de sources de tritium adsorbé ;
- emploi pour l'amorçage des tubes électroniques et des tubes à décharges ;
- emploi des détecteurs de fumée ou de gaz de combustion\* ;
- emploi des sources scellées d'étalonnage, de calibration et de test \* ;
- distribution de réactifs de laboratoire, de sources d'étalonnage et d'appareils de mesure ou d'analyse ;
- emploi de sources utilisées, dans les réacteurs électronucléaires, comme sources de démarrage, ou dans les chaînes fixes de radioprotection des systèmes de contrôle de tranche, ou dans les boremètres et dans les systèmes de contrôle de chaînes de mesure de puissance ainsi que dans les éprouvettes des capsules d'irradiation.

**Tableau 6 : domaines d'application des principales CPE des sources de rayonnement**

**Les conditions particulières d'emploi**

La CIREA (Commission interministérielle des radioéléments artificiels), qui était chargée de donner son avis sur les questions relatives aux radioéléments artificiels jusqu'en 2002, avait fixé, pour les activités soumises à autorisation, des conditions particulières d'emploi (CPE) destinées à informer le futur titulaire de cette autorisation des conditions d'application de la réglementation dans son domaine d'activité. Dans l'attente de la parution d'un texte de portée au moins équivalente, les CPE sont toujours en vigueur conformément au décret n° 2002-460. Le tableau 6 présente les domaines d'application des principales CPE.

Ces CPE seront alors traduites, pour les plus utilisées d'entre elles, par des arrêtés, les autres restant au niveau de prescriptions techniques particulières rappelées dans les autorisations individuelles. C'est ainsi que, compte tenu de l'importance des risques rencontrés par la pratique de la gammagraphie, un arrêté a été publié en mars 2004, pour actualiser les conditions d'emploi des appareils de gammagraphie et annuler la CPE correspondante.

2 | 2

**Les règles de gestion des sources de radionucléides**

Ces règles, déjà présentées au chapitre 3, point 1|2|4, sont bien entendu également applicables dans les domaines de l'industrie et de la recherche. Il est rappelé que ces règles portent sur :

- l'obligation de disposer d'une autorisation avant toute cession ou acquisition de sources ;
- l'enregistrement préalable auprès de l'IRSN de tout mouvement de sources ;
- la tenue par le titulaire de l'autorisation d'une comptabilité détaillée des sources qu'il détient et de leurs mouvements ;



- la déclaration sans délai au préfet et à l'ASN de la perte ou du vol de sources radioactives ;
- la restitution par l'utilisateur, à ses frais, à ses fournisseurs - qui sont dans l'obligation de les reprendre - des sources scellées périmées, détériorées ou en fin d'utilisation.

## 2 | 3

### Les procédures d'autorisation

Pour chaque activité nucléaire visée dans le tableau 2 et relevant d'une autorisation délivrée par le ministre chargé de la Santé, la demande correspondante est instruite par l'ASN. Elle doit être présentée par le responsable de l'activité nucléaire conjointement avec le chef d'établissement ou son préposé. Ce dossier est à établir à partir d'un formulaire à retirer auprès de l'ASN et à lui retourner, accompagné de l'ensemble des pièces constitutives demandées.

Le dossier doit permettre d'établir que les garanties en matière de radioprotection sont présentes et effectives, et qu'elles ont été définies en tenant compte des principes de justification, d'optimisation et de limitation énoncés à l'article L. 1333-1 du code de la santé publique. Dans ce but, ce dossier devra comporter des éléments relatifs à :

- la justification de la demande ;
- les conditions de détention et d'utilisation des sources ;
- la présence d'une personne compétente en radioprotection ;
- les caractéristiques et performances des appareils contenant des sources détenus et utilisés ;
- l'organisation de la radioprotection ;
- la rédaction de consignes de sécurité ;
- les précautions prises face aux risques de vol ou d'incendie.

Dans le cadre de l'instruction des demandes d'autorisation, l'ASN peut faire appel, en tant que de besoin, à l'expertise de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) et, si nécessaire, à l'expertise d'organismes dont elle reconnaît la compétence dans les domaines de la sécurité des sources de radionucléides et des générateurs électriques de rayonnements.

En 2006, l'ASN a poursuivi ses actions destinées à favoriser le traitement des autorisations par ses divisions régionales. Ainsi, l'ASN confie progressivement aux Divisions de la sûreté nucléaire et de la radioprotection l'instruction de certaines autorisations, par exemple celles relatives à la détention et l'utilisation de gammagraphes, de gammadensimètres ou d'appareils de détection de plomb dans les peintures.



Plusieurs modèles de gammadensimètres

### 3 PRIORITÉS MISES EN ŒUVRE AU COURS DE L'ANNÉE

#### 3|1

#### Les actions générales

En 2006, outre ses activités d'élaboration de la réglementation, l'ASN a initié ou poursuivi plusieurs actions de portée générale destinées à mieux faire connaître la réglementation applicable, à rationaliser le périmètre de certaines autorisations portant sur un même établissement ou à promouvoir la rédaction de guides de bonnes pratiques par les professionnels.

Au titre des actions d'information, on peut par exemple citer la participation de l'ASN :

- à des réunions avec l'INSERM (Institut national de la santé et de la recherche médicale) pour rationaliser le nombre de détenteurs d'autorisation ;
- aux journées organisées par la COFREND (Confédération française pour les essais non destructifs), spécifiquement sur le thème de la gammagraphie ;
- aux journées de la SFRP (société française de radioprotection) sur les sources radioactives ;
- à plusieurs réunions tenues dans des universités.

Ces actions permettent à l'ASN de rappeler les principales exigences réglementaires applicables, de préciser ses attentes et d'insister sur des aspects pratiques facilitant le bon déroulement du processus d'autorisation. Elles sont également l'occasion pour l'ASN d'avoir un retour direct des utilisateurs sur leurs contraintes et difficultés. En matière de rationalisation des périmètres des autorisations, on peut par exemple citer :

- la poursuite du processus de globalisation des autorisations de l'Institut Pasteur de Paris liée à un meilleur contrôle interne de l'Institut ;
- la globalisation de quelques autorisations d'entreprises (notamment de gammagraphie) disposant en France de plusieurs implantations et fonctionnant avec des règles internes communes aux différentes implantations.

Ces démarches visent à réduire, lorsque l'organisation de l'entreprise s'y prête, le nombre d'autorisations couvrant l'ensemble des activités de l'entreprise et, en conséquence, à privilégier la responsabilité globale du chef d'établissement.

Enfin, pour ce qui concerne l'incitation des professionnels à définir des guides de bonnes pratiques encadrant la radioprotection dans leurs activités quotidiennes, l'ASN a proposé, en juillet 2005, à la COFREND de mener une réflexion sur la justification de la gammagraphie et de produire un document détaillant les bonnes pratiques à respecter, tant par les donneurs d'ordres que par les entreprises de gammagraphie. La gammagraphie est en effet un secteur à fort enjeu de radioprotection : une mauvaise utilisation des appareils ou la perte d'une source de gammagraphie sont susceptibles de conséquences sanitaires graves. Cette dangerosité est d'ailleurs illustrée par l'accident qui s'est produit le 15 décembre 2005 au Chili : un ouvrier chilien a été gravement irradié ; il a été soigné en France à l'hôpital Percy. La COFREND a donné, par lettre du 8 septembre 2005, son accord de principe pour de telles actions.

#### 3|2

#### Les fournisseurs

L'ASN a poursuivi en 2006 une action prioritaire, engagée en 2003, à l'égard des fournisseurs de sources de radionucléides ou d'appareils en contenant utilisés à des fins industrielles ou de recherche. Ces sociétés ont une responsabilité importante dans la sécurité des mouvements de



sources, dans leur traçabilité, dans la récupération et l'élimination des sources usagées ou en fin de vie. Il importe donc que leur situation au regard des règles de radioprotection soit satisfaisante et que leurs activités soient régulièrement couvertes par l'autorisation prévue à l'article R. 1333-27 du code de la santé publique.

Au cours de l'année 2006, 46 autorisations ont été délivrées à des fournisseurs et 5 annulations ont été prononcées. En outre, plusieurs dizaines de dossiers sont en cours d'instruction par l'ASN.

Il convient de souligner que les délais d'instruction de ce type de dossier peuvent être assez longs, compte tenu de la conjonction de plusieurs facteurs négatifs (la difficulté d'échanger avec les bons interlocuteurs, puis d'obtenir des informations pertinentes sur les sources et les appareils, la complexité des analyses liées à la radioprotection des appareils et des sources de radionucléides, la difficulté d'obtenir des garanties précises pour la reprise effective des sources scellées usagées ou en fin de vie).

Toutefois, le travail de fond actuellement en cours sur ce type de dossiers permettra de faciliter leur examen ultérieur lors des renouvellements des autorisations ou en cas de demande de modifications de ces dernières.

### 3 | 3

## Les utilisateurs

L'instruction par l'ASN d'environ 1500 dossiers de demande de détention et d'utilisation de radionucléides s'est traduite par la notification de 440 autorisations nouvelles et 153 annulations. Environ 900 dossiers relevant d'une activité industrielle ou de recherche sont en cours d'examen par l'ASN. Le tableau 7 présente les autorisations délivrées ou annulées en 2006.

Évolution des autorisations « utilisateur »	2006
Autorisations nouvelles	440
Renouvellements-mises à jour	955
Annulations	153

Tableau 7 : autorisations « utilisateur » de sources radioactives

Une fois l'autorisation obtenue, son titulaire peut s'approvisionner en sources. Dans ce but, il reçoit de l'IRSN des formulaires de demande de fournitures permettant à l'Institut de vérifier - dans le cadre de ses missions de tenue à jour de l'inventaire des sources de rayonnements ionisants - que les commandes s'effectuent conformément aux autorisations délivrées à l'utilisateur et à son fournisseur. Si tel est bien le cas, le mouvement est alors enregistré par l'IRSN qui avise les intéressés que la livraison peut être effectuée. En cas de difficulté, l'ASN est saisie.

### Cas des générateurs électriques de rayonnements ionisants

L'ASN effectue l'instruction des demandes d'autorisation de détention et d'utilisation de générateurs électriques, étant rappelé que dans la réglementation précédente ces installations étaient soumises à un simple régime de déclaration.

Plusieurs difficultés ont été soulevées lors de ces instructions. En particulier, les générateurs de rayonnements X sont des équipements de travail au sens du code du travail et doivent notamment respecter plusieurs normes datant du début des années 1990. Ces dispositions n'ont pas été abrogées



**Générateur électrique de rayonnements X dans une enceinte de tir**

avec l'évolution de la réglementation, qui a modifié les limites annuelles d'exposition des travailleurs et du public et fait passer ces appareils du régime de déclaration au régime d'autorisation.

L'ASN a engagé des discussions avec le ministère du travail pour faire évoluer cette réglementation et a incité l'UTE (Union technique de l'électricité) à engager la mise à jour des normes précitées. À cet égard, l'UTE a initié la révision des normes NF-C 15-160 et des normes spécifiques associées.

Cependant, l'ASN a accordé, en 2006, 128 autorisations d'utilisation de générateurs électriques de rayonnements X.

#### **Cas des sources de rayonnements ionisants utilisées dans les INB**

Le code de la santé publique indique à son article R. 1333-26 que l'autorisation (décret d'autorisation de création) délivrée pour une installation nucléaire de base (INB) vaut autorisation de détenir et utiliser des sources de rayonnements ionisants. Cette disposition simplificatrice s'applique au cas des sources nécessaires au fonctionnement des INB, les autres sources détenues étant soumises à autorisation au titre du code de la santé publique.

Les exploitants d'INB ont dressé la liste des sources qu'ils détiennent en distinguant celles qui sont nécessaires au fonctionnement des installations des autres sources détenues, l'ASN leur a demandé d'intégrer la gestion des sources nécessaires au fonctionnement dans les référentiels de sûreté des installations.

Par ailleurs, le CEA a régularisé sa situation à l'égard du code de la santé publique en obtenant des autorisations dans ses différents établissements, en remplacement de la dérogation au droit commun dont il disposait précédemment. Les actions de régularisation se poursuivent pour ce qui concerne les générateurs électriques de rayonnements ionisants et l'enregistrement des sources détenues.

## 4 CONTRÔLES DES SOURCES DE RAYONNEMENTS ET DES INSTALLATIONS

### 4 | 1

#### Les contrôles effectués par l'ASN

Les contrôles appliqués aux sources de rayonnements sont fonction de la nature de ces sources et des étapes de leur réalisation puis de leur utilisation. Ils sont présentés dans le chapitre 4.

L'ASN a porté une attention particulière à l'utilisation d'appareils de gammagraphie. À cet égard, l'ASN a adressé, le 26 avril 2004, une lettre circulaire aux industriels concernés en leur enjoignant de respecter les principales dispositions réglementaires en vigueur du fait de la découverte de nombreuses insuffisances dans l'application des bonnes pratiques de radioprotection, voire de graves manquements aux dispositions réglementaires fixées par les codes de la santé publique, du travail et de l'environnement. Un rappel a été fait par lettre circulaire du 29 décembre 2005 à la suite d'un incident de perte d'une source de gammagraphie au Chili où un ouvrier a été gravement irradié. Ces lettres circulaires ont fait l'objet d'une note d'information publiée sur le site de l'ASN ([www.asn.fr](http://www.asn.fr)). L'ASN a inscrit l'inspection des établissements utilisant des gammagraphes parmi ses thèmes prioritaires d'inspection depuis 2004. Les principales insuffisances concernent l'évaluation préalable des doses et leur optimisation ainsi que les conditions de réalisation des opérations de gammagraphie sur les chantiers.

Les incidents déclarés concernent essentiellement des pertes ou des vols de sources radioactives ou d'appareils portatifs en contenant (détection de plomb...), une utilisation inappropriée ou la destruction accidentelle totale ou partielle d'une source de radionucléides.

On en compte pour l'année 2006 une vingtaine, dont :

- 14 pertes ou vols de sources scellées sur leur lieu d'utilisation ;
- 4 incidents de surexposition potentielle.



Mesure du débit de dose avant un tir de gammagraphie

#### Accident d'irradiation au Sénégal et en Côte d'Ivoire

L'ASN a été informée le 29 août 2006 d'un accident d'irradiation survenu à Dakar et Abidjan entre le 3 juin 2006 et le 4 août 2006 où plusieurs personnes ont été accidentellement en contact avec une source d'iridium 192 de forte activité.

L'incident concerne notamment les filiales du Sénégal et de Côte d'Ivoire du groupe français Bureau Veritas.

Le 3 juin, lors d'une opération de radiographie de soudure à Dakar, la source d'iridium utilisée, d'une activité de 3,7 TBq, serait restée bloquée dans la gaine d'éjection après le tir et n'aurait pas regagné son container de stockage. Les opérateurs ne s'étant pas aperçu de ce dysfonctionnement, la source est restée contenue dans cet accessoire qui ne dispose d'aucune protection biologique.

Le problème n'a été détecté que le 3 août 2006 à Abidjan alors que la télécommande et la gaine avaient été envoyées pour être utilisées sur un autre chantier.

La source non protégée est restée ainsi stockée et a été manipulée et transportée sans précaution particulière et sans sa protection biologique pendant deux mois entraînant l'exposition d'un certain nombre de personnes dont quatre victimes gravement atteintes.

L'appareil utilisé serait un gammagraphe de type TIF distribué par la société MDS Nordion en Belgique.

Les appareils de type TIF sont interdits d'utilisation en France depuis 1989. En effet, ils ne sont pas conformes aux exigences du décret n° 85-968 définissant les conditions d'hygiène et de sécurité auxquelles doivent satisfaire les appareils de radiographie utilisant le rayonnement gamma et ne disposent donc pas de visa d'examen technique.

## 4 | 2

### La fin de vie des sources scellées

Compte tenu des dispositions du code de la santé publique (articles L. 1333-7 et R. 1333-52), tout utilisateur est tenu de faire reprendre par ses fournisseurs les sources scellées qu'il a approvisionnées dès qu'il n'en a plus l'usage, et au plus tard dans un délai de dix ans suivant la date d'obtention du premier visa apposé sur les demandes de fourniture de sources.

Le fournisseur est tenu de les reprendre sur simple demande de l'utilisateur. Il doit de plus constituer une garantie financière pour pallier les conséquences de son éventuelle défaillance si un autre repreneur ou l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA) était contraint d'intervenir. Enfin, le fournisseur de la source est tenu de déclarer (article R. 1333-52) toute source scellée qui ne lui aurait pas été restituée dans les délais requis.

L'organisme repreneur doit délivrer à l'utilisateur une attestation de reprise qui permet à l'utilisateur de dégager sa responsabilité liée à l'emploi de la source. Sur la base de ce document, la source est retirée de l'inventaire de l'utilisateur dans l'inventaire national des sources gérées par l'IRSN, mais sa trace est conservée dans un fichier « archives ».

Lors de l'examen des demandes de renouvellement, en cas de cessation d'activité ou lors de vérifications ponctuelles à l'occasion d'inspections, l'ASN, avec le concours de l'IRSN, vérifie systématiquement la situation et le devenir des sources scellées.

Afin de renforcer la garantie de reprise des sources de radionucléides et de faciliter sa mise en œuvre, les fournisseurs ont créé en 1996 une association loi du 1<sup>er</sup> juillet 1901, dénommée Ressources, qui s'est notamment fixé pour objectif de constituer un fonds de garantie destiné à permettre le remboursement, à l'ANDRA ou à tout autre organisme habilité, des frais couvrant la reprise des sources auprès de l'utilisateur, soit en raison de la défaillance du fournisseur normalement chargé de procé-

der à leur récupération, soit en raison de l'absence de tout fournisseur susceptible de s'en acquitter lorsqu'il s'agit de sources orphelines.

L'association Ressources, forte d'une soixantaine d'adhérents, est devenue l'interlocuteur privilégié de la profession dans la mesure où elle rassemble près de 95 % du marché de cette activité.

Dans le cadre du plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (voir le chapitre 16), des solutions d'élimination des sources usagées sont étudiées, car il n'existe actuellement pas de filière d'élimination de ces sources. Un projet d'arrêté fixant les modalités d'élimination (de déclasserment) des sources est en cours d'élaboration dans ce cadre. Par ailleurs, l'ASN a donné son accord de principe pour éliminer, au centre de stockage de l'Aube, les sources dont la période est inférieure ou égale à celle de l'isotope 137 du césium (soit environ 30 ans).

## 5 PERSPECTIVES

Dans le domaine du contrôle des applications des rayonnements ionisants dans l'industrie et la recherche, les enjeux principaux pour l'ASN résident tout particulièrement dans la prise en compte par les opérateurs des risques liés à l'utilisation des rayonnements ionisants. Ceci est d'autant plus nécessaire que les acteurs sont divers et nombreux. Des accidents graves survenus à l'étranger, comme celui survenu entre le Sénégal et la Côte d'Ivoire, démontrent, si besoin était, de la nécessité d'une application scrupuleuse de la réglementation et une exploitation rigoureuse. Dans ce but, l'ASN a poursuivi la définition de ses actions prioritaires en utilisant au mieux ses moyens :

- l'échelon central a poursuivi le travail en direction des fournisseurs, à la fois pour l'instruction des dossiers d'autorisation et les contrôles réalisés dans ces entités ;
- les échelons territoriaux ont progressivement pris en charge l'instruction d'un certain nombre de demandes d'autorisation (gammagraphes, gammadensimètres, détecteurs de plomb dans les peintures, sources non scellées), rapprochant ainsi les utilisateurs de leur autorité, et ont poursuivi les contrôles réalisés chez les utilisateurs.

Parallèlement, le renforcement progressif des moyens de l'ASN s'est poursuivi, avec la nomination récente d'inspecteurs de la radioprotection, pour qu'elle soit en mesure de remplir la totalité de ses missions avec environ 500 inspections prévues en 2007.

Dans les actions de contrôle qu'elle conduit, l'ASN doit rester vigilante et déterminée sur tous les écarts éventuels qui pourraient conduire à des incidents graves pour les travailleurs ou le public. À la suite des incidents liés à des sources de gammagraphie, elle a sensibilisé par deux fois les professionnels de la gammagraphie sur l'importance de respecter les règles de radioprotection.

Les actions engagées les années précédentes seront également poursuivies et complétées par :

- la poursuite du travail de remise à niveau des autorisations délivrées aux fabricants et aux fournisseurs de sources radioactives et des actions entreprises vis-à-vis du monde de la recherche ;
- l'application du régime d'autorisation aux générateurs électriques de rayonnements ionisants utilisés dans l'industrie et la recherche ;
- les visites réalisées notamment chez les utilisateurs et détenteurs de gammagraphes et de gammadensimètres ;
- la rationalisation des autorisations au sein des établissements quand cela était possible et la poursuite de cet objectif qui sera facilité par les modifications prévues du code de la santé publique.

L'ASN s'attache à entretenir des liens plus étroits avec l'ensemble des acteurs et des organismes dans l'industrie et la recherche. En particulier, l'ASN va renforcer la vérification de la justification du recours à la radioactivité lors de la délivrance des autorisations.



Un projet de décret, soumis à une large concertation auprès des différentes parties concernées mais aussi du grand public (consultation sur le site Internet de l'ASN en septembre 2005), a été élaboré. Il s'agit d'une mise à jour des dispositions du code de la santé publique, avec les objectifs suivants :

- transposer la directive Euratom 2003/122 du Conseil du 22 décembre 2003 relative au contrôle des sources radioactives scellées de haute activité et des sources orphelines ;
- introduire des mesures de simplification administrative, notamment en ce qui concerne le régime d'autorisation et de déclaration des sources de rayonnements ionisants en valorisant l'expérience acquise dans l'application de la nouvelle réglementation ;
- compléter les dispositions concernant le contrôle de la radioprotection ;
- apporter des précisions et des compléments dans la rédaction de plusieurs dispositions déjà en vigueur.

Ces évolutions du code de la santé publique (trois régimes : exemption, déclaration et autorisation au lieu de deux ; personne morale au lieu de la seule personne physique ; possibilité de fixer une durée des autorisations autre que les cinq ans actuels) devraient permettre une amélioration de l'efficacité du contrôle effectué par l'ASN.

Enfin, l'ASN restera vigilante dans son contrôle de l'utilisation des sources de rayonnement ionisant dans l'industrie et la recherche.

