



## **BROCHURE D'INFORMATION**

# **NOTIONS DE BASE EN RADIOPROTECTION ET DISPOSITIONS REGLEMENTAIRES**

**Version : Novembre 2004**

## TABLE DES MATIERES

<b>TABLE DES MATIERES</b>	<b>2</b>
<b>1 Introduction</b>	<b>3</b>
<b>2 Notions de base</b>	<b>3</b>
2.1 La matière et la radioactivité .....	3
2.2 Les rayonnements ionisants.....	5
2.3 Les principes de base de radioprotection.....	8
2.4 Les normes de base de radioprotection (Art. 20) .....	9
<b>3 Dispositions réglementaires</b>	<b>10</b>
3.1 Champ d'application ( Art.1 ).....	10
3.2 Classement des établissements où sont exercées des pratiques ( Art.3 et 4 ) .....	11
3.3 Régime d'autorisation des établissements ( Art. 5 à 11 ) .....	15
3.4 Limitation des doses dans le cadre des pratiques ( Art. 20.1. ).....	18
3.5 Limitation des doses dans le cadre des interventions ( Art. 20.2. ) .....	20
3.6 Niveaux de dose dans le cadre des expositions aux sources naturelles de rayonnements ionisants ( Art. 20.3. ) .....	22
3.7 Contrôle physique ( Art. 23 ) .....	22
3.8 Contrôle médical ( Art. 24 ) .....	23
3.9 Information et formation des travailleurs, apprenti(e)s, étudiant(e)s et personnes susceptibles d'être exposées aux rayonnements ionisants ( Art. 25 ) .....	23
3.10 Devoirs des travailleurs et travailleurs externes ( Art. 26 ) .....	24
3.11 Protection des locaux ( Art. 29 ) .....	24
3.12 Protection individuelle des personnes dans les zones contrôlées ( Art. 30 ) .....	25
3.13 Signaux d'avertissement, symboles et mentions ( Art. 31 ) .....	26
3.14 Salles d'opération et infirmerie ( Art. 32 ) .....	27
<b>4 Interdictions ( Art. 64 )</b>	<b>27</b>
<b>GLOSSAIRE</b>	<b>29</b>

## 1 INTRODUCTION

La présente brochure d'information reprend les normes de base et les dispositions réglementaires relatives à la protection de la population, des travailleurs et de l'environnement contre le danger des rayonnements ionisants, conformément à l'Arrêté Royal du 20 juillet 2001 ainsi que les annexes (M.B. du 30 août 2001) (FANC - AFCN).

Cette brochure remplace les fiches RAD 2, 5A, 6, 10, 10A, 10C, 11, 12, 12C, 64, 79A, 79B, 80, 82 et 83 éditées précédemment par Vincotte Controlatom.

## 2 NOTIONS DE BASE

### 2.1 La matière et la radioactivité

La matière (cristal ou molécule) est constituée d'atomes ( $\sim 10^{-10}$  m) qui sont composés d'un noyau central massif ( $\sim 10^{-14}$  m) et d'électrons gravitant autour de ce dernier sur des orbitales bien déterminées (voir fig. 1). Le noyau porte une charge électrique positive tandis que chaque électron orbital porte une charge négative : globalement, l'atome est neutre.

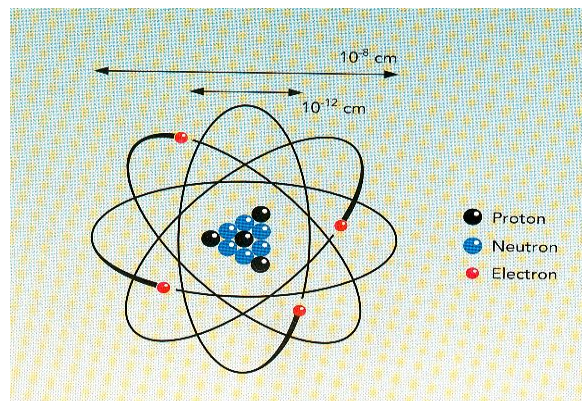


Fig.1 – représentation de l'atome

Le noyau est constitué de particules lourdes ou nucléons ( $\sim 10^{-15}$  m) : les protons et les neutrons. Un nucléon est environ 1836 fois plus massif qu'un électron orbital. Chaque proton a une charge positive tandis qu'un neutron est, par définition, neutre.

Il y a autant de protons que d'électrons : c'est le nombre atomique (Z). Il détermine la nature de l'élément (voir Fig. 2).

Le nombre de neutrons (N) peut être variable pour un même élément.

Le nombre de nucléon ou nombre de masse (A) est :  $A = Z + N$ .

La notation d'un élément X est :  ${}^A_ZX$  (X étant le symbole chimique de l'élément).

Par exemple, le Cobalt 59 ou  ${}^{59}_{27}\text{Co}$  comporte 27 protons ou électrons, et 32 neutrons (59 - 27).

## The Periodic Table of the Elements

1 <b>H</b> Hydrogen 1.00794																	2 <b>He</b> Helium 4.003																												
3 <b>Li</b> Lithium 6.941	4 <b>Be</b> Beryllium 9.012182											5 <b>B</b> Boron 10.811	6 <b>C</b> Carbon 12.0107	7 <b>N</b> Nitrogen 14.00674	8 <b>O</b> Oxygen 15.9994	9 <b>F</b> Fluorine 18.9984032	10 <b>Ne</b> Neon 20.1797																												
11 <b>Na</b> Sodium 22.989770	12 <b>Mg</b> Magnesium 24.3050											13 <b>Al</b> Aluminium 26.981538	14 <b>Si</b> Silicon 28.0855	15 <b>P</b> Phosphorus 30.973761	16 <b>S</b> Sulfur 32.066	17 <b>Cl</b> Chlorine 35.4527	18 <b>Ar</b> Argon 39.948																												
19 <b>K</b> Potassium 39.0983	20 <b>Ca</b> Calcium 40.078	21 <b>Sc</b> Scandium 44.955910	22 <b>Ti</b> Titanium 47.867	23 <b>V</b> Vanadium 50.9415	24 <b>Cr</b> Chromium 51.9961	25 <b>Mn</b> Manganese 54.938049	26 <b>Fe</b> Iron 55.845	27 <b>Co</b> Cobalt 58.933200	28 <b>Ni</b> Nickel 58.6934	29 <b>Cu</b> Copper 63.546	30 <b>Zn</b> Zinc 65.39	31 <b>Ga</b> Gallium 69.723	32 <b>Ge</b> Germanium 72.61	33 <b>As</b> Arsenic 74.92160	34 <b>Se</b> Selenium 78.96	35 <b>Br</b> Bromine 79.904	36 <b>Kr</b> Krypton 83.80																												
37 <b>Rb</b> Rubidium 85.4678	38 <b>Sr</b> Strontium 87.62	39 <b>Y</b> Yttrium 88.90585	40 <b>Zr</b> Zirconium 91.224	41 <b>Nb</b> Niobium 92.90638	42 <b>Mo</b> Molybdenum 95.94	43 <b>Tc</b> Technetium (98)	44 <b>Ru</b> Ruthenium 101.07	45 <b>Rh</b> Rhodium 102.90550	46 <b>Pd</b> Palladium 106.42	47 <b>Ag</b> Silver 107.8682	48 <b>Cd</b> Cadmium 112.411	49 <b>In</b> Indium 114.818	50 <b>Sn</b> Tin 118.710	51 <b>Sb</b> Antimony 121.760	52 <b>Te</b> Tellurium 127.60	53 <b>I</b> Iodine 126.90447	54 <b>Xe</b> Xenon 131.29																												
55 <b>Cs</b> Cesium 132.90545	56 <b>Ba</b> Barium 137.327	57 <b>La</b> Lanthanum 138.9055	58 <b>Ce</b> Cerium 140.116	59 <b>Pr</b> Praseodymium 140.90765	60 <b>Nd</b> Neodymium 144.24	61 <b>Pm</b> Promethium (145)	62 <b>Sm</b> Samarium 150.36	63 <b>Eu</b> Europium 151.964	64 <b>Gd</b> Gadolinium 157.25	65 <b>Tb</b> Terbium 158.92534	66 <b>Dy</b> Dysprosium 162.50	67 <b>Ho</b> Holmium 164.93032	68 <b>Er</b> Erbium 167.26	69 <b>Tm</b> Thulium 168.93421	70 <b>Yb</b> Ytterbium 173.04	71 <b>Lu</b> Lutetium 174.967																													
87 <b>Fr</b> Francium (223)	88 <b>Ra</b> Radium (226)	89 <b>Ac</b> Actinium (227)	104 <b>Rf</b> Rutherfordium (261)	105 <b>Db</b> Dubnium (262)	106 <b>Sg</b> Seaborgium (263)	107 <b>Bh</b> Bohrium (262)	108 <b>Hs</b> Hassium (265)	109 <b>Mt</b> Meitnerium (266)	110 <b></b> (269)	111 <b></b> (272)	112 <b></b> (277)	113 <b></b>	114 <b></b>	83 <b>Bi</b> Bismuth (208.98038)	84 <b>Po</b> Polonium (209)	85 <b>At</b> Astatine (210)	86 <b>Rn</b> Radon (222)																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td>58 <b>Ce</b> Cerium 140.116</td> <td>59 <b>Pr</b> Praseodymium 140.90765</td> <td>60 <b>Nd</b> Neodymium 144.24</td> <td>61 <b>Pm</b> Promethium (145)</td> <td>62 <b>Sm</b> Samarium 150.36</td> <td>63 <b>Eu</b> Europium 151.964</td> <td>64 <b>Gd</b> Gadolinium 157.25</td> <td>65 <b>Tb</b> Terbium 158.92534</td> <td>66 <b>Dy</b> Dysprosium 162.50</td> <td>67 <b>Ho</b> Holmium 164.93032</td> <td>68 <b>Er</b> Erbium 167.26</td> <td>69 <b>Tm</b> Thulium 168.93421</td> <td>70 <b>Yb</b> Ytterbium 173.04</td> <td>71 <b>Lu</b> Lutetium 174.967</td> </tr> <tr> <td>90 <b>Th</b> Thorium 232.0381</td> <td>91 <b>Pa</b> Protactinium 231.03588</td> <td>92 <b>U</b> Uranium 238.0289</td> <td>93 <b>Np</b> Neptunium (237)</td> <td>94 <b>Pu</b> Plutonium (244)</td> <td>95 <b>Am</b> Americium (243)</td> <td>96 <b>Cm</b> Curium (247)</td> <td>97 <b>Bk</b> Berkelium (247)</td> <td>98 <b>Cf</b> Californium (251)</td> <td>99 <b>Es</b> Einsteinium (252)</td> <td>100 <b>Fm</b> Fermium (257)</td> <td>101 <b>Md</b> Mendelevium (258)</td> <td>102 <b>No</b> Nobelium (259)</td> <td>103 <b>Lr</b> Lawrencium (262)</td> </tr> </table>																		58 <b>Ce</b> Cerium 140.116	59 <b>Pr</b> Praseodymium 140.90765	60 <b>Nd</b> Neodymium 144.24	61 <b>Pm</b> Promethium (145)	62 <b>Sm</b> Samarium 150.36	63 <b>Eu</b> Europium 151.964	64 <b>Gd</b> Gadolinium 157.25	65 <b>Tb</b> Terbium 158.92534	66 <b>Dy</b> Dysprosium 162.50	67 <b>Ho</b> Holmium 164.93032	68 <b>Er</b> Erbium 167.26	69 <b>Tm</b> Thulium 168.93421	70 <b>Yb</b> Ytterbium 173.04	71 <b>Lu</b> Lutetium 174.967	90 <b>Th</b> Thorium 232.0381	91 <b>Pa</b> Protactinium 231.03588	92 <b>U</b> Uranium 238.0289	93 <b>Np</b> Neptunium (237)	94 <b>Pu</b> Plutonium (244)	95 <b>Am</b> Americium (243)	96 <b>Cm</b> Curium (247)	97 <b>Bk</b> Berkelium (247)	98 <b>Cf</b> Californium (251)	99 <b>Es</b> Einsteinium (252)	100 <b>Fm</b> Fermium (257)	101 <b>Md</b> Mendelevium (258)	102 <b>No</b> Nobelium (259)	103 <b>Lr</b> Lawrencium (262)
58 <b>Ce</b> Cerium 140.116	59 <b>Pr</b> Praseodymium 140.90765	60 <b>Nd</b> Neodymium 144.24	61 <b>Pm</b> Promethium (145)	62 <b>Sm</b> Samarium 150.36	63 <b>Eu</b> Europium 151.964	64 <b>Gd</b> Gadolinium 157.25	65 <b>Tb</b> Terbium 158.92534	66 <b>Dy</b> Dysprosium 162.50	67 <b>Ho</b> Holmium 164.93032	68 <b>Er</b> Erbium 167.26	69 <b>Tm</b> Thulium 168.93421	70 <b>Yb</b> Ytterbium 173.04	71 <b>Lu</b> Lutetium 174.967																																
90 <b>Th</b> Thorium 232.0381	91 <b>Pa</b> Protactinium 231.03588	92 <b>U</b> Uranium 238.0289	93 <b>Np</b> Neptunium (237)	94 <b>Pu</b> Plutonium (244)	95 <b>Am</b> Americium (243)	96 <b>Cm</b> Curium (247)	97 <b>Bk</b> Berkelium (247)	98 <b>Cf</b> Californium (251)	99 <b>Es</b> Einsteinium (252)	100 <b>Fm</b> Fermium (257)	101 <b>Md</b> Mendelevium (258)	102 <b>No</b> Nobelium (259)	103 <b>Lr</b> Lawrencium (262)																																

Fig.2 – tableau périodique des éléments

Chacun des éléments de la classification périodique (ou tableau de Mendeleïev) est caractérisé par une masse atomique qui est une moyenne pondérée des isotopes stables.

La radioactivité est l'expression de l'instabilité des isotopes instables ou radio-isotopes (ou radio-éléments). Un rapport N/Z défavorable (excédent ou déficit de neutrons) entraîne une instabilité nucléaire. Pour atteindre une configuration plus stable, le noyau se désexcite en émettant un rayonnement électromagnétique ou une particule.

Le nombre de noyaux qui se désexcitent par unité de temps détermine l'activité d'une source radioactive. Elle est exprimée en Becquerel (Bq) qui correspond à une désintégration par seconde.

Par commodité, on utilise encore parfois l'ancienne unité d'activité : le Curie (Ci). Elle équivaut à 37 milliards de désintégrations par seconde (soit l'activité d'un gramme de radium-226).

L'isotope radioactif est également caractérisé par la période physique ou temps de demi-vie ( $T_{1/2}$ ), par le type de rayonnements émis ainsi que par l'énergie du rayonnement émis.

Le temps de demi-vie est la durée de temps au terme de laquelle l'activité est réduite de moitié (voir Fig.3).

- Césium 137** : 30,2 ans
- Cobalt 60** : 5,3 ans
- Iode 125** : 59,4 jours
- Technétium 99m** : 6 heures
- Radon 222** : 3,8 jours
- Uranium 238** : 4,5 milliards d'années

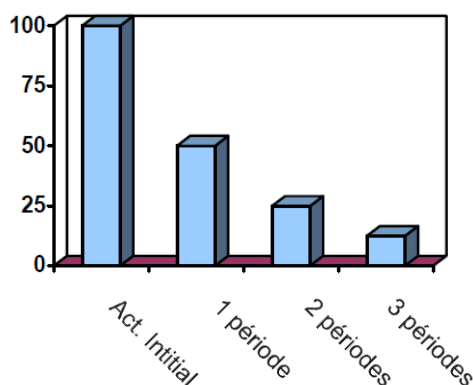


Fig.3 – période radioactive

Après 4 périodes, l'activité résiduelle est inférieure à 10 % (6,25 % exactement).

Après 10 périodes, l'activité résiduelle est inférieure à 0,1 % (0,098 % arrondi).

## 2.2 Les rayonnements ionisants

Les rayonnements émis par les isotopes radioactifs sont de deux types : électromagnétiques (rayons X et gamma) et corpusculaires (alpha, bêta et neutron).

a) La particule alpha est un noyau d'hélium constitué de 2 protons et de 2 neutrons. Elle est donc doublement chargée positivement et de ce fait rapidement arrêtée dans la matière. Elle provient des isotopes « lourds » ( $Z > 83$ ) et a des énergies comprises entre 3000 et 9000 keV. Par exemple, l'Uranium-238, le Radium-226, le Radon-222 sont des émetteurs alpha (voir Fig.4).

Le rayonnement bêta est constitué par un électron et provient également du noyau atomique. Le spectre en énergie des électrons est continu. L'énergie moyenne des électrons est égale au tiers environ de l'énergie maximale.

Lorsqu'il y a un excès de neutrons au sein du noyau, l'émission est « bêta moins » (électrons).

Lorsqu'il y a un excès de protons au sein du noyau, l'émission est « bêta plus » (positons).

L'énergie maximale du rayonnement bêta est de 3000 keV.

Par exemple, le tritium (hydrogène-3), le carbone-14, le soufre-35 sont des émetteurs « bêta moins ». Le Sodium-22, l'Oxygène-15, le Carbone-11, le Fluor-18 sont des émetteurs « bêta plus ».

L'émission neutronique peut provenir de la fission spontanée de quelques noyaux « lourds » (Californium-252 par exemple), ou, de la fission artificielle en réacteur nucléaire ou en accélérateur. Le neutron est une particule non chargée (neutre). Le neutron est environ 1836 fois plus lourd que l'électron.

L'énergie d'un neutron peut atteindre 10000 keV.

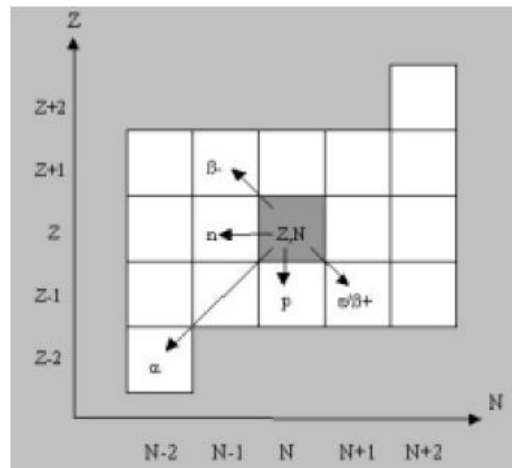


Fig.4 – représentation (N,Z) des rayonnements corpusculaires

b) Les rayonnements électromagnétiques ionisants sont de la même nature que le rayonnement lumineux mais d'énergie plus élevée (supérieure à environ 10 électron-volt) ou de plus petite longueur d'onde (inférieure à environ 100 nanomètres). Les rayons X sont des rayonnements électromagnétiques qui peuvent être d'origine atomique ou être produits par l'intermédiaire d'un tube à rayons X.

Le principe de fonctionnement d'un tube à rayons X repose sur l'application d'une haute tension continue aux bornes d'une électrode située dans une enceinte en verre constituant le tube (voir Fig.4). Les électrons cathodiques émis par la cathode lorsqu'elle est traversée par un courant, sont accélérés par la haute tension vers une cible (anode) constituée d'un matériau à Z élevé. Les rayons X sont produits par freinage des électrons dans cette cible. Les rayons X forment un spectre continu (voir Fig.5).

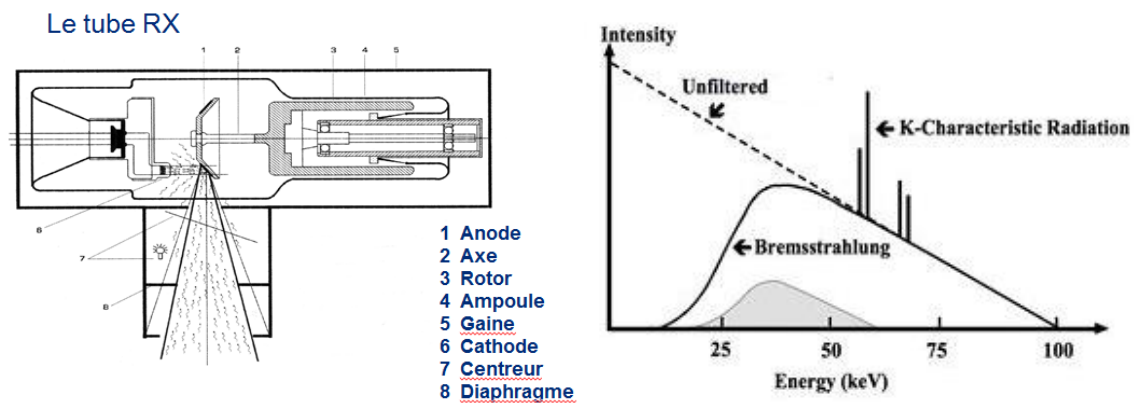


Fig.5 – tube à rayons X (à gauche) et spectre continu (à droite)

Les rayons X d'origine atomique sont de la même nature mais sont moins énergétiques et sont discrets (mono-énergétiques). Ils sont émis à la suite d'une ré-organisation du cortège électronique (fluorescence X).

Les photons gamma proviennent du noyau atomique. Ils sont souvent précédés de l'émission de particules alpha ou béta qui laisse le noyau dans un état excité. L'énergie de ces photons gamma correspond à cette désexcitation nucléaire (stabilisation). Par exemple, le Technécium-99m, le Thallium-201, le Gallium-67, l'Iode-125, le Césium-137, le Cobalt-60 sont des émetteurs gamma.

c) Plus l'énergie est élevée, plus le rayonnement est pénétrant dans une matière donnée. Pour le rayonnement électromagnétique, on parle d'**atténuation** d'un matériau donné. Pour le rayonnement corpusculaire, on parle de **parcours** maximal.

Par exemple, l'épaisseur dixième pour les photons gamma de 140 keV provenant du Technécium-99m est de 1 mm de plomb (masse volumique : 11,35 g/cm<sup>3</sup>).

Pour les photons gamma de 662 keV du Césium-137, l'épaisseur dixième est de 24 mm de plomb.

Le rayonnement « bêta moins » de 156 keV (énergie maximale) provenant du Carbone-14 est arrêté par 0,4 mm de plexiglas. Le rayonnement bêta moins de 1710 keV (énergie maximale) provenant du Phosphore-32 est arrêté par 10 mm de plexiglas.

Le positon de 633 keV (énergie maximale) provenant du Fluor-18 s'annihile en présence d'un électron en donnant deux photons gamma de 511 keV émis en même temps à 180 ° l'un de l'autre. L'épaisseur dixième pour ces photons est de 16,5 mm de plomb.

Une particule alpha de 5000 keV sera arrêtée par 4 cm d'air (masse volumique 0,0013 g/cm<sup>3</sup>).

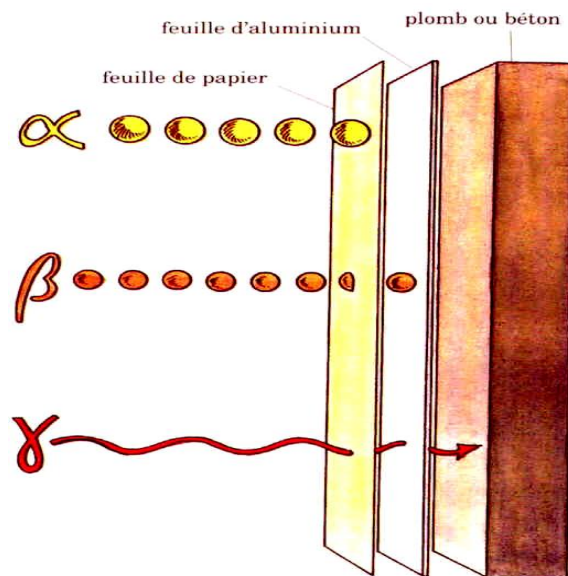


Fig.6 – Atténuation et parcours des rayonnements ionisants

## 2.3 Les principes de base de radioprotection

Par « principes de base », il est entendu les « facteurs de sécurité » tels que repris à l'Art.27 de l'A.R. du 20/07/2001.

### 2.3.1 Prévention contre l'irradiation

#### a) La distance

La distance est un moyen de protection efficace contre les rayonnements pénétrants tels les rayonnements bêta énergétiques, les neutrons et les rayonnements électromagnétiques.

La dose reçue diminue avec le carré de la distance ( $\sim 1/d^2$ ) (voir Fig.7).

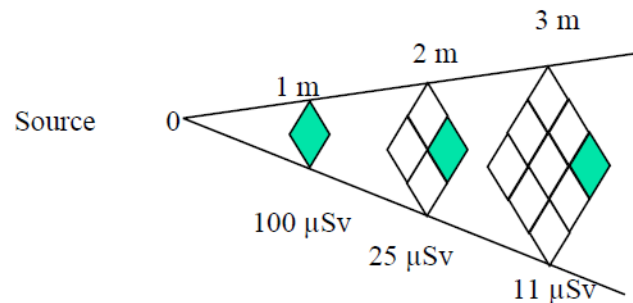


Fig.7 – protection par la distance

#### b) Le temps

La dose reçue diminue avec la limitation du temps d'exposition à une source (voir Fig.8).

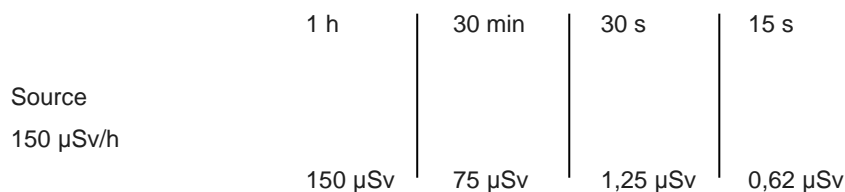


Fig.8 – réduction du temps d'exposition

#### c) Le blindage

Le blindage contre l'irradiation externe des rayonnements ionisants dépend du type de rayonnement et de son énergie (Fig.6).

Pour les particules alpha et bêta de basse énergie, la distance suffit.

Pour une particule bêta énergétique, on choisit des matériaux légers (par exemple, le plexiglas) afin d'éviter tout rayonnement de freinage plus pénétrant (voir 2.2.b).

Pour les neutrons, on privilégie des matériaux hydrogénés (par exemple, la paraffine) afin de les ralentir.



Pour les rayonnements électromagnétiques, on utilise des matériaux denses (par exemple, le plomb) de manière à les atténuer (épaisseurs moitié ou dixième).

Lorsque le blindage est le seul moyen de protection utilisé, la dose reçue au contact de la surface du blindage ne peut excéder 0,02 millisievert par heure.

### 2.3.2 La prévention contre la contamination

De manière générale, on évitera tout contact avec des substances radioactives sans moyens de protection appropriés. Il s'agit d'éviter la contamination externe (par exemple la peau) et la contamination interne (par exemple la thyroïde).

On respecte les principes suivants:

- a) on utilise de préférence des sources scellées;
- b) on utilise des substances radioactives de radiotoxicité aussi faible que possible;
- c) on utilise les quantités de substances radioactives aussi faibles que possible;
- d) on évite la dispersion des substances radioactives;
- e) on évite la perte ou le vol des substances radioactives;
- f) on récolte soigneusement les déchets radioactifs;
- g) on tient une comptabilité rigoureuse des substances radioactives qui permet, notamment, de les localiser efficacement en permanence;
- h) on adapte l'équipement du local de travail à l'activité, à la radiotoxicité et aux caractéristiques physiques et chimiques des substances radioactives détenues ou mises en oeuvre, ainsi qu'aux opérations prévues;
- i) on ne manipule les substances radioactives sous forme non scellée que dans les locaux conçus et/ou équipés de telle façon que les contaminations éventuelles puissent être aisément éliminées;
- j) on adopte la méthode de travail susceptible de réduire au minimum le risque de contamination des personnes.

## 2.4 Les normes de base de radioprotection (Art. 20)

La limitation des doses individuelles et collectives résultant de l'exposition à des rayonnements ionisants dans le cadre des pratiques doit être fondée sur les principes généraux suivants :

- a) les différents types de pratiques impliquant une exposition aux rayonnements ionisants doivent, avant leur première autorisation ou leur adoption pour utilisation généralisée, être justifiés par les avantages qu'ils procurent, après avoir pris en compte l'ensemble des avantages et des inconvénients, y compris dans le domaine de la santé
- b) toutes les expositions doivent être maintenues à un niveau aussi bas qu'il est raisonnablement possible, compte tenu des facteurs économiques et sociaux
- c) sans préjudice des dispositions relatives aux expositions sous autorisation spéciale, ainsi qu'aux expositions accidentelles et d'urgence, la somme des doses reçues et engagées du fait des différentes pratiques ne doit pas dépasser les limites de doses fixées, selon le cas, pour les personnes professionnellement exposées, les apprenti(e)s et les étudiant(e)s ainsi que les personnes du public.

Le principe défini sous c) ci-dessus ne s'applique pas à l'exposition subie par des individus du fait des examens ou traitements médicaux auxquels ils sont soumis. Néanmoins toutes les expositions médicales doivent être médicalement justifiées et maintenues à un niveau aussi bas que raisonnablement possible (voir BROCHURE D'INFO *Applications médicales des radiations ionisantes*).

Le principe défini sous c) ci-dessus ne s'applique pas non plus à l'exposition subie par les personnes qui, en connaissance de cause et de leur plein gré, participent à titre privé au soutien et au réconfort de patients subissant un diagnostic ou un traitement médical.

Enfin, le principe défini sous c) ci-dessus ne s'applique pas non plus à l'exposition de volontaires dûment informés, participant à des programmes de recherche médicale et biomédicale. Pour chaque projet de recherche de ce type, une contrainte de dose doit être fixée pour les personnes pour lesquelles aucun avantage médical direct n'est attendu de cette exposition.

### 3 DISPOSITIONS REGLEMENTAIRES

#### 3.1 Champ d'application ( Art.1 )

Le règlement s'applique à toutes les pratiques qui impliquent un risque résultant de l'exposition à des rayonnements ionisants émanant soit d'une source artificielle, soit d'une source naturelle de rayonnement lorsque les radionucléides naturels sont traités, ou l'ont été, en raison de leurs propriétés radioactives, fissiles ou fertiles, et notamment:

1. à la production, au traitement, à la manipulation, à l'utilisation, à la détention, au stockage, au transport, au transit, ainsi qu'à l'offre en vente, à la vente, à la cession à titre onéreux ou gratuit, à l'importation et l'exportation - que ce soit, pour chacune de ces pratiques, à des fins commerciales, industrielles, scientifiques, médicales ou autres -, à l'élimination et au recyclage de substances radioactives ou d'appareils ou installations en contenant;
2. à l'utilisation et à la détention, à des fins industrielles, scientifiques, médicales ou autres, à l'offre en vente, à la vente et à la cession à titre onéreux ou gratuit d'appareils ou d'installations électriques capables d'émettre des rayonnements ionisants et dont les éléments fonctionnent sous une différence de potentiel supérieure à 5 kV;
3. à toute autre pratique qui implique un risque résultant des rayonnements ionisants. Il s'applique également aux activités professionnelles qui ne sont pas couvertes par l'alinéa précédent, mais qui impliquent la présence de sources naturelles de rayonnements ionisants et sont susceptibles d'entraîner une augmentation notable de l'exposition des personnes, non négligeable du point de vue de la protection contre les rayonnements ionisants.

Il s'applique également à toute intervention en cas de situation d'urgence radiologique ou en cas d'exposition durable résultant des suites d'une situation d'urgence radiologique ou de l'exercice d'une pratique ou d'une activité professionnelle, passée ou ancienne, ainsi qu'en cas d'exposition durable de toute autre cause, y compris la présence de gaz radon dans les habitations.

Il ne s'applique pas:

1. aux appareils et installations du domaine militaire sauf en ce qui concerne la protection des travailleurs des entreprises extérieures présents dans ces installations;
2. aux transports d'appareils ou de substances capables d'émettre des rayonnements ionisants ordonnés par le Ministre qui a la défense dans ses attributions.

Il ne s'applique pas non plus au niveau naturel de rayonnement, c'est-à-dire aux radionucléides contenus naturellement dans l'organisme humain, au rayonnement cosmique régnant au niveau du sol ou à l'exposition en surface aux radionucléides présents dans la croûte terrestre non perturbée.

### 3.2 Classement des établissements où sont exercées des pratiques ( Art.3 et 4 )

Un établissement est un ensemble situé dans une zone géographique limitée et bien circonscrite, placé sous la responsabilité d'un exploitant unique et comprenant une ou plusieurs installations où sont exercées une ou des pratiques ou activités professionnelles visées à l'article 1 du règlement.

L'exploitant est toute personne physique ou morale qui assume la responsabilité de l'établissement ou de l'activité professionnelle devant faire l'objet d'une autorisation ou d'une déclaration relative à un établissement classé.

Une installation est un ensemble d'objets, d'appareils, de dispositifs ou de bâtiments constituant à l'intérieur d'un établissement une unité technique où sont exercées une ou des pratiques ou activités professionnelles visées à l'article 1 du règlement.

#### Classe I

1. les réacteurs nucléaires;
2. les établissements où sont mises en oeuvre ou détenues des quantités de substances fissiles (uranium naturel et appauvri et thorium naturel exclus) supérieures à la moitié de la masse critique minimale;
3. les établissements de retraitement de combustibles nucléaires irradiés, enrichis ou non;
4. les établissements où sont collectés, traités, conditionnés, entreposés ou, de façon générale, manipulés des déchets radioactifs quand ces établissements constituent l'activité principale de l'entreprise;
5. les dépôts définitifs de déchets radioactifs;

#### Classe II

(pour autant qu'ils ne soient pas visés dans la classe I)

1. les établissements où des substances radioactives sont produites à partir de substances fissiles irradiées, et où elles sont conditionnées pour la vente;
2. les accélérateurs de particules (autres que les microscopes électroniques);
3. les établissements où se trouvent une ou plusieurs des installations suivantes:
  - a) les installations où sont mises en oeuvre ou détenues des quantités quelconques de substances fissiles non reprises à la classe I (uranium naturel et appauvri et thorium naturel exclus);

- b) les installations où est mise en oeuvre l'administration intentionnelle ou l'introduction dans l'organisme ou une de ses cavités, de substances radioactives, sous forme scellée ou non, à des personnes et à des animaux, à des fins de diagnostic, de traitement ou de recherche médical ou vétérinaire;
- c) les installations où sont utilisés des appareils à rayons X dont la tension de crête nominale dépasse 200 kV, ainsi que les installations où sont utilisés des appareils à rayons X pour l'exposition de personnes à des fins de traitement médical, et les établissements non exemptés où sont détenues ou utilisées des sources radioactives à des fins de radiographie industrielle ou de traitement de produits ou pour l'exposition de personnes à des fins de traitement médical;
- d) sans préjudice des dispositions de l'article 64 relatif aux interdictions, les installations où est mise en oeuvre l'addition intentionnelle de substances radioactives dans la production et la fabrication de produits de consommation ou de médicaments;
- e) les installations non visées ci-dessus où sont mises en oeuvre ou détenues des substances radioactives sous forme non scellée, y compris sous forme de déchets, dont l'activité totale dépasse d'un facteur 500 les valeurs d'exemption fixées à l'annexe 3, en tenant compte des critères d'application décrits dans cette même annexe, notamment en cas de mélange de radionucléides; dans le cas de C-14, S-35, Ca-45, Er-169, Ce-141, Pm-147, Hg- 197 et des isotopes de l'iode I-123, I-125, I-126 et I-131, ce facteur est de 50;
- f) les installations non visées ci-dessus où l'activité totale du H-3 mis en oeuvre ou détenu, y compris sous forme de déchets, dépasse 5 GBq;
- g) les installations non visées ci-dessus où sont mises en oeuvre ou détenues des sources scellées, y compris sous forme de déchets, contenant des quantités de nucléides radioactifs dont l'activité totale dépasse d'un facteur 50.000 les valeurs d'exemption fixées à l'annexe 3, en tenant compte des critères d'application décrits dans cette même annexe, notamment en cas de mélange de radionucléides; dans le cas de Sr-90, Cs-137 et Kr-85, ce facteur est de 500.000;
- h) les installations visées aux points e) et g) ci-dessus où sont mises en oeuvre ou détenues des substances radioactives sous forme non scellée ou des sources scellées, y compris sous forme de déchets, dont l'activité totale dépasse d'un facteur inférieur à celui fixé aux points e) et g) ci-dessus les valeurs d'exemption fixées à l'annexe 3, en tenant compte des critères d'application décrits dans cette même annexe, notamment en cas de mélange de radionucléides, mais pour lesquels l'AFCN estime que les dispositions relatives aux établissements de classe II doivent être ou rester d'application; l'AFCN peut prendre cette mesure, motivée, pour une installation particulière ou définir, par publication au Moniteur belge, des catégories d'installations tombant sous l'application du présent point h);

### Classe III

(pour autant qu'ils ne soient pas visés dans les classes I et II)

Les établissements où se trouvent une ou plusieurs des installations suivantes:

1. les installations où sont mises en oeuvre ou détenues des substances radioactives, y compris sous forme de déchets, dans des conditions ne donnant pas lieu à exemption (classe IV);
2. les installations où sont utilisées des appareils générateurs de rayons X non visés à la classe II;

### Classe IV

(ou classe exemptée de déclaration et d'autorisation)

Les établissements où se trouvent une ou plusieurs des installations suivantes:

1. les installations, à l'exception de celles couvertes par les points 3.b) et d) de la classe II, où sont mises en oeuvre ou détenues des substances radioactives en quantités ne dépassant pas au total les valeurs d'exemption indiquées à l'annexe 3 ou dont l'activité par unité de masse ne dépasse pas les valeurs d'exemption indiquées à l'annexe 3, en tenant compte des critères d'application décrits dans cette même annexe, notamment en cas de mélange de radionucléides;
2. les installations détenant ou utilisant des appareils contenant des substances radioactives dans des quantités ou concentrations supérieures à celles visées au point 1 ci-dessus, pour autant que soit remplie chacune des conditions suivantes:
  - l'appareil est d'un type approuvé par l'AFCN;
  - l'appareil présente les caractéristiques d'une source scellée;
  - l'appareil ne crée, en aucun point situé à 0,1 m de sa surface accessible et dans les conditions normales de fonctionnement, un débit de dose supérieur à 1 microsievert par heure.
3. les installations où sont utilisés des tubes cathodiques destinés à l'affichage d'images visibles ou tout autre appareillage électrique fonctionnant sous une différence de potentiel inférieure ou égale à 30 kV, pour autant que, en fonctionnement normal, ils ne créent, en aucun point situé à 0,1 m de leur surface accessible, un débit de dose supérieur à 1 microsievert par heure;
4. les installations où sont utilisés des appareils autres que ceux visés au point 3 de la présente classe et émettant des rayonnements ionisants, mais ne contenant pas de substances radioactives, pour autant que soit remplie chacune des conditions suivantes:
  - l'appareil est d'un type approuvé par l'AFCN;
  - l'appareil ne crée, en aucun point situé à 0,1 m de sa surface accessible et dans les conditions normales de fonctionnement, un débit de dose supérieur à 1 microsievert par heure.

Les établissements où ne sont mis en oeuvre ou détenus que les nucléides radioactifs Nd-144, Sm-147, Rb-87, In-115 et Re-187 sont rangés dans la classe IV, quelles que soient les quantités envisagées.

Les établissements où sont mis en oeuvre ou détenus l'uranium naturel et appauvri et le thorium naturel sont rangés en classe IV, pour autant que ces substances figurent en quantité inférieure ou égale à



respectivement 5 MBq et 50 kBq. Si les quantités sont supérieures à ces limites, ces établissements sont rangés en classe III.

### Classe N

(ou activités professionnelles mettant en jeu des sources naturelles de rayonnement)

1. les activités professionnelles comprenant un risque d'exposition aux produits de filiation du radon (dans des locaux existants ou à construire, lors de circonstances de travail ou d'occupation normales ou pendant l'entretien):
  - locaux de travail sous-terrains, y compris champignonnières et grottes ouvertes aux visiteurs;
  - installations de traitement d'eau;
  - établissements d'enseignement, crèches, établissements de soins, bâtiments publics et, d'une manière générale, tout local de travail, s'ils sont situés dans les zones à risque définies par l'AFCN;
  
2. les activités professionnelles comprenant un risque d'exposition externe, d'ingestion ou d'inhalation de substances radioactives naturelles (dans des locaux existants ou à construire, lors de circonstances de travail ou d'occupation normale ou pendant l'entretien, y compris au niveau de la filière des résidus ou déchets):
  - production de phosphates;
  - mise en oeuvre de sables au zircon;
  - fonderie d'étain;
  - extraction de terres rares;
  - fabrication d'électrodes au thorium pour travaux de soudure;
  - toute autre activité professionnelle définie par l'AFCN et apparaissant sur une liste publiée au Moniteur belge;
  
3. l'exploitation d'avions.

### 3.3 Régime d'autorisation des établissements ( Art. 5 à 11 )

Les établissements de classe I, II et III doivent faire l'objet d'une autorisation de création et d'exploitation. Préalablement à l'introduction d'une demande d'autorisation, l'AFCN, sur requête du demandeur, peut désigner l'Organisme Agréé chargé du contrôle physique.

Les autorisations de création et d'exploitation peuvent être transférées, en tout ou en partie, d'un exploitant à l'autre à condition que la cession soit notifiée sans délai à l'AFCN. Cette notification mentionnera les modifications aux renseignements et documents énumérés aux articles 6, 7, 8 et 9, survenues depuis la date de l'autorisation. Toutefois, en ce qui concerne les établissements de classe I, ce transfert est subordonné à un accord préalable de l'AFCN.

Tout changement qui survient dans la désignation de chef d'établissement doit être signalé sans retard à l'AFCN par lettre recommandée à la poste.

#### 3.3.1 Régime spécial d'autorisation ( Art. 5.7 )

Les installations mobiles, dans lesquelles sont exécutés des essais ou tests de matériaux ou mis en oeuvre des procédés, comportant l'utilisation de rayonnements ionisants, sont également considérées comme établissements classés au sens du règlement et sont donc soumis à l'obligation de se pourvoir d'une autorisation de création et d'exploitation au sens des articles 6 à 9 de l'AR du 20/07/2001. Néanmoins, elles sont dispensées des formalités liées à la localisation de l'établissement: plans cadastraux, relevé topographique, toutes les indications géographiques, démographiques, hydrologiques, géologiques, sismographiques et urbanistiques ainsi que des obligations de procéder à une enquête publique et de recueillir l'avis des collègues échevinaux et de la députation permanente.

Ces opérations sont exécutées exclusivement par du personnel de l'entreprise autorisée à cette fin, sous le contrôle de l'AFCN ou de l'Organisme Agréé qu'elle délègue.

De même, l'exécution d'essais ou tests de matériaux ou la mise en oeuvre de procédés, comportant l'utilisation de rayonnements ionisants, à titre occasionnel, sur un chantier ou dans un établissement non autorisé à cette fin ne sont permises qu'à des entreprises extérieures spécialement autorisées suivant les mêmes modalités que les installations mobiles ci-dessus.

Outre le respect des dispositions réglementaires relatives au transport, et des conditions particulières prescrites en application de ce dernier, les substances radioactives, en dehors de leurs périodes d'utilisation, sont conservées à l'intérieur de leur emballage dans un établissement autorisé à cette fin, ou dans un entrepôt de chantier approuvé, pour la durée des travaux, par l'AFCN ou l'Organisme Agréé qu'elle délègue, ou dans le véhicule.

#### 3.3.2 Etablissements de classe I ( Art. 6 )

Les établissements de classe I doivent être en possession d'une autorisation de création et d'exploitation, accordée et confirmée par le Roi.

La demande d'autorisation est adressée à l'AFCN en cinq exemplaires ou plus si celui-ci en fait la demande, et comprend les renseignements et documents à fournir, repris à l'Art. 6.2.

Avant la mise en exploitation totale ou partielle d'un établissement de classe I et l'introduction dans l'installation des substances radioactives faisant l'objet de l'autorisation, l'AFCN ou l'Organisme Agréé qu'elle délègue à cette fin, conformément aux dispositions de la loi du 15 avril 1994, procède, sur la demande et aux frais de l'exploitant, à la réception de l'installation.

L'AFCN transmet le rapport de réception favorable sans délai au Ministre qui a l'intérieur dans ses attributions. Celui-ci peut alors proposer au Roi de confirmer l'autorisation de création et d'exploitation.

La mise en exploitation de l'établissement et l'introduction dans l'installation des substances radioactives faisant l'objet de l'autorisation ne peuvent avoir lieu avant que le Roi n'ait confirmé l'autorisation de création et d'exploitation.

### **3.3.3 Etablissements de classe II ( Art. 7 )**

Les établissements de classe II doivent faire l'objet d'une autorisation de création et d'exploitation accordée par l'AFCN.

La demande d'autorisation est adressée à l'AFCN en cinq exemplaires ou plus si celui-ci en fait la demande, et comprend les renseignements et documents à fournir, repris à l'Art. 7.2.

Pour les établissements où des substances radioactives sont produites à partir de substances fissiles irradiées, et où elles sont conditionnées pour la vente, et, les accélérateurs de particules (autres que les microscopes électroniques), l'AFCN peut faire compléter le dossier accompagnant la demande d'autorisation par un rapport d'une étude des incidences sur l'environnement réalisée conformément aux dispositions de l'article 6.2.9.

La décision prise sous forme d'arrêté est contresignée par le Ministre qui a l'intérieur dans ses attributions ainsi que par le Ministre qui a les affaires économiques dans ses attributions pour les établissements sous la surveillance de l'Administration de la Qualité de la Sécurité.

### **3.3.4 Etablissements de classe III (Art. 8 )**

Pour les établissements de classe III, l'AFCN accorde l'autorisation de création et d'exploitation, si l'exploitant introduit une déclaration comprenant les renseignements et documents à fournir, repris à l'Art. 8.2.

Si la décision de l'AFCN est favorable, elle peut comporter des conditions particulières d'autorisation non prévues au règlement, que l'AFCN estime nécessaire d'imposer en vue d'assurer la sécurité et la salubrité de l'établissement ou d'assurer la protection de l'environnement.

### **3.3.5 Etablissements de classe N ( Art. 9 )**

Les activités professionnelles mettant en jeu des sources naturelles de rayonnement doivent faire l'objet d'une déclaration à l'AFCN, en trois exemplaires, comprenant les renseignements et documents à fournir, repris à l'Art. 9.1.

En possession de l'avis de la Commission Européenne, l'avis d'un expert sur les aspects généraux ou particuliers de la sécurité ou de la salubrité de l'établissement ou de ses incidences sur l'environnement et des analyses ou des mesures complémentaires éventuelles permettant de mieux caractériser les sources naturelles de rayonnement ionisant présentes ou les expositions qui peuvent en résulter, l'AFCN accorde



l'autorisation qui peut comporter des conditions particulières non prévues au règlement, que l'AFCN estime nécessaire d'imposer en vue d'assurer la sécurité et la salubrité ou d'assurer la protection de l'environnement.

### **3.3.6 Etablissements mixtes ( Art. 11 )**

Les demandes d'autorisation relatives à des établissements comprenant des installations appartenant à plusieurs classes, sont traitées conformément aux dispositions relatives à la classe la plus élevée.

### **3.3.7 Extension et modification de l'établissement ( Art. 12 )**

Tout projet de modification ou d'extension de l'établissement doit faire l'objet d'une déclaration à l'AFCN qui décide si il doit faire l'objet d'une nouvelle autorisation et/ou étude d'incident sur l'environnement. Lorsque cette modification ou extension entraîne le passage d'une classe inférieure à une classe supérieure, la procédure d'autorisation est celle prévue pour cette dernière classe.

### **3.3.8 Réception des installations et confirmation de l'autorisation des établissements de classe II et III ( Art. 15 )**

La mise en marche ou en exploitation des installations ne peut avoir lieu que si le procès-verbal de réception de l'AFCN ou de l'organisme agréé qu'elle délègue à cette fin est entièrement favorable et autorise formellement cette mise en marche ou en exploitation.

Par lettre recommandée à la poste, l'exploitant est tenu de porter à la connaissance de l'AFCN la date prévue de la mise en exploitation au moins trente jours calendrier avant celle-ci.

Avant la mise en exploitation, il transmet, le cas échéant, à l'AFCN copie conforme du procès-verbal de réception établi par l'Organisme Agréé et de la police d'assurance.

### **3.3.9 Suspension et retrait des autorisations ( Art. 16 )**

Si les dispositions du règlement ou les conditions de l'autorisation de création et d'exploitation ne sont pas respectées, l'autorité compétente, qui selon le cas en premier ressort ou sur recours a pris en définitive la décision de délivrer l'autorisation peut, sur l'initiative de l'AFCN, la suspendre ou la retirer.

### **3.3.10 Cessation d'activité et démantèlement ( Art. 17 )**

En cas de cessation, pour quelque cause que ce soit, d'une ou de plusieurs activités d'un établissement de classe I, II ou III, ou d'une activité professionnelle autorisée, l'exploitant ou, le cas échéant, les personnes légalement habilitées à en assurer la liquidation, sont tenus d'en aviser sans délai l'AFCN, l'ONDRAF et les autorités désignées à l'article 6.8, 7.5, 8.4 ou 9.5 selon le cas. Ils doivent donner à toutes substances radioactives une destination qui en garantit l'élimination, le recyclage ou la réutilisation dans des conditions satisfaisantes, sans préjudice des dispositions de l'article 18 et autres dispositions légales et réglementaires relatives aux déchets radioactifs.

Le démantèlement des installations, faisant partie d'établissements de classe I ou d'établissements de classe II où des substances radioactives sont produites à partir de substances fissiles irradiées, et où elles sont conditionnées pour la vente, et, les accélérateurs de particules (autres que les microscopes électroniques) est soumis à une autorisation préalable, délivrée par le Roi ou l'AFCN, selon la procédure reprise à l'article 17.2. Le démantèlement est l'ensemble des opérations administratives et techniques et des



travaux nécessaires ou conduisant à la cessation de l'exploitation d'une installation et à sa mise dans un état sûr pour les travailleurs, la population et l'environnement.

Tout projet de modification importante portant sur les procédures, sur l'état du démantèlement, sur la destination des bâtiments ou du site, doit faire l'objet d'une demande d'autorisation adressée à l'autorité compétente qui statue sur celle-ci.

Avant de procéder au démantèlement des installations des établissements de classe II, à l'exception des établissements où des substances radioactives sont produites à partir de substances fissiles irradiées, et où elles sont conditionnées pour la vente, et, les accélérateurs de particules (autres que les microscopes électroniques), des établissements de classe III, ainsi que des installations liées à une activité professionnelle autorisée, l'exploitant ou, le cas échéant, les personnes légalement habilitées à en assurer la liquidation, sont tenus d'en aviser sans délai l'AFCN.

Cet avis comprend au moins l'indication par l'exploitant de la destination ou réutilisation des substances radioactives.

### **3.3.11 Autorisations pour l'élimination, le recyclage ou la réutilisation de déchets radioactifs solides ( Art. 18 )**

L'élimination, le départ en vue de recyclage ou de réutilisation de déchets radioactifs solides provenant d'un établissement de classe I, II, III ou d'activités professionnelles mettant en jeu des sources naturelles de rayonnement, qui ne satisfont pas aux niveaux et conditions de libération fixés à l'annexe IB de l'AR du 20/07/2001, doivent faire l'objet d'une autorisation de l'AFCN.

La demande est adressée, en trois exemplaires, à l'AFCN et comprend les documents repris à l'article 18.2.

L'AFCN accorde l'autorisation en imposant éventuellement des scénarios supplémentaires fassent l'objet d'une étude approfondie, dans le cadre de l'étude d'impact, au respect de certaines conditions non prévues au règlement, qu'elle estime nécessaire d'imposer en vue d'assurer la sûreté et la salubrité de l'établissement, d'assurer la protection de l'environnement ou d'améliorer la traçabilité des déchets libérés.

## **3.4 Limitation des doses dans le cadre des pratiques ( Art. 20.1. )**

Aucune personne de moins de 18 ans ne peut être affectée à un poste de travail qui ferait d'elle une personne professionnellement exposée.

La protection de l'enfant à naître ne peut être inférieure à celle offerte aux membres du public. Il en résulte qu'à partir de la déclaration de grossesse, les conditions auxquelles est soumise la femme enceinte dans le cadre de son emploi doivent être telles que la dose reçue par l'enfant à naître soit la plus faible qu'il est raisonnablement possible d'obtenir et soit inférieure à 1 millisievert pendant toute la durée de la grossesse. Si cette dose est déjà dépassée au moment de la déclaration de grossesse, la femme enceinte sera écartée de tout poste de travail l'exposant au risque des rayonnements ionisants.

Aucune femme en période d'allaitement et aucune femme enceinte après déclaration de grossesse ne peut être affectée à un poste de travail comportant un risque professionnel de contamination radioactive corporelle.

### 3.4.1 Limites de dose pour les personnes professionnellement exposées ( Art. 20.1.3 )

Les personnes professionnellement exposées sont des personnes, travaillant à leur compte ou pour un employeur, soumises pendant leur travail à une exposition provenant de pratiques visées dans le règlement et susceptible d'entraîner des doses supérieures à l'une quelconque des limites de dose fixées pour les personnes du public, ou soumises pendant leur travail à une exposition provenant d'activités professionnelles autorisées en application des dispositions du règlement.

Les personnes professionnellement exposées de catégorie A sont des personnes professionnellement exposées qui sont susceptibles de recevoir une dose efficace supérieure à 6 mSv par 12 mois consécutifs glissants ou une dose équivalente supérieure aux trois dixièmes des limites de dose fixées pour le cristallin, la peau et les extrémités.

Les personnes professionnellement exposées de catégorie B sont des personnes professionnellement exposées qui sont susceptibles de recevoir plus de 1 mSv mais moins de 6 mSv par 12 mois consécutifs glissants.

La limite de dose efficace pour les personnes professionnellement exposées est fixée à 20 mSv par 12 mois consécutifs glissants.

Sous condition du respect de cette limite de dose, la limite de dose équivalente pour chacun des organes ou tissus individuels est fixée à 500 mSv par 12 mois consécutifs glissants.

De plus:

- la limite de dose équivalente pour le cristallin est fixée à 150 mSv par 12 mois consécutifs glissants;
- la limite de dose équivalente pour la peau est fixée à 500 mSv par 12 mois consécutifs glissants; cette limite s'applique à la dose moyenne sur toute surface de 1 cm<sup>2</sup> de peau, quelle que soit la surface exposée;
- la limite de dose équivalente pour les mains, les avant-bras, les pieds et les chevilles est fixée à 500 mSv par 12 mois consécutifs glissants.

### 3.4.2 Limites de dose pour les personnes du public ( Art. 20.1.4 )

Les personnes du public sont des individus de la population, à l'exception des personnes professionnellement exposées, des apprenti(e)s et des étudiant(e)s pendant leurs heures de travail.

Les limites de dose suivantes doivent être respectées pour les personnes du public :

1. la limite de dose efficace pour les personnes du public est fixée à 1 mSv par an;
2. sous condition du respect de la limite fixée en 1. ci-dessus:
  - la limite de dose équivalente pour le cristallin est de 15 mSv par an;
  - la limite de dose équivalente pour la peau est fixée à 50 mSv par an en valeur moyenne pour toute surface de 1 cm<sup>2</sup> de peau, quelle que soit la surface exposée.

### 3.4.3 Limites de dose pour les apprenti(e)s et les étudiant(e)s ( Art. 20.1.5 )

Pour les apprenti(e)s âgés de 18 ans ou plus, et pour les étudiant(e)s âgés de 18 ans ou plus qui, du fait de leurs études, sont amenés à employer des sources, les limites de dose sont égales aux limites de dose pour les personnes professionnellement exposées.

Pour les apprenti(e)s âgés de 16 à 18 ans et pour les étudiant(e)s âgés de 16 à 18 ans qui, du fait de leurs études, sont amenés à employer des sources, la limite de dose efficace est de 6 mSv par an.

Sans préjudice de cette limite de dose:

- la limite de dose équivalente pour le cristallin est de 50 mSv par an;
- la limite de dose équivalente pour la peau est fixée à 150 mSv par an; cette limite s'applique à la dose moyenne sur toute surface de 1 cm<sup>2</sup> de peau, quelle que soit la surface exposée;
- la limite de dose équivalente pour les mains, les avant-bras, les pieds et les chevilles
- est fixée à 150 mSv par an.

Pour les apprenti(e)s et les étudiant(e)s qui ne relèvent pas des deux catégories ci-dessus, les limites de dose sont égales à celles pour des personnes du public.

#### **3.4.4 Expositions sous autorisation spéciale ( Art. 20.1.6 )**

Dans des situations exceptionnelles survenant au cours d'opérations normales (exception faite dès lors des situations d'urgence radiologique), si des opérations déterminées l'exigent et lorsque d'autres techniques ne comportant pas de telles expositions ne peuvent être utilisées, des personnes professionnellement exposées peuvent être soumises à des expositions professionnelles supérieures aux limites de dose fixées à l'article 20.1.3, appelées expositions sous autorisation spéciale, et cela sous réserve que les conditions reprises à l'article 20.1.6. soient respectées.

#### **3.4.5 Expositions accidentelles des travailleurs ( Art. 20.1.7 )**

Si, du fait d'une exposition accidentelle de travailleurs, une des limites de dose annuelles pour les personnes professionnellement exposées a été dépassée, les conditions d'exposition ultérieures doivent être soumises à l'approbation du médecin agréé.

L'exploitant, et par défaut le chef d'entreprise, est tenu de signaler toute exposition accidentelle dès que possible et au plus tard dans un délai de trente jours calendrier à l'AFCN et à l'Administration de l'Hygiène et de la Médecine du Travail du Ministère de l'Emploi et du Travail, en mentionnant les circonstances précises de l'exposition ainsi que la valeur des doses reçues et/ou engagées par les personnes concernées et, le cas échéant, les activités incorporées par ces personnes.

### **3.5 Limitation des doses dans le cadre des interventions ( Art. 20.2. )**

Le présent article s'applique aux interventions en cas de situation d'urgence radiologique ou en cas d'exposition durable résultant des suites d'une situation d'urgence radiologique ou de l'exercice d'une pratique ou d'une activité professionnelle passée ou ancienne, ainsi qu'en cas d'exposition durable de toute autre cause, y compris la présence de gaz radon dans les habitations.

Une situation d'urgence radiologique est une situation qui appelle des mesures de protection urgentes; font partie des situations d'urgence radiologique des situations découlant:

- d'un accident survenu ou non sur le territoire national dans des installations ou dans le cadre d'activités professionnelles mettant en oeuvre des substances radioactives et entraînant ou risquant d'entraîner une importante émission de substances radioactives, susceptible de provoquer un dépassement des limites de dose fixées par le règlement pour les personnes du public;
- d'autres accidents entraînant ou risquant d'entraîner une importante émission de substances radioactives, susceptible de provoquer un dépassement des limites de dose fixées par le règlement pour les personnes du public;
- de la détection de taux anormaux de radioactivité susceptibles de porter directement ou indirectement atteinte à la santé publique et/ou de provoquer un dépassement des limites de dose fixées par le règlement pour les personnes du public;

La mise en oeuvre et les modalités, y compris la définition de la zone d'intervention, de toute intervention sont considérées dans le respect des principes repris à l'article 20.2.2..

Seuls des volontaires, préalablement informés des risques de l'intervention et des précautions à prendre, peuvent être soumis à des expositions d'urgence. Les niveaux-guides d'exposition en situation d'urgence radiologique pour les travailleurs et le personnel d'intervention concernés, prennent en compte les nécessités techniques et les risques sanitaires; un dépassement de ces niveaux peut être admis exceptionnellement pour sauver des vies humaines, mais exclusivement pour des volontaires informés des risques que comporte leur intervention; les expositions doivent être maintenues à un niveau aussi bas qu'il est raisonnablement possible. Un niveau d'intervention est une valeur de dose équivalente ou de dose efficace, ou valeur dérivée, à laquelle certaines interventions devraient être envisagées; en principe, dans le cadre du processus de justification de l'intervention, ces niveaux s'appliquent à des doses susceptibles d'être évitées par l'intervention concernée; il faut cependant également tenir compte de l'existence d'effets à seuil susceptibles d'être évités par une intervention et pour lesquels il faut prendre en compte la dose totale reçue par l'ensemble des voies d'exposition;

Les femmes enceintes et allaitantes et les personnes de moins de 18 ans révolus ne peuvent pas être soumises à des expositions d'urgence; les femmes doivent être mises en garde contre le danger d'exposition aux rayonnements ionisants en cas de grossesse méconnue.

Si, du fait d'une exposition d'urgence, une des limites de dose annuelles pour les personnes professionnellement exposées a été dépassée, les conditions d'exposition ultérieures doivent être soumises à l'approbation du médecin agréé.

Le chef d'entreprise est tenu de signaler toute exposition d'urgence dès que possible et au plus tard dans un délai de trente jours calendrier à l'AFCN et à l'Administration de l'Hygiène et de la Médecine du Travail du Ministère de l'Emploi et du Travail, en mentionnant les circonstances précises de l'exposition ainsi que la valeur des doses reçues et/ou engagées par les personnes concernées et, le cas échéant, les activités incorporées par ces personnes.

### 3.6 Niveaux de dose dans le cadre des expositions aux sources naturelles de rayonnements ionisants ( Art. 20.3. )

Les activités professionnelles mettant en jeu des sources naturelles de rayonnement ionisant sont soumises en tout ou en partie aux dispositions applicables aux pratiques dans le cadre du règlement si:

- en ce qui concerne les activités professionnelles pendant lesquelles les travailleurs et, le cas échéant, des personnes du public sont exposés au radon et à ses produits de filiation: les expositions des travailleurs (pendant leur travail) ou des personnes du public (sur les lieux de travail) sont susceptibles d'entraîner des doses efficaces supérieures à 3 mSv par an ou si l'exposition au radon annuelle dépasse le niveau de 800 kBq.m-3.h;
- en ce qui concerne les activités professionnelles pendant lesquelles ou suite auxquelles les travailleurs et/ou les personnes du public subissent une exposition suite à l'emploi ou au stockage de matières contenant naturellement des radionucléides ou à la production de résidus contenant naturellement des radionucléides: les expositions des travailleurs sont susceptibles d'entraîner des doses efficaces supérieures à 1 millisievert par an et/ou si les expositions des personnes du public sont susceptibles d'entraîner un dépassement des limites de dose pour les personnes du public pour les expositions provenant des pratiques;
- en ce qui concerne l'exploitation d'avions: les expositions du personnel navigant sont susceptibles d'entraîner des doses efficaces supérieures à 1 millisievert par an.

### 3.7 Contrôle physique ( Art. 23 )

L'exploitant, et par défaut le chef d'entreprise, est tenu d'organiser un service de contrôle physique qui est chargé, d'une manière générale, de l'organisation et de la surveillance des mesures nécessaires pour assurer l'observation des dispositions du règlement, ainsi que des arrêtés et décisions de l'AFCN, pris en application du règlement, concernant la sécurité et l'hygiène du travail, la sécurité et la salubrité du voisinage à l'exclusion des dispositions réservées au contrôle médical.

Les missions de contrôle physique sont reprises à l'article 23.1 et sont accomplies par un expert qualifié en contrôle physique ou une personne ayant les connaissances et l'entraînement nécessaires, notamment pour effectuer des examens physiques, techniques ou radiochimiques permettant d'évaluer les doses et pour donner des conseils afin d'assurer une protection efficace des individus et un fonctionnement correct des moyens de protection. Les experts qualifiés en contrôle physique sont agréés par l'AFCN.

Dans les établissements de classe I ou dans ceux des autres classes où le contrôle physique n'est pas confié à l'AFCN ou à un organisme agréé, le service de contrôle physique est dirigé par la personne chargée de la direction du service interne de prévention et de protection au travail.

Dans les établissements de classe I, les véhicules à propulsion nucléaire et les entreprises qui effectuent un transport de matières fissiles soumis à autorisation spéciale, le chef du service de contrôle physique doit être un expert agréé de classe I.

Les missions de contrôle dans les établissements de classe I et des véhicules à propulsion nucléaire sont repris à l'article 23.8. Le contrôle est permanent. Dans les établissements de classe II ou de classe III et les entreprises qui effectuent le transport de substances radioactives, le chef du service de contrôle physique

doit être un expert agréé de classe I ou II. Si l'exploitant n'a pas un tel expert à son service, il doit, aux frais de l'entreprise, confier à l'AFCN les missions du service de contrôle physique. Celle-ci peut déléguer cette mission à un organisme agréé de classe I ou II.

Les missions de contrôle dans les établissements de classe II et III sont respectivement repris à l'article 23.9 et 23.10. Le contrôle est au moins trimestriel pour les établissements de classe II, et, au moins annuel pour les établissements de classe III.

### 3.8 Contrôle médical ( Art. 24 )

Les travailleurs professionnellement exposés aux radiations ionisantes y compris les apprenti(e)s et étudiant(e)s sont soumis au contrôle médical périodique.

Les médecins chargés de cette surveillance sont agréés. Ils évaluent et interprètent, sur le plan de la santé et sous leur responsabilité, les doses et les contaminations; cette évaluation se fait en collaboration avec le service de contrôle physique de l'établissement qui leur fournit les données nécessaires.

Au plus tard le 1er mars de chaque année, les exploitants, et par défaut les chefs d'entreprises font parvenir au Ministre qui a l'emploi et le travail dans ses attributions, pour chacun des travailleurs soumis ce contrôle médical, en triple exemplaire, le document portant le relevé des doses individuelles reçues par ces travailleurs au cours de l'année précédente.

### 3.9 Information et formation des travailleurs, apprenti(e)s, étudiant(e)s et personnes susceptibles d'être exposées aux rayonnements ionisants ( Art. 25 )

L'exploitant, et par défaut le chef d'entreprise organise l'information des travailleurs susceptibles d'être exposés aux rayonnements ionisants, avant leur affectation au poste de travail. Cette information porte notamment sur les points repris à l'article 25.

Une attention particulière sera réservée à l'information des femmes. Celles-ci seront sensibilisées au risque des rayonnements ionisants pour l'embryon et le fœtus et donc à la nécessité d'une déclaration de grossesse aussi précoce que possible. Elles seront également informées du risque de contaminer le nourrisson allaité au sein en cas de contamination radioactive corporelle.

L'information sera renouvelée selon les besoins et au moins une fois l'an. Elle doit être mise à la disposition des travailleurs intéressés sous forme écrite.

Parallèlement à l'information, l'exploitant et par défaut le chef d'entreprise organise, pour tout travailleur, la formation suffisante et appropriée, spécifiquement orientée vers son poste de travail ou sa fonction et relative à la manipulation d'appareils et de substances émettant des rayonnements ionisants. Cette formation est plus particulièrement donnée d'après les points repris à l'article 25. Elle est repassée à des intervalles réguliers.

Les apprenti(e)s et les étudiant(e)s âgés de 16 ans ou plus, qui se destinent à une profession au cours de laquelle ils seront exposés aux rayonnements ionisants ou qui du fait de leurs études sont obligés d'utiliser des sources, doivent bénéficier, de la part du chef d'entreprise, de la même information et formation.

Les coûts liés à l'information et à la formation ne peuvent pas être à charge des travailleurs ou des travailleurs externes. L'information et la formation sont fournies pendant les heures de travail.

### 3.10 Devoirs des travailleurs et travailleurs externes ( Art. 26 )

Tout travailleur ou travailleur extérieur doit se conformer aux instructions reprises à l'article 25 et aux dispositions du règlement. Il lui est interdit de s'exposer inutilement aux radiations, et de détériorer ou d'enlever les dispositifs de protection. Il doit signaler immédiatement, au moins au service de contrôle physique, toute anomalie ou tout défaut aux dispositifs de protection.

### 3.11 Protection des locaux ( Art. 29)

Une zone contrôlée est une zone soumise à une réglementation spéciale pour des raisons de protection contre les rayonnements ionisants et de confinement de la contamination radioactive, et dont l'accès est réglementé; dans les établissements autorisés, toute zone dans laquelle les trois dixièmes des limites de dose annuelle fixées pour les personnes professionnellement exposées sont susceptibles d'être dépassés doit constituer une zone contrôlée ou y être incluse.

Une zone surveillée est une zone faisant l'objet d'une surveillance appropriée à des fins de protection contre les rayonnements ionisants; dans les établissements autorisés, toute zone dans laquelle un individu pourrait être soumis à une exposition susceptible d'entraîner des doses supérieures à l'une quelconque des limites de dose fixées pour les personnes du public et qui n'est pas considérée comme une zone contrôlée doit constituer une zone surveillée ou y être incluse.

L'implantation des bâtiments faisant partie de la zone contrôlée ou contenant une telle zone sur le site doit être étudiée de manière à réduire au minimum les risques d'incendie, d'inondation ou d'explosion. L'aménagement des locaux doit être conçu de manière à permettre l'évacuation rapide des personnes et l'isolement immédiat, par rapport au milieu extérieur, des zones contaminées.

Les plans des lieux sont affichés visiblement à l'entrée des locaux des bâtiments où une zone contrôlée existe ainsi que dans les bâtiments administratifs. Ces plans indiquent les zones contrôlées, l'emplacement des sources fixes de radiations ionisantes et les issues normales et de secours.

Afin de réduire les risques de contamination, les zones contrôlées ou surveillées faisant partie d'un établissement de classe I ou d'un établissement de classe II et où sont mises en oeuvre des sources non scellées, doivent être séparées, par un mur orbe ou un espace libre, des salles de conférences, de cours et de spectacles, les réfectoires, cuisines et tous autres endroits, où des denrées alimentaires sont conservées, entreposées et/ou consommées et tout local où est exercée une activité non indispensable, à cet endroit, au fonctionnement et à l'utilisation de l'établissement de classe I ou de classe II en question.



### 3.12 Protection individuelle des personnes dans les zones contrôlées ( Art. 30 )

Il est interdit de pénétrer ou de séjourner dans les zones contrôlées, sans autorisation nominative du chef d'entreprise ou de son délégué.

Les personnes admises dans ces zones sont inscrites dans un registre "ad hoc" avec mention de leur identité, et, le cas échéant, du but de leur visite. Cette formalité n'est pas d'application dans les établissements hospitaliers.

Toute personne qui se trouve dans une zone contrôlée où existe un danger de contamination ne peut boire, manger, fumer ou utiliser des produits cosmétiques pendant la durée de sa présence dans cette zone. Il est interdit d'introduire dans ces zones des aliments ou boissons, du tabac, des sacs à main, des mouchoirs, des produits cosmétiques, des objets de toilette, des ustensiles pouvant servir à boire ou à manger.

Toute personne pénétrant dans une zone contrôlée doit être pourvue d'un équipement de protection individuelle approprié qu'elle doit quitter à la sortie. Toute personne pénétrant dans une zone contrôlée d'un établissement de classe I ou II où sont manipulées des sources non scellées doit porter des vêtements de protection appropriés. Les vêtements et équipements de protection doivent être identifiables et chaque service en possède un type reconnaissable en fonction du niveau d'activité envisagé. Ils doivent être rangés au sas d'entrée, dans un vestiaire différent du vestiaire destiné aux vêtements de ville. Ils ne doivent en aucun cas être portés en dehors des locaux pour lesquels ils sont prévus.

Des gants imperméables sont portés lors des manipulations risquant de provoquer la contamination des mains. Lorsqu'ils ne sont pas fixés aux appareils ou aux dispositifs de protection, ces gants sont lavés avant d'être enlevés, aussitôt la manipulation terminée.

Toute personne présentant une plaie ou une lésion cutanée aux mains est tenue de la signaler immédiatement. Elle ne peut être admise aux manipulations sans autorisation médicale.

Les vêtements de travail et le matériel de protection (gants, masques, etc...) sont périodiquement contrôlés quant à leur efficacité et à leur niveau de contamination; ils font l'objet de précautions particulières au cours de leur nettoyage et de leur blanchissage éventuel et ils subissent les décontaminations appropriées.

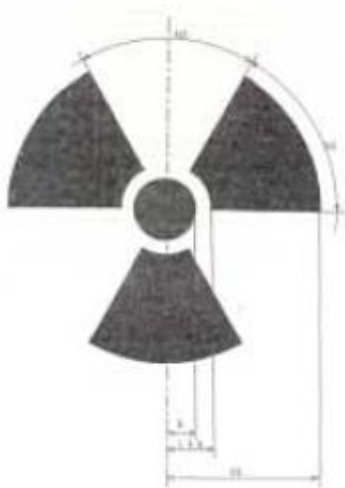
Le chef d'entreprise désigne pour chaque zone contrôlée, un préposé chargé de veiller au respect des mesures de sécurité et au bon fonctionnement des dispositifs de protection. Ce préposé est à considérer comme étant adjoint au chef du service de contrôle physique. Les missions du préposé sont repris à l'article 30.4.

Toute personne admise dans une zone contrôlée qui néglige ou refuse de se soumettre aux mesures réglementaires ou aux prescriptions de la protection ou encore aux ordres du préposé à la surveillance doit être écartée de cette zone.

Pour la dosimétrie des personnes, une brochure d'information est disponible (voir BROCHURE D'INFO Dosimétrie).

### 3.13 Signaux d'avertissement, symboles et mentions ( Art. 31 )

Le symbole, qui se trouve dans le signal d'avertissement, les proportions définies par le schéma ci-après, sont respectées.



Le signal d'avertissement doit figurer à chaque entrée de toute zone contrôlée, sur les portes d'accès des locaux où sont mises en œuvre, stockées ou détenues une ou des substances radioactives, sur les récipients dans lesquels se trouvent des substances radioactives, sur tout appareil émettant des radiations ionisantes, à l'exception des appareils susceptibles de faire ranger les établissements en classe IV.

Sous le signal d'avertissement doivent figurer, inscrites de façon apparente et lisible, toutes les informations complémentaires destinées à avertir les personnes exposées des dangers qu'elles pourraient courir. En tout cas, les indications suivantes sont apportées:

- "Intensité de radiation très élevée", lorsque la dose susceptible d'être délivrée aux individus dépasse habituellement 1 mSv par heure. En pareil cas, cette inscription, lorsqu'elle est apposée sur la porte d'accès d'un local, est doublée d'une signalisation acoustique et/ou visuelle sauf si l'accès est seulement possible avec la permission d'une personne compétente ou sous la surveillance du service de contrôle physique. Cette signalisation fonctionne en permanence ou se met en marche dès qu'une personne ouvre la porte d'accès du local ou y pénètre.
- "Intensité de radiation élevée", lorsque la dose susceptible d'être délivrée aux individus dépasse habituellement 0,2 mSv par heure.
- "Radiations ionisantes", lorsque la dose susceptible d'être délivrée aux individus dépasse habituellement 20  $\mu$ Sv par heure.
- "Danger de contamination radioactive", lorsque des sources non scellées sont entreposées ou utilisées.

Tout récipient contenant des substances radioactives doit, en outre, porter de manière apparente les quantités des diverses substances présentes, la nature physique et chimique de ces substances, leurs activités, la nature des rayonnements émis et le débit de dose au contact ou à 1 m.

Pour les récipients de laboratoire pendant leur utilisation par un opérateur et aussi longtemps que celui-ci reste présent, l'étiquetage n'est pas obligatoire.

### 3.14 Salles d'opération et infirmerie ( Art. 32 )

Les établissements de classe I disposent d'une infirmerie permettant d'assurer les premiers soins et la décontamination des personnes. En outre, elles prennent accord avec un hôpital voisin pour pouvoir, en cas de nécessité, y disposer d'une salle d'opération et de moyens d'hospitalisation.

## 4 INTERDICTIONS ( ART. 64 )

Il est interdit:

- a) d'utiliser des appareils mettant en jeu des radiations ionisantes dans le commerce de la chaussure;
- b) d'ajouter des substances radioactives aux denrées alimentaires, aux produits de beauté, aux parures, aux cosmétiques, aux jouets et aux produits et objets à usage domestique. Cette interdiction s'applique également à l'activation. En ce qui concerne les pierres précieuses, les pierres semi-précieuses et les perles, l'AFCN peut toutefois déterminer des limites de tolérance pour l'activité spécifique et/ou le débit de dose; si ces limites ne sont pas respectées, l'AFCN peut déterminer les conditions dans lesquelles peuvent être autorisés le transport, la détention, le stockage et le traitement visant à diminuer leur activité spécifique.
- c) de traiter des denrées alimentaires ou des médicaments à l'aide de radiations ionisantes. Toutefois, la stérilisation de médicaments par des radiations ionisantes est autorisée, pour autant qu'elle soit effectuée dans les conditions déterminées lors de l'enregistrement du médicament;
- d) d'utiliser des substances radioactives dans les dispositifs de captage des paratonnerres. Les dispositifs de captage qui contiennent des substances radioactives et qui étaient régulièrement autorisés à la date du 26 octobre 1985 peuvent être maintenus en service aussi longtemps qu'ils font l'objet d'un rapport favorable de l'AFCN ou de l'organisme agréé, chargé de leur contrôle périodique. Sinon, ils doivent être éliminés comme déchets radioactifs.

L'importation, l'exportation, la détention, l'offre en vente, la vente, la cession à titre onéreux ou gratuit et le transport de produits et appareils relatifs aux points ci-dessus sont interdits, sauf des médicaments stérilisés par des radiations ionisantes suivant les conditions déterminées lors de l'enregistrement du médicament.

Il est interdit d'utiliser des substances radioactives et des appareils ou installations pouvant émettre des radiations ionisantes pour des recherches en agriculture, en zootechnie et en entomologie, en dehors des lieux spécialement agencés dans le but d'éviter tout danger pour la santé de l'homme et des animaux.

Toutefois, l'Agence peut autoriser :

- a) le traitement à l'aide des radiations ionisantes de denrées alimentaires ou de médicaments ou l'incorporation de substances radioactives aux denrées alimentaires, à des fins de recherches;

- b) le traitement par les radiations ionisantes de denrées destinées à l'alimentation humaine ou animale, en vue d'inhibition de la germination, de la désinsectisation ou de la déparasitation ou en vue de l'élimination de certains germes.

L'autorisation comporte notamment l'approbation de l'appareillage utilisé et les conditions de traitement.

Il doit être possible, à tout moment, d'identifier les produits traités et d'établir la dose d'irradiation;

- c) la stérilisation par les radiations ionisantes de matériel destiné à des fins médicales ou chirurgicales, ainsi que des ligatures chirurgicales et des pansements;

- d) l'importation des produits visés en b) et c) ci-dessus, aux conditions prévues par ces dispositions et aux conditions particulières fixées par l'AFCN.

## GLOSSAIRE

**Atténuation** : réduction de l'intensité d'un rayonnement ionisant par l'interposition d'un matériau absorbant

**eV ou électron-Volt** : unité d'énergie correspondant à l'accélération d'un électron sous une différence de potentiel de 1 Volt (1 eV =  $1,602 \cdot 10^{-19}$  Joule)

**Ionisant ou rayonnement ionisant** : rayonnement composé de photons ou de particules capables de déterminer la formation d'ions directement ou indirectement; il inclut le transport d'énergie sous la forme de particules ou d'ondes électromagnétiques d'une longueur d'onde inférieure ou égale à 100 nanomètres ou d'une fréquence supérieure ou égale à  $3 \times 10^{15}$  hertz pouvant produire des ions directement ou indirectement

**Isotope ou radio-isotope ou radio-éléments ou radionucléide** : chacun des différents types de noyaux atomiques d'un même élément (ex : les trois isotopes de l'hydrogène sont 1H (1 proton), 2H (1 proton et 1 neutron) et 3H (1 proton et 2 neutrons))

**Joule** : unité d'énergie équivalant au travail produit par une force de 1 Newton dont le point d'application se déplace de 1 mètre dans la direction de la force ; 1 joule représente physiquement la chaleur à fournir à 1 gramme d'eau pour élever sa température de  $0,24^\circ$  Celsius

**Masse atomique** : rapport de la masse de l'atome d'un élément chimique au douzième de la masse du carbone 12

**Matière** : substance, réalité constitutive des corps, douée de propriétés physiques

**Nombre atomique** : numéro d'ordre d'un élément dans la classification périodique (tableau de Mendeleïev), égal au nombre de ses électrons ou à celui de ses protons

**Parcours** : distance parcourue par un rayonnement corpusculaire dans un matériau donné

**Radioactivité** : propriété de certains noyaux atomiques d'émettre spontanément un rayonnement

**Rayonnements électromagnétiques ionisants** : rayonnements composés de photons capables de déterminer la formation d'ions indirectement dans la matière

