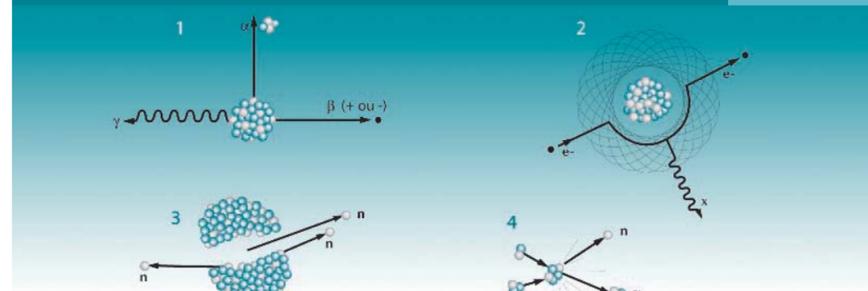




# NUCLÉAIRE OU RADIOLOGIQUE : QUEL TERME UTILISER ?



Principaux types d'émissions de rayonnements ionisants

- 1 Radioactivité spontanée des noyaux atomiques instables
- 2 Emission de rayons X hors du cortège électronique d'atomes stables (non radioactifs), provoquée par le freinage d'une particule électrique
- 3 Fission de noyaux atomiques lourds instables
- 4 Fusion de noyaux atomiques légers

“ NUCLÉAIRE ET RADIOLOGIQUE : SAVOIR LES DISTINGUER POUR MIEUX COMPRENDRE LES RAYONNEMENTS IONISANTS ET LEURS UTILISATIONS ”

**L**es mots “nucléaire” et “radiologique” sont fréquemment utilisés indistinctement comme s'ils avaient la même signification.

Relatifs aux noyaux des atomes, aux rayonnements ionisants et à leurs propriétés, ils se rencontrent couramment dans de nombreux domaines comme la physique théorique, les applications médicales, industrielles et militaires, la réglementation et le langage courant. L'emploi indifférencié de ces deux termes peut conduire à des imprécisions, voire à des erreurs d'interprétation.

Dans un souci de simplification, le mot nucléaire a été retenu dans la réglementation de préférence au mot radiologique pour qualifier tout un ensemble d'activités fort différentes, mais toutes susceptibles d'exposer aux rayonnements ionisants.





## >> Que désigne précisément le mot “nucléaire” ?

La racine latine du mot nucléaire est “nucleus”, qui signifie “noyau”.

En physique, ce mot fait référence à la région centrale d’un atome. Dès lors, est “nucléaire” tout ce qui touche aux propriétés des noyaux d’atomes. C’est par exemple le cas de la radioactivité qui consiste en l’émission de particules ou de rayonnements électromagnétiques ionisants<sup>(1)</sup> lors de la transformation d’un noyau en un autre noyau par des transitions spontanées ou par des réactions de fission, de fusion ou de collision entre atomes. En ce sens, de nombreuses applications industrielles, médicales, de recherche ou militaires exploitant les propriétés des noyaux atomiques peuvent être qualifiées de nucléaires.

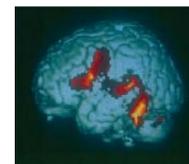
- Une **centrale nucléaire** de production d’électricité, un **réacteur nucléaire** de recherche, le réacteur d’un navire ou d’un sous-marin à **propulsion nucléaire** sont bien “nucléaires” car ils utilisent une réaction nucléaire en chaîne de fission de noyaux d’atomes lourds et instables.

- Une bombe dite “atomique” est en fait une **bombe nucléaire** puisqu’elle met en jeu une réaction nucléaire explosive, soit de fission de noyaux d’uranium ou de plutonium (bombe A), soit de fusion de noyaux légers d’hydrogène et de tritium (bombe H, dite thermonucléaire).

- La **médecine nucléaire** utilise des molécules appelées “radiopharmaceutiques” dans lesquelles a été introduit un élément à noyau radioactif (dit radioélément ou radionucléide, souvent qualifié de marqueur radioactif). Ce noyau, par les rayonnements ionisants qu’il émet lors de ses transitions nucléaires, rend en effet repérables ces molécules, qualifiées de “marquées”. Administrées aux patients à des fins diagnostiques<sup>(2)</sup> ou thérapeutiques, ces molécules se fixent de façon spécifique sur un ou des organes cibles. En parallèle à leur décroissance radioactive, elles sont ensuite progressivement éliminées par les voies naturelles.



Réacteur nucléaire de recherche (vue de l’installation du réacteur à haut flux de l’Institut Laue-Langevin)



Tomographie par émission de positons du cerveau (en rouge : zone d’activité correspondant à la lecture).

> Au même titre que les centrales nucléaires de production d’électricité ou les réacteurs de recherche, les usines qui enrichissent l’uranium, fabriquent les combustibles nucléaires ou retraitent les combustibles usés dans les réacteurs, les grands accélérateurs de particules industriels ou de recherche et les centres qui conditionnent ou stockent les déchets radioactifs sont des **installations nucléaires de base** puisqu’elles détiennent de grandes quantités de matières radioactives. Les secteurs industriel, médical ou de la recherche, détenant (en plus faibles quantités) des matières radioactives utilisées dans différents appareils, instruments, produits chimiques et pharmaceutiques constituent quant à eux ce qu’il est convenu d’appeler le **nucléaire de proximité**.

(1) Un rayonnement est dit ionisant lorsque son énergie est suffisante pour arracher des électrons aux atomes qu’il rencontre. Ces atomes, qui ont perdu leur neutralité électrique, sont qualifiés d’ions. A la différence des rayons X et  $\gamma$ , les autres ondes électromagnétiques que sont les ondes hertziennes de la radio et de la télévision, de la téléphonie mobile, les ondes radar et les ondes des fours à micro-ondes, les infrarouges, la lumière, les ultraviolets A et B ne sont pas ionisantes.

(2) Ces radiopharmaceutiques n’émettant leurs rayonnements  $\alpha$  ou  $\beta$ ) que durant une courte période radioactive et étant injectés en petite quantité, le patient n’est que très provisoirement radioactif et n’est exposé qu’à de faibles doses de rayonnements comparables à celles de certains examens radiologiques classiques.



Trace de particules ionisantes dans une chambre à bulles



Radiographie du bassin (coxarthrose droite)



Gammagraphe industriel

## ➤ Radiologique : à quoi ce mot fait-il référence ?

La racine latine du mot radiologique est "radius", qui signifie "rayon".

Dans le **langage de la physique**, le terme "radiologique" est relatif à la science des rayonnements et englobe donc, conformément à son étymologie, tous les rayonnements, quelle que soit leur origine et qu'ils soient ou non ionisants. En particulier, les rayonnements ionisants ne sont pas tous nucléaires, car ils peuvent être aussi bien émis directement du noyau d'un atome (cas des  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , neutrons, ou protons) que du cortège d'électrons l'entourant (cas des X et  $\gamma$  ou des électrons accélérés)<sup>(3)</sup>.

Dans le **langage commun**, par exemple, dans l'expression "cabinet radiologique", ce mot fait référence à toutes les techniques d'imagerie médicale, basées ou non sur les rayonnements ionisants.

Toutefois, il est plus rigoureux, dans le **langage spécialisé**, de réserver cet adjectif exclusivement aux techniques d'imagerie

médicale utilisant les rayons X ou aux techniques d'imagerie industrielles ou de recherche utilisant des rayonnements X et  $\gamma$  qui, bien que tous deux de même nature (ondes électromagnétiques), sont d'origine différente.

Le terme radiologique sert également à désigner à la fois des situations accidentelles exposant à des rayonnements ionisants (quelle que soit leur nature ou leur origine), les risques qui leurs sont associés et les interventions d'urgence qui visent à en réduire les conséquences.



Examen radiographique pulmonaire conventionnel

➤ Historiquement la radioscopie (aujourd'hui interdite) fut la première technique d'imagerie médicale employant les rayons X à être utilisée, avant d'être progressivement remplacée par des techniques utilisant les rayons X de façon moins exposante : la radiographie, la radiologie numérisée et les techniques "scanner" de tomodensitométrie. Par ailleurs, depuis une trentaine d'années, d'autres techniques n'utilisant pas les rayonnements ionisants se sont développées : en particulier l'échographie ou l'examen doppler se servant des ultrasons, puis l'imagerie par résonance magnétique (IRM) exploitant des ondes hertziennes et les propriétés magnétiques des noyaux d'atome non radioactifs tel l'hydrogène, naturellement présents en abondance dans le corps humain. Elles se substituent aux techniques irradiantes dans les domaines où elles peuvent apporter une qualité d'information égale ou supérieure en matière de diagnostic ou de suivi thérapeutique.

(3) Les lettres désignant les différents types de rayonnements ionisants trouvent leur origine dans l'histoire de la découverte des rayonnements. Le rayon X, découvert par Roentgen en 1895, a été ainsi nommé parce qu'à l'époque de sa découverte son origine était inconnue. Après la découverte de la radioactivité par Becquerel en 1896, les rayonnements provenant des noyaux instables connus ont été successivement appelés alpha ( $\alpha$ ), bêta ( $\beta$ ) et gamma ( $\gamma$ ) car ils ont été découverts dans cet ordre correspondant aux trois premières lettres de l'alphabet grec. D'autres rayonnements ionisants émis par les étoiles ou dans les accélérateurs de particules ont été découverts depuis.



## >> Dans quelles situations un événement accidentel ou malveillant peut-il être qualifié de nucléaire ou de radiologique ?

• En cas d'accident sur une installation nucléaire ou lors d'un transport de matières radioactives, il peut y avoir émission dans l'environnement de rayonnements ionisants de toutes sortes y compris des rayons X. **Un accident nucléaire peut donc être aussi un accident radiologique si des personnes sont exposées à ces rayonnements ionisants.**

Cependant, un accident radiologique peut exister en dehors d'une centrale nucléaire ou d'un transport de matières radioactives : par exemple, lorsqu'une personne est malencontreusement exposée au faisceau de rayonnement d'un accélérateur de particules industriel, de recherche ou médical<sup>(6)</sup>.

Un accident mettant en jeu une source radioactive sera considéré comme

radiologique, car c'est le rayonnement émis qui est responsable de l'exposition des personnes.

• Une "**bombe radiologique**", encore appelée "**bombe sale**", qui serait éventuellement utilisée dans un attentat, serait en fait une bombe "ordinaire" qui disperserait la matière radioactive ou les déchets radioactifs qu'elle contiendrait. Aucune réaction nucléaire en chaîne n'étant mise en jeu, elle ne pourrait donc pas être assimilée à une bombe dite "atomique" ou "nucléaire".

L'usage d'une telle bombe constituerait un événement à caractère radiologique du fait de l'exposition aux rayonnements ionisants émis par les sources radioactives dispersées.



Exercice simulant une situation d'urgence radiologique  
(ici accident de transport de matières radioactives)

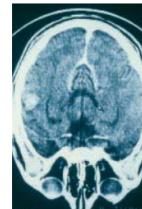
> Tant que les sources de rayonnements ionisants sont extérieures à l'organisme, on parle d'**exposition externe**. Si un radionucléide est déposé sur la peau, il y a une **contamination externe à l'origine d'une exposition externe**. Si un radionucléide pénètre à l'intérieur de l'organisme, il y a une **contamination interne conduisant à une exposition interne**. En revanche, **aucune contamination ne peut exister avec un générateur de rayons X**, puisqu'il ne contient aucune substance radioactive.

(6) Des accélérateurs de particules sont utilisés pour la stérilisation de certains aliments et instruments, le traitement de certains polymères, l'expérimentation en physique des particules et, en médecine, pour la radiothérapie.



## >> Quelles techniques et quelles utilisations la radiologie englobe-t-elle ?

• **La radiologie médicale**, au sens strict, utilise des rayons X. En traversant le corps humain un faisceau de rayons X est atténué de façon différente en fonction de la densité des tissus rencontrés. Cette propriété est à l'origine des "contrastes" qui permettront d'obtenir des images du squelette et des organes. L'imagerie par rayons X est, par nature, non invasive. La source de rayonnements, constituée d'un générateur électrique à haute tension et d'un tube à rayons X, est extérieure au patient. Aucun radionucléide n'étant utilisé, le patient n'est donc jamais rendu radioactif. Après arrêt de l'alimentation électrique du générateur, il n'y a plus d'émission de rayonnements.



Scanner du cerveau (toxoplasmose dans un cas de SIDA)

L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) est favorable à une réduction maximum des doses d'exposition radiologique, afin de mieux protéger ainsi à la fois les professionnels mettant en œuvre ces techniques et les patients. Dans ce but, l'ASN fait évoluer la réglementation en faveur d'une stricte justification des prescriptions des actes radiologiques, d'une meilleure connaissance des doses émises et de l'optimisation de celles-ci par l'amélioration des pratiques, des équipements et de la formation des personnels<sup>(4)</sup>.

• **La radiologie industrielle** est équivalente dans son principe à la radiologie médicale. Pour explorer la structure interne de différents objets sans les démonter ou les endommager (pièces de chaudronnerie, tuyauteries, soudures, piles de pont), des radiographies sont utilisées. Elles sont réalisées au moyen d'un générateur électrique de rayons X ou, encore plus souvent, d'une source radioactive émettrice de rayons  $\gamma$  contenue dans un appareil, dit gammagraphe, sécurisé et facilement transportable.

Dans ce cas, les sources de rayonnements employées doivent généralement être plus intenses et émettre des rayonnements d'énergie plus élevée que dans le domaine médical et pouvoir être déplacées auprès des objets à examiner.

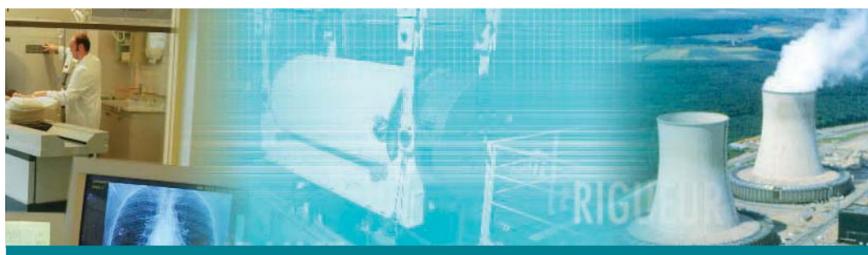
Le nombre d'utilisateurs de ces techniques industrielles, particulièrement exposantes et mobiles, allant croissant, l'ASN est particulièrement attentive à ce secteur d'activité. Elle considère qu'un effort doit y être mené sur la formation et la sensibilisation aux règles de la radioprotection et sur l'acquisition d'une meilleure connaissance de l'impact radiologique de ces activités. L'ASN s'attache, par ailleurs, à renforcer les dispositions de contrôle auprès des fournisseurs de sources de rayonnements et des utilisateurs.

Des techniques radiologiques sont également utilisées pour la recherche scientifique et pour certains contrôles légaux<sup>(5)</sup>.

> On parle de radiographie conventionnelle lorsque le récepteur d'image est un film. Aujourd'hui, la radiologie numérisée, qui comme son nom l'indique utilise des récepteurs numériques, tend à se généraliser. Par ailleurs, la tomodesitométrie (ou scanographie) utilisant les scanners à rayons X permet d'obtenir des images en coupe et en volume du corps humain.

(4) Les installations radiologiques et les actes de radiologie médicale sont d'année en année de plus en plus nombreux. Aujourd'hui en France, leur nombre dépasse respectivement 5 000 et 17 millions par an. La radiologie médicale, qu'elle soit utilisée pour le dépistage préventif, pour établir ou préciser un diagnostic, guider un traitement ou suivre son évolution représente aujourd'hui la part la plus importante par français de la dose moyenne annuelle des expositions aux rayonnements ionisants d'origine artificielle.

(5) La cristallographie par diffraction de rayons X est, par exemple, utilisée en biologie moléculaire et en minéralogie. La radiographie est utilisée en histoire de l'art et archéologie. La recherche en zoologie et en médecine vétérinaire fait également appel à la radiologie. Les services de police, de sécurité et des douanes utilisent également fréquemment les rayons X notamment pour contrôler le contenu des bagages, des colis et des véhicules.



## ➤➤ Radiologique ou nucléaire : comment opter pour l'emploi d'un mot bien adapté ?

Les deux termes, on le voit, ne sont pas synonymes.

En théorie, pour les physiciens, le mot "radiologique", qui englobe tout ce qui concerne les rayonnements ionisants ou non, a un sens encore plus général que le mot "nucléaire".

C'est également le cas dans le langage médical courant, où le mot "radiologique" renvoie à toutes les techniques de l'imagerie médicale.

Mais en pratique, il n'en va pas de même pour les industriels et les ingénieurs : dans leurs domaines, le mot "radiologique" n'est généralement appliqué qu'aux seules techniques d'imagerie radiographiques et aux accidents exposant aux rayonnements ionisants.

Le terme "radiologique" n'est donc pas bien approprié pour désigner l'ensemble des activités risquant d'exposer à des rayonnements ionisants, lesquelles, de surcroît,

dans leur majorité, exploitent les propriétés des noyaux radioactifs.

L'adjectif "nucléaire", bien qu'imparfait sur le plan étymologique, étant donné que le noyau des atomes n'est pas toujours à l'origine des rayonnements ionisants, apparaît finalement le mieux adapté lorsqu'il s'agit d'opter pour l'usage, notamment dans le langage administratif et réglementaire, d'un mot unique et simple pour désigner les activités exposant aux rayonnements ionisants.

**En France, depuis 2002, toutes les activités civiles utilisant des sources de rayonnements ionisants (nucléaires ou radiologiques) sont soumises au contrôle exercé, au nom de l'État, par une seule autorité : l'Autorité de sûreté nucléaire<sup>(7)</sup>, dénommée ainsi dans ce même souci de simplification terminologique.**

➤ Pour désigner l'ensemble des activités risquant d'exposer à des rayonnements ionisants (quelle que soit l'origine atomique de leur émission, noyau ou cortège électronique, qu'elles impliquent ou non des réactions nucléaires), il a été retenu, à des fins de simplification d'écriture, le vocable "nucléaire" dans l'ordonnance n° 2001-270 du 28 mars 2001, inscrivant une définition à l'article L.1333.1 du code de la santé publique : "Les activités comportant un risque d'exposition des personnes aux rayonnements ionisants et ci-après dénommées "activités nucléaires", émanant soit d'une source artificielle, qu'il s'agisse de substances ou de dispositifs, soit d'une source naturelle lorsque les radionucléides naturels sont traités ou l'ont été en raison de leurs propriétés radioactives, fissiles ou fertiles, ainsi que les interventions destinées à prévenir ou réduire un risque radiologique consécutif à un accident ou à une contamination de l'environnement, doivent satisfaire aux principes suivants : [...]".

(7) L'Autorité de sûreté nucléaire est composée au niveau central de la Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection (DGSNR) et au niveau régional de 11 Divisions de la sûreté nucléaire et de la radioprotection (DSNR) au sein des Directions régionales de l'industrie, de la recherche et de l'environnement (DRIRE).

Rédaction & Copyright ASN - Conception & Réalisation Eurographics.fr - Juillet 2005  
Crédits photographiques : P. Gilbert ©ASN, ©Hôpital Privé Salpêtrière, ©OPRI, ©CEA, M. Brigaud ©EDF, ©ASN, ©Stemens, ©ILL, E. De Haussé ©INSERM, L. Guillevin ©INSERM



Pour plus d'informations sur la sûreté nucléaire et la radioprotection, consultez le site Internet :

[www.asn.gouv.fr](http://www.asn.gouv.fr)

et contactez le Centre d'information et de documentation du public :

01 40 19 87 23

**Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection**

6, place du colonel Bourgoïn - 75572 Paris Cedex 12

Téléphone : 01 43 19 36 36

Télécopie : 01 40 19 86 69



MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE, DES FINANCES ET DE L'INDUSTRIE  
MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES SOLIDARITÉS  
MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE