

**Titre du document :** Nucléaire ou radiologique ?

**Version :** 05/07/2018

**N° chrono :** DOC-VL-3\_1

**Auteur :** M. Ammerich avec un texte initial de M. Bourguignon

**Résumé :** Les mots « nucléaire » et « radiologique » sont fréquemment utilisés l'un pour l'autre comme s'ils avaient la même signification. Cela n'est pas toujours le cas, et leur utilisation indifférenciée conduit à des imprécisions voire à des erreurs fâcheuses. Ce petit document écrit à la base par un des anciens commissaires de l'ASN et que nous avons revu à deux ou trois (j'étais parmi les relecteurs), a pour but de faire le point sur ces 2 notions et de préciser par des exemples leurs différences.

# Nucléaire ou radiologique ?

# A. Nucléaire

---

La racine latine du mot nucléaire est « nucleus », le noyau. Il est fait référence au noyau d'un atome, et est « nucléaire » tout ce qui implique un noyau d'atome et sa transformation dans une réaction nucléaire en un autre noyau.

## 1 La bombe atomique

Une bombe atomique est en fait une bombe nucléaire mettant en jeu une réaction nucléaire en chaîne de fission de noyaux d'uranium ou de plutonium, ou bien une réaction de fusion de noyaux légers (hydrogène, tritium).

## 2 La centrale nucléaire

Une centrale nucléaire, productrice d'électricité, est bien nucléaire car elle utilise une réaction nucléaire en chaîne contrôlée pour que la fission des noyaux d'atomes produise de la chaleur sans qu'il y ait le phénomène explosif de la bombe.

## 3 Le domaine médical

### 3.1 La médecine nucléaire

La médecine nucléaire fait référence à une spécialité d'imagerie médicale diagnostique utilisant des molécules marquées par un élément à noyau radioactif ou radionucléide. Ces molécules, ou radiopharmaceutiques, administrées à un patient, vont se fixer de façon spécifique sur une cible biologique.

Leur distribution est repérée par le rayonnement  $\gamma$  pénétrant émis par le noyau du radionucléide lors d'une transition nucléaire. La médecine nucléaire est aussi une spécialité de radiothérapie interne ; dans ce cas le radionucléide qui sert à marquer le radiopharmaceutique est choisi pour l'émission d'un rayonnement  $\beta$  peu pénétrant qui est absorbé localement par la tumeur que l'on cherche à détruire.

Pourquoi l'adjectif nucléaire est-il attaché à cette spécialité médicale depuis son origine ? Les radionucléides utilisés sont d'origine artificielle. Ils ont été et sont encore produits, pour la majorité d'entre eux, dans des réacteurs nucléaires. De plus, lors de l'émission du rayonnement, le noyau du radionucléide est transformé en un autre noyau souvent non radioactif.

### 3.2 L'imagerie par résonance magnétique (IRM)

L'imagerie par résonance magnétique est en fait une imagerie par résonance magnétique nucléaire. Les radiologues se sont débarrassés d'emblée du mot nucléaire pour ne pas subir tout le contexte que véhicule ce mot. Bien que cette technique n'utilise pas de noyaux

radioactifs, il s'agit bien d'une technique « nucléaire » dès lors qu'elle utilise la propriété intrinsèque des particules constituant le noyau ou nucléons d'avoir un spin (aimantation microscopique). Ce spin peut être orienté par un champ magnétique externe, ce qui permet de communiquer de l'énergie au nucléon et de recevoir un signal en retour, signal très riche en information.

## B. Radiologique

---

La racine latine du mot radiologique est « radius », rayon. Le terme « radiologique » englobe donc tous les rayonnements, quelle que soit leur origine. Ces rayonnements ont 3 origines possibles.

### 1 La réaction nucléaire

Le rayonnement est émis par un noyau lors d'une réaction nucléaire (fusion, fission, collision) ou d'une transition nucléaire lorsqu'un noyau instable retourne vers un état de stabilité. Les rayonnements émis par les radionucléides sont alors des rayonnements alpha (noyau d'hélium), bêta (électron ou positon) et gamma (rayonnement électromagnétique) ; des neutrons et protons sont aussi émis lors des réactions nucléaires.

### 2 Le réarrangement du cortège électronique

Le rayonnement est émis lors du mouvement des électrons qui entourent un noyau d'atome suite à la vacance (disparition) de l'un d'eux. Ce rayonnement est appelé rayon X.

### 3 Le rayonnement de freinage

Le rayonnement est émis lorsque la trajectoire des particules chargées (principalement  $\beta$ ), est déviée et que celles-ci sont freinées, au voisinage d'un noyau d'atome. Ce rayonnement est également un rayon X.

### 4 Un peu d'histoire

Les lettres désignant ces différents types de rayonnements trouvent leur origine dans l'histoire de la découverte des rayonnements. Le rayon X, découvert par Roentgen en 1895, a été nommé ainsi parce qu'à l'époque de sa découverte son origine était inconnue. Après la découverte de la radioactivité par Becquerel en 1896, les rayonnements identifiés se sont appelés successivement alpha, bêta et gamma car ils ont été découverts dans cet ordre ; les 2 premiers furent plus faciles à identifier du fait de leur charge électrique.

### 5 Rayons X ou gamma ?

S'il n'y a pas de différence de nature entre le rayonnement X et le rayonnement gamma, les deux appartenant au spectre électromagnétique, leur origine est fondamentalement différente : le rayon X provient du cortège électronique ou du freinage d'une particule dans la matière, alors que le rayon gamma provient du noyau instable d'un atome radioactif. Auparavant il était plus fréquent de classer X et gamma en fonction de leur énergie.

L'interrogation pourrait toujours être d'actualité dans le cas de l'annihilation d'un positon. Il y a production de deux photons de 511 keV en énergie chacun. D'un point de vue énergie, ils sont plus proche des rayonnements gamma alors que leur origine se trouve en dehors des noyaux des atomes.

## C. Discussion

---

### 1 La radiologie médicale ou industrielle

La radiologie médicale, au sens du langage courant, utilise les rayons X pour faire des images des organes. La source de rayons X, appelée tube à rayons X, est extérieure au patient. Il n'y a pas de radionucléides. Après arrêt de l'alimentation électrique du tube à rayons X, il n'y a plus d'émission de rayonnements. De plus, le patient n'est jamais rendu radioactif ; il n'émet pas de rayonnement secondaire.

La radiologie industrielle est équivalente dans son principe à la radiologie médicale. Une source intense de rayonnement est utilisée pour réaliser des radiographies, par essence non destructives d'objets industriels (des piles de pont en béton de forte épaisseur par exemple). Les sources devant être beaucoup plus intenses que les sources médicales et déplacées auprès des objets à examiner, ce sont d'intenses sources radioactives, émettrices de rayons gamma, qui sont utilisées.

### 2 Les examens de médecine nucléaire

A contrario, un patient qui a bénéficié d'un examen de médecine nucléaire émet un rayonnement car il est devenu provisoirement radioactif et le reste tant que le radionucléide qui lui a été injecté n'a pas disparu du fait de sa propre décroissance radioactive ou du fait de son élimination par l'organisme.

### 3 Les accidents nucléaires

Lors d'un accident nucléaire, il y a émission de rayonnements de toutes sortes par les radionucléides présents, y compris des rayons X créés par des particules chargées freinées lors de leur déplacement dans la matière. Un accident nucléaire est aussi un accident radiologique si des personnes sont exposées à des rayonnements. Tant que les sources de rayonnements sont extérieures à l'organisme, on parle d'exposition externe. Si un radionucléide est déposé sur la peau, il y a contamination externe et exposition externe. Si un radionucléide pénètre à l'intérieur de l'organisme, il y a contamination interne et exposition interne. En revanche, il ne peut pas y avoir de contamination avec un générateur de rayons X.

### 4 Acte de malveillance

Une « bombe sale » (qui ne serait pas une bombe atomique) utilisée dans un attentat serait en fait une bombe ordinaire qui disperserait de la matière radioactive ou des déchets radioactifs. Il n'y aurait pas de réaction nucléaire en chaîne. Ce serait un événement à

caractère radiologique du fait de l'exposition aux rayonnements ionisants émis par ces sources radioactives dispersées.

## 5 Les accidents radiologiques

Un accident radiologique peut exister sans qu'il s'agisse d'un accident nucléaire, par exemple, une personne exposée au faisceau de rayonnement d'un accélérateur de particules (accident de Forbach, accidents de radiothérapie externe). Un accident avec une source radioactive comme le césium-137, sera un accident radiologique, car c'est le rayonnement émis qui est responsable de l'exposition de personnes ; il n'y a pas de réaction nucléaire.

## 6 Utilisations des vocables selon les domaines

Dans le langage médical, le mot « radiologique » englobe toute l'imagerie médicale : la radiologie avec les rayons X et la médecine nucléaire (au grand dam des médecins nucléaires).

Pour les scientifiques, le mot « radiologique » qui englobe tout ce qui concerne les rayonnements a donc un sens un peu plus général que le mot « nucléaire ».

Mais, le vocable « activités nucléaires » a été retenu par le Conseil d'Etat dans le l'ordonnance n°2016-128 du 11 février 2016, inscrivant une définition à l'article L.1333.1 du code de la santé publique : *«Les dispositions du présent chapitre s'appliquent :  
«1° Aux activités comportant un risque d'exposition des personnes aux rayonnements ionisants lié à la mise en œuvre soit d'une source artificielle, qu'il s'agisse de substances ou de dispositifs, soit d'une source naturelle, qu'il s'agisse de substances radioactives naturelles ou de matériaux contenant des radionucléides naturels, ci-après dénommées activités nucléaires; ».*

Ce choix a sûrement permis de simplifier l'écriture du texte en rassemblant toutes les activités sous un seul vocable, mais n'a pas simplifié la compréhension des différences entre « radiologique » et « nucléaire ».