

Exposition aux rayonnements ionisants et précautions associées

OBJECTIF Citer quelques précautions inhérentes à l'utilisation de substances radioactives.

La radioactivité est invisible et ne fait pas de bruit ; elle passe inaperçue. Or elle peut avoir des effets sur la santé. C'est pourquoi il faut s'en protéger, en la détectant et en estimant les doses auxquelles les personnes ont été exposées afin d'évaluer le risque encouru.

Documents

Document 1 Effets des rayonnements ionisants sur la santé

Les rayonnements ionisants désignent l'énergie libérée par les atomes qui se propage sous forme d'ondes électromagnétiques ou de particules. Ils regroupent les particules alpha (α) et bêta (β) et le rayonnement gamma (γ) émis lors de la désintégration spontanée de noyaux radioactifs, ainsi que les neutrons, particules issues des réactions de fissions nucléaires, et le rayonnement X, utilisé par exemple en radiologie.

Les effets des rayonnements ionisants sur la santé, notamment sur le fonctionnement des tissus et organes, dépendent de plusieurs paramètres :

- la **dose d'irradiation**, c'est-à-dire la quantité d'énergie transmise par les particules et rayonnements ;
- la **nature des particules** (alpha, bêta, neutrons) ou **rayonnement** (gamma ou X) ;
- les **modalités d'exposition** (interne, par ingestion notamment ou externe) ;
- l'**organe ou le tissu atteint** (poumons, peau, etc.).

À faibles doses, les rayonnements ionisants peuvent augmenter le risque d'effets à long terme, telle que l'apparition de cancers. Les doses reçues peuvent avoir des effets cumulatifs si elles sont rapprochées. À très fortes doses, ils peuvent provoquer des brûlures cutanées ou un syndrome aigu d'irradiation.

Remarque Les rayonnements X ne sont pas considérés « radioactifs » par les physiciennes et physiciens car ils ne sont pas émis par des substances radioactives. En revanche, ces rayonnements X ont les mêmes effets sur la santé. C'est pourquoi médecins et radiologistes ne font pas la distinction. Le pictogramme de sécurité est d'ailleurs le même pour les substances radioactives et les rayonnements ionisants.

Document 2 Estimation des doses

• La **dose absorbée D** est la quantité d'énergie absorbée par unité de masse.

Elle s'exprime en **grays (Gy)** : $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$

• La **dose équivalente H** est le produit de la dose absorbée par le facteur de pondération W_r qui dépend de la nature du rayonnement. Elle s'exprime en **sieverts (Sv)**.

| Nature des particules et rayonnement | Facteur de pondération des rayonnements W_r |
|---|---|
| Rayonnement γ , particules β | 1 |
| Neutrons | 5 à 20 |
| Particules α | 20 |

• La **dose efficace E** est la somme des doses équivalentes multipliées par le facteur de sensibilité W_t de chaque tissu affecté. Elle permet de calculer la dose reçue par chaque organe ainsi que d'estimer la dose reçue par le corps entier. Elle s'exprime en **sieverts (Sv)**.

| Tissus affectés | Facteur de sensibilité du tissu affecté W_t |
|--|---|
| Moelle osseuse, poumon, sein, estomac, colon | 1 |
| Testicules | 0,08 |
| Œsophage, thyroïde, foie, vessie | 0,04 |
| Surface de l'os, cerveau, peau | 0,01 |

Remarque On peut exprimer la radioactivité d'un corps en Becquerel (Bq) avec 1 Bq qui correspond à une désintégration radioactive par seconde.

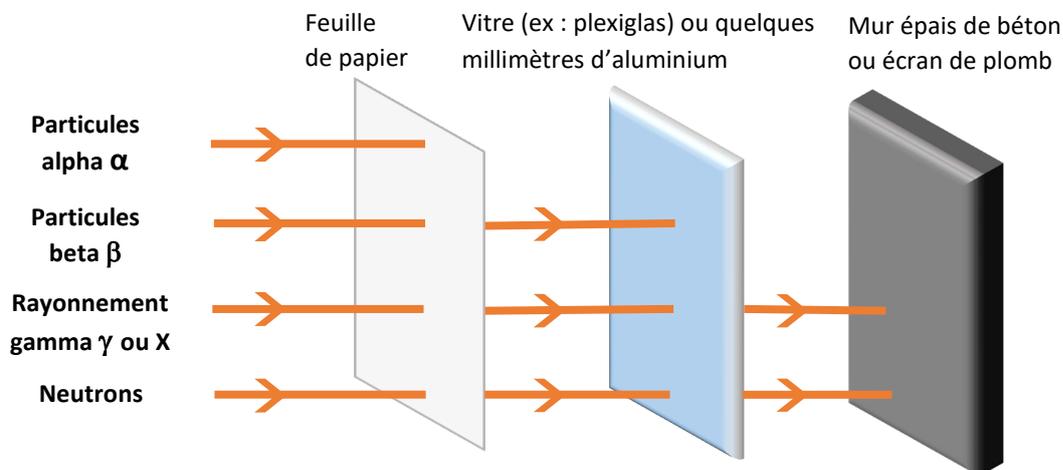
Document 3 Mesures de protection

Pour se protéger des rayonnements ionisants, il faut :

- si possible, attendre que les substances radioactives émettent moins de rayonnement pour les manipuler (en attendant la fin de la désintégration radioactive) ;
- diminuer au maximum la durée d'exposition ;
- s'éloigner de la source des rayonnements ;
- se protéger derrière des écrans permettant d'arrêter les rayonnements ;

Animation « Les rayonnements », CEA (durée : 44 s)

<https://www.cea.fr/multimedia/Pages/videos/culture-scientifique/physique-chimie/les-rayonnements.aspx>



Matériaux adaptés pour arrêter les rayonnements ionisants.

En particulier, les travailleurs exposés aux rayonnements doivent porter :

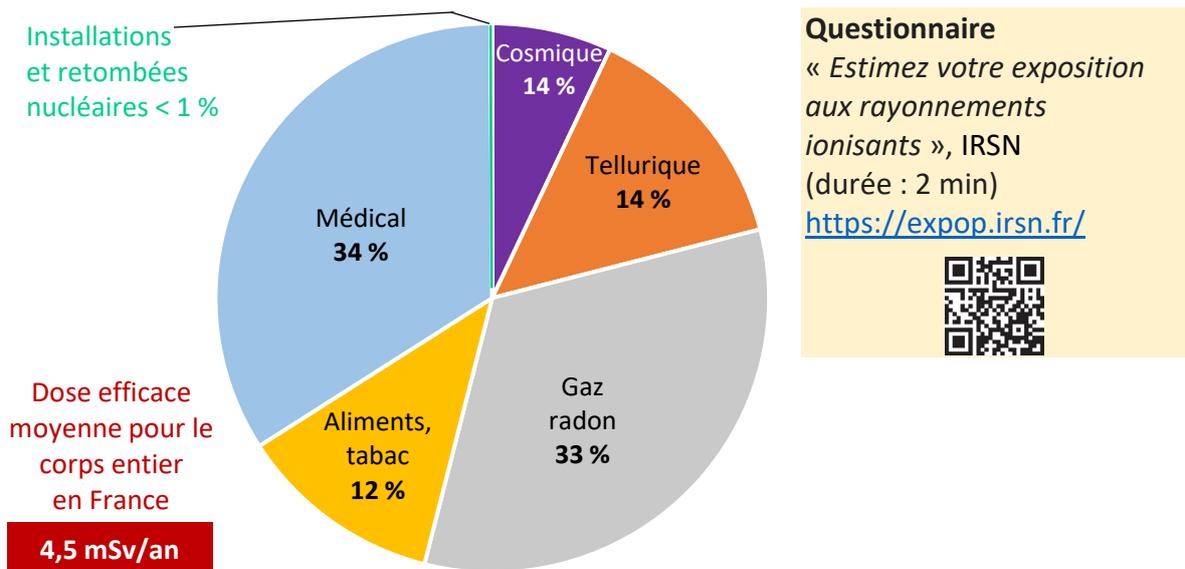
- des tenues adaptées aux risques encourus, par exemple des tenues étanches, des gants, des combinaisons, etc.
- un dosimètre, c'est-à-dire un appareil qui permet d'évaluer la dose individuelle reçue pendant une durée déterminée. Les résultats sont ensuite transmis à la médecine du travail et à des conseillers en radioprotection.

Document 4 Normes réglementaires

En France, l'utilisation des substances radioactives est contrôlée par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) en charge de la radioprotection dont les règles sont fixées par l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN). L'usage de radiopharmaceutiques est également encadré par l'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM).

Les normes réglementaires imposent aux industries de ne pas exposer la population à une dose efficace supérieure à 1 mSv par an et par personne pour le public et à 20 mSv par an et par personne pour les travailleurs exposés aux rayonnements.

Document 5 Sources d'exposition aux rayonnements ionisants



Exposition moyenne aux rayonnements ionisants par sources d'exposition (source : IRSN, 2021).

| | | |
|---|---------------------------------|--------------------|
| Expositions globales aux rayonnements ionisants (naturels) | 1 an dans une région granitique | 3 à 10 mSv |
| | 1 an en altitude de 2 000 m | 0,6 mSv |
| | Paris-New York en avion | 0,062 mSv |
| Expositions partielles aux rayonnements ionisants (artificiels) | Scintigraphies | 0,03 à 0,08 mSv |
| | Radiographie pulmonaire | 0,5 à 1 mSv |
| | Traitement de la thyroïde | 70 mSv |
| | Irradiation d'une tumeur | Plus de 20 000 mSv |

Exemples de valeurs des doses équivalentes.

Consignes

1.
 - a. À partir des documents 1 et 2, expliquer pourquoi il existe plusieurs valeurs de doses pour une même exposition aux rayonnements ionisants.
 - b. Pour la même dose absorbée, préciser les particules ou rayonnement qui ont le moins d'effet sur la santé, puis ceux qui ont le plus d'effet.
 - c. Indiquer les tissus à particulièrement protéger pour limiter les effets des rayonnements sur la santé.
2. À partir du document 5, comparer les doses reçues en moyenne par un individu lors d'examens médicaux aux doses reçues par la radioactivité naturelle.
3.
 - a. Expliquer pourquoi le personnel soignant bénéficie de plus de protection que les patients lors des examens médicaux.
 - b. Préciser pourquoi le personnel soignant se place derrière des écrans de plomb ou des murs en béton lors des examens.
 - c. Indiquer comment est contrôlée la dose d'irradiation reçue par les personnes travaillant avec des substances radioactives.

Pour aller plus loin

Pour diagnostiquer une maladie du foie par scintigraphie, on injecte à un patient de masse $m = 80$ kg un échantillon de technétium métastable ^{99m}Tc , qui émet un rayonnement gamma. L'énergie transmise au patient est $E = 3,5 \times 10^{-5}$ J.

- Calculer la dose équivalente puis la dose efficace de rayonnement radioactif à laquelle est soumis le patient.