

RAYONNEMENTS IONISANTS

SOMMAIRE DU DOSSIER

- ▶ Ce qu'il faut retenir
- ▶ Généralités
- ▶ Exposition aux risques
- ▶ Effets sur la santé
- ▶ Réglementation et démarche de prévention
- ▶ Suivi médical
- ▶ En cas d'incident ou d'accident
- ▶ Publications, outils, liens utiles...

© Guillaume J. Plisson

Ce qu'il faut retenir

La **radioactivité** est un phénomène naturel lié à l'instabilité de certains atomes qui composent la matière. Ces atomes instables (les **radionucléides**) émettent des rayonnements qui, en interagissant avec la matière, peuvent l'ioniser, c'est-à-dire lui arracher un ou plusieurs électrons. Ces rayonnements sont dits ionisants et ils peuvent provoquer des effets sur la matière vivante. Ces effets peuvent être déterministes (altération des tissus à court terme) ou stochastiques (aléatoires, augmentation du risque de cancer à long terme).

L'exposition à ces rayonnements peut être interne (ingestion, inhalation de substances radioactives, passage percutané) et/ou externe (source à distance ou au contact).

Généralement, un radionucléide émet plusieurs types de rayonnements ionisants à la fois (alpha, bêta, gamma, X ou neutronique).

La radioactivité peut provenir de **substances radioactives** naturelles (uranium, radium, radon...) ou artificielles (californium, américium, plutonium...).

Différents dispositifs et installations (accélérateurs de particules, générateurs électriques...) peuvent également émettre des rayonnements ionisants.

La radioprotection consiste à évaluer le risque d'exposition aux rayonnements ionisants et si nécessaire, à mettre en œuvre des mesures de protection et de prévention destinées à limiter ce risque.

Secteurs d'activité concernés

Les principaux secteurs d'activité utilisant des rayonnements ionisants sont :

- le secteur médical (**radiothérapie, radiodiagnostic, médecine nucléaire...**),
- l'industrie nucléaire (extraction, fabrication, utilisation et retraitement du combustible, stockage et traitement des déchets...),
- presque tous les secteurs industriels (**contrôle par radiographie** de soudure ou d'étanchéité, jauges et **traceurs, stérilisation par irradiation, conservation des aliments**, chimie sous rayonnement, détection de masses métalliques dans les aéroports...),
- certains laboratoires de recherche et d'analyse.

Toutes les applications impliquant des matières radioactives pour d'autres propriétés que leur radioactivité (matériaux de construction, engrais, ...) sont aussi concernées.



© P. Delapierre / INRS

Le secteur médical figure parmi les principaux secteurs concernés

Prévention des risques liés à l'exposition

Protéger le travailleur, compte tenu des risques encourus, passe d'abord par l'évaluation des risques, en prenant en compte les caractéristiques de la source d'émission et les conditions d'exposition des personnes. Cela passe également par l'application de mesures de prévention qui visent à maîtriser les risques de contamination par les matières radioactives ainsi que les risques d'exposition aux rayonnements ionisants.

En outre, il est important de connaître les signes d'alerte, la conduite à tenir et les différentes mesures à prendre en cas de **situation anormale** lors de l'utilisation d'un générateur de rayons X, d'un accélérateur de particules ou d'une source scellée, ou en cas de **dissémination de substances radioactives** lors de l'utilisation d'une source non scellée.

La prévention des risques liés à l'exposition aux rayonnements ionisants est encadrée par un certain nombre de dispositions réglementaires, figurant dans le Code de la santé publique et le Code du travail. Ces dispositions, qui ont évolué depuis le 1^{er} juillet 2018 dans le cadre de la transposition de la directive 2013/59/Euratom du 5 décembre 2013, adoptent une approche globale, en réintroduisant les neuf principes généraux de prévention comme préalable à la gestion des risques liés aux rayonnements ionisants en milieu de travail, sans pour autant renier les principes fondateurs de la radioprotection (justification, optimisation, limitation). Elles prévoient par ailleurs des valeurs limites d'exposition et un classement des travailleurs exposés.

Pour en savoir plus

Ressources INRS





Retrait des détecteurs de fumée à chambre d'ionisation (DFCI)

Les entreprises détenant des DFCI ne doivent pas les manipuler, les déposer, ni les jeter. Elles doivent faire appel à une société spécialisée, déclarée auprès de l'Autorité de sûreté nucléaire ¹

¹ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%204440>



Équipements de contrôle qualité par rayons X dans l'industrie

Cette fiche pratique radioprotection traite des risques liés à l'utilisation d'équipements de contrôle qualité par rayons X, du cadre réglementaire applicable et des bonnes pratiques de prévention. ³

³ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%204442>

RÉFÉRENCES EN SANTÉ AU TRAVAIL

Recherche documentaire sur les risques liés aux rayonnements ionisants

L'objectif de cet article est de fournir une sélection des supports d'information jugés les plus pertinents ainsi qu'une méthodologie de recherche sur les risques liés aux rayonnements ionisants ⁵

⁵ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=TM%2028>

- ▶ Fiches de radioprotection : fiches médicales
- ▶ Fiches de radioprotection : radionucléides
- ▶ Fiches de radioprotection : gammagraphie
- ▶ Fiches de radioprotection : secteur médical
- ▶ Présentation du bulletin d'actualité juridique de juin 2018



Détecteur portatif de plomb par fluorescence X

Cette fiche "réflexe" synthétise les informations relatives aux risques, aux principales obligations réglementaires, aux bonnes pratiques ainsi qu'aux réflexes à mettre en pratique en cas d'incident ²

² <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%204441>



Les rayonnements ionisants

Ce document présente une méthodologie applicable à toute situation de travail susceptible d'entraîner une exposition aux rayonnements ionisants. Il présente une méthodologie applicable à toute situation de travail susceptible d'entraîner une exposition aux rayonnements ionisants.

Les rayonnements ... ⁴

⁴ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%20958>

HYGIÈNE & SÉCURITÉ DU TRAVAIL

Rôle et missions de la personne compétente en radioprotection (PCR)

Cet article présente la position commune de l'INRS et de l'IRSN sur le rôle-clé, le statut et les missions de la PCR en matière de prévention ainsi que des propositions d'évolution de ceux-ci. ⁶

⁶ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=NT%2013>

Liens utiles

Sites d'organismes français

- ▶ Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN)
- ▶ Autorité de sûreté nucléaire (ASN)
- ▶ Légifrance
- ▶ Société française de radioprotection (SFRP)
- ▶ Retours d'expériences sur les incidents radiologiques (RELIR)

Sites d'organismes internationaux

- ▶ United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR)

- ▶ International Commission on Radiological Protection (ICRP)
- ▶ International Atomic Energy agency (IAEA)

Autres références bibliographiques

- Exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en France. Bilan 2012 ». Rapport PRP-HOM / 2013-008. Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), 2012, 104 p.
Rapport téléchargeable sur le site de l'IRSN : www.siseri.irsn.fr
- DELACROIX D., GUERRE J.P., LEBLANC P. « Guide pratique. Radionucléides et radioprotection. Manuel pour la manipulation de substances radioactives dans les laboratoires de faible et moyenne activité ». 4e édition mise à jour. EDP Sciences, 2004, 262 p. Edité en collaboration avec le Commissariat à l'énergie atomique (CEA), la Société française de radioprotection (SFRP) et la revue Radioprotection.
- GAMBINI D.J., GRANIER R., BOISSIERE G. « Manuel pratique de radioprotection ». 3e édition. Technique et documentation Lavoisier, 2007, 666 p.
- « Symboles graphiques et pictogrammes. Couleurs et signaux de sécurité ». Norme française homologuée. NF X08-003. Association française de normalisation (AFNOR), 1994 (erratum de mars 1995), 47 p.
- « Signalisation des rayonnements ionisants. Schéma de base ». Norme française homologuée. NF M 60-101. Association française de normalisation (AFNOR), 1972, 2 p.

Mis à jour le 18/01/2019

Généralités

Quelques notions à connaître sur les rayonnements ionisants pour mieux comprendre les mesures de radioprotection à mettre en place.

Quelques notions couramment utilisées dans le domaine des rayonnements ionisants sont indispensables pour mieux comprendre les mesures de radioprotection à mettre en place.

Un peu de physique...

La radioactivité est un phénomène naturel lié à la structure de la matière. Tous les corps (gaz, liquides, solides) sont composés d'atomes. Certains de ces atomes sont instables et émettent des rayonnements. Il peut s'agir de :

- substances radioactives naturelles (uranium, radium, radon...),
- substances radioactives artificielles (californium, américium, plutonium...).

Ces atomes instables (radionucléides) se transforment spontanément en perdant de l'énergie, et reviennent ainsi progressivement à un état stable. Ils émettent alors des particules ou des photons, dont le flux constitue un rayonnement porteur d'énergie, spécifique du radionucléide qui l'émet. Ces rayonnements sont dits **ionisants** car ils peuvent ioniser la matière en interagissant avec elle, c'est-à-dire lui enlever un ou plusieurs électrons. Le pouvoir d'ionisation d'un radionucléide dépend de la nature des rayonnements qu'il émet (**alpha, bêta, gamma, X, neutronique**) et de l'énergie de chacune des émissions. On peut observer une ionisation de la matière à partir d'un seuil d'énergie de l'ordre de 10 électronvolts.

Généralement, un radionucléide émet plusieurs types de rayonnements à la fois (alpha, bêta, gamma, X, neutronique).

LES DIFFÉRENTS TYPES DE RAYONNEMENTS IONISANTS ET LEURS CARACTÉRISTIQUES

| Type de rayonnement | Exemples d'émetteurs * | Nature | Spécificité | Pouvoir pénétrant ** |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| alpha α | Américium 241 Plomb 210 Radon 222 Thorium 232 Uranium 235 Uranium 238 | Particules constituées de 2 protons et 2 neutrons (charge électrique positive) | Directement ionisant | Faible pénétration - parcourt quelques centimètres dans l'air - arrêté par la couche cornée de la peau ou une feuille de papier |
| bêta β | Césium 137 Iridium 192 Phosphore 32 Soufre 35 Tritium (ou Hydrogène 3) | Electrons porteurs d'une charge électrique positive (positons β^+) ou négative (β^-) | Directement ionisant | Pénétration limitée - parcourt quelques mètres dans l'air - arrêté par une feuille d'aluminium ou par des matériaux de faible poids atomique (plexiglas, etc.) - ne pénètre pas en profondeur dans l'organisme (pour une source qui n'est pas au contact direct) |
| gamma γ | Césium 137 Iridium 192 Or 198 Technétium 99 | Photons énergétiques | Indirectement ionisant | Pénétration importante - parcourt quelques centaines de mètres dans l'air - traverse les vêtements et le corps - arrêté ou atténué par des écrans protecteurs en matériaux denses (épaisseurs de béton, d'acier ou de plomb) |
| X | Générateur électrique de rayons X | Photons énergétiques | Indirectement ionisant | Pénétration importante - parcourt quelques centaines de mètres dans l'air - traverse les vêtements et le corps - arrêté ou atténué par des écrans protecteurs en matériaux denses (épaisseurs de béton, d'acier ou de plomb) |

LES DIFFÉRENTS TYPES DE RAYONNEMENTS IONISANTS ET LEURS CARACTÉRISTIQUES

| | | | | |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| neutronique | Couple Américium-Béryllium Lors de la fission de l'Uranium 235 Accélérateurs de particules | Neutrons | Indirectement ionisant | Pénétration importante - parcourt quelques centaines de mètres dans l'air - traverse les vêtements et le corps - arrêté par des écrans de paraffine, eau, béton |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

* Radionucléides ou sources couramment utilisés actuellement en milieu industriel et médical.

** Ne sont indiquées ici que des notions générales. En pratique, ce pouvoir de pénétration dépend de l'énergie de chacun des rayonnements.

Quelques définitions

- **Un rayonnement est dit « directement ionisant » lorsqu'il est constitué de particules électriquement chargées**, d'énergie suffisante pour produire des ions (atomes porteurs de charges électriques) par interaction avec la matière.
- **Un rayonnement est dit « indirectement ionisant » lorsqu'il est constitué de particules non chargées électriquement**, dont l'énergie est suffisante pour produire, selon plusieurs types d'interactions, une ionisation de la matière.
- **On parle de « rayonnement primaire » lorsqu'il s'agit d'un rayonnement émis directement par une source (radionucléide, générateur de rayons X...).**
- **L'expression « rayonnement secondaire » est utilisée lorsqu'il s'agit de rayonnements résultant des interactions de rayonnements primaires avec la matière.** Par exemple :
 - rayonnement X diffusé par les obstacles (murs, sols ou plafonds) ;
 - interaction de neutrons avec la matière provoquant l'émission secondaire de rayonnements α , β , γ , X ou de neutrons.

Rappelons que l'activité d'une substance radioactive (émission de rayonnements) diminue avec le temps. Ce phénomène est spécifique à chaque radionucléide. On appelle période radioactive le temps au bout duquel le nombre de noyaux instables dans un échantillon radioactif aura décru de moitié. Cette période est de l'ordre de 8 jours pour l'iode 131, de 30 ans pour le césium 137, de 5737 ans pour le carbone 14 et de plus de 4 milliards d'années pour l'uranium 238. Il faut donc du temps (souvent très long) pour que l'activité d'un radionucléide diminue fortement.

Quelques grandeurs et unités

Ne sont présentées ici que les grandeurs et unités internationales utilisées aujourd'hui : becquerel, gray et sievert (Bq, Gy, Sv). Les anciennes grandeurs ou unités (curie, rad ou rem) ne sont pas explicitées dans ce dossier.

PRINCIPALES GRANDEURS ET UNITÉS INTERNATIONALES UTILISÉES DANS LE DOMAINE DES RAYONNEMENTS IONISANTS

| Notion / grandeur mesurée | Unité | Définition / caractéristique |
|------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Energie de rayonnement (E) | électronvolt (eV) | 1 électronvolt = $1,6 \cdot 10^{-19}$ Joule |
| Activité d'un corps radioactif (A) | becquerel (Bq) | Nombre de désintégrations par seconde. Réduite de moitié au bout d'une période, au quart au bout de 2 périodes, etc. |
| Dose absorbée par un organisme (D) | gray (Gy) | Energie absorbée par unité de masse. Dose (Gy) = Energie (Joule) / Masse (kg) |
| Dose équivalente (H _T) | sievert (Sv) | Dose absorbée x facteur de pondération radiologique. Ce facteur de pondération radiologique (W_R) dépend du type de rayonnement, il vaut 1 pour les rayons X, gamma et bêta, vaut 20 pour les particules alpha, et est variable pour les neutrons (en fonction de leur énergie). En effet, à dose absorbée égale, les effets biologiques dépendent de la nature des rayonnements (α , β , γ , X ou neutrons). La dose équivalente est dite « engagée » quand elle résulte de l'incorporation dans l'organisme de radioéléments jusqu'à l'élimination complète de ceux-ci, soit par élimination biologique, soit par décroissance physique. |

| | | |
|-------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dose efficace (E) | sievert (Sv) | <p>Exposition externe</p> <p>Somme des doses équivalentes pondérées délivrées aux différents tissus et organes du corps. La pondération correspond à l'application d'un facteur de pondération tissulaire (W_T) à la dose équivalente pour chaque organe ou tissu.</p> <p>La dose efficace correspond à l'évaluation d'une dose corps entier.</p> <p>Exposition interne</p> <p>Lorsqu'elle est due à une exposition par ingestion ou inhalation, la dose efficace engagée est exprimée par unité d'incorporation (DPUI) en Sv/Bq. Pour un radionucléide inhalé ou ingéré, cette DPUI est à multiplier par l'activité (en Bq) absorbée.</p> <p>Lorsque l'exposition est à la fois externe et interne, la dose efficace est la somme des doses efficaces dues à une exposition externe et interne.</p> |
|-------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Modes d'exposition

L'exposition aux rayonnements ionisants peut se faire selon trois modes :

- **externe sans contact cutané ;**
- **externe par contact cutané ;**
- **interne.**

Pour une **exposition externe sans contact cutané**, la source est située à distance de l'organisme (exposition globale ou localisée). L'irradiation est dans ce cas en rapport avec le pouvoir de pénétration dans le corps des divers rayonnements émis par la source. De ce fait, sont surtout à prendre en compte les rayonnements gamma, X et neutroniques. Les rayonnements β n'entraînent pas d'irradiation en profondeur du corps humain. Les rayonnements α ne peuvent en aucun cas entraîner d'exposition externe.

Pour une **exposition externe par contact cutané**, il y a irradiation par dépôt de corps radioactifs sur la peau. Par rapport au cas précédent, le contact cutané avec un radionucléide peut induire une exposition interne par pénétration du radioélément à travers la peau (altération cutanée, plaie, ou plus rarement à travers une peau saine).

Pour une **exposition interne**, les substances radioactives pénètrent dans l'organisme soit par inhalation (gaz, aérosols), par ingestion, par voie oculaire ou par voie percutanée (altération cutanée, plaie, ou plus rarement à travers une peau saine). Après pénétration dans l'organisme, l'exposition interne se poursuivra tant que la substance radioactive n'aura pas été éliminée par l'organisme et qu'elle continuera d'émettre des rayonnements ionisants.

Le mode d'exposition a énormément d'impact sur la nature et l'importance des effets recensés. Une exposition interne aux rayonnements β sera ainsi plus nocive qu'une exposition externe à ces rayonnements.

Signalons que la majorité des expositions d'origine professionnelle sont des expositions externes. La dose reçue par l'organisme dépend alors de :

- la nature du rayonnement (type, activité, énergie) ;
- la distance à la source : plus l'organisme est éloigné de la source d'exposition, moins la dose absorbée sera forte (varie en fonction inverse du carré de la distance) ;
- la durée de l'exposition ;
- l'épaisseur et la composition des écrans éventuels.

Pour en savoir plus

Ressources INRS

BROCHURE 05/2013 | ED 4440



Retrait des détecteurs de fumée à chambre d'ionisation (DFCI)

Les entreprises détenant des DFCI ne doivent pas les manipuler, les déposer, ni les jeter. Elles doivent faire appel à une société spécialisée, déclarée auprès de l'Autorité de sûreté nucléaire ⁷

⁷ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%204440>

BROCHURE 12/2013 | ED 4441



Détecteur portatif de plomb par fluorescence X

Cette fiche "réflexe" synthétise les informations relatives aux risques, aux principales obligations réglementaires, aux bonnes pratiques ainsi qu'aux réflexes à mettre en pratique en cas d'incident ⁸

⁸ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%204441>



Équipements de contrôle qualité par rayons X dans l'industrie

Cette fiche pratique radioprotection traite des risques liés à l'utilisation d'équipements de contrôle qualité par rayons X, du cadre réglementaire applicable et des bonnes pratiques de prévention. ⁹

⁹ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%204442>



Recherche documentaire sur les risques liés aux rayonnements ionisants

L'objectif de cet article est de fournir une sélection des supports d'information jugés les plus pertinents ainsi qu'une méthodologie de recherche sur les risques liés aux rayonnements ionisants ¹¹

¹¹ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=TM%2028>

- Fiches de radioprotection : fiches médicales
- Fiches de radioprotection : radionucléides
- Fiches de radioprotection : gammagraphie
- Fiches de radioprotection : secteur médical



Les rayonnements ionisants

Ce document présente une méthodologie applicable à toute situation de travail susceptible d'entraîner une exposition aux rayonnements ionisants. Il présente une méthodologie applicable à toute situation de travail susceptible d'entraîner une exposition aux rayonnements ionisants.

Les rayonnements ... ¹⁰

¹⁰ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%20958>



Rôle et missions de la personne compétente en radioprotection (PCR)

Cet article présente la position commune de l'INRS et de l'IRSN sur le rôle-clé, le statut et les missions de la PCR en matière de prévention ainsi que des propositions d'évolution de ceux-ci. ¹²

¹² <https://www.inrs.fr/media?refINRS=NT%2013>

Liens utiles

Sites d'organismes français

- Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN)
- Autorité de sûreté nucléaire (ASN)
- Légifrance
- Société française de radioprotection (SFRP)
- Retours d'expériences sur les incidents radiologiques (RELIR)

Sites d'organismes internationaux

- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR)
- International Commission on Radiological Protection (ICRP)
- International Atomic Energy Agency (IAEA)

Autres références bibliographiques

- Exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en France. Bilan 2012 ». Rapport PRP-HOM / 2013-008. Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), 2012, 104 p.
Rapport téléchargeable sur le site de l'IRSN : www.siseri.irsn.fr
- DELACROIX D., GUERRE J.P., LEBLANC P. « Guide pratique. Radionucléides et radioprotection. Manuel pour la manipulation de substances radioactives dans les laboratoires de faible et moyenne activité ». 4e édition mise à jour. EDP Sciences, 2004, 262 p. Edité en collaboration avec le Commissariat à l'énergie atomique (CEA), la Société française de radioprotection (SFRP) et la revue Radioprotection.
- GAMBINI D.J., GRANIER R., BOISSIERE G. « Manuel pratique de radioprotection ». 3e édition. Technique et documentation Lavoisier, 2007, 666 p.
- « Symboles graphiques et pictogrammes. Couleurs et signaux de sécurité ». Norme française homologuée. NF X08-003. Association française de normalisation (AFNOR), 1994 (erratum de mars 1995), 47 p.
- « Signalisation des rayonnements ionisants. Schéma de base ». Norme française homologuée. NF M 60-101. Association française de normalisation (AFNOR), 1972, 2 p.

Exposition aux risques

Sources et niveaux d'exposition

Il y a trois sources principales d'exposition :

- naturelle ;
- industrielle ou médicale ;
- environnementale du fait des activités humaines impliquant la radioactivité.

Sont présentés ci-après quelques ordres de grandeurs de niveaux d'exposition couramment rencontrés, dans la vie de tous les jours ou en milieu professionnel.

| QUELQUES NIVEAUX D'EXPOSITION RENCONTRÉS DANS LA VIE DE TOUS LES JOURS | | |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Niveau d'exposition | Nature de l'exposition | |
| Doses efficaces en milliSievert (mSv) | 0,05 mSv | Radiographie pulmonaire de face (exposition du patient) |
| | 0,08 mSv | Trajet Paris-New-York en avion aller-retour |
| | 1,6 mSv | Irradiation médicale moyenne de la population générale en France (dose estimée par an et par personne) |
| | 2 mSv | Irradiation cosmique du personnel navigant de l'aviation civile (dose estimée par an et par personne) |
| | 2,9 mSv | Irradiation naturelle moyenne de la population générale en France (dose estimée par an et par personne) |

D'après les données de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN, 2018)

Niveaux d'exposition externe rencontrés en milieu professionnel

D'après les données de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN, 2018, expositions 2017). Les valeurs sont mesurées par des dosimètres individuels portés au niveau de la poitrine (mesurant une dose de rayonnements X, gamma et neutrons, représentative de la dose efficace reçue par le porteur).

| DOMAINE D'ACTIVITÉ | EFFECTIF SURVEILLÉ | RÉPARTITION DES EFFECTIFS PAR CLASSES DE DOSE | | | | | |
|------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------|------------------|---------------|---------------|----------------|----------|
| | | < seuil | Du seuil à 1 mSv | De 1 à 6 mSv | De 6 à 15 mSv | De 15 à 20 mSv | > 20 mSv |
| Activités médicales et vétérinaires | 222 975 | 180 897 | 39 066 | 2 750 | 250 | 6 | 6 |
| Nucléaire ^(a) | 68 509 | 47 287 | 14 416 | 5 938 | 865 | 2 | 1 |
| Industrie non nucléaire | 33 555 | 23 348 | 6 348 | 3 103 | 751 | 3 | 2 |
| Recherche et enseignement ^(b) | 13 158 | 11 573 | 1 535 | 49 | 1 | 0 | 0 |
| Autres ^(c) | 13 885 | 11 534 | 2 186 | 158 | 7 | 0 | 0 |
| Total | 352 082 | 274 639 | 63 551 | 11 998 | 1 874 | 11 | 9 |

© B. Fournier / INRS

(a) Le domaine nucléaire inclut également le transport de matières radioactives dans les activités liées à ce domaine. (b) Le domaine de la recherche et de l'enseignement inclut la recherche médicale, les activités au sein des installations de recherche liées au nucléaire, la recherche (autre que médicale et nucléaire) et l'enseignement. (c) La catégorie « Autres » regroupe les secteurs d'activité suivants : la gestion des situations de crise, l'inspection et le contrôle, les activités à l'étranger, les activités de transports de sources dont l'utilisation n'est pas précisée ainsi que les activités non classées d'après la nomenclature. Le secteur des activités à l'étranger n'est encore que peu identifié en termes de classification des travailleurs, avec la difficulté supplémentaire dans le cadre du bilan annuel que les activités à l'étranger sont souvent conduites une partie seulement de l'année.

Ces ordres de grandeurs, donnés pour situer les principaux niveaux d'exposition rencontrés, doivent être mis en perspective avec les limites d'exposition fixées par la réglementation française.

| LIMITES D'EXPOSITION AUX RAYONNEMENTS IONISANTS, EN DOSE EFFICACE | |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Domaine d'application | Limite |
| Public | 1 mSv/an * |
| Professionnel (travailleurs exposés) | Sur 12 mois consécutifs, 6 mSv en catégorie B ou 20 mSv en catégorie A ** |

* La limite réglementaire pour le public doit être comprise comme venant en plus des expositions d'origine naturelle (non liées aux activités humaines impliquant la radioactivité).

** Voir chapitre réglementation.

Exposition naturelle

L'irradiation naturelle externe trouve son origine dans le rayonnement cosmique (résultant du choc de particules de haute énergie provenant du soleil et des étoiles avec les atomes de l'atmosphère) et le rayonnement tellurique (lié aux radioéléments présents dans la croûte terrestre).

L'exposition au rayonnement cosmique augmente avec l'altitude. Elle est en moyenne égale à 0,26 milliSieverts (mSv) par an au niveau de la mer et d'environ 0,86 mSv par an à Mexico (2,25 km d'altitude).

L'exposition au rayonnement tellurique est surtout liée à la présence d'uranium et de thorium dans le sol. En France, elle varie de 0,2 à 0,8 mSv par an (avec une moyenne de 0,62 mSv). Elle est surtout élevée dans les régions granitiques de Bretagne et du Massif central. Dans d'autres régions du monde où le sol est riche en thorium, elle peut dépasser 15 mSv par an.

L'exposition interne d'origine naturelle est due aux radioéléments présents dans le sol et qui se retrouvent en petite quantité dans les aliments et l'eau potable (exposition interne par ingestion) et au radon présent dans l'air inspiré (exposition interne par inhalation).

L'irradiation naturelle totale est variable selon la localisation géographique. En France, elle est estimée à 2,89 mSv par an et par habitant.

RADON DANS L'ATMOSPHÈRE DES LOCAUX DE TRAVAIL

Depuis le 1^{er} juillet 2018, l'employeur doit évaluer les risques liés aux émanations de radon sur le lieu de travail.

Le territoire national est divisé en trois zones à potentiel radon définies en fonction des flux d'exhalaison du radon des sols :

- Zone 1 : zones à potentiel radon faible ;
- Zone 2 : zones à potentiel radon faible mais sur lesquelles des facteurs géologiques particuliers peuvent faciliter le transfert du radon vers les bâtiments ;
- Zone 3 : zones à potentiel radon significatif.

Un arrêté du 27 juin 2018 fixe la répartition des communes entre ces trois zones dites « à potentiel radon », sur lesquelles des mesures d'information, d'évaluation ou de mesurage et des mesures de prévention de l'exposition au radon doivent être mises en œuvre par les publics concernés.

Pour les activités professionnelles exercées au sous-sol ou au rez-de-chaussée de bâtiments situés dans une zone 2 ou 3, des mesures de l'activité volumique du radon sont à privilégier afin d'évaluer précisément le risque.

Dans le cas de la zone 1, les mesures ne sont pas nécessaires à moins que l'employeur ait connaissance d'informations laissant supposer que le seuil réglementaire soit dépassé.

Si l'activité volumique moyenne annuelle de radon dépasse 300 becquerels/m³ (Bq/m³), il doit mettre en œuvre les actions nécessaires pour réduire l'exposition des travailleurs au radon.

Dans les cas les plus simples, le fait de ventiler naturellement et régulièrement les locaux suffit le plus souvent à réduire la concentration de radon sous ce seuil.

Dans les cas les plus complexes, des solutions complètes devront être étudiées et mises en œuvre le cas échéant : amélioration de l'étanchéité des sols et des murs, ventilation double flux...

Exposition professionnelle

Le secteur médical a été historiquement le premier à utiliser couramment des rayonnements ionisants (radiothérapie, radiodiagnostic). Aujourd'hui, de nombreuses techniques utilisant ce type de rayonnements ont des applications industrielles et sont très répandues : radiographie, analyse et contrôle, jauges et traceurs, stérilisation par irradiation, conservation des aliments, chimie sous rayonnement, détection de masses métalliques dans les aéroports, etc.



© Gaël Kerbaol / INRS

Dans l'industrie, les sources de rayonnements ionisants trouvent de nombreuses applications. Ici, un appareil de gammagraphie utilisé pour la vérification des soudures métalliques.

SOURCES RADIOACTIVES : CARACTÉRISTIQUES ET UTILISATION

| TYPE DE SOURCE | CARACTÉRISTIQUE | EXEMPLES D'UTILISATIONS | PRINCIPAUX CONTEXTES D'EXPOSITION |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sources scellées | Constituées de substances radioactives scellées dans une enveloppe inactive qui empêche leur dispersion dans les conditions normales d'utilisation. | - Jauges d'épaisseurs (β , γ) - Détecteurs de plomb - Contrôles de soudure (γ) - Jauges de densité ou de niveau (γ) - Humidimètres (neutrons) - Utilisations thérapeutiques médicales | - Appareils défectueux - Mauvaise utilisation (règles de radioprotection non observées) - Perte ou vol de la source |
| Sources non scellées | Constituées de substances radioactives (solides, liquides ou gazeuses) contenues dans des enveloppes non étanches et présentant un risque de dissémination dans des conditions normales d'utilisation. | - Traceurs industriels - Médecine nucléaire diagnostique (γ) - Médecine nucléaire thérapeutique | Dissémination possible des produits (dispersion, mise en suspension dans l'air, contaminations diverses) |
| Appareils électriques générateurs X et accélérateurs de particules | Produisent un rayonnement par des procédés physiques (tels les tubes radiogènes ou les accélérateurs de particules) | - Radiologie industrielle et médicale (X) - Accélérateur industriel - Analyses de laboratoires (X) - Radiothérapie (X, électrons) | Mêmes circonstances que les sources scellées, mais il n'y a pas de risque d'expositions si l'appareil n'est pas en fonctionnement |

Pour rappel, l'exposition professionnelle aux rayonnements ionisants peut se produire dans les cas suivants :

- localisation des lieux de travail soumis à une source naturelle (rayonnements cosmiques pour les personnels navigants, radon pour les lieux de travail situés dans les zones à risque) ;
- utilisation professionnelle de matières contenant naturellement des radioéléments et utilisées pour d'autres propriétés que leur radioactivité (production d'engrais phosphatés ou de céramiques réfractaires, traitement de terres rares ou des eaux souterraines...) ;
- travail en présence ou à proximité de sources de rayonnements ionisants ;
- accident ou incident, dont les principales causes sont des défaillances du matériel (fuites radioactives) ou un manque de formation des personnels utilisateurs du matériel.

Selon les circonstances, cette exposition peut être externe et/ou interne (ingestion, inhalation ou pénétration cutanée par contact de substances radioactives).

Ressources INRS

BROCHURE 05/2013 | ED 4440



Retrait des détecteurs de fumée à chambre d'ionisation (DFCI)

Les entreprises détenant des DFCI ne doivent pas les manipuler, les déposer, ni les jeter. Elles doivent faire appel à une société spécialisée, déclarée auprès de l'Autorité de sûreté nucléaire ¹³

¹³ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%204440>

BROCHURE 12/2013 | ED 4441



Détecteur portatif de plomb par fluorescence X

Cette fiche "réflexe" synthétise les informations relatives aux risques, aux principales obligations réglementaires, aux bonnes pratiques ainsi qu'aux réflexes à mettre en pratique en cas d'incident ¹⁴

¹⁴ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%204441>

BROCHURE 06/2014 | ED 4442



Équipements de contrôle qualité par rayons X dans l'industrie

Cette fiche pratique radioprotection traite des risques liés à l'utilisation d'équipements de contrôle qualité par rayons X, du cadre réglementaire applicable et des bonnes pratiques de prévention. ¹⁵

¹⁵ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%204442>

BROCHURE 02/2006 | ED 958



Les rayonnements ionisants

Ce document présente une méthodologie applicable à toute situation de travail susceptible d'entraîner une exposition aux rayonnements ionisants. Il présente une méthodologie applicable à toute situation de travail susceptible d'entraîner une exposition aux rayonnements ionisants.

Les rayonnements ... ¹⁶

¹⁶ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%20958>

ARTICLE DE REVUE 09/2013 | TM 28



Recherche documentaire sur les risques liés aux rayonnements ionisants

L'objectif de cet article est de fournir une sélection des supports d'information jugés les plus pertinents ainsi qu'une méthodologie de recherche sur les risques liés aux rayonnements ionisants ¹⁷

¹⁷ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=TM%2028>

ARTICLE DE REVUE 06/2014 | NT 13



Rôle et missions de la personne compétente en radioprotection (PCR)

Cet article présente la position commune de l'INRS et de l'IRSN sur le rôle-clé, le statut et les missions de la PCR en matière de prévention ainsi que des propositions d'évolution de ceux-ci. ¹⁸

¹⁸ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=NT%2013>

- ▶ Fiches de radioprotection : fiches médicales
- ▶ Fiches de radioprotection : radionucléides
- ▶ Fiches de radioprotection : gammagraphie
- ▶ Fiches de radioprotection : secteur médical

Liens utiles

Sites d'organismes français

- ▶ Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN)
- ▶ Autorité de sûreté nucléaire (ASN)
- ▶ Légifrance
- ▶ Société française de radioprotection (SFRP)
- ▶ Retours d'expériences sur les incidents radiologiques (RELIR)

Sites d'organismes internationaux

- ▶ **United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR)**
- ▶ **International Commission on Radiological Protection (ICRP)**
- ▶ **International Atomic Energy agency (IAEA)**

Autres références bibliographiques

- Exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en France. Bilan 2012 ». Rapport PRP-HOM / 2013-008. Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), 2012, 104 p.
Rapport téléchargeable sur le site de l'IRSN : www.siseri.irsn.fr
- DELACROIX D., GUERRE J.P., LEBLANC P. « Guide pratique. Radionucléides et radioprotection. Manuel pour la manipulation de substances radioactives dans les laboratoires de faible et moyenne activité ». 4e édition mise à jour. EDP Sciences, 2004, 262 p. Edité en collaboration avec le Commissariat à l'énergie atomique (CEA), la Société française de radioprotection (SFRP) et la revue Radioprotection.
- GAMBINI D.J., GRANIER R., BOISSIERE G. « Manuel pratique de radioprotection ». 3e édition. Technique et documentation Lavoisier, 2007, 666 p.
- « Symboles graphiques et pictogrammes. Couleurs et signaux de sécurité ». Norme française homologuée. NF X08-003. Association française de normalisation (AFNOR), 1994 (erratum de mars 1995), 47 p.
- « Signalisation des rayonnements ionisants. Schéma de base ». Norme française homologuée. NF M 60-101. Association française de normalisation (AFNOR), 1972, 2 p.

Mis à jour le 18/01/2019

Effets sur la santé

Effets biologiques d'une exposition

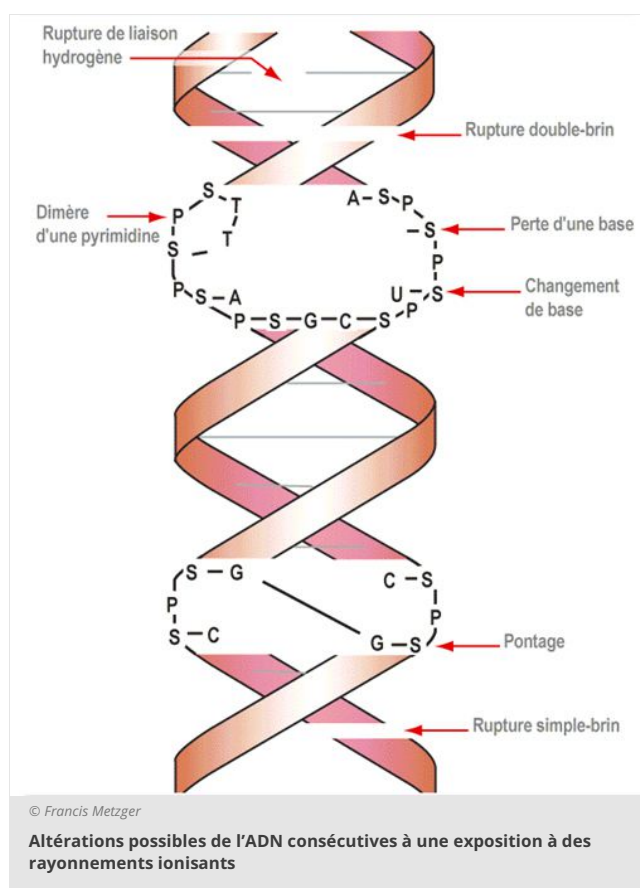
Le transfert d'énergie des rayonnements ionisants à la matière vivante est responsable des effets biologiques de ces rayonnements. Cette ionisation affecte les cellules des tissus ou des organes exposés, de sorte que les processus biologiques des cellules sont perturbés. Cela peut conduire à :

- la modification des propriétés chimiques des molécules (radiolyse). Les constituants de la cellule ne peuvent plus alors jouer leur rôle ;
- l'altération de l'ADN, qui a un rôle de « chef d'orchestre » dans la vie cellulaire.

Ces lésions de l'ADN sont de plusieurs types, essentiellement des cassures simple-brin et double-brin.

Un système de réparation enzymatique dans la cellule permet de réparer rapidement les cassures simple-brin. Dans d'autres cas, la réparation peut être incomplète ou fautive, ce qui peut entraîner ou favoriser le développement d'un cancer.

Ces lésions d'ADN, mal réparées, peuvent, dans certains cas, empêcher la reproduction cellulaire ou entraîner la mort de la cellule. Cette mortalité cellulaire est liée à l'importance de l'irradiation : le nombre de cellules tuées est directement proportionnel à la dose reçue par la matière vivante.



La nature et l'importance des lésions cellulaires, pour une même dose d'exposition, dépendent des facteurs suivants :

- mode d'exposition (externe ou interne) ;
- nature des rayonnements ;
- débit de la dose reçue (une même dose reçue en peu de temps est plus nocive que si elle est étalée dans le temps) ;
- certains facteurs chimiques ou physiques influant sur la sensibilité cellulaire (température, présence de certaines substances chimiques comme l'oxygène) ;
- type des cellules exposées : les cellules qui ont un potentiel de multiplication important (dites « souches », telles les cellules de la moelle osseuse) sont d'autant plus « radiosensibles ».

Conséquences d'une exposition sur la santé

Les effets sur l'organisme des rayonnements sont de deux types :

- les effets à court terme, dits déterministes, liés directement aux lésions cellulaires et pour lesquels un seuil d'apparition a été défini. Ils se manifestent de quelques heures à quelques jours après l'exposition ;
- les effets à long terme et aléatoires (ou stochastiques) : cancers et anomalies génétiques. Ils se manifestent de quelques mois à quelques années après l'exposition.

Les effets déterministes, pour une exposition à des rayonnements gamma ou X, apparaissent à partir d'une dose d'irradiation de 0,15 gray (Gy). En revanche, il n'a pas été possible de mettre en évidence l'existence d'un seuil pour les effets aléatoires. Ces derniers sont donc considérés comme sans seuil.

Effets déterministes

A partir d'un certain seuil d'irradiation, apparaissent des effets pathologiques directement liés aux lésions cellulaires. On distingue les effets liés à une irradiation partielle ou globale.

Les tissus les plus radiosensibles sont les cellules de l'appareil digestif, des organes reproducteurs, de la moelle osseuse (formation des cellules sanguines), le cristallin, la peau. Une irradiation cutanée localisée peut entraîner par exemple, selon les doses, un érythème, une ulcération ou une nécrose.

En cas d'irradiation globale du corps humain, le pronostic vital est lié à l'importance de l'atteinte des tissus (moelle osseuse, tube digestif, système nerveux central). **Pour des rayonnements gamma ou X, à partir de 4,5 Gy, la moitié des accidents par irradiation, en l'absence de traitement, sont mortels.**

| EFFETS DÉTERMINISTES DÉCRITS POUR DES EXPOSITIONS À DES RAYONNEMENTS GAMMA OU X | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Effets déterministes recensés | Dose d'irradiation |
| Diminution temporaire des spermatozoïdes | à partir de 0,15 Gy |
| Diminution temporaire des leucocytes (globules blancs) | à partir de 1 Gy |
| Atteinte oculaire : opacités du cristallin | à partir de 0,5 Gy |
| Nausée, asthénie Modification de la formule sanguine Effet immunodépresseur (risque d'infection) <i>Sous surveillance médicale, le retour à la normale se produit rapidement.</i> | de 1 à 2 Gy |
| Stérilité féminine | à partir de 2,5 Gy |
| Lésions cutanées | à partir de 1 Gy |
| Stérilité masculine définitive | 5 Gy |
| Aplasia En l'absence de traitement, au moins la moitié des personnes irradiées meurent et il existe des risques de séquelles. | à partir de 4,5 Gy |
| Atteinte gastro-intestinale | 4-6 Gy |
| Coma, mort cérébrale Mort inévitable | au-delà de 15 Gy |

Effets aléatoires (ou stochastiques)

Ces effets peuvent survenir de façon aléatoire au sein d'une population ayant subi une exposition identique et sans qu'un seuil ait pu être vraiment défini. Ce sont les cancers et les anomalies génétiques (mutations).

Les facteurs de développement d'un cancer ne sont pas toujours faciles à mettre en évidence.

Les études épidémiologiques portant sur des enfants traités par radiothérapie ont mis en évidence une augmentation de risque de cancer thyroïdien à partir d'une dose équivalente de 100 milliSieverts (mSv) (la thyroïde de l'enfant est très radiosensible).

La surveillance des populations d'Hiroshima confirme une augmentation de risque de cancer à partir d'une dose d'exposition estimée de l'ordre de 100 mSv.

Par prudence, on considère que toute dose, aussi faible soit-elle, peut entraîner un risque accru de cancer. C'est l'hypothèse « d'absence de seuil ».

Le délai de survenue d'un cancer se compte en années.

En ce qui concerne les mutations génétiques après irradiation, elles n'ont été mises en évidence qu'expérimentalement, sur la mouche et la souris. Les études épidémiologiques n'ont pas permis de mettre en évidence de manière certaine une augmentation des effets génétiques dans la descendance des populations humaines irradiées.

Aucune étude épidémiologique n'a permis de mettre en évidence une augmentation significative de la fréquence des cancers ou des maladies héréditaires chez les personnes exposées à une irradiation naturelle élevée.

Cas particulier : exposition du fœtus

Exposition aux rayonnements ionisants de l'embryon ou du fœtus : état des connaissances

La sensibilité de l'embryon et du fœtus existe durant toute la période de grossesse, à des degrés très variables. On admet généralement que le risque est négligeable pour une dose inférieure ou égale à 100 milliSievert (mSv). Les travaux récents confirment que le dommage principal est le retard mental.

Pour une dose au-delà de 100 mSv, il est conseillé de consulter un médecin spécialiste.

Ces niveaux de dose peuvent être mis en perspective avec le niveau de 1 mSv, limite d'exposition de l'enfant à naître, de la déclaration de grossesse à l'accouchement, imposée par la réglementation.

Maladies professionnelles

Les affections provoquées par les expositions professionnelles aux rayonnements ionisants sont couvertes par les tableaux des maladies professionnelles n° 6 (régime général de la Sécurité sociale)¹⁹ et n° 20 (régime agricole)²⁰.

¹⁹ <https://www.inrs.fr/publications/bdd/mp/tableau.html?refINRS=RG%206>

²⁰ <https://www.inrs.fr/publications/bdd/mp/tableau.html?refINRS=RA%2020>

Pour en savoir plus

Ressources INRS

BROCHURE 05/2013 | ED 4440



Retrait des détecteurs de fumée à chambre d'ionisation (DFCI)

Les entreprises détenant des DFCI ne doivent pas les manipuler, les déposer, ni les jeter. Elles doivent faire appel à une société spécialisée, déclarée auprès de l'Autorité de sûreté nucléaire²¹

²¹ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%204440>

BROCHURE 06/2014 | ED 4442



Équipements de contrôle qualité par rayons X dans l'industrie

Cette fiche pratique radioprotection traite des risques liés à l'utilisation d'équipements de contrôle qualité par rayons X, du cadre réglementaire applicable et des bonnes pratiques de prévention.²³

²³ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%204442>

ARTICLE DE REVUE 09/2013 | TM 28



Recherche documentaire sur les risques liés aux rayonnements ionisants

L'objectif de cet article est de fournir une sélection des supports d'information jugés les plus pertinents ainsi qu'une méthodologie de recherche sur les risques liés aux rayonnements ionisants²⁵

²⁵ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=TM%2028>

- Fiches de radioprotection : fiches médicales
- Fiches de radioprotection : radionucléides
- Fiches de radioprotection : gammagraphie
- Fiches de radioprotection : secteur médical

BROCHURE 12/2013 | ED 4441



Détecteur portable de plomb par fluorescence X

Cette fiche "réflexe" synthétise les informations relatives aux risques, aux principales obligations réglementaires, aux bonnes pratiques ainsi qu'aux réflexes à mettre en pratique en cas d'incident²²

²² <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%204441>

BROCHURE 02/2006 | ED 958



Les rayonnements ionisants

Ce document présente une méthodologie applicable à toute situation de travail susceptible d'entraîner une exposition aux rayonnements ionisants. Il présente une méthodologie applicable à toute situation de travail susceptible d'entraîner une exposition aux rayonnements ionisants.

Les rayonnements ...²⁴

²⁴ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%20958>

ARTICLE DE REVUE 06/2014 | NT 13



Rôle et missions de la personne compétente en radioprotection (PCR)

Cet article présente la position commune de l'INRS et de l'IRSN sur le rôle-clé, le statut et les missions de la PCR en matière de prévention ainsi que des propositions d'évolution de ceux-ci.²⁶

²⁶ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=NT%2013>

Liens utiles

[Sites d'organismes français](#)

- Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN)
- Autorité de sûreté nucléaire (ASN)
- Légifrance
- Société française de radioprotection (SFRP)
- Retours d'expériences sur les incidents radiologiques (RELIR)

Sites d'organismes internationaux

- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR)
- International Commission on Radiological Protection (ICRP)
- International Atomic Energy Agency (IAEA)

Autres références bibliographiques

- Exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en France. Bilan 2012 ». Rapport PRP-HOM / 2013-008. Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), 2012, 104 p.
Rapport téléchargeable sur le site de l'IRSN : www.siseri.irsn.fr
- DELACROIX D., GUERRE J.P., LEBLANC P. « Guide pratique. Radionucléides et radioprotection. Manuel pour la manipulation de substances radioactives dans les laboratoires de faible et moyenne activité ». 4e édition mise à jour. EDP Sciences, 2004, 262 p. Edité en collaboration avec le Commissariat à l'énergie atomique (CEA), la Société française de radioprotection (SFRP) et la revue Radioprotection.
- GAMBINI D.J., GRANIER R., BOISSIERE G. « Manuel pratique de radioprotection ». 3e édition. Technique et documentation Lavoisier, 2007, 666 p.
- « Symboles graphiques et pictogrammes. Couleurs et signaux de sécurité ». Norme française homologuée. NF X08-003. Association française de normalisation (AFNOR), 1994 (erratum de mars 1995), 47 p.
- « Signalisation des rayonnements ionisants. Schéma de base ». Norme française homologuée. NF M 60-101. Association française de normalisation (AFNOR), 1972, 2 p.

Mis à jour le 18/01/2019

Réglementation et démarche de prévention

Réglementation française

La réglementation française pour la protection des personnes contre les risques liés aux rayonnements ionisants résulte de la transposition de la directive 2013/59/Euratom du 5 décembre 2013, au sein des articles L. 4451-1 et suivants et R. 4451-1 et suivants du Code du travail. Ces dispositions adoptent une approche globale, en réintroduisant les neuf principes généraux de prévention comme préalable à la gestion des risques liés aux rayonnements ionisants en milieu de travail, sans pour autant renier les principes fondateurs de la radioprotection (justification, optimisation, limitation). Ces nouvelles dispositions sont pour la plupart applicables depuis le 1^{er} juillet 2018, à l'exception de certaines d'entre elles pour lesquelles une période transitoire est prévue.

En savoir plus :

<https://www.inrs.fr/actualites/bulletin-juridique-juin-2018.html>

Cette réglementation a pour objectifs la protection de l'ensemble des catégories de travailleurs (y compris les travailleurs non-salariés), mais également celle du public et de l'environnement, des patients et des personnels des unités d'intervention d'urgence.

Les textes fondamentaux portant sur la radioprotection sont par conséquent regroupés au sein du Code du travail mais également du Code de la santé publique (art. L. 1333-1 et suivants²⁷) et Code de l'environnement (art. L. 591-1 et suivants²⁸).

²⁷ <https://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do?idSectionTA=LEGISCTA000032044833&cidTexte=LEGITEXT000006072665&dateTexte=20181119>

²⁸ <https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?cidTexte=LEGITEXT000006074220&idArticle=LEGIARTI000025108609&dateTexte=20181119&categorieLien=id&fastReqId=1463118756&fastPos=2&oldAction=rechCodeArticle>

Démarche de prévention

En matière de prévention des risques liés à l'exposition aux rayonnements ionisants, la démarche d'évaluation du risque professionnel qui doit être adoptée est la même que pour les autres risques, en ouvrant la possibilité à une évaluation préalable conduite sur une base documentaire.

En application des principes généraux de prévention, il convient tout d'abord d'évaluer les risques, dans la mesure du possible de les éliminer, sinon de mettre en place des mesures de protection collective et en dernier ressort, des équipements de protection individuelle. La prévention doit être intégrée le plus en amont possible dès la conception des lieux de travail, en passant par des mesures d'organisation du travail, d'information et de formation.

L'employeur n'est contraint au mesurage des niveaux d'exposition aux rayonnements que lorsque les résultats de l'évaluation mettent en évidence un risque de dépassement des seuils mentionnés à l'article R.4451-15 du Code du travail²⁹.

²⁹ <https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?idArticle=LEGIARTI000037024909&cidTexte=LEGITEXT000006072050&dateTexte=20190116>

Travailleurs exposés : valeurs limites d'exposition et niveaux de référence

Les dispositions du Code du travail sont applicables aux travailleurs (salariés ou indépendants) et aux employeurs susceptibles d'être exposés à un risque dû aux rayonnements ionisants d'origine naturelle ou artificielle. Sont notamment concernés les travailleurs effectuant les activités suivantes :

- la fabrication, la production, le traitement, la manipulation, le stockage, l'utilisation, l'entreposage, la détention, le transport de substances radioactives ;
- la fabrication et l'exploitation d'équipements électriques émettant des rayonnements ionisants et contenant des composants fonctionnant sous une différence de potentiel supérieure à 5 kilovolts ;
- les activités humaines impliquant la présence de sources naturelles de rayonnements ionisants (exploitation d'aéronefs, activités exercées dans les mines, entre autres) ;
- les activités professionnelles exercées au sous-sol ou au rez-de-chaussée de bâtiments situés dans les zones où l'exposition au radon est susceptible de porter atteinte à la santé des travailleurs.

Valeurs limites d'exposition professionnelle

En application du principe de limitation des doses, des valeurs limites réglementaires pour les travailleurs exposés aux rayonnements ionisants sont fixées aux articles R. 4451-6 à R. 4451-8 du Code du travail³⁰. Dans toutes les circonstances (hormis les situations d'urgence et les expositions durables), ces valeurs « absolues » sont des limites à ne pas dépasser : leur respect impératif est apprécié au vu des doses effectivement reçues par chaque travailleur.

³⁰ <https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?cidTexte=LEGITEXT000006072050&idArticle=LEGIARTI000018491139&dateTexte=&categorieLien=cid>

| VALEURS LIMITES D'EXPOSITION EN MILLISIEVERT/AN (MSV SUR 12 MOIS CONSÉCUTIFS) | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| | Corps entier (dose efficace) | Extrémités : mains, avant-bras, pieds, chevilles (dose équivalente) | Peau (dose équivalente sur tout cm ²) | Cristallin* (dose équivalente) |
| Travailleurs | 20 mSv | 500 mSv | 500 mSv | 100 mSv / 20 mSv |
| Jeunes travailleurs (entre 16 et 18 ans, sous réserve d'y être autorisés pour les besoins de leur formation) | 6 mSv | 150 mSv | 150 mSv | 15 mSv |
| Femmes enceintes | inférieure à 1 mSv (dose équivalente à l'enfant à naître), de la déclaration de la grossesse à l'accouchement | | | |
| Femme allaitant | interdiction de les maintenir ou de les affecter à un poste entraînant un risque d'exposition interne | | | |

NOTE

* VLE au cristallin

Du 1^{er} juillet 2018 au 30 juin 2023 : la VLE cumulée pour le cristallin est fixée à 100 mSv pour ces 5 années cumulées, pour autant que la dose reçue au cours d'une année ne dépasse pas 50 mSv.

A compter du 1^{er} juillet 2023, la VLE au cristallin est fixée à 20 mSv sur 12 mois consécutifs.

Niveau de référence de la concentration d'activité du radon

Depuis le 1^{er} juillet 2018, le niveau de référence de la concentration d'activité du radon dans l'air est fixé à 300 Bq/m³ en moyenne annuelle. Au-dessus de ce niveau de référence, les employeurs doivent prendre des mesures pour réduire l'exposition des travailleurs. Le contrôle des expositions au radon concerne en outre depuis cette date toutes les activités professionnelles exercées au sous-sol ou au rez-de-chaussée de bâtiments en fonction de la zone géographique de l'activité. En effet, la réglementation prévoit un découpage du territoire en 3 zones (zone 1 : risque faible à zone 3 : risque élevé) et chaque commune est affectée à une zone.

Lorsque l'évaluation des risques met en évidence que l'exposition est susceptible d'atteindre ou de dépasser ce niveau de référence de 300 Bq/m³ en moyenne annuelle, pour des activités professionnelles exercées au sous-sol ou au rez-de-chaussée de bâtiments, l'employeur doit procéder à des mesurages sur le lieu de travail.

L'employeur doit en outre communiquer les résultats de l'évaluation des risques et des mesurages :

- aux professionnels de santé (médecin du travail ou bien, sous l'autorité de celui-ci, au collaborateur médecin, à l'interne ou l'infirmier) ;
- aux représentants du personnel (CHSCT ou Comité social et économique), en particulier lors des mises à jour du document unique.

Lorsqu'en dépit des mesures de prévention mises en œuvre, la concentration d'activité du radon dans l'air demeure supérieure au niveau de référence, l'employeur doit communiquer les résultats de ces mesurages à l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) selon les modalités définies par cet institut.

Enfin, il convient de noter qu'en cas d'évaluation individuelle de dose des travailleurs dépassant 6 mSv/an en lien avec l'exposition au radon dans l'air, l'employeur devra mettre en place une organisation de la radioprotection, un zonage « radon », une surveillance individuelle dosimétrique des travailleurs et un suivi individuel renforcé de leur état de santé par un médecin du travail.

A noter : ces limites réglementaires de dose ne s'appliquent pas (article R. 4451-2 du Code du travail) :

- aux expositions résultant d'un niveau naturel de rayonnements dû à des radionucléides contenus dans l'organisme humain, au rayonnement cosmique régnant au niveau du sol et aux radionucléides présents dans la croûte terrestre non perturbée ;
- aux expositions subies par les travailleurs du fait des examens médicaux auxquels ils sont soumis ;
- à l'exposition des travailleurs autres que les équipages aériens ou spatiaux, au rayonnement cosmique au cours d'un vol aérien ou spatial .

Lorsqu'un travailleur a subi une exposition qui dépasse les limites réglementaires, l'employeur, appuyé par le conseiller en radioprotection et le médecin du travail, doit immédiatement faire cesser l'exposition et appliquer l'ensemble des règles de gestion prévues par le Code du travail.

Evaluation des risques

Il est fondamental d'identifier dans un premier temps les risques inhérents à toute activité, ainsi que les événements ou les facteurs qui peuvent conduire à la survenue de ces risques.

En matière de radioprotection, les risques sont :

- un risque d'exposition externe à des rayonnements ionisants ;
- un risque de contamination externe ou interne par des substances radioactives ;
- tous les autres risques associés, et en particulier : risque chimique en cas d'inhalation, d'ingestion ou de contact mais aussi lié à diverses interactions (réactivité, corrosion, incendie, explosion), risques liés au poste de travail, risques liés à l'organisation du travail.

Tous ces risques doivent être évalués et quantifiés dans la mesure du possible : cela passe par l'identification et la caractérisation des sources et des rayonnements, ainsi que par la caractérisation des situations de travail, c'est-à-dire des expositions.

Pour rappel, **les articles L. 4121-1 et suivants du Code du travail mettent à la charge de l'employeur l'obligation d'évaluer les risques professionnels.**

A cette fin, l'employeur doit s'appuyer sur le conseiller en radioprotection qu'il aura préalablement désigné. Il mènera cette analyse en lien avec le salarié compétent pour ce qui concerne les autres risques.

Les résultats de cette évaluation des risques doivent être transcrits dans le Document Unique (DU) (article R. 4121-1 et suivants du Code du travail).

Par ailleurs, l'employeur doit tenir ces résultats à disposition du CHSCT (ou à défaut des délégués du personnel) ou bien, s'il existe, du CSE, de l'agent de contrôle de l'inspection du travail, du médecin du travail, des agents des services de prévention des CARSAT et des inspecteurs de la radioprotection, en ce qui concerne les résultats des évaluations liées à l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants, pour les installations et activités dont ils ont respectivement la charge.

Voir la rubrique **Evaluation des risques professionnels**³¹

³¹ <https://www.inrs.fr/demarche/evaluation-risques-professionnels>

En radioprotection, comme dans d'autres domaines, il est primordial d'**intégrer la sécurité le plus en amont possible**, en prenant en compte tous les aspects (organisationnels, opérationnels, chimiques ...).

Cette évaluation a notamment pour objectif :

- d'identifier les valeurs limites d'exposition pertinentes au regard de la situation de travail ;
- de constater si le niveau de référence pour le radon est susceptible d'être dépassé ;
- de déterminer, lorsque le risque ne peut être négligé du point de vue de la radioprotection, les mesures et moyens de prévention devant être mis en œuvre.

A cette fin, l'employeur prend notamment en considération :

- l'inventaire des sources de rayonnements ionisants, leur nature, le type et l'énergie des rayonnements ainsi que le niveau d'émission et, le cas échéant, les modes de dispersion éventuelle et d'incorporation des radionucléides ;
- les valeurs limites d'exposition ;
- le niveau de référence pour le radon ainsi que l'appartenance à l'une des trois zones « à potentiel radon » (mentionnées à l'article R. 1333-29 du Code de la santé publique et définies par arrêté) et le résultat d'éventuelles mesures de la concentration d'activité de radon dans l'air déjà réalisées ;
- l'existence d'équipements moins exposants, susceptibles d'être utilisés en remplacement des équipements existants, ou de protection collective, permettant de réduire le niveau d'exposition aux rayonnements ionisants ;

- l'interaction avec les autres risques d'origine physique, chimique, biologique ou organisationnelle du poste de travail.

L'employeur devra procéder à des mesurages visant à évaluer le niveau d'exposition externe et le cas échéant, le niveau de la concentration de l'activité radioactive dans l'air ou la contamination surfacique sur le lieu de travail lorsque les résultats de l'évaluation des risques mettent en évidence que l'exposition est susceptible d'atteindre ou de dépasser :

- 1 millisievert sur 12 mois consécutifs pour l'organisme entier ;
- 15 millisieverts sur 12 mois consécutifs pour le cristallin ;
- 50 millisieverts sur 12 mois consécutifs pour les extrémités et la peau (tout cm²) ;
- 300 becquerels par mètre cube en moyenne annuelle pour la concentration d'activité du radon dans l'air pour les activités professionnelles exercées au sous-sol ou au rez-de-chaussée de bâtiments situés dans les zones où l'exposition au radon est susceptible de porter atteinte à la santé des travailleurs.

Organisation de la radioprotection

Critères de mise en œuvre

En application de l'article R. 4451-111, l'employeur, le chef d'entreprise extérieure ou le travailleur indépendant, met en place une organisation de la radioprotection dès lors qu'au moins l'un des trois critères suivants est rempli :

- des travailleurs sont classés (catégorie A ou B) au sens de l'article R. 4451-57 ;
- au moins une zone a été délimitée dans les conditions fixées aux articles R. 4451-22 et R. 4451-28 ;
- des vérifications initiales ou périodiques sont exigées au titre des articles R. 4451-40 et suivants.

L'organisation de la radioprotection repose sur la désignation d'un conseiller en radioprotection.

Conseillers en radioprotection

Selon l'organisation de la radioprotection antérieure à la transposition de la directive 2013/59/Euratom, les missions dévolues au conseiller en radioprotection sont assurées par la personne compétente en radioprotection (PCR). Celle-ci assiste l'employeur dans l'organisation de la prévention, l'analyse des risques et la délimitation des zones.

Afin de renforcer l'organisation de la radioprotection des travailleurs, il est créé, en parallèle du dispositif actuel, des organismes experts de radioprotection dont la compétence collective sera reconnue.

Les employeurs auront ainsi la possibilité de retenir l'organisation la plus appropriée à leur activité. Un régime réglementaire spécifique aux installations nucléaires de base prévoit la constitution de « pôle de compétences en radioprotection », compte tenu de la nature particulière de leur activité et de l'encadrement auquel elles sont déjà soumises.

Ainsi, désormais, l'employeur devra désigner au moins un conseiller en radioprotection pour la mise en œuvre des mesures et moyens de prévention des risques dus aux rayonnements ionisants.

Ce conseiller pourra être :

- soit une personne physique salariée de l'établissement ou à défaut de l'entreprise, et qui sera dénommée « personne compétente en radioprotection » ;
- soit une personne morale, dénommée « organisme compétent en radioprotection ».

Le conseiller en radioprotection évalue les risques, conseille l'employeur dans la définition des mesures de prévention, réalise des vérifications générales périodiques, etc. Il exerce ses missions en lien avec le salarié compétent en prévention des risques professionnels. Il travaille en collaboration avec le médecin du travail qui peut lui communiquer sous certaines conditions des informations soumises au secret médical. Ils mettent notamment en œuvre de manière concertée la surveillance dosimétrique individuelle des travailleurs.

Au-delà de cette mission de conseil en matière de protection des travailleurs, les missions du conseiller en radioprotection sont étendues aux questions de protection de la population et de l'environnement. Il pourra en outre être sollicité par l'employeur pour réaliser certaines vérifications techniques internes confiées auparavant aux organismes de contrôle technique agréés par l'ASN.

A noter : jusqu'au 1^{er} juillet 2021, les missions du conseiller en radioprotection peuvent continuer à être confiées à une PCR interne ou externe à l'établissement, dans les conditions prévues par les articles R. 4451-107, R. 4451-108 et R. 4451-109 du Code du travail dans leur rédaction antérieure au 5 juin 2018.

Mesures et moyens de prévention

Identification et délimitation des zones

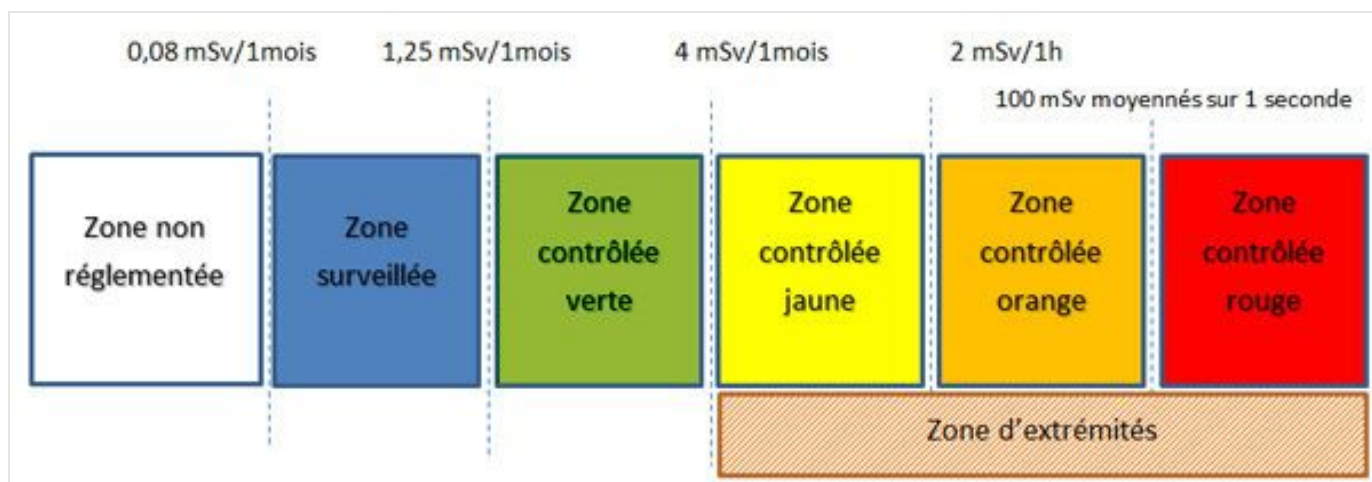
Le danger est lié à la présence de sources de rayonnements ionisants (générateurs de rayons X ou radionucléides).

Il convient dans un 1^{er} temps d'identifier les sources et les lieux de travail à l'intérieur desquels l'exposition des travailleurs est susceptible de dépasser les niveaux suivants :

- dose efficace de 0,08 millisievert par mois pour l'organisme entier ;
- dose équivalente de 4 millisieverts par mois pour les extrémités ou la peau ;
- concentration d'activité du radon dans l'air, évaluée en dose efficace de 6 millisieverts par an.

L'évaluation des niveaux d'exposition retenus pour identifier ces zones est réalisée en considérant le lieu de travail occupé de manière permanente.

Si dans ces conditions, ces niveaux d'exposition sont dépassés, alors l'employeur délimite des zones selon les critères suivants :



Pour ce qui concerne le risque lié à l'exposition au radon, une zone « radon » est délimitée et correspond à l'espace de travail dans lequel les travailleurs sont susceptibles d'être exposés à une dose efficace supérieure à 6 mSv par an en lien avec le radon, et en considérant une occupation à temps plein.

Dispositions spécifiques aux appareils mobiles ou portables émetteurs de rayonnements ionisants

Les appareils mobiles et portables font l'objet de dispositions spécifiques.

Pour les appareils délivrant une dose efficace à un mètre de la source supérieure à 2,5 μ Sv intégrée sur une heure, une « zone d'opération » doit être délimitée.

Le niveau de dose maximum à la limite de la zone d'opération est de 25 μ Sv intégrée sur une heure.

Les appareils mobiles ou portables utilisés couramment dans un même local ou utilisés à poste fixe sont à considérer comme des installations fixes.

Conditions d'accès



- L'accès à une zone délimitée est réservé aux travailleurs ayant reçu une autorisation de l'employeur. Le classement en catégorie A ou B sur la base des résultats de l'évaluation individuelle de l'exposition liée aux rayonnements ionisants vaut autorisation. Les conditions d'accès en zones délimitées sont nombreuses (formation, suivi dosimétrique...).
- L'accès d'un travailleur classé en zone contrôlée orange ou rouge fait l'objet d'une autorisation individuelle délivrée par l'employeur.
- Pour la zone contrôlée rouge, cet accès est exceptionnel et doit faire l'objet d'un enregistrement nominatif à chaque entrée.

A noter que l'accès à toute zone autre qu'une zone contrôlée orange ou rouge, et à une zone « radon » est autorisé pour les travailleurs non classés sous conditions.

Signalisation

- Les sources de rayonnements ionisants utilisées doivent être signalées y compris lors du transport. L'affichage doit être remis à jour périodiquement : il rappelle notamment les risques d'exposition externe, et éventuellement interne, les consignes de travail adaptées à la nature de l'exposition et aux opérations envisagées ainsi que les consignes en cas d'urgence.
- Les limites de la zone contrôlée ou de la zone surveillée doivent être correctement matérialisées et signalisées.

En matière de signalisation de santé et de sécurité, la réglementation définit des règles *a minima* (forme, couleur, dimension ou emplacement). C'est à l'employeur d'adapter ces règles à la réalité des situations de travail et des risques à signaler dans son entreprise. Quelques exemples couramment utilisés dans le domaine de la radioprotection sont donnés dans le tableau ci-après.

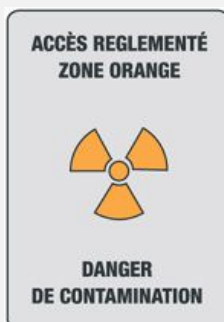
| SIGNALISATION DU RISQUE RADIOACTIF : PICTOGRAMME, PANNEAUX ET AUTRES ÉLÉMENTS | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pictogramme d'avertissement |  <p>Matières radioactives / Rayonnements ionisants</p> |
| Panneaux de signalisation de zone Ne sont donnés ici à titre d'exemple que 6 panneaux. En fonction de la nature du risque à signaler, les messages accompagnant le pictogramme, ainsi que les couleurs, peuvent être intervertis. |  <p>Zone surveillée (bleue)</p> |



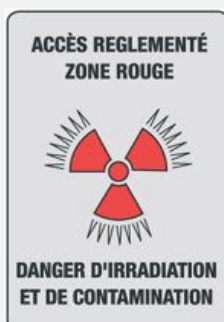
Zone contrôlée verte



Zone contrôlée jaune, risque d'irradiation



Zone contrôlée orange, danger de contamination



Zone contrôlée rouge, danger d'irradiation et de contamination



Port de protection

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bandes de balisage |  |
| Affichage réglementaire d'information Protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants | Cet affichage, remis à jour régulièrement, doit comporter notamment les consignes de travail et de sécurité adaptées à la nature de l'exposition et aux opérations envisagées. Des exemples existent et sont commercialisés par des entreprises de signalétique. |

La signalisation des zones délimitées est établie à partir du schéma de base normalisé (trissecteur conforme à la norme NF M 60-101) de couleur identique à celle de la zone considérée. Les panneaux de signalisation sur lesquels figure ce schéma de base peuvent comporter, si nécessaire, des signes ou inscriptions supplémentaires (arrêté du 15 mai 2006).

La norme française M 60-101 ne définit que la forme et les proportions du trissecteur utilisé en radioprotection. Les couleurs de signalisation sont définies par la norme NF X 08-003.

La contrainte de dose

La contrainte de dose est un niveau de dose individuelle maximale défini par l'employeur prospectivement à des fins d'optimisation de la protection des travailleurs.

L'employeur définit, au préalable, des contraintes de dose individuelles pour toute activité réalisée en zone contrôlée, zone d'extrémités ou zone d'opération. Ces contraintes de dose constituent des niveaux de référence internes à l'entreprise permettant de piloter les mesures d'optimisation de la radioprotection.

Le dosimètre opérationnel individuel dont le port est obligatoire pour tout travailleur autorisé à accéder à une zone contrôlée, une zone d'extrémités ou une zone d'opération, permet de mesurer la dose individuelle instantanément et ainsi d'adapter les mesures d'optimisation ainsi que la contrainte de dose.

Intégrer la sécurité en amont

Pour toute situation de travail et tout environnement de travail, peuvent être identifiés des risques multiples : mécaniques, chimiques, physiques, radiologiques...

Le rôle du préventeur est de prévenir ou de limiter les risques d'atteintes à la santé et à la sécurité, d'accidents du travail et de maladies professionnelles. Il agit le plus en amont possible, au niveau technique, opérationnel ou organisationnel, pour empêcher la survenue d'événements dangereux susceptibles d'entraîner des effets nocifs pour la santé et/ou la sécurité.

Pour cela, il peut :

- mettre en place des processus de travail sûrs (enchaînements d'opérations ou de phases de fabrication qui limitent la survenue d'accidents du travail ou les expositions susceptibles d'induire une maladie professionnelle) ;
- agir ensuite sur les risques « résiduels », en prévoyant des mesures complémentaires de protection collective, organisationnelles ou individuelles, qui vont limiter les expositions.

Dans le cas particulier de la radioprotection, le préventeur peut agir selon les cas sur plusieurs points, en tenant compte de l'existence d'un risque d'exposition interne et/ou externe :

- mise en œuvre d'autres procédés de travail n'exposant pas ou entraînant une exposition moindre ;
- choix d'équipements de travail appropriés et, compte tenu du travail à effectuer, émettant des niveaux de rayonnements ionisants moins élevés ;
- mise en œuvre de moyens techniques visant à réduire l'émission de rayonnements ionisants des équipements de travail ;
- modification de la conception et de l'agencement des lieux et postes de travail visant à réduire l'exposition aux rayonnements ionisants ;
- amélioration de l'étanchéité du bâtiment vis-à-vis des points d'entrée du radon, ou du renouvellement d'air des locaux ;
- choix d'une organisation du travail visant à réduire la durée et l'intensité des expositions, notamment au moyen du contrôle des accès aux zones délimitées ;
- maintenance et vérifications des équipements de travail ;
- information et formation des travailleurs sur les risques et les moyens mis en œuvre pour s'en protéger.

Tous ces éléments doivent être pris en considération dès la conception des processus industriels ou des postes de travail.

Vérifications de l'efficacité des moyens de prévention

Afin de garantir la sécurité et la santé des travailleurs, l'employeur est tenu de procéder à des vérifications de l'efficacité des moyens de prévention portant à la fois sur les sources et appareils émetteurs de rayonnements ionisants et sur l'aménagement des locaux de travail.

Vérification initiale des équipements de travail et des lieux de travail

Lors de leur mise en service dans l'établissement et à l'issue de toute modification importante susceptible d'affecter la santé et la sécurité des travailleurs, l'employeur doit procéder à une vérification initiale des équipements de travail émettant des rayonnements ionisants, en vue de s'assurer qu'ils sont installés conformément aux spécifications prévues, le cas échéant, par la notice d'instructions du fabricant et qu'ils peuvent être utilisés en sécurité. Cette vérification initiale est renouvelée à intervalles réguliers pour les équipements de travail présentant un risque particulier (art. R. 4451-41).

L'employeur doit vérifier dans les mêmes conditions l'intégrité des sources radioactives scellées lorsqu'elles ne sont pas intégrées à un équipement de travail.

Ces vérifications techniques initiales sont désormais confiées à des organismes accrédités ou à l'IRSN.

Elles doivent être réalisées lors de la mise en service des installations et à l'issue de toute modification importante des méthodes et des conditions de travail. Ces vérifications sont effectuées dans les zones délimitées, à savoir les zones surveillées, contrôlées ou radon que l'employeur a identifiées.

Vérifications périodiques

Les vérifications générales périodiques des équipements de travail émettant des rayonnements ionisants, ainsi que les vérifications portant sur l'intégrité des sources radioactives scellées lorsqu'elles ne sont pas intégrées à un équipement de travail, sont pour leur part réalisées par le conseiller en radioprotection. Leur objectif est de détecter en temps utile toute détérioration susceptible de créer des dangers.

Le conseiller en radioprotection est également en charge des vérifications périodiques relatives aux lieux de travail.

Conditions d'emploi des travailleurs

Evaluation individuelle de l'exposition aux rayonnements ionisants

Une évaluation individuelle de l'exposition aux rayonnements ionisants doit être réalisée avant l'affectation à un poste de travail.

Cette évaluation est réalisée sur la base d'une étude de poste afin d'estimer la dose efficace et les doses équivalentes que le travailleur est susceptible de recevoir sur les 12 mois consécutifs à venir en tenant compte des incidents raisonnablement prévisibles inhérents au poste de travail et des expositions potentielles.

Les résultats de cette évaluation permettent de définir les modalités de classement, de formation et de suivi du travailleur (suivi dosimétrique et suivi individuel de l'état de santé).

Classement des travailleurs

Les travailleurs exposés sont classés en deux catégories. Ce classement se fait sur la base de l'évaluation individuelle préalable.

Selon l'article R. 4451-57 du Code du travail, sont classés par l'employeur en **catégorie A**, les travailleurs susceptibles de recevoir sur 12 mois consécutifs :

- une dose efficace supérieure à 6 mSv,
- et/ou une dose équivalente supérieure à 150 mSv pour la peau et/ou les extrémités.

Sont classés en **catégorie B**, tous les autres travailleurs susceptibles de recevoir sur 12 mois consécutifs :

- une dose efficace supérieure à 1 mSv,
- et/ou une dose équivalente supérieure à 15 mSv pour le cristallin et/ou à 50 mSv pour la peau et/ou les extrémités.

A noter : Les valeurs limites d'exposition professionnelle ne doivent pas être confondues avec les valeurs limites réglementaires déterminant le classement.

L'employeur doit recueillir l'avis du médecin du travail sur le classement et l'actualiser en tant que de besoin au regard, notamment, de l'avis d'aptitude médicale du salarié, des conditions de travail et des résultats de la surveillance de l'exposition des travailleurs.

Les travailleurs bénéficient d'un suivi dosimétrique adapté au mode d'exposition.

Les femmes enceintes et les étudiants et apprentis de moins de 18 ans sont exclus des travaux impliquant un classement en catégorie A.

Information et formation des travailleurs

Les travailleurs accédant à des zones délimitées, les intervenants lors d'opérations de transport de substances radioactives, les membres d'équipage à bord d'aéronefs et d'engins spatiaux et les travailleurs intervenant en situation d'exposition durable doivent recevoir une information appropriée.

Pour les travailleurs classés, cette information est complétée par une formation spécifique établie en rapport avec les résultats de l'évaluation des risques. Cette formation est organisée sous la responsabilité de l'employeur et doit être renouvelée au moins tous les trois ans.

Surveillance de l'exposition individuelle des travailleurs

L'objectif de la surveillance de l'exposition individuelle des travailleurs est de s'assurer que les valeurs limites réglementaires ne soient pas dépassées et de piloter l'optimisation de la radioprotection afin de réduire l'exposition du travailleur à un niveau aussi bas que raisonnablement possible.

Dosimétrie

La dosimétrie consiste à mesurer les doses reçues par les personnes exposées, c'est-à-dire à attribuer une valeur aux grandeurs telles que « dose équivalente » ou « dose efficace ».

Elle concerne les travailleurs classés ainsi que ceux dont l'exposition est susceptible de dépasser 6mSv/an au titre du risque lié au radon.

Elle permet de vérifier, notamment, que les expositions restent, pour chaque travailleur exposé, de l'ordre de grandeur des doses déterminées lors de l'évaluation individuelle préalable à l'affectation au poste de travail.

Exposition externe

La mesure de l'exposition externe se fait à l'aide de dosimètres portés par les travailleurs. Plusieurs types sont disponibles :

- Dosimètres à lecture différée :

- **Dosimètres thermoluminescents** (appelés aussi TLD) : détectent les rayons X, β et γ . Ils utilisent des matériaux (pastilles extrudées, frittés, poudres) qui, soumis à une irradiation puis chauffés, émettent de la lumière, proportionnellement à la dose reçue. Les TLD sont utilisés pour des dosimétries corps entier ou extrémités ou cristallin. Ils sont plus sensibles que les dosimètres photographiques, et sont réutilisables plusieurs centaines de fois. La lecture, pouvant se faire à l'aide d'un lecteur automatique, se fait en chauffant le matériau. L'émission de lumière entraîne la « remise à zéro » du TLD. Les dosimètres TLD (F Li6/F Li7) sont destinés à détecter les neutrons.
- **Dosimètres radio-photoluminescents** (appelés aussi RPL) : sous l'effet du rayonnement les électrons arrachés à la structure de verre du dosimètre sont piégés par les impuretés contenues dans le verre. La lecture se fait sous lumière UV qui désexcite les électrons en émettant une luminescence proportionnelle à la dose reçue.
- **Dosimètres à luminescence optiquement stimulée (OSL)** : sous l'effet d'un rayonnement ionisant, des électrons sont piégés par des impuretés introduites dans la structure cristalline du détecteur ; l'exposition du détecteur à un flash lumineux (laser, diodes) permet la mesure de la luminescence ainsi émise, proportionnelle à la dose de rayonnements ionisants.
- **Dosimètres opérationnels ou actifs**, à lecture directe : permettent le suivi de l'exposition en temps réel et l'optimisation de la dose reçue. Ils doivent être choisis en fonction du type et des caractéristiques des rayonnements à mesurer, et paramétrés. Ces dosimètres électroniques doivent être pourvus d'alarmes sonores et visuelles, qui doivent être activées lors de toute utilisation.

Exposition interne

L'importance de l'exposition interne liée à la présence d'une substance radioactive dans le corps humain va dépendre non seulement de la période physique du radionucléide, mais également de sa période biologique. La période biologique est le temps nécessaire pour que la moitié de l'activité du radionucléide absorbé soit éliminée par le métabolisme du corps. La grandeur qui caractérise l'exposition interne est la dose équivalente engagée.

Cette exposition interne est difficile à mesurer : on fait appel à plusieurs techniques de mesures qui permettent d'identifier et de quantifier des radioéléments **et ainsi d'évaluer la nature et la gravité de l'exposition** : dosage d'isotopes dans les urines, le sang, les selles, anthroporadiométrie... Leur mise en œuvre permet de détecter et d'identifier un corps radioactif dans l'organisme. Ces examens sont prescrits par le médecin du travail. Ces analyses doivent être planifiées sans délai, dès qu'il y a suspicion d'exposition interne.

A partir des résultats, est calculée la dose efficace engagée reçue par le travailleur suite à cette incorporation de substances radioactives.

Modalités d'accès aux données de la surveillance dosimétrique individuelle

Les informations sont accessibles en fonction de la qualité des divers interlocuteurs. Ainsi :

Le travailleur a accès à tous les résultats issus de la surveillance dosimétrique individuelle dont il fait l'objet, ainsi qu'à la dose efficace le concernant. Il peut à cet égard en demander la communication au médecin du travail ou à l'IRSN. Il peut également solliciter le conseiller en radioprotection pour ce qui concerne les résultats auxquels ce dernier a accès (art. R. 4451-67 du Code du travail).

Le médecin du travail a pour sa part accès, sous leur forme nominative, aux résultats de la surveillance dosimétrique ainsi qu'à la dose efficace de chaque travailleur dont il assure le suivi de l'état de santé. Sous sa responsabilité, il peut communiquer au conseiller en radioprotection des informations couvertes par le secret médical relatives à la dose interne, lorsque celle-ci est liée à l'exposition professionnelle et strictement utile à la prévention.

Ont également accès à ces résultats le médecin du travail de l'établissement dans lequel le travailleur temporaire ou le travailleur d'une entreprise extérieure intervient, le médecin désigné à cet effet par le travailleur et, en cas de décès ou d'incapacité, par ses ayants droit (art. R. 4451-68 et R. 4451-70 du Code du travail).

Le conseiller en radioprotection a accès, sous une forme nominative et sur une période n'excédant pas celle durant laquelle le travailleur est contractuellement lié à l'employeur, à la dose efficace reçue ainsi qu'aux résultats de la surveillance dosimétrique individuelle liée à l'exposition externe ou à l'exposition au radon. Lorsqu'il constate que l'une des doses estimées dans le cadre de l'évaluation individuelle préalable de l'exposition aux rayonnements ionisants ou l'une des contraintes de dose est susceptible d'être atteinte ou dépassée, le conseiller en radioprotection doit en informer l'employeur.

L'employeur ou, selon le cas, le responsable de l'organisme compétent en radioprotection doit assurer la confidentialité vis-à-vis des tiers, des données nominatives auxquelles les conseillers en radioprotection ont accès, et doit mettre à la disposition de ces derniers les moyens nécessaires pour qu'ils puissent respecter les exigences liées au secret professionnel (art. R. 4451-69 et R. 4451-70 du Code du travail).

Enfin, les **agents de contrôle de l'inspection du travail**, ainsi que les inspecteurs de la radioprotection et les agents des services prévention des Carsat ont accès, sous leur forme nominative, aux doses efficaces reçues par les travailleurs ainsi qu'aux résultats de la dosimétrie liée à l'exposition externe ou à l'exposition au radon (art. R. 4451-71 du Code du travail).

Il convient par ailleurs de noter qu'au moins une fois par an, l'employeur doit présenter au comité social et économique (CSE) un bilan statistique de la surveillance de l'exposition des travailleurs et de son évolution, sous une forme excluant toute identification nominative des travailleurs (art. R. 4451-72 du Code du travail).

Centralisation des données par SISERI (Système d'information et de surveillance de l'exposition aux rayonnements ionisants)

Le système SISERI a été mis en place dans un but de centralisation, de consolidation et de conservation de l'ensemble des résultats des mesures individuelles de l'exposition des travailleurs. Ces données sont restituées sous certaines conditions, en accès direct par internet, aux médecins du travail et conseillers en radioprotection, afin d'optimiser le suivi médical et la radioprotection des travailleurs.

Pour plus d'informations, voir le site internet de l'IRSN

<https://siseri.irsn.fr/>

Pour en savoir plus

Ressources INRS



Retrait des détecteurs de fumée à chambre d'ionisation (DFCI)

Les entreprises détenant des DFCI ne doivent pas les manipuler, les déposer, ni les jeter. Elles doivent faire appel à une société spécialisée, déclarée auprès de l'Autorité de sûreté nucléaire ³²

³² <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%204440>



Équipements de contrôle qualité par rayons X dans l'industrie

Cette fiche pratique radioprotection traite des risques liés à l'utilisation d'équipements de contrôle qualité par rayons X, du cadre réglementaire applicable et des bonnes pratiques de prévention. ³⁴

³⁴ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%204442>

RÉFÉRENCES EN SANTÉ AU TRAVAIL

Recherche documentaire sur les risques liés aux rayonnements ionisants

L'objectif de cet article est de fournir une sélection des supports d'information jugés les plus pertinents ainsi qu'une méthodologie de recherche sur les risques liés aux rayonnements ionisants ³⁶

³⁶ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=TM%2028>

- ▶ Fiches de radioprotection : fiches médicales
- ▶ Fiches de radioprotection : radionucléides
- ▶ Fiches de radioprotection : gammagraphie
- ▶ Fiches de radioprotection : secteur médical



Détecteur portatif de plomb par fluorescence X

Cette fiche "réflexe" synthétise les informations relatives aux risques, aux principales obligations réglementaires, aux bonnes pratiques ainsi qu'aux réflexes à mettre en pratique en cas d'incident ³³

³³ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%204441>



Les rayonnements ionisants

Ce document présente une méthodologie applicable à toute situation de travail susceptible d'entraîner une exposition aux rayonnements ionisants. Il présente une méthodologie applicable à toute situation de travail susceptible d'entraîner une exposition aux rayonnements ionisants.

Les rayonnements ... ³⁵

³⁵ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%20958>

HYGIÈNE & SÉCURITÉ DU TRAVAIL

Rôle et missions de la personne compétente en radioprotection (PCR)

Cet article présente la position commune de l'INRS et de l'IRSN sur le rôle-clé, le statut et les missions de la PCR en matière de prévention ainsi que des propositions d'évolution de ceux-ci. ³⁷

³⁷ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=NT%2013>

Liens utiles

Sites d'organismes français

- ▶ Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN)
- ▶ Autorité de sûreté nucléaire (ASN)
- ▶ Légifrance
- ▶ Société française de radioprotection (SFRP)
- ▶ Retours d'expériences sur les incidents radiologiques (RELIR)

Sites d'organismes internationaux

- ▶ United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR)
- ▶ International Commission on Radiological Protection (ICRP)

Autres références bibliographiques

- Exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en France. Bilan 2012 ». Rapport PRP-HOM / 2013-008. Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), 2012, 104 p.
Rapport téléchargeable sur le site de l'IRSN : www.siseri.irsn.fr
- DELACROIX D., GUERRE J.P., LEBLANC P. « Guide pratique. Radionucléides et radioprotection. Manuel pour la manipulation de substances radioactives dans les laboratoires de faible et moyenne activité ». 4e édition mise à jour. EDP Sciences, 2004, 262 p. Edité en collaboration avec le Commissariat à l'énergie atomique (CEA), la Société française de radioprotection (SFRP) et la revue Radioprotection.
- GAMBINI D.J., GRANIER R., BOISSIERE G. « Manuel pratique de radioprotection ». 3e édition. Technique et documentation Lavoisier, 2007, 666 p.
- « Symboles graphiques et pictogrammes. Couleurs et signaux de sécurité ». Norme française homologuée. NF X08-003. Association française de normalisation (AFNOR), 1994 (erratum de mars 1995), 47 p.
- « Signalisation des rayonnements ionisants. Schéma de base ». Norme française homologuée. NF M 60-101. Association française de normalisation (AFNOR), 1972, 2 p.

Mis à jour le 07/03/2019

Suivi médical

Suivi de l'état de santé des travailleurs

Tous les travailleurs exposés à des rayonnements ionisants au-delà de 1 mSv sur 12 mois consécutifs et par conséquent classés, doivent bénéficier d'un suivi individuel renforcé (SIR) de leur état de santé, consistant en un examen médical d'aptitude à l'embauche effectué par le médecin du travail préalablement à leur affectation au poste.

Le suivi comporte également :

- une visite intermédiaire effectuée par un professionnel de santé (médecin du travail, collaborateur médecin, interne ou infirmier) au plus tard deux ans après la visite avec le médecin du travail, donnant lieu à une attestation de suivi ;
- le renouvellement de la visite d'aptitude effectuée par le médecin du travail, selon une périodicité qu'il détermine et qui ne peut être supérieure à quatre ans, donnant lieu à un avis d'aptitude.

Des dispositions spécifiques sont toutefois prévues pour les travailleurs classés en catégorie A. Pour ces derniers, l'examen médical d'aptitude doit être renouvelé chaque année et la visite intermédiaire n'est donc pas requise (art. R. 4451-82 du Code du travail).

Dispositions spécifiques

Femmes enceintes et allaitantes

Il est interdit d'affecter ou de maintenir une femme enceinte à un poste de travail requérant un classement en catégorie A (art. D. 4152-4 à D. 4152-6 et L. 1225-7 du Code du travail).

Il est rappelé qu'en cas de grossesse, l'exposition de l'enfant à naître, pendant le temps qui s'écoule entre la déclaration de la grossesse et le moment de l'accouchement, est maintenue aussi faible que raisonnablement possible et, en tout état de cause, doit demeurer inférieure à 1 mSv (cf. supra et art. R.4451-7 du Code du travail).

A noter : sont classés en catégorie A, les travailleurs susceptibles de recevoir, au cours de douze mois consécutifs, une dose efficace supérieure à 6 mSv ou une dose équivalente supérieure à 150 mSv pour la peau et/ou les extrémités (art. R.4451-57 du Code du travail).

Il est en outre interdit d'affecter ou de maintenir une femme allaitant à un poste de travail comportant un risque d'exposition interne à des rayonnements ionisants.

Jeunes travailleurs

Il est interdit d'affecter des jeunes travailleurs de moins de 18 ans à des travaux exposant à des rayonnements ionisants requérant un classement en catégorie A ou B, étant précisé que des dérogations peuvent être accordées par l'inspection du travail pour les jeunes d'au moins 16 ans relevant d'un classement en catégorie B.

A noter : la notion de jeune travailleur retenue dans le cas d'une exposition aux rayonnements ionisants et issue de la directive 2013/59/Euratom, est plus restrictive que celle retenue pour les autres risques professionnels puisqu'elle n'autorise la dérogation que pour des jeunes d'un âge compris entre 16 et 18 ans.

Salariés temporaires et en contrat de travail à durée déterminée (CDD)

L'article D. 4154-1 précise les conditions de travail pour lesquelles il est interdit d'employer les salariés titulaires d'un CDD et salariés temporaires pour l'exécution de travaux exposant aux rayonnements ionisants. Sont donc visés par l'interdiction les travaux accomplis dans une zone où la dose efficace susceptible d'être reçue, intégrée sur une heure, est égale ou supérieure à 2 mSv ou en situation d'urgence radiologique lorsque ces travaux requièrent une affectation au premier groupe (dose efficace liée à l'exposition professionnelle susceptible de dépasser 20 mSv durant la situation d'urgence radiologique).

De plus, un *prorata temporis* est applicable à ces travailleurs, ce qui implique que le contrat de travail doit avoir une durée telle que l'exposition du salarié soit au plus égale à la limite d'exposition annuelle pertinente (corps entier, cristallin, extrémités, jeunes travailleurs, femmes enceintes...) rapportée à la durée totale de travail :

- « En cas de dépassement de la valeur limite d'exposition annuelle rapportée à la durée du contrat considéré, l'employeur est tenu de proroger le contrat à durée déterminée de telle sorte qu'à l'expiration de celui-ci l'exposition soit au plus égale à cette valeur limite annuelle rapportée à la durée du contrat prorogé » (Article L.1243-12³⁸ du Code du travail).

³⁸ <http://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?idArticle=LEGIARTI000006901223&cidTexte=LEGITEXT000006072050>

Pour en savoir plus

Ressources INRS



Retrait des détecteurs de fumée à chambre d'ionisation (DFCI)

Les entreprises détenant des DFCI ne doivent pas les manipuler, les déposer, ni les jeter. Elles doivent faire appel à une société spécialisée, déclarée auprès de l'Autorité de sûreté nucléaire ³⁹

³⁹ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%204440>



Équipements de contrôle qualité par rayons X dans l'industrie

Cette fiche pratique radioprotection traite des risques liés à l'utilisation d'équipements de contrôle qualité par rayons X, du cadre réglementaire applicable et des bonnes pratiques de prévention. ⁴¹

⁴¹ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%204442>

RÉFÉRENCES EN SANTÉ AU TRAVAIL

Recherche documentaire sur les risques liés aux rayonnements ionisants

L'objectif de cet article est de fournir une sélection des supports d'information jugés les plus pertinents ainsi qu'une méthodologie de recherche sur les risques liés aux rayonnements ionisants ⁴³

⁴³ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=TM%2028>

- ▶ Fiches de radioprotection : fiches médicales
- ▶ Fiches de radioprotection : radionucléides
- ▶ Fiches de radioprotection : gammagraphie
- ▶ Fiches de radioprotection : secteur médical



Détecteur portatif de plomb par fluorescence X

Cette fiche "réflexe" synthétise les informations relatives aux risques, aux principales obligations réglementaires, aux bonnes pratiques ainsi qu'aux réflexes à mettre en pratique en cas d'incident ⁴⁰

⁴⁰ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%204441>



Les rayonnements ionisants

Ce document présente une méthodologie applicable à toute situation de travail susceptible d'entraîner une exposition aux rayonnements ionisants. Il présente une méthodologie applicable à toute situation de travail susceptible d'entraîner une exposition aux rayonnements ionisants.

Les rayonnements ... ⁴²

⁴² <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%20958>

HYGIÈNE & SÉCURITÉ DU TRAVAIL

Rôle et missions de la personne compétente en radioprotection (PCR)

Cet article présente la position commune de l'INRS et de l'IRSN sur le rôle-clé, le statut et les missions de la PCR en matière de prévention ainsi que des propositions d'évolution de ceux-ci. ⁴⁴

⁴⁴ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=NT%2013>

Liens utiles

Sites d'organismes français

- ▶ Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN)
- ▶ Autorité de sûreté nucléaire (ASN)
- ▶ Légifrance
- ▶ Société française de radioprotection (SFRP)
- ▶ Retours d'expériences sur les incidents radiologiques (RELIR)

Sites d'organismes internationaux

- ▶ United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR)
- ▶ International Commission on Radiological Protection (ICRP)

Autres références bibliographiques

- Exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en France. Bilan 2012 ». Rapport PRP-HOM / 2013-008. Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), 2012, 104 p.
Rapport téléchargeable sur le site de l'IRSN : www.siseri.irsn.fr
- DELACROIX D., GUERRE J.P., LEBLANC P. « Guide pratique. Radionucléides et radioprotection. Manuel pour la manipulation de substances radioactives dans les laboratoires de faible et moyenne activité ». 4e édition mise à jour. EDP Sciences, 2004, 262 p. Edité en collaboration avec le Commissariat à l'énergie atomique (CEA), la Société française de radioprotection (SFRP) et la revue Radioprotection.
- GAMBINI D.J., GRANIER R., BOISSIERE G. « Manuel pratique de radioprotection ». 3e édition. Technique et documentation Lavoisier, 2007, 666 p.
- « Symboles graphiques et pictogrammes. Couleurs et signaux de sécurité ». Norme française homologuée. NF X08-003. Association française de normalisation (AFNOR), 1994 (erratum de mars 1995), 47 p.
- « Signalisation des rayonnements ionisants. Schéma de base ». Norme française homologuée. NF M 60-101. Association française de normalisation (AFNOR), 1972, 2 p.

Mis à jour le 21/01/2019

En cas d'incident ou d'accident

En cas de situations d'urgence radiologique qui mettent en péril la population générale (dispersion de substances radioactives dans l'environnement), il est nécessaire de se reporter aux dispositions prévues par le Code de la Santé publique (**voir articles R. 1333-81 et suivants** ⁴⁵).

⁴⁵ <https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?cidTexte=LEGITEXT000006072665&idArticle=LEGIARTI000006910219&dateTexte=&categorieLien=cid>

Il est important de rappeler en préalable que :

- Tout salarié doit être informé des risques encourus au poste de travail, et en particulier des instructions à suivre en cas de situation anormale.
- La formation des travailleurs doit être renouvelée tous les 3 ans au plus : elle porte notamment sur les conduites à tenir en cas de situation anormale.
- Une notice, rappelant les risques particuliers liés au poste occupé ou à l'intervention à effectuer, les règles de sécurité applicables et les instructions à suivre en cas de situation anormale, doit être remise à toute personne amenée à intervenir en zone contrôlée.
- A l'intérieur des zones surveillées comme des zones contrôlées, un affichage rappelle notamment les risques d'exposition externe et éventuellement interne, les consignes de travail adaptées à la nature de l'exposition et aux opérations envisagées.

Mesures à prendre par les personnes intervenantes

Le conseiller en radioprotection et le médecin du travail sont les personnes les plus à même pour intervenir dans ce genre de situation. Ils peuvent s'appuyer si nécessaire sur l'IRSN (téléphone d'astreinte : **06 07 31 56 63**).

Après la situation accidentelle

Tout accident ou incident doit être signalé à la division territorialement compétente de l'ASN (coordonnées disponibles sur www.asn.fr) et déclaré selon les modalités décrites dans le guide n°11 de déclaration des événements significatifs dans le domaine de la radioprotection (téléchargeable sur www.asn.fr).
Tout accident ou incident doit être suivi d'une analyse (par la méthodologie de l'arbre des causes par exemple) afin de prendre toutes les mesures correctives. Un renouvellement de la formation ou de l'information des travailleurs peut s'inscrire dans ces mesures.

Pour en savoir plus

Ressources INRS

BROCHURE 05/2013 | ED 4440



Retrait des détecteurs de fumée à chambre d'ionisation (DFCI)

Les entreprises détenant des DFCI ne doivent pas les manipuler, les déposer, ni les jeter. Elles doivent faire appel à une société spécialisée, déclarée auprès de l'Autorité de sûreté nucléaire ⁴⁶

⁴⁶ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%204440>

BROCHURE 06/2014 | ED 4442



Équipements de contrôle qualité par rayons X dans l'industrie

Cette fiche pratique radioprotection traite des risques liés à l'utilisation d'équipements de contrôle qualité par rayons X, du cadre réglementaire applicable et des bonnes pratiques de prévention. ⁴⁸

⁴⁸ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%204442>

BROCHURE 12/2013 | ED 4441



Détecteur portable de plomb par fluorescence X

Cette fiche "réflexe" synthétise les informations relatives aux risques, aux principales obligations réglementaires, aux bonnes pratiques ainsi qu'aux réflexes à mettre en pratique en cas d'incident ⁴⁷

⁴⁷ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%204441>

BROCHURE 02/2006 | ED 958



Les rayonnements ionisants

Ce document présente une méthodologie applicable à toute situation de travail susceptible d'entraîner une exposition aux rayonnements ionisants
Il présente une méthodologie applicable à toute situation de travail susceptible d'entraîner une exposition aux rayonnements ionisants.
Les rayonnements ... ⁴⁹

⁴⁹ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%20958>



Recherche documentaire sur les risques liés aux rayonnements ionisants

L'objectif de cet article est de fournir une sélection des supports d'information jugés les plus pertinents ainsi qu'une méthodologie de recherche sur les risques liés aux rayonnements ionisants ⁵⁰

⁵⁰ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=TM%2028>

- Fiches de radioprotection : fiches médicales
- Fiches de radioprotection : radionucléides
- Fiches de radioprotection : gammagraphie
- Fiches de radioprotection : secteur médical



Rôle et missions de la personne compétente en radioprotection (PCR)

Cet article présente la position commune de l'INRS et de l'IRSN sur le rôle-clé, le statut et les missions de la PCR en matière de prévention ainsi que des propositions d'évolution de ceux-ci. ⁵¹

⁵¹ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=NT%2013>

Liens utiles

Sites d'organismes français

- Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN)
- Autorité de sûreté nucléaire (ASN)
- Légifrance
- Société française de radioprotection (SFRP)
- Retours d'expériences sur les incidents radiologiques (RELIR)

Sites d'organismes internationaux

- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR)
- International Commission on Radiological Protection (ICRP)
- International Atomic Energy agency (IAEA)

Autres références bibliographiques

- Exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en France. Bilan 2012 ». Rapport PRP-HOM / 2013-008. Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), 2012, 104 p.
Rapport téléchargeable sur le site de l'IRSN : www.siseri.irsn.fr
- DELACROIX D., GUERRE J.P., LEBLANC P. « Guide pratique. Radionucléides et radioprotection. Manuel pour la manipulation de substances radioactives dans les laboratoires de faible et moyenne activité ». 4e édition mise à jour. EDP Sciences, 2004, 262 p. Edité en collaboration avec le Commissariat à l'énergie atomique (CEA), la Société française de radioprotection (SFRP) et la revue Radioprotection.
- GAMBINI D.J., GRANIER R., BOISSIERE G. « Manuel pratique de radioprotection ». 3e édition. Technique et documentation Lavoisier, 2007, 666 p.
- « Symboles graphiques et pictogrammes. Couleurs et signaux de sécurité ». Norme française homologuée. NF X08-003. Association française de normalisation (AFNOR), 1994 (erratum de mars 1995), 47 p.
- « Signalisation des rayonnements ionisants. Schéma de base ». Norme française homologuée. NF M 60-101. Association française de normalisation (AFNOR), 1972, 2 p.

Mis à jour le 22/01/2019

Ressources INRS

BROCHURE 05/2013 | ED 4440



Retrait des détecteurs de fumée à chambre d'ionisation (DFCI)

Les entreprises détenant des DFCI ne doivent pas les manipuler, les déposer, ni les jeter. Elles doivent faire appel à une société spécialisée, déclarée auprès de l'Autorité de sûreté nucléaire ⁵²

⁵² <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%204440>

BROCHURE 06/2014 | ED 4442



Équipements de contrôle qualité par rayons X dans l'industrie

Cette fiche pratique radioprotection traite des risques liés à l'utilisation d'équipements de contrôle qualité par rayons X, du cadre réglementaire applicable et des bonnes pratiques de prévention. ⁵⁴

⁵⁴ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%204442>

ARTICLE DE REVUE 06/2020 | FR 12

RÉFÉRENCES
EN SANTÉ
AU TRAVAIL

Accélérateurs de particules

Cette fiche, destinée aux personnes impliquées dans la radioprotection ainsi qu'aux utilisateurs, fait le point sur l'usage des accélérateurs de particules et est illustrée par des cas pratiques. ⁵⁶

⁵⁶ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=FR%2012>

ARTICLE DE REVUE 06/2014 | NT 13

HYGIÈNE
& SÉCURITÉ
DU TRAVAIL

Rôle et missions de la personne compétente en radioprotection (PCR)

Cet article présente la position commune de l'INRS et de l'IRSN sur le rôle-clé, le statut et les missions de la PCR en matière de prévention ainsi que des propositions d'évolution de ceux-ci. ⁵⁸

⁵⁸ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=NT%2013>

BROCHURE 12/2013 | ED 4441



Détecteur portatif de plomb par fluorescence X

Cette fiche "réflexe" synthétise les informations relatives aux risques, aux principales obligations réglementaires, aux bonnes pratiques ainsi qu'aux réflexes à mettre en pratique en cas d'incident ⁵³

⁵³ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%204441>

BROCHURE 02/2006 | ED 958



Les rayonnements ionisants

Ce document présente une méthodologie applicable à toute situation de travail susceptible d'entraîner une exposition aux rayonnements ionisants

Il présente une méthodologie applicable à toute situation de travail susceptible d'entraîner une exposition aux rayonnements ionisants.

Les rayonnements ... ⁵⁵

⁵⁵ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%20958>

ARTICLE DE REVUE 09/2013 | TM 28

RÉFÉRENCES
EN SANTÉ
AU TRAVAIL

Recherche documentaire sur les risques liés aux rayonnements ionisants

L'objectif de cet article est de fournir une sélection des supports d'information jugés les plus pertinents ainsi qu'une méthodologie de recherche sur les risques liés aux rayonnements ionisants ⁵⁷

⁵⁷ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=TM%2028>

AFFICHE



Occulter le danger ne vous protège pas. Les rayons X peuvent provoquer des cataractes

Affiche illustrant les thèmes 'Rayonnements ionisants' et 'Rayonnement optique'. Disponible sous la référence AB 777 (40 x 60 cm) ⁵⁹

⁵⁹ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=A%20777>

AFFICHE



Ignorer le danger ne vous protège pas. Les rayons X peuvent provoquer des leucémies

Affiche illustrant le thème 'Rayonnements ionisants'. Disponible sous la référence AB 778 (40 x 60 cm) ⁶⁰

⁶⁰ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=A%20778>

AFFICHE



Levez le pied ! et préférez la scopie pulsée

Affiche illustrant le thème 'Rayonnements ionisants'. Disponible sous la référence AA 780 (30 x 40 cm) ⁶²

⁶² <https://www.inrs.fr/media?refINRS=A%20780>

AFFICHE



Tous aux abris ! paravents, suspensions plafonniers, bas-volets, ils sont vos boucliers

Affiche illustrant le thème 'Rayonnements ionisants'. Disponible sous la référence AA 782 (30 x 40 cm) ⁶⁴

⁶⁴ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=A%20782>

AFFICHE



Mes dosimètres ! dosimètres portés = santé surveillée

Affiche illustrant le thème 'Rayonnements ionisants'. Disponible sous la référence AA 784 (30 x 40 cm) ⁶⁶

⁶⁶ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=A%20784>

- Fiches pratiques de radioprotection
- Fiches de radioprotection : radionucléides
- Fiches de radioprotection : gammagraphie
- Fiches de radioprotection : secteur médical et recherche

AFFICHE



Faites face au danger ! tube éloigné = exposition limitée

Affiche illustrant le thème 'Rayonnements ionisants'. Disponible sous la référence AA 779 (30 x 40 cm) ⁶¹

⁶¹ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=A%20779>

AFFICHE



Prenez vos distances ! au signal, je m'éloigne

Affiche illustrant le thème 'Rayonnements ionisants'. Disponible sous la référence AA 781 (30 x 40 cm) ⁶³

⁶³ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=A%20781>

AFFICHE



Bien me protéger ! équipements individuels portés et ajustés = protection assurée !

Affiche illustrant le thème 'Rayonnements ionisants'. Disponible sous la référence AA 783 (30 x 40 cm) ⁶⁵

⁶⁵ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=A%20783>

Liens utiles

Sites d'organismes français

- Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN)

- **Autorité de sûreté nucléaire (ASN)**
- **Légifrance**
- **Société française de radioprotection (SFRP)**
- **Retours d'expériences sur les incidents radiologiques (RELIR)**

Sites d'organismes internationaux

- **United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR)**
- **International Commission on Radiological Protection (ICRP)**
- **International Atomic Energy agency (IAEA)**

Autres références bibliographiques

- Exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en France. Bilan 2012 ». Rapport PRP-HOM / 2013-008. Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), 2012, 104 p.
Rapport téléchargeable sur le site de l'IRSN : www.siseri.irsn.fr
- DELACROIX D., GUERRE J.P., LEBLANC P. « Guide pratique. Radionucléides et radioprotection. Manuel pour la manipulation de substances radioactives dans les laboratoires de faible et moyenne activité ». 4e édition mise à jour. EDP Sciences, 2004, 262 p. Edité en collaboration avec le Commissariat à l'énergie atomique (CEA), la Société française de radioprotection (SFRP) et la revue Radioprotection.
- GAMBINI D.J., GRANIER R., BOISSIERE G. « Manuel pratique de radioprotection ». 3e édition. Technique et documentation Lavoisier, 2007, 666 p.
- « Symboles graphiques et pictogrammes. Couleurs et signaux de sécurité ». Norme française homologuée. NF X08-003. Association française de normalisation (AFNOR), 1994 (erratum de mars 1995), 47 p.
- « Signalisation des rayonnements ionisants. Schéma de base ». Norme française homologuée. NF M 60-101. Association française de normalisation (AFNOR), 1972, 2 p.

Mis à jour le 21/02/2019