

Radioprotection : secteur recherche

Appareils électriques émettant des rayons X

L'ensemble de cette collection a été réalisé par un groupe de travail (cf. composition page 144) auquel ont participé notamment :

l'ASN (Autorité de sûreté nucléaire),
la DGT (Direction générale du travail),
l'IRSN (Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire),
et l'INRS (Institut national de recherche et de sécurité).

Cette fiche, qui fait partie d'une collection réalisée par type d'activité dans le secteur de la recherche, concerne l'usage des appareils électriques émettant des rayons X, à champs continus ou pulsés (dénommés générateurs de rayons X dans la suite de la fiche). Elle est destinée aux personnes impliquées dans la radioprotection des travailleurs : salariés compétents pour la protection et la prévention des risques professionnels, assistants ou conseillers de prévention, conseillers en radioprotection, médecins du travail/de prévention¹ et responsables (employeurs...). Elle s'adresse aussi aux utilisateurs de ces techniques (chercheurs, ingénieurs, techniciens...).

Chaque fiche présente les différentes procédures, les types de dangers spécifiques, l'analyse des risques et leur évaluation, ainsi que les méthodes de prévention.

1. Dans la suite de la fiche, le terme générique médecin du travail sera retenu.

1 DÉFINITION DES APPAREILS ET TYPES DE TECHNIQUES CONCERNÉS

La fiche traitera des générateurs de rayons X (RX) composés *a minima* des éléments suivants :

- tube radiogène ;
- gaine protectrice ;
- générateur haute tension ;
- système de commande.

La **figure n° 1** présente la structure du tube radiogène et de la gaine protectrice d'un dispositif d'émission de RX.

Les accélérateurs de particules feront l'objet d'une fiche spécifique. Les appareils électriques émettant de façon non désirée des rayons X (sources ou implanteurs d'ions, klystrons...) présentent des risques similaires aux générateurs de RX

et sont soumis aux mêmes principes de prévention et démarches d'évaluation.

Liste (non exhaustive) des utilisations rencontrées :

- analyse par diffraction X (analyse spectrale et structurale, caractérisation des matériaux, étude des nanomatériaux...);
- analyse par fluorescence X (caractérisation des matériaux...);

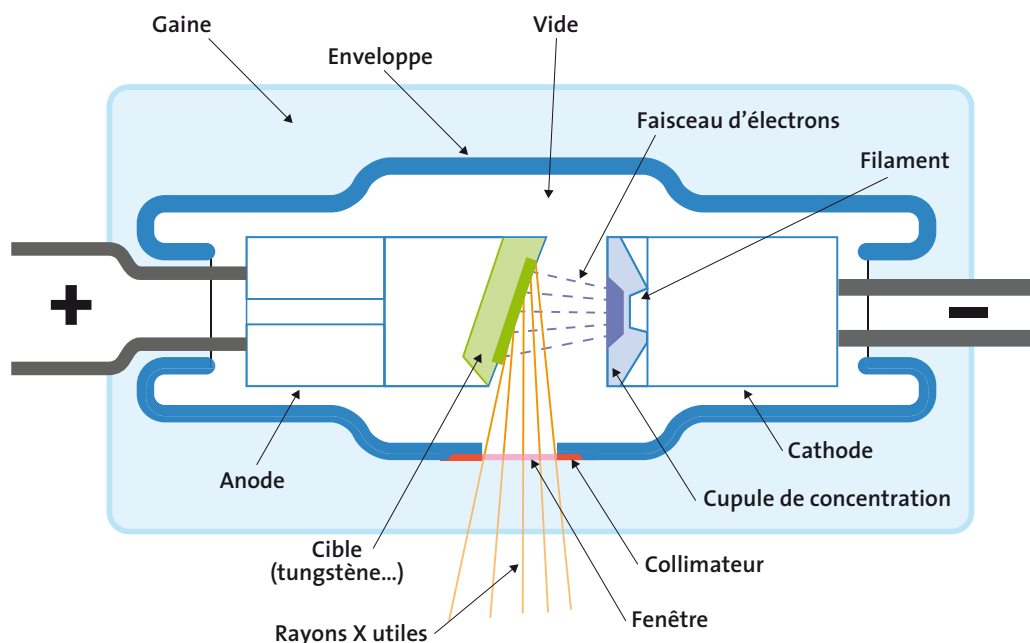


Figure 1 : Tube radiogène et gaine protectrice d'un dispositif d'émission de RX.

- irradiation (mécanismes de cancérogénèse radio-induite, aplasie, étalonnage et calibration d'appareils de mesure...);

- radiographie (imagerie en recherche préclinique, imagerie par scanner à rayons X éventuellement combiné à une gamma-caméra ou un tomographe par émission de positons, imagerie par technique de la radiographie éclair...);

- ...

2 PERSONNEL CONCERNÉ PAR LE RISQUE

- Toute personne utilisant des générateurs de RX : chercheurs, techniciens, ingénieurs, docteurs, postdoctorants, étudiants stagiaires...

- Toute autre personne amenée à intervenir sur des générateurs de RX ou dans les locaux où ceux-ci sont installés : acteurs de prévention, services techniques, entreprises extérieures (personnel de maintenance, de contrôle et/ou de vérification...)

L'ensemble des dispositions ci-après, à mettre en œuvre par l'employeur ou son représentant, s'applique aux agents et salariés, y compris temporaires², de l'établissement, aux salariés d'entreprises extérieures, aux stagiaires, ainsi qu'à toute personne placée à quelque titre que ce soit sous l'autorité de l'employeur. Elles s'appliquent également aux travailleurs indépendants et aux employeurs.

Dans le cas d'intervention d'entreprises extérieures, ces dispositions imposent une coordination des mesures de radioprotection pour les différents intervenants entre le chef de l'entreprise utilisatrice et celui de l'entreprise extérieure. Cette coordination est assurée par le chef de l'entreprise utilisatrice. Ces mesures

sont formalisées dans un plan de prévention, quelle que soit la durée de cette intervention.

3 DÉROULEMENT DES PROCÉDURES

Préalablement à l'acquisition d'un générateur de RX et au démarrage des activités, l'employeur devra, avec l'aide du salarié compétent ou du conseiller en radioprotection, réaliser l'évaluation des risques. Pour ce faire, il devra :

- obtenir les informations techniques spécifiques à l'appareil auprès du fournisseur³;

- identifier ses modalités d'utilisation;

- vérifier le régime administratif selon le type d'appareil et en tenant compte des modalités d'utilisation (« exemption », déclaration, enregistrement ou autorisation)⁴ et s'assurer du respect des exigences associées;

- s'assurer de l'adéquation entre la conception de l'installation et les caractéristiques de l'appareil.

Suite à l'évaluation préalable des risques, l'employeur devra mettre en place une organisation de la radioprotection prévue par le Code du travail dès lors qu'il met en œuvre une des mesures suivantes :

- classement des travailleurs;
- délimitation de zones en fonction des niveaux d'exposition auxquels les travailleurs sont susceptibles d'être soumis (articles R.4451-22 et suivants du Code du travail);

- vérification des équipements et installations.

Dans ce cas, il devra désigner un ou plusieurs conseiller(s) en radioprotection (personne(s) compétente(s) en radioprotection [PCR] et/ou organisme compétent en radioprotection [OCR]) ou constituer un pôle de compétences dans les établisse-

ments comprenant une installation nucléaire de base (INB), bénéficiant du temps et des moyens nécessaires à ses (leurs) missions et sur lequel (lesquels) il s'appuiera pour :

- analyser en amont les phases d'utilisation (réglage, préchauffage, fonctionnement/émission, maintenance) afin d'établir l'évaluation individuelle des risques, le programme des vérifications (type et périodicité) ainsi que les procédures en cas d'urgence;

- définir les autorisations d'accès aux locaux concernés.

Le lecteur pourra se reporter au paragraphe 6 « *Stratégie de maîtrise de risque* ».

4 DANGERS ET IDENTIFICATION DU RISQUE RAYONNEMENT IONISANT

4.1. Danger

Émission de RX : faisceau direct (utile), rayonnement diffusé (causé par les éléments positionnés dans le faisceau), rayonnement de fuite (au niveau de la gaine, de l'enceinte)...

4.2. Risque

Exposition externe : en fonction des caractéristiques de l'émission (énergie, débit de dose) et de la durée d'exposition.

Aucun risque d'exposition aux RX si le dispositif émetteur n'est pas mis sous tension.

5 ÉVALUATIONS DU RISQUE RADIOLOGIQUE ET DÉTERMINATION DES NIVEAUX D'EXPOSITION

La collaboration entre le médecin du travail et la PCR est essentielle.

2. Il est interdit d'employer des travailleurs temporaires ou en contrat à durée déterminée à des travaux accomplis dans une zone où la dose efficace susceptible d'être reçue, intégrée sur 1 heure, est égale ou supérieure à 2 mSv (article D. 4154-1 du Code du travail).

3. Tension nominale, intensité, fréquence d'émission pour les rayonnements pulsés, caractéristiques de l'anode, type de filtrations, dispositifs de signalisation et de sécurité au niveau de l'appareil, protections radiologiques, débits de dose...

4. Relève du responsable de l'activité nucléaire.

5.1. Éléments d'évaluation du risque

La première approche de l'évaluation du risque est documentaire (données issues du constructeur ou de la littérature portant sur des expérimentations similaires).

Les éléments à rassembler sont *a minima* :

- les caractéristiques du générateur de RX (réglage des paramètres : haute tension, intensité, durée d'émission, fréquence d'impulsion...);

- l'analyse des différentes phases et configurations d'utilisation afin d'identifier celles comportant un risque d'exposition aux RX. Elle prendra en compte l'accessibilité au faisceau de RX pour déterminer la possibilité d'exposition globale ou partielle ;

- les équipements de protection collective (blindage du générateur de RX et le cas échéant de son enceinte, paravents plombés) ;

- l'estimation des expositions par démonstration théorique (simulation, calcul...), retours d'expérience (REX) sur des installations similaires ;

- les critères d'exemption de procédures d'autorisation, d'enregistrement ou de déclaration pour la détention, l'utilisation et la fabrication de générateurs de RX :

- fonctionnement sous une différence de potentiel inférieure ou égale à 5 kilovolts (kV) ;

- débit d'équivalent de dose inférieur à 1 μ sievert/h à 0,1 m de la surface accessible et fonctionnement sous une différence de potentiel inférieure ou égale à 30 kV.

On entend par surface accessible toute zone accessible par tout ou partie d'une personne (corps entier, mains, doigts...), volontairement ou non, sans démontage ou modification physique de l'appareil ou de ses accessoires.

Dans le cas d'un générateur de RX, le caractère inaccessible du fais-

ceau peut résulter de la conception de l'appareil ou être le fait de l'utilisateur. Le lecteur se reportera à la **figure n° 2** pour des exemples.

Exemples, non exhaustifs, de situations d'accessibilité, ou non, du faisceau de RX :

- diffraction X, appareil contenu dans une enceinte :

- lors des phases de réglages manuels, enceinte et obturateur ouverts, la zone dans laquelle se trouve le faisceau est accessible ;

- lors du changement d'échantillon, obturateur fermé, la zone dans laquelle se trouve le faisceau est inaccessible ;

- lors de la mesure, enceinte fermée, la zone dans laquelle se trouve le faisceau est inaccessible.

- fluorescence X :

- appareil contenu dans une enceinte par conception :

- en phase de mesure, la zone dans laquelle se trouve le faisceau est inaccessible ;

- lors du changement d'échantillon, le faisceau est obturé ou le tube radiogène n'est plus alimenté en haute tension ;

- appareil porté par l'opérateur pendant l'émission de RX (de type pistolet) : la zone dans laquelle se trouve le faisceau est accessible en l'absence de couplage à une enceinte.

- irradiation :

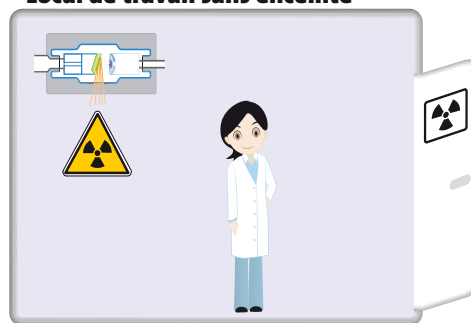
- la zone dans laquelle se trouve le faisceau est inaccessible soit par verrouillage de l'enceinte en émission, soit par rupture d'émission à l'ouverture de l'enceinte.

- radiographie :

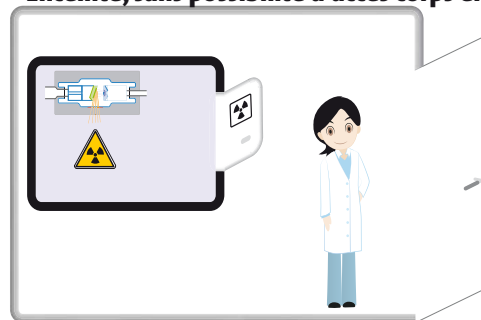
- cas général : pas de présence d'opérateur dans le local ou l'enceinte pendant l'émission de RX ;

- dans une enceinte fermée dans laquelle la présence d'une personne (corps entier) n'est matériellement pas possible, la zone dans laquelle se trouve le faisceau n'est pas accessible ;

Local de travail sans enceinte



Enceinte, sans possibilité d'accès corps entier



Enceinte, avec possibilité d'accès corps entier

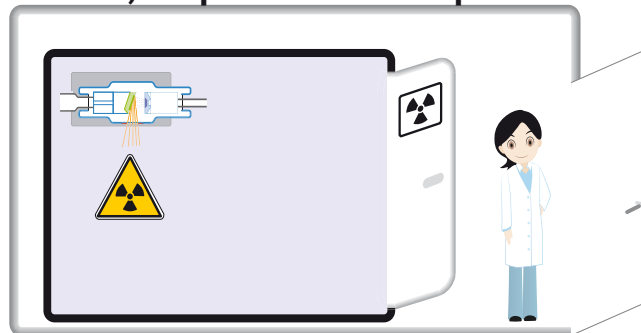


Figure 2 : Exemples d'accessibilité en fonction des locaux de travail.

→ la présence d'un opérateur dans le local pendant l'émission de RX doit être indispensable et justifiée. L'opérateur est susceptible d'être exposé au rayonnement diffusé pour le corps entier et au faisceau primaire au niveau des extrémités en fonction des tâches effectuées (radiologie interventionnelle pré-clinique...).

Les résultats de l'évaluation préalable des risques doivent être consignés dans le document unique d'évaluation des risques professionnels.

5.2. Identification et signalisation des zones contrôlées et surveillées

La démarche concerne les zones où les travailleurs sont susceptibles d'être exposés à des doses supérieures à 0,08 millisievert (mSv)/mois pour le corps entier ou à 4 mSv/mois pour les extrémités ou la peau. Dans le cas des appareils autoprotégés où l'accès au faisceau est impossible et dont la taille d'enceinte rend matériellement impossible la présence d'une personne, il n'y a pas lieu d'identifier de zone délimitée. La signalisation de la source d'émission de RX est obligatoire.

La définition des zones est fixée par la réglementation et traduit la gradation du risque. La délimitation de ces zones est mise en œuvre par l'employeur ou son représentant, sur proposition du conseiller en radioprotection, sur la base de l'évaluation préalable des risques radiologiques.

Le zonage se définit à partir des niveaux d'exposition potentiels, qu'ils concernent le corps entier et/ou les extrémités et/ou la peau :

- dans les situations représentatives des conditions d'utilisation ;
- en considérant le lieu de travail occupé de manière permanente (170 heures/mois)⁵ ;
- en incluant les incidents raisonnablement prévisibles⁶ inhérents au procédé de travail ou au travail effectué ;
- en tenant compte des équipements de protection collective (EPC), comme l'enceinte.

En revanche, les équipements de protection individuelle (EPI) ne sont pas pris en compte.

La zone est délimitée de façon continue, visible et permanente. Une zone d'extrémités est définie lorsque le zonage corps entier ne permet pas de maîtriser l'exposition des extrémités ni de garantir le respect des valeurs limites d'ex-

position réglementaires s'appliquant aux extrémités et à la peau. Lorsque les conditions d'utilisation le permettent, une zone intermittente peut être définie le cas échéant.

Pour les appareils mobiles ou portables, lorsque la dose efficace évaluée à 1 m de la source est supérieure à 25 microsievverts intégrée sur une heure, une zone d'opération est délimitée telle qu'à sa périphérie, la dose efficace demeure inférieure à 25 microsievverts intégrée sur une heure. Cette disposition ne s'applique pas en cas d'utilisation d'un appareil mobile ou portable à poste fixe ou couramment dans le même local.

La délimitation des zones est consignée dans le document unique d'évaluation des risques professionnels.

5.3. Évaluation individuelle de l'exposition aux postes de travail

5.3.1. Évaluation individuelle préalable de l'exposition aux postes de travail

L'évaluation individuelle de l'exposition doit être réalisée préalablement à l'affectation au poste. Elle s'applique à tous les travailleurs accédant en zone délimitée, qu'ils soient classés ou non. Elle est communiquée au médecin du travail lorsque l'employeur propose un classement. Le médecin du travail ou l'équipe pluridisciplinaire du service de santé au travail interentreprises sont informés des résultats de l'évaluation individuelle de l'exposition si l'employeur ne propose pas de classer les travailleurs. L'évaluation individuelle préalable prend en compte la nature du travail, les caractéristiques des RX, l'existence d'autres sources de rayonnements ionisants, sur la base de la fréquence et de la durée

des expositions sur l'ensemble des postes de travail occupés par le travailleur. Elle comporte des informations relatives à la dose efficace et aux doses équivalentes que le travailleur est susceptible de recevoir sur les 12 mois consécutifs à venir. Elle intègre l'ensemble des tâches réalisées, extrapolées sur une année, en tenant compte de la variabilité des pratiques individuelles, des expositions potentielles et des incidents raisonnablement prévisibles⁶. Elle doit également prendre en compte les EPC et les EPI utilisés, et l'ergonomie des postes de travail. Ses résultats doivent pouvoir être consultés pendant au moins 10 ans. Chaque travailleur a accès à l'évaluation le concernant.

À la première mise en œuvre, chacune des étapes du protocole donne lieu à des mesures de débit de dose (en différents points représentatifs) et du temps d'exposition, ou à des mesures de dose intégrée pour évaluer l'exposition individuelle. Toute modification significative du protocole et/ou des conditions de travail nécessitera une actualisation de l'évaluation des risques par l'employeur.

L'entreprise utilisatrice doit communiquer à l'entreprise de travail temporaire l'évaluation individuelle du risque lié à la mission confiée avant la mise à disposition du travailleur.

L'évaluation individuelle de l'exposition a pour objet de définir les mesures de prévention et fonde notamment le classement des travailleurs en référence aux niveaux de dose retenus pour le classement.

L'employeur définit préalablement des contraintes de dose individuelles pour toute activité réalisée en zone contrôlée, en zone d'extrémités ou en zone d'opération. Par la suite, les niveaux d'exposition et les contraintes de dose

5. Instruction DGT/ASN/2018/229 du 2 octobre 2018.

6. Défaillance potentielle du premier moyen de prévention (premiers systèmes de verrouillage de sécurité, non-respect d'une consigne de sécurité)...

seront affinés par :

- les résultats des mesures (ambiance, fuite) lors des vérifications périodiques ;
- les résultats de la surveillance dosimétrique individuelle ;
- le REX d'utilisation ;
- les événements significatifs pour la radioprotection (ESR) ⁷ (incidents, accidents...).

5.3.2. Classement du personnel

Le classement s'applique à tout travailleur susceptible de dépasser, dans le cadre de son activité professionnelle, l'une des limites de dose fixées pour un travailleur non classé, dans les conditions habituelles de réalisation des opérations, incluant les incidents raisonnablement prévisibles et les expositions potentielles qui en découlent. Les limites de dose pour un travailleur non classé et les valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) sont définies respectivement aux articles R.4451-57 et R.4451-6 du Code du travail. Elles sont présentées dans le **tableau I**.

Le classement est défini par l'employeur, après avis du médecin du travail, à partir de l'exposition la

plus pénalisante. Il est apprécié au préalable avec le conseiller en radioprotection selon l'analyse de l'ensemble des expositions potentielles aux rayonnements ionisants de chaque travailleur. Un travailleur peut être classé en A ou en B du seul fait de sa dose aux extrémités.

5.4. Choix de la surveillance dosimétrique

Une surveillance dosimétrique individuelle adaptée aux caractéristiques des rayonnements ionisants est mise en place sur la base des évaluations individuelles préalables d'exposition, du classement des travailleurs et de l'identification des zones délimitées :

- **pour l'exposition externe corps entier** : port de dosimètre à lecture différée (passif) ;
- **en cas d'exposition externe des extrémités et du cristallin** : par exemple port de bague pour les extrémités, dosimètre cristallin. Le port d'un dosimètre opérationnel est obligatoire, pour les travailleurs classés intervenant en zone contrôlée, d'extrémités ou en zone d'opération, et pour toute personne, même non classée, accédant en zone contrôlée verte ou jaune.

6 STRATÉGIE DE MAÎTRISE DE RISQUES

6.1. Principes de prévention des risques

La maîtrise des risques au poste de travail repose sur les principes de radioprotection (justification, optimisation, limitation) et sur l'application des principes généraux de prévention :

- suppression ou limitation du risque ;
- réduction du niveau d'exposition externe (organisation du travail, agencement des locaux et postes de travail, collimation du faisceau, filtration, paramétrages, temps, écran, distance...);
- vérifications initiales et périodiques des installations, des générateurs de RX, des appareils de mesure et des dispositifs de protection et d'alarme. Les résultats de ces vérifications font l'objet d'un enregistrement systématique, toute anomalie doit être analysée, traitée et tracée ;
- connaissance par chaque travailleur des risques et des règles de radioprotection lors de la mise en œuvre des générateurs de RX ;
- ...

7. Cf. Guide de l'ASN n° 11 : Événement significatif dans le domaine de la radioprotection (hors INB et transports de matières radioactives) : déclaration et codification des critères. Version du 7 octobre 2009, mise à jour juillet 2015.

➤ **TABLEAU I : VALEURS LIMITES D'EXPOSITION PROFESSIONNELLE ET LIMITES DE DOSE DÉFINISSANT LES CATÉGORIES DE TRAVAILLEURS**

	DOSES EFFICACES ET DOSES ÉQUIVALENTES (EN mSv SUR 12 MOIS CONSÉCUTIFS)		
	Organisme entier (dose efficace)	Extrémités et peau *	Cristallin **
Travailleur non classé	1	50	15
VLEP (sauf travailleuses enceintes et travailleurs de moins de 18 ans)	20	500	20
Travailleurs, catégorie B	< 6	< 150	> 15
Travailleurs, catégorie A	≥ 6	≥ 150	–

* Pour la peau : dose moyenne sur toute surface de 1 cm², quelle que soit la surface exposée.

** Il n'y a pas de classement en catégorie A uniquement au titre de l'exposition du cristallin. La VLEP pour le cristallin est de 20 mSv sur 12 mois consécutifs à compter du 1^{er} juillet 2023. Du 1^{er} juillet 2018 au 30 juin 2023, la valeur limite de la dose cumulée (sur ces 5 années) est de 100 mSv, pour autant que la dose reçue au cours d'une année ne dépasse pas 50 mSv.

6.2. Mesures techniques concernant l'installation

En complément des dispositions prévues pour la prévention des autres, il convient de respecter vis-à-vis du risque radiologique les dispositions suivantes.

6.2.1. Conception de l'installation

Les prescriptions réglementaires sur les mesures d'organisation et les conditions d'utilisation des équipements de travail doivent être mises en œuvre concernant :

- le risque électrique ;
- les passages et allées de circulation (déplacements, apport ou évacuation de substances...), l'état des sols ;
- la stabilité des équipements ;
- l'ergonomie des postes de travail (incluant les opérations de maintenance) ;
- les circuits d'évacuation des personnes ;
- ...

Les règles de base de conception de locaux pour une utilisation donnée doivent être respectées, privilégiant les EPC.

Les générateurs de RX doivent répondre à des exigences quant à la conception d'une part des appareils ⁸, et d'autre part des installations ⁹ dans lesquelles ils sont utilisés.

Il convient de dédier des espaces de travail à l'emploi des générateurs de RX.

Il est recommandé que les activités de bureau soient réalisées dans des locaux distincts des activités d'expérimentation.

6.2.2. Vérifications de l'installation ¹⁰

L'installation fait l'objet d'un examen de réception défini à l'article R.1333-139 du Code de la santé publique.

Sur les conseils du conseiller en radioprotection, l'employeur définit

le programme et les modalités des vérifications.

6.2.2.1 Vérifications initiales

Les vérifications initiales sont pratiquées par des organismes accrédités ou par l'IRSN. Elles doivent être réalisées lors d'une mise en service ou d'une modification importante des méthodes ou des conditions de travail susceptible d'affecter la santé et la sécurité des travailleurs. Une mesure d'ambiance « initiale » (avant mise en service du générateur de RX) doit être réalisée.

6.2.2.2 Vérifications périodiques

Les vérifications périodiques des niveaux d'exposition (ambiance) comprennent les mesures de débits de dose ou de doses intégrées. Elles peuvent être réalisées périodiquement et/ou, le cas échéant, en continu. Elles sont mises en œuvre par le conseiller en radioprotection ou sous sa supervision.

Les vérifications périodiques relatives aux EPC doivent être également effectuées.

Les vérifications sont réitérées lors de modifications de protocole ou de la mise en œuvre d'une nouvelle expérimentation.

En cas d'anomalies et incidents, ces vérifications sont éventuellement à compléter.

6.3. Mesures techniques concernant l'instrumentation et les systèmes de protection et d'alarme

Il faut :

- s'assurer de l'adéquation des types de détecteurs (y compris les dosimètres opérationnels) à la nature et à l'énergie du rayonnement, au type de champ (pulsé ou continu), ainsi que de la pertinence de leur emplacement ;
- s'assurer du fonctionnement des instruments de mesure de radioprotection ;

- vérifier périodiquement les dispositifs de protection, de signalisation et d'alarme.

6.4. Mesures techniques concernant l'utilisation des générateurs de RX

6.4.1. Vérifications des générateurs de RX

6.4.1.1 Vérifications initiales

Les vérifications initiales sont pratiquées par des organismes accrédités ou par l'IRSN. Elles doivent être réalisées lors d'une mise en service ou d'une modification importante susceptible d'affecter la santé et la sécurité des travailleurs.

Les vérifications initiales doivent être renouvelées à intervalle régulier si les équipements présentent un « risque particulier » au sens de la réglementation ¹².

6.4.1.2 Vérifications périodiques

Les vérifications périodiques comportent, notamment, la vérification du bon fonctionnement du générateur, de ses accessoires, des systèmes de sécurité et de signalisation. Elles ont pour but la mise en évidence en temps utile de toute détérioration susceptible de créer un danger. Elles sont réalisées périodiquement et lors de la remise en service après toute opération de maintenance. Elles sont mises en œuvre par le conseiller en radioprotection ou sous sa supervision.

6.4.2. Utilisation des générateurs de RX

- En amont de l'utilisation de générateurs de RX :

- planifier son travail ;
- réduire la fréquence de l'utilisation des générateurs de RX au strict nécessaire ;
- privilégier le couplage des générateurs de RX à faisceau accessible avec une enceinte lorsque les conditions matérielles de l'expérimentation le permettent.

8. Arrêté du 2 septembre 1991 déterminant les prescriptions techniques auxquelles les générateurs électriques de rayons X utilisés en radiologie industrielle.

9. Arrêté du 29 septembre 2017 portant homologation de la décision n° 2017-DC-0591 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 13 juin 2017 fixant les règles techniques minimales de conception auxquelles doivent répondre les locaux dans lesquels sont utilisés des appareils électriques émettant des rayonnements X.

10. Des dispositions transitoires sont applicables jusqu'au 1^{er} juillet 2021. Le lecteur peut se reporter à l'instruction DGT/ASN/2018/229 du 2 octobre 2018.

11. Arrêté prévu par l'article R.4451-51 du Code du travail.

■ Pendant le fonctionnement des générateurs de RX :

- respecter les protocoles établis ;
- privilégier les EPC (écrans en plomb d'épaisseur adaptée à l'énergie des RX) ;
- compléter avec des EPI si nécessaire (cf. paragraphe 6.5.1 « Mesures techniques individuelles »).

6.5. Mesures concernant les travailleurs

Tout travailleur accédant à une zone doit y être préalablement et individuellement autorisé par l'employeur. Le classement vaut autorisation.

Les travailleurs non classés peuvent accéder en zones surveillées, contrôlées vertes et contrôlées jaunes sous certaines conditions (évaluation de l'exposition individuelle, exposition demeurant inférieure aux niveaux de dose retenus pour le classement, information adaptée, voire renforcée, port de dosimètre opérationnel...).

6.5.1. Mesures techniques individuelles

- Vérifier le bon état des EPI.
- Porter les EPI nécessaires et appropriés au regard des risques radiologiques et conformément aux informations données par le fabriquant.

6.5.2. Formation et information

Une information ciblée et, le cas échéant, une formation adaptée doivent être délivrées aux travailleurs concernés par le risque (cf. *paragraphe 2*).

6.5.2.1 Formation et information des travailleurs

■ Formation et information sont organisées et délivrées avec le concours du conseiller en radioprotection qui exerce ses missions en lien avec le médecin du travail et le salarié compétent pour la prévention des risques professionnels, ou l'assistant (ou conseiller)

de prévention le cas échéant.

■ Formation spécifique à la radioprotection pour les travailleurs classés :

- adaptée au poste de travail occupé ;
- adaptée à l'utilisation des générateurs de RX ;
- renouvelée en cas de changement de poste, création de poste, reprise après un arrêt de travail d'au moins 21 jours¹², et au moins tous les 3 ans ;
- sensibilisation des femmes sur les risques pour l'enfant à naître et sur l'importance de la déclaration précoce des grossesses.

■ Information :

- pour les travailleurs non classés dûment autorisés à accéder en zone délimitée, renforcée en cas d'accès en zone contrôlée jaune ;
- dans certains cas particuliers : retours d'expérience, sensibilisation des femmes sur les risques pour l'enfant à naître et sur l'importance de la déclaration précoce des grossesses.

■ Pour les travailleurs des entreprises extérieures : information adaptée, rattachée au plan de prévention.

6.5.2.2 Affichage et autres consignes

- Affichage des consignes générales d'hygiène et sécurité.
- Signalisation des zones délimitées au niveau des accès du local.
- Signalisation spécifique et appropriée de chaque source de rayonnements ionisants.
- Affichage des consignes de travail adaptées et de la conduite à tenir en cas d'accident du travail et/ou radiologique.
- Affichage des noms et coordonnées du conseiller en radioprotection, du médecin du travail (service de santé au travail) et de l'agent de contrôle de l'inspection du travail.
- Mise à disposition des notices de fonctionnement des appareils de mesure et consignes d'utilisation.

6.5.3. Évaluation individuelle de l'exposition aux rayonnements ionisants

Le lecteur se reportera au paragraphe 5.3.1 *Évaluation individuelle de l'exposition aux postes de travail*.

6.5.4. Mise en œuvre de la dosimétrie

Avant toute demande de dosimètre chaque travailleur est inscrit par son employeur dans le Système d'information et de surveillance de l'exposition aux rayonnements ionisants (SISERI) par l'intermédiaire du Correspondant de l'employeur pour SISERI (CES). La gestion de SISERI est assurée par l'IRSN.

6.5.4.1 Dosimétrie à lecture différée (passive)

■ Obligatoire pour les travailleurs classés.

■ Mise en place :

- chaque employeur (y compris le chef d'entreprise extérieure ou de travail temporaire) est responsable de la mise en œuvre de la dosimétrie à lecture différée des salariés qu'il emploie ; à ce titre, il est tenu de leur fournir les dosimètres adaptés ;

→ stagiaire : la dosimétrie à lecture différée est assurée par l'employeur de la personne sous l'autorité de laquelle il est placé ; la convention de stage peut préciser des modalités spécifiques.

■ Communication des résultats :

- le médecin du travail communique et commente les résultats dosimétriques individuels au travailleur ;
- le conseiller en radioprotection a accès aux résultats de la dose efficace et des doses équivalentes sur la durée du contrat de travail du travailleur. Ces résultats peuvent être consultés sur 24 mois glissants via SISERI.

6.5.4.2 Dosimétrie opérationnelle

L'utilisation de la dosimétrie opéra-

12. Information et formation sur la sécurité, à la demande du médecin du travail.

tionnelle s'inscrit dans le cadre de la gestion de la contrainte de doses définies par l'employeur. Le dosimètre opérationnel se positionne comme un outil de pilotage des mesures de prévention.

■ Obligatoire en cas d'entrée en zone contrôlée.

■ Mise en place :

→ il appartient à chaque employeur de fournir les dosimètres opérationnels aux salariés qu'il emploie ;

→ entreprise extérieure : des accords peuvent être conclus entre le chef de l'entreprise utilisatrice et celui de l'entreprise extérieure pour la fourniture des dosimètres opérationnels ;

→ entreprise de travail temporaire : la dosimétrie opérationnelle est à la charge de l'entreprise utilisatrice ;

→ stagiaire : la dosimétrie opérationnelle est assurée par l'employeur de la personne sous l'autorité de laquelle il est placé ; la convention de stage peut préciser des modalités spécifiques.

■ Paramétrage :

Les dosimètres opérationnels sont paramétrés par le conseiller en radioprotection qui définit des seuils d'alarme.

■ Communication des résultats :

Le conseiller en radioprotection communique les résultats aux intéressés, à l'employeur, éventuellement au médecin du travail. Dans les établissements comprenant une installation nucléaire de base, l'employeur transmet périodiquement les niveaux d'exposition mesurés à SISERI. En cas de mise à disposition de dosimètres opérationnels par l'entreprise utilisatrice, le conseiller en radioprotection de l'entreprise utilisatrice communique ces résultats au conseiller en radioprotection de l'entreprise extérieure.

L'employeur doit s'assurer par des moyens appropriés que l'exposi-

tion des travailleurs non classés accédant à des zones délimitées demeure inférieure aux niveaux de dose retenus pour le classement.

6.5.5. Spécificités concernant le personnel de recherche extérieur au laboratoire

Avant qu'une personne extérieure n'utilise un générateur de RX soumis à autorisation, le responsable de la structure d'accueil vérifie que la personne extérieure a bien une connaissance des règles de sécurité et des obligations réglementaires concernant les rayonnements ionisants, adaptée au type d'appareil utilisé. Un plan de prévention écrit précise, notamment, les phases d'activité dangereuses et les moyens de prévention spécifiques correspondants, les instructions à donner aux travailleurs extérieurs, l'organisation mise en place pour assurer les premiers secours en cas d'urgence.

Dans tous les cas, le conseiller en radioprotection du laboratoire doit définir les modalités d'intervention (accès en zones délimitées, suivi dosimétrique, formation, information...) en liaison étroite avec son homologue.

Il est en effet essentiel que les conseillers en radioprotection partagent les informations en leur possession.

L'application de ces procédures doit être contrôlée avec une vigilance particulière.

7

SUIVI MÉDICAL EN SANTÉ AU TRAVAIL

7.1. Suivi individuel renforcé

Tout travailleur classé bénéficie d'un suivi individuel renforcé (régime général) ou d'une surveillance médicale particulière (fonction publique). Il est de la responsabilité de

l'employeur de s'assurer que les travailleurs bénéficient des examens prévus en santé au travail.

Le suivi individuel renforcé comprend un examen médical d'aptitude, effectué par le médecin du travail préalablement à l'affectation sur le poste. Cet examen d'aptitude a notamment pour objet de s'assurer de la compatibilité du poste avec l'état de santé du travailleur avant qu'il n'y soit affecté, afin de prévenir tout risque grave d'atteinte à sa santé ou à sa sécurité, à celles de ses collègues ou des tiers évoluant dans l'environnement immédiat de travail.

Les travailleurs classés en catégorie A bénéficient d'un suivi de leur état de santé au moins une fois par an par le médecin du travail, lequel délivre un avis d'aptitude à l'issue de chaque visite. Pour les travailleurs classés en catégorie B, la périodicité des examens d'aptitude est déterminée par le médecin du travail et ne peut être supérieure à quatre ans pour les travailleurs du régime général. Une visite intermédiaire est effectuée par un professionnel de santé au plus tard deux ans après la visite avec le médecin du travail et donne lieu à la délivrance d'une attestation de suivi.

7.2. Orientation du suivi médical

Le suivi médical s'appuie notamment sur les données de l'évaluation individuelle d'exposition. Il comprend un examen clinique et des examens complémentaires dont la nature et la fréquence sont déterminées par le médecin du travail. Il intègre la surveillance des autres risques identifiés (§ 9).

■ Examen clinique :

Dépistage des diverses pathologies susceptibles d'être déclenchées ou aggravées, entre autres, par l'exposition aux rayonnements ionisants (examen ophtalmologique, cutané...).

■ Résultats de la surveillance dosimétrique individuelle.

■ Examens complémentaires :

Une NFS (numération – formule sanguine) à l'embauche est préconisée comme examen de référence, puis sa fréquence sera adaptée au suivi individuel, en fonction de l'analyse des risques au poste.

■ Les femmes en âge de procréer doivent être informées de l'importance de déclarer au plus tôt leur grossesse.

7.3. Organisation du suivi individuel renforcé pour les travailleurs des entreprises extérieures

■ Cadre général :

→ le médecin du travail de l'entreprise utilisatrice assure, pour le compte de l'entreprise extérieure, la réalisation des examens complémentaires rendus nécessaires par la nature et la durée des travaux effectués par les salariés de l'entreprise extérieure dans l'entreprise utilisatrice ;

→ les résultats en sont communiqués au médecin du travail de l'entreprise extérieure qui déterminera, le cas échéant, l'aptitude au poste ;

→ le chef de l'entreprise utilisatrice doit faciliter l'accès du poste de travail au médecin du travail de l'entreprise extérieure.

■ Entreprise extérieure intervenant de manière durable dans une entreprise utilisatrice : accord possible entre les entreprises et les médecins du travail pour que les examens périodiques soient assurés par le médecin du travail de l'entreprise utilisatrice.

7.4. Femme enceinte ou allaitant

De nombreuses substances utilisées en recherche peuvent être toxiques pour la reproduction. Aussi, il est nécessaire que le personnel féminin informe le plus tôt possible de sa grossesse le médecin

du travail pour permettre la mise en place des mesures préventives nécessaires.

L'aménagement du poste de travail ou le changement d'affectation est laissé à l'entière appréciation du médecin du travail après concertation avec l'intéressée, mais aucune femme enceinte ne peut être maintenue à un poste impliquant un classement en catégorie A, et l'exposition de l'enfant à naître doit, dans tous les cas, rester inférieure à 1 mSv entre la déclaration de la grossesse et l'accouchement.

L'exposition à des RX émis par des générateurs électriques ne présente pas de risque de contamination interne pour les femmes allaitant.

7.5. Dossier médical en santé au travail et suivi post-professionnel

■ Le dossier médical en santé au travail comporte notamment :

→ les données de l'évaluation individuelle de l'exposition aux RI ;

→ le relevé dosimétrique avec les doses efficaces et les doses équivalentes ;

→ les expositions ayant conduit à un dépassement des valeurs limites et les doses reçues ;

→ l'ensemble des résultats des examens cliniques et complémentaires effectués.

■ Il est conservé jusqu'au moment où le travailleur aurait atteint l'âge de 75 ans, et, en tout état de cause, pendant au moins 50 ans après la fin de la période d'exposition.

■ Ce dossier est communiqué au médecin inspecteur du travail sur sa demande et peut être adressé, avec l'accord du travailleur, au médecin choisi par celui-ci.

■ Si l'établissement vient à disparaître ou si le travailleur change d'établissement, l'ensemble du dossier est transmis au médecin inspecteur du travail, à charge pour celui-ci de l'adresser, à la demande de l'intéressé, au médecin du tra-

vail désormais compétent.

■ Le travailleur a accès, à sa demande, aux informations contenues dans son dossier médical¹³.

■ L'attestation d'exposition professionnelle aux rayonnements ionisants est établie par l'employeur et le médecin du travail, conformément à l'arrêté du 28 février 1995 modifié¹⁴.

8 INCIDENTS ET DYSFONCTIONNEMENTS

8.1. Principes généraux

Prendre immédiatement les dispositions pour arrêter l'exposition des personnes impliquées et, si nécessaire, assurer en priorité leur prise en charge médico-chirurgicale.

Suivre les procédures d'urgence, qui doivent être établies au préalable.

Le conseiller en radioprotection, le responsable du laboratoire, l'employeur et le médecin du travail doivent être prévenus **sans délais**.

Si nécessaire, contacter le dispositif d'alerte de l'IRSN : 06 07 31 56 63 pour une assistance (reconstitution de la dose, prise en charge...). Le médecin du travail ou le conseiller en radioprotection peuvent demander la lecture d'un dosimètre en urgence.

8.2. Volet administratif

■ Prévenir les différents responsables concernés : l'employeur et/ou le responsable de l'activité nucléaire, le conseiller en radioprotection, le salarié compétent pour la prévention des risques professionnels, l'assistant (ou conseiller) de prévention le cas échéant, ainsi que le médecin du travail.

■ En cas d'événement significatif en radioprotection : prévenir l'ASN et déclarer l'événement significatif de radioprotection (ESR)¹⁵. Une copie est à adresser à l'IRSN.

13. Article L.1111-7 du Code de la Santé publique.

14. Pris en application de l'article D.461-25 du Code de la Sécurité sociale fixant le modèle type d'attestation d'exposition et les modalités d'examen dans le cadre du suivi post-professionnel des salariés ayant été exposés à des agents ou procédés cancérogènes.

15. Site ASN : www.asn.fr, cheminement : Professionnels/Les guides de déclaration des événements significatifs.

- En cas de dépassement de l'une des valeurs limites réglementaires : prévenir l'agent de contrôle de l'inspection du travail ou équivalent, l'ASN, l'IRSN et le Comité social et économique (CSE).
- Respecter les procédures de déclaration des accidents du travail :
 - secteur privé : déclaration à la CPAM ou inscription, pour les incidents mineurs, sur le registre des accidents du travail (dits bénins) ;
 - secteur public : déclaration à l'employeur (en général *via* les ressources humaines) et inscription de l'incident sur le registre d'hygiène et sécurité au travail.
- Quelles que soient la nature et la gravité de l'ESR, il est obligatoire d'en analyser les causes en vue de faire progresser la radioprotection sur le site et de partager le retour d'expérience.

9 RISQUES ASSOCIÉS

- Risque radiologique lié à la manipulation de sources scellées (étalonnage), non scellées et d'échantillons radioactifs, exposition au radon.
- Risque électrique.
- Risque biologique : piqûre, coupure, morsure, griffure et/ou projection (sang, urines, cellules tumorales d'origine humaine greffées chez l'animal...), aérosols produits à l'occasion du nettoyage des cages...
- Risque chimique : utilisation simultanée de solvants, cytostatiques, substances cancérigènes, mutagènes ou toxiques pour la

reproduction (CMR), anesthésiques gazeux, nanoparticules...

- Risque allergique : latex, protéines animales, détergents, désinfectants...
- Produits cryogéniques.
- Agents physiques : bruit, champs électromagnétiques, rayonnements optiques artificiels...
- Gestes répétitifs, manutention et postures contraignantes, chutes...
- Travail isolé.
- ...

10 ÉVALUATION DE LA MAÎTRISE DES RISQUES

Afin d'optimiser la radioprotection des travailleurs et de l'installation, l'employeur établit l'ensemble des bilans nécessaires à l'évaluation de la maîtrise des risques. Les bilans font notamment état des dépassements des valeurs limites et des moyens mis en œuvre pour y remédier et les prévenir.

Le conseiller en radioprotection informe l'employeur en cas de risque de dépassement d'une contrainte de dose ou de l'évaluation individuelle d'exposition.

La consultation régulière de SISERI et des résultats de dosimétrie opérationnelle à des fins d'optimisation et d'information par le médecin du travail et par le conseiller en radioprotection, ainsi que la consultation des relevés annuels des doses individuelles, permettent d'apprécier l'évolution de l'exposition des travailleurs.

L'employeur communique au CSE :

- le résultat de l'évaluation des risques et des mesurages ;
 - le bilan statistique des expositions ;
 - le bilan des dysfonctionnements relevés ;
 - le bilan des vérifications initiales et périodiques des équipements de travail et d'ambiance.
- Les résultats des différentes vérifications et l'évaluation individuelle préalable du niveau d'exposition sont intégrés dans le document unique d'évaluation des risques professionnels.

Composition du comité scientifique

Autorité de sûreté nucléaire (ASN), Paris

- J. Fradin
- C. Andraud

Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN)

- A. Cordelle

Ministère du Travail, Direction générale du travail (DGT)

- E. Dufay
- P. Mathieu

Institut national de recherche et de sécurité (INRS)

- A. Bourdieu

Experts

- P. Frot, INSERM
- M.L. Gaab, INSERM/GIP CYCERON
- J.M. Horodyski, CNRS/INP/iRSD
- S. Rigaud, Institut de recherche Pierre Fabre
- C. Thieffry, CNRS/IN2P3

