

## **Titre : Le risque radiologique au sein des TPE - PME**

Comment aborder la prévention de ce risque ?



**Travaux encadrés d'alternants réalisés dans le cadre du module**  
**« Facteurs de risque et prévention »**  
**Master IS-PRNT – Année 2017/2018**

**Composition du Groupe de travail :**

AGOSTINI Lysa  
 SANCHEZ Matthias  
 SIN Gregory

**Travaux coordonnés par :**

Référénts de la Direccte : Nicole Grolleau  
 Référénts projet tuteuré : Olivier Bataille et Cyril Pujol  
 Avec alternants Victoria Félix et Laurène Daniele de M2 IS-PRNT en conduite de projet

**Date :** 26 juin 2018

**Faculté de Pharmacie - Master IS-PRNT**



# Sommaire

<b>Glossaire</b>	3
<b>Introduction</b>	4
<b>Généralités</b>	5
Les effets des rayonnements sur l'Homme	5
La radioprotection	5
Catégorie des travailleurs	6
Les doses et les unités	7
Evaluation des risques	7
Le zonage	10
<b>Cas pratiques</b>	11
Utilisation d'un générateurs X	11
Définitions	11
Activités	11
Réglementation	12
Gestion du risque	12
Questions réflexes	13
Utilisation d'un gammagraphes	14
Définitions	14
Activités	15
Réglementation	15
Gestion du risque	16
Questions réflexes	16
Manipulation de sources non-scellées	18
Définitions	18
Activités	18
Réglementation	19
Gestion du risque	19
Questions réflexes	20
<b>Conclusion</b>	21
<b>Sources</b>	22
<b>Annexes</b>	23

## Glossaire

<b>ALARA :</b>	As Low As Reasonably Achievable
<b>ANDRA :</b>	Agence Nationale pour la gestion des Déchets RADIOactifs
<b>ASN :</b>	Autorité de Sûreté Nucléaire
<b>DED :</b>	Débit d'Équivalent de Dose
<b>EURATOM :</b>	Communauté EUROpéenne de l'énergie ATOMique
<b>GY :</b>	Gray
<b>IRSN:</b>	Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire
<b>kV:</b>	KiloVolt
<b>Sv :</b>	Sievert
<b>PCR :</b>	Personne Compétente en Radioprotection
<b>TPE :</b>	Très Petite Entreprise
<b>PME :</b>	Petite et Moyenne Entreprise

## I. Introduction

Depuis la naissance de l'Univers, la radioactivité est présente dans toute la matière : celle qui nous entoure, celle qui compose le monde vivant .... Tout est naturellement radioactif : le sol, l'atmosphère, l'eau et les aliments, notre corps lui-même est radioactif. Omniprésente depuis toujours, la radioactivité a seulement été découverte en 1896 par Henri Becquerel à Paris. Elle est devenue depuis un sujet d'étude et de recherche important dont les applications sont de plus en plus présentes dans notre quotidien.

Dans la nature, la plupart des noyaux d'atomes sont stables, c'est-à-dire qu'ils restent indéfiniment identiques à eux-mêmes. Les autres sont instables car ils possèdent trop de protons ou de neutrons ou trop des deux. Pour revenir vers un état stable, ils sont obligés de se transformer. Ils expulsent alors de l'énergie sous forme de rayonnements : c'est le phénomène de radioactivité.

La radioactivité est aussi générée artificiellement par l'Homme. Ainsi, des rayonnements radioactifs sont générés pour des fins utiles à notre développement tel que la production d'électricité, la recherche ou la médecine. Elle est, par exemple, utile pour la détection et la guérison de maladies, l'extermination d'insectes fléaux, la conservation des aliments, la datation d'œuvres d'art ou la vérification de soudures. L'homme est donc exposé en permanence à ce type de rayonnements.

Les rayonnements ionisants exigent des mesures de prévention tout à fait spécifiques car ils sont perceptibles par aucun sens de l'Homme. Les effets qu'ils peuvent provoquer n'apparaissent souvent qu'au bout d'un temps assez long et les risques encourus peuvent être préjudiciables à la santé des travailleurs.

Ce dossier a été réalisé dans le but de constituer un outil d'aide à la prévention du risque radiologique en milieu professionnel. Il vous fera découvrir dans un premier temps les principales notions de base et connaissances sur les rayonnements ionisants. Dans un second temps et au travers des trois principaux domaines exposant les TPE-PME qui sont la Radiographie, la Gammagraphie et l'utilisation de Sources Non Scellées, il vous détaillera les points clés de l'évaluation de ce risque et les mesures de préventions nécessaires pour la protection de la santé de vos salariés.

## II. Généralités

### 1. Les effets des rayonnements sur l'Homme

Les rayonnements émis par les radionucléides perdent leur énergie lors de leurs déplacements dans un milieu par ionisation et/ou excitation des atomes qu'ils rencontrent lors de ce que ces rayonnements traversent le corps humain. On observe des effets biologiques au niveau d'un organisme résultant de lésions créées par cette interaction. Tous nos organes n'ont pas la même sensibilité aux radiations et les plus sensibles en cas d'exposition sont : les organes reproducteurs, les organes impliqués dans la formation des cellules sanguines, le cristallin de l'œil et la peau.

Selon les conditions d'apparition de ces effets, de leurs gravités et de leurs conséquences sur la santé, les effets sont classés en 2 catégories : les effets déterministes et les effets stochastiques.

- Les effets déterministes : ils apparaissent rapidement et à partir d'un certain seuil d'exposition. Ils représentent les effets pathologiques directement liés aux lésions cellulaires et sont représentatifs de la dose reçue.
- Les effets stochastiques ou aléatoires : ils apparaissent de façon probabiliste et généralement quelques dizaines d'années après l'exposition. La probabilité augmente avec la dose mais la gravité en est indépendante.

Pour estimer les risques d'une exposition excessive à la radioactivité, il faut considérer la dose reçue, la durée d'exposition mais aussi les radionucléides ou les types de rayonnements concernés. Il faut également prendre en compte la manière dont l'organisme est exposé et la radiosensibilité de la personne exposée.

### 2. La radioprotection

La radioprotection est l'ensemble des règles, des procédures, des moyens de prévention et de surveillance visant à empêcher ou à réduire les effets nocifs des rayonnements ionisants produits sur les personnes, directement ou indirectement, y compris par les atteintes portées à l'environnement. Elle repose sur trois grands principes : la justification, l'optimisation et la limitation des doses.

- **Justification** : toute activité humaine susceptible d'entraîner une exposition de l'homme aux rayonnements ionisants doit être justifiée par les avantages qu'elle

procure. Ses bénéfices doivent être supérieurs à ses inconvénients.

- **Optimisation** : pour une source donnée, l'objectif général est de maintenir les valeurs de doses individuelles et collectives, au niveau le plus bas que raisonnablement possible, compte tenu de l'état des techniques et des facteurs socio-économiques. C'est le principe ALARA (As Low As Reasonably Achievable).
- **Limitation des doses** : l'exposition d'une personne aux rayonnements ionisants ne peut porter la somme des doses reçues au-delà des limites fixées par voie réglementaire, sauf si cette dose fait l'objet justification fondée (examens médicaux, recherches, etc.)

### 3. Catégorie des travailleurs

En application du principe de limitation des doses, des valeurs limites réglementaires sont établies pour les travailleurs exposés aux rayonnements ionisants (articles R. 4451-12 58 et R. 4151-13 59 du Code du travail).

Limites Françaises en millisievert/an (mSv sur 12 mois consécutifs)				
	Corps entier (dose efficace)	Mains, avant bras, pieds, cheville (dose équivalente)	Peau (dose équivalente sur tout cm <sup>2</sup> )	Cristallin (dose équivalente)
Travailleurs	20 mSv	500 mSv	500 mSv	150 mSv
Jeunes travailleurs (16/ 18 ans)	6 mSv	150 mSv	150 mSv	45 mSv
Femmes enceintes	Inférieur à 1 mSv (dose équivalente au fœtus), de la déclaration de la grossesse à l'accouchement			
Femmes allaitantes	Interdiction de les maintenir ou les affecter à un poste entraînant un risque d'exposition interne			

*Tableau n°1 : Réglementation des limites de d'exposition*

Selon l'article R.1333-9 du code de la santé publique, ces limites réglementaires de dose ne s'appliquent pas aux expositions résultant des examens médicaux auxquels est soumis la population.

Lorsqu'un travailleur a subi une exposition qui dépasse les limites réglementaires, l'employeur, appuyé par la Personne Compétente en Radioprotection (PCR) 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. **(Annexe 1)**

#### 4. Les doses et les unités

L'activité d'une source radioactive correspond au nombre de noyaux qui se transforment spontanément par seconde, elle s'exprime en becquerel (1 Bq = 1 désintégration par seconde). C'est une petite unité comparée aux activités habituellement trouvées dans la nature.

La présence d'une certaine quantité de radioactivité à un endroit où elle ne devrait pas être constitue une contamination. Cette notion peut être rapportée à une surface (activité surfacique en Bq/cm<sup>2</sup>), à un volume (activité volumique en Bq/m<sup>3</sup>) ou à une masse (activité massique en Bq/g).

Pour connaître le temps de travail d'un agent à proximité d'une source radioactive, des mesures de Débit d'équivalent de Dose (DeD) sont réalisés. Elles s'expriment en Sv/heure et représentent un équivalent de dose par unité de temps.

Suite à ces diverses mesures, on peut interpréter 3 doses :

- La dose absorbée (D) en Gray (Gy) : c'est l'énergie déposée par unité de masse par un rayonnement ionisant
- La dose équivalente (H) en Sievert (Sv) : c'est une grandeur physique qui correspond à l'impact sur les tissus biologiques suite exposition à un rayonnement ionisant et dépend du type de rayonnement
- La dose Efficace (E) en Sievert (Sv) : c'est une grandeur de radioprotection qui correspond à la dose équivalente à laquelle on prend en compte la radiosensibilité des organes humains.

Les relations entre les caractéristiques de la source, l'exposition et les conséquences de l'interaction des rayonnements avec la matière sont complexes. Elles sont étudiées en radioprotection par le biais de la dosimétrie dont la finalité est l'évaluation de la dose.

#### 5. Evaluation des risques

Une bonne évaluation du risque introduit la notion de progrès permanent et est nécessairement basée sur l'intégration du retour d'expérience. Cette pratique permettant



d'alimenter les échanges entre les Personnes Compétentes en Radioprotection (PCR), radiologues, médecins du travail, industriels, préventeurs afin d'enrichir et de rendre pratique les mesures de prévention.

Les 3 principes de radioprotection « justification », « optimisation » et « limitation » s'intègrent aujourd'hui parfaitement dans la démarche générale de prévention des risques introduite en droit français par la loi n° 91-1414 du 31 décembre 1991 et qui repose sur 9 principes de prévention :

1. Éviter le risque
2. Évaluer le risque non évitable
3. Combattre le risque à sa source
4. Adapter le travail à l'homme
5. Tenir compte de l'état des techniques
6. Substitution
7. Planifier la prévention
8. Privilégier les protections collectives aux protections individuelles
9. Formation et information des salariés.

Le premier de ces principes « Éviter le risque lorsqu'il est évitable » correspond à l'obligation de « justification » qui impose de démontrer que l'utilisation de rayonnements ionisants procure plus d'avantages que d'inconvénients.

Le second de ces principes « Évaluer le risque qui n'est pas évitable » se traduit en radioprotection par l'obligation « d'optimiser » les doses reçues (principe ALARA), c'est-à-dire d'anticiper et de réduire au maximum les doses reçues par les individus en agissant notamment au niveau de la source, des conditions d'interventions... etc en respectant, en tout état de cause, le principe de « limitation » (respect des limites de doses annuelles réglementaires).

Les trois démarches de radioprotection « justification, optimisation et limitation des doses » imposent une veille technologique, là encore en lien direct avec les principes de prévention qui incitent à tenir compte de l'état des techniques mais aussi à substituer ce qui est dangereux par ce qui l'est moins ou pas.

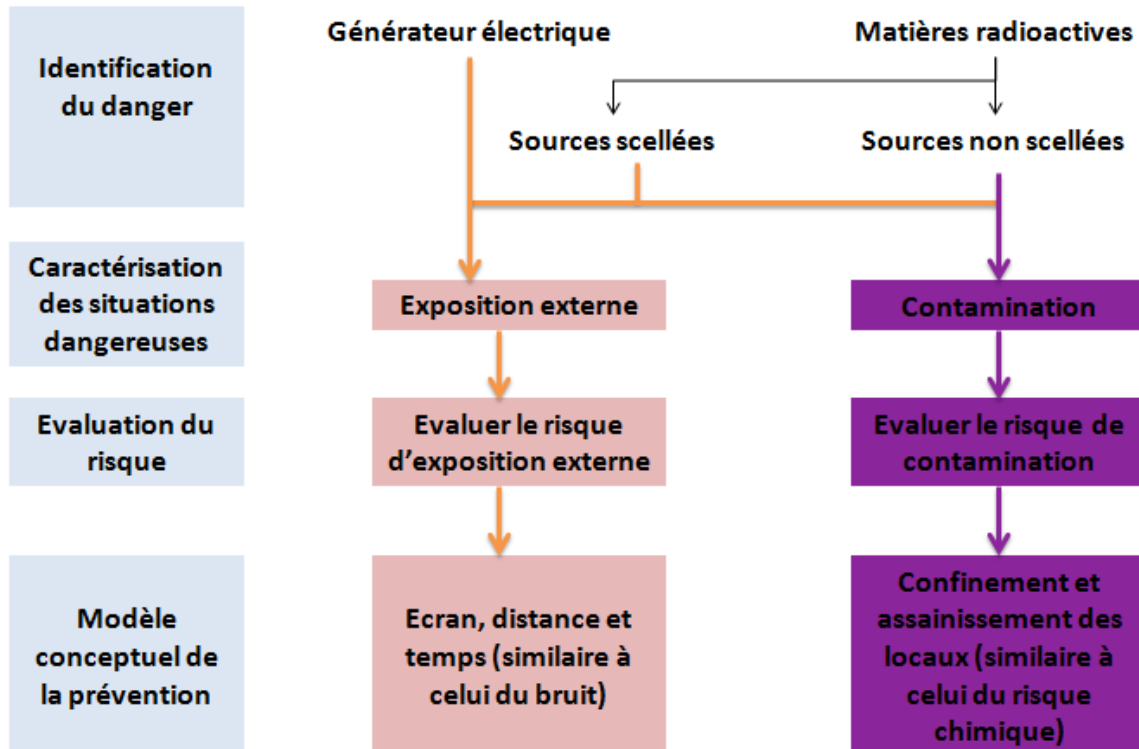
De plus, et conformément à la réglementation, l'employeur doit procéder à une analyse des postes de travail vis-à-vis de l'ensemble des conditions pouvant affecter la santé et la sécurité des travailleurs. Lorsque les travailleurs sont susceptibles d'être exposés à des rayonnements ionisants, cette analyse doit comprendre une évaluation du risque encouru [art. R4451-112], couramment appelée « étude dosimétrique du poste de travail ».

L'objectif d'une étude de poste de travail est d'évaluer, dans des conditions normales de travail, les doses susceptibles d'être délivrées au personnel, consécutives à des expositions externes et internes aux rayonnements ionisants. L'étude permet d'identifier un danger et d'estimer un risque afin de mettre en œuvre les actions de prévention adaptées et d'apporter des éléments pour la gestion d'incidents éventuels.

L'étude de poste, par l'évaluation des doses interne et externe, vise à fournir à l'employeur et au médecin du travail les éléments nécessaires pour :

- mettre en place les équipements de protection collective et les consignes de sécurité,
- renseigner la fiche d'exposition associée au poste de travail,
- le cas échéant, définir les équipements de protection individuelle,
- déterminer le classement du personnel (A, B, non exposé),
- choisir les techniques dosimétriques adaptées aux conditions d'exposition et définir les modalités de surveillance dosimétrique individuelle et d'ambiance.

De manière plus générale, l'étude de poste apporte des données qui doivent également être exploitées pour l'optimisation de la radioprotection en application du principe ALARA et la délimitation des zones réglementées (zones surveillée, contrôlée, spécialement



réglementée, interdite).

*Photographie n°1 : Logigramme d'identification et de maîtrise d'un risque radiologique*

## 6. Le zonage

Le zonage permet une visualisation du danger d'exposition aux rayonnements ionisants auquel les travailleurs sont susceptibles d'être exposés. La nature et l'ampleur des rayonnements caractérise le zonage.

La délimitation de zones de travail est obligatoire, elle permet de hiérarchiser les niveaux de dangerosité des lieux de travail dans lesquels sont utilisées des sources de rayonnements ionisants. Elle peut être modifiée en fonction des résultats de contrôle, à la suite d'une modification de l'installation, ou après un incident ou un accident. Pour une meilleure délimitation des zones, une signalétique adaptée doit être mise en place.






					
Zone	Zone surveillée	Zone contrôlée verte	Zone jaune	Zone orange	Zone rouge
Dose efficace pour l'organisme entier	< 7,5 $\mu$ Sv sur une heure d'exposition	< 25 $\mu$ Sv sur une heure d'exposition	< 2 mSv sur une heure d'exposition max 2mSv/h	< 100 mSv sur une heure d'exposition max 100 mSv/h	> 100 mSv sur une heure d'exposition > 100 mSv/h
Dose équivalente pour les extrémités ou doses	< 0,2 mSv sur une heure d'exposition	< 0,65 mSv sur une heure d'exposition	< 50 mSv sur une heure d'exposition	< 2500 mSv sur une heure d'exposition	> 2500 mSv sur une heure d'exposition
				Interdit CDD intérim	Interdit CDD intérim

Tableau n°2 : Zonage radioprotection

### III. Cas pratiques

Nous allons au travers de 3 situations professionnelles vous proposer une méthode qui permettra de définir, d'évaluer et d'appréhender les risques liés aux rayonnements ionisants.

#### 1. Utilisation d'un générateurs X

##### a. Définitions

Ces appareils sont utilisés dans les domaines de la radiologie humaine, vétérinaire et celui de la recherche et possèdent des spécifications très variables en fonction de leur application (énergie du rayonnement, fenêtre de tir.. etc.).

##### b. Activités

On retrouve deux types de générateurs : les générateurs fixes et les générateurs mobiles.

Les générateurs fixes sont les plus utilisés. On les retrouve dans des établissements tels que des hôpitaux et des cliniques, des cabinets radiologiques, des cabinets vétérinaires ou des usines agro-alimentaires.

Les générateurs mobiles, quant à eux, sont moins courants et sont utilisés dans le cas où la

cible à radiographier ne peut être déplacée. elle permet par exemple d'effectuer des radiographies pour les animaux de grandes tailles ou d'une personne alitée. De nombreux appareils mobiles sont également utilisés dans le domaine du bâtiment et des travaux publics afin d'effectuer des contrôles mais on les retrouve également sur les sites archéologiques et dans les musées pour radiographier des œuvres par exemple.

### c. Réglementation

La directive EURATOM 96/29 du 13 mai 1996 fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire de la population et des travailleurs contre les dangers résultant des rayonnements ionisants.

La directive EURATOM 97/43 du 30 juin 1997 relative à la protection sanitaire des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants lors d'expositions à des fins médicales, remplaçant la directive EURATOM 84/466.

Décret n°2001-215 du 8 mars 2001 modifiant le décret no 66-450 du 20 juin 1966 relatif aux principes généraux de protection contre les rayonnements ionisants.

Ordonnance n°2001-270 du 28 mars 2001 relative à la transposition des directives communautaires dans le domaine de la protection contre les rayonnements ionisants.

### d. Gestion du risque

La protection contre le rayonnement X est impérative, tant par la prévention collective (vérification périodique des appareils, formation à leur utilisation, délimitation et signalisation des zones d'émission, écrans de protection...) que par la prévention individuelle (dosimétrie, surveillance médicale renforcée, port d'équipements de protection...).

La dangerosité des rayons X implique que les employés soient efficacement protégés contre une exposition excessive à ce rayonnement pendant qu'ils travaillent. La prévention doit être orientée vers la meilleure maîtrise possible des niveaux d'expositions par la mise en œuvre de la radioprotection qui est l'ensemble des règles, des procédures et des moyens de prévention et de surveillance visant à empêcher ou à réduire les effets nocifs des rayonnements ionisants sur les personnes et l'environnement.

La prévention consiste à limiter l'ensemble des doses reçues à un très bas niveau (pour les risques aléatoires différés), et en évitant qu'une dose puisse excéder le seuil d'apparition

des risques immédiats certains.

La limitation de l'exposition externe repose sur trois paramètres majeurs : la distance, les écrans et le temps d'exposition. Utilisés de manière combinée, ils assurent une protection optimale.

- **Distance** : l'exposition à une source ponctuelle est inversement proportionnelle au carré de la distance (d). Doubler la distance divise l'exposition par 4, tripler la distance divise l'exposition par 9... Cette loi est dite loi en  $1/d^2$ .
- **Écran** : il s'agit d'interposer un écran dont la nature et l'épaisseur (eau, plomb, béton...) sont adaptées aux caractéristiques des rayonnements émis par la source.
- **Temps d'exposition** : la dose absorbée par l'organisme est directement proportionnelle au temps d'exposition. Réduire les temps d'exposition ou prévoir des refuges à faible ambiance ou « points verts ALARA » permet de réduire la dose.

## e. Questions réflexes

### Suis-je autorisé à détenir un appareil générateur de rayon X ?

La détention des appareils générateurs de rayons X est soumise à une demande d'autorisation auprès de l'Autorité de Sûreté Nucléaire selon le décret n°2002-460 du 4 avril 2002. La demande doit être accompagnée des guides et manuels d'utilisation et de maintenance ainsi que des résultats des essais effectués pour évaluer leurs performances et leurs systèmes de sécurité.

### Suis-je conforme ?

Pour la détention de ces appareils, il est également imposé « une preuve de conformité » et elle se traduit par deux obligations :

- un marquage CE obligatoire pour les produits couverts par les Directives européennes,
- une Certification NF.

Pour tous les appareils, la norme NF C74-100 relative à la conception et à la fabrication d'appareils générateurs de rayons X énoncée dans l'arrêté du 2 septembre 1991 est exigée.

### La Personne Compétente en Radioprotection (PCR) est-elle présente ?

La détention et l'utilisation des appareils générateurs à rayon X sont soumises à la présence dans l'entreprise d'une PCR, personne compétente en radioprotection. Elle a pour rôle :

- d'effectuer les analyses d'optimisation,

- d'effectuer les contrôles périodiques des appareils,
- de gérer la dosimétrie opérationnelle et d'alerter le médecin en cas de dépassement,
- de veiller au respect des mesures de protection,
- de recenser les modes de travail susceptibles de conduire à des expositions exceptionnelles ou accidentelles,
- d'élaborer un plan d'intervention en cas d'incident, doit pouvoir le mettre en œuvre et prendre les mesures d'urgence,
- de participer à la formation à la sécurité des personnels exposés.

### **Les travailleurs ont-ils bénéficié de la formation à la radioprotection ?**

Pour les appareils générateurs de rayons X en installation fixe, les travailleurs bénéficient d'une formation à la radioprotection organisée par le chef d'établissement. Cette formation porte sur les risques liés à l'exposition aux rayonnements ionisants, les procédures générales de radioprotection mises en œuvre dans l'établissement ainsi que sur les règles de prévention et de protection fixées par les dispositions de la présente section. Elle est adaptée aux procédures particulières de radioprotection touchant au poste de travail occupé ainsi qu'aux règles de conduite à tenir en cas de situation anormale.

### **Le balisage est-il correctement réalisé ?**

A l'aide de la courbe isodose, un périmètre de sécurité va être créé. Il sera matérialisé avec des rubalises, des panneaux et des affichages (consignes avec noms du médecin de prévention et de la PCR). De plus, des avertissement lumineux devront être mis en place au démarrage du générateur.

## **2. Utilisation d'un gammagraphe**

### **a. Définitions**

La gammagraphie est une technique d'inspection non destructive, à base de radioéléments, qui permet sur un chantier, à l'aide d'un appareil portable, d'apprécier des défauts d'homogénéité dans le métal et en particulier dans les cordons de soudure. Cette technique utilise notamment des sources d'iridium 192 et de cobalt 60, dont l'activité ne dépasse pas une vingtaine de TBq (Téra-becquerels.)

Un appareil de gammagraphie est généralement un appareil mobile pouvant être déplacé d'un chantier à l'autre. Il se compose principalement : d'une source radioactive insérée dans un porte-source ; d'un projecteur de source, servant à stocker la source quand elle n'est pas utilisée et permettant son transport ; d'une gaine d'éjection et d'une télécommande

destinées à déplacer la source entre le projecteur et l'objet à radiographier, tout en assurant la protection de l'opérateur qui se tient à distance de la source.

## b. Activités

Le caractère pénétrant des radiations est couramment utilisé pour vérifier des soudures dans des endroits cruciaux comme les ailes d'avions, les carters de réacteurs ou des oléoducs ou gazoducs. Dans la plupart des cas une source gamma est placée sur une face du matériel à inspecter et un détecteur (des films photographiques furent longtemps utilisés) de l'autre. D'éventuels défauts sont ainsi immédiatement détectés.

La corrosion des canalisations et tuyauteries est un problème récurrent de l'industrie. En déplaçant une source gamma le long d'un côté d'une canalisation et un détecteur de l'autre côté, on peut déterminer précisément à partir de l'atténuation le niveau de ces corrosions. Dans certains pipelines l'emploi de traceurs radioactifs a contribué à localiser des fuites. Cette opération délicate, réglementée, requiert le respect d'une succession d'étapes. Ainsi, l'utilisation d'un gammagraphe en milieu industriel nécessite de baliser une zone autour de l'appareil, laquelle est interdite aux personnes non habilitées. Et pour cause : une personne placée par accident à un mètre de certaines sources utilisées en gammagraphie, comme l'iridium 192, pourrait subir une exposition de 20 mSv en deux minutes, soit la limite réglementaire autorisée sur douze mois consécutifs pour les travailleurs.

## c. Réglementation

Les appareils fixes ou mobiles sont visés à l'article R 233-83 (6°) du code du travail au titre des machines dangereuses (L 233-5 du code du travail)

Le décret n° 85-968 du 27 août 1985 définit les conditions d'hygiène et de sécurité auxquelles doivent satisfaire les appareils de radiographie industrielle utilisant le rayonnement gamma.

L'arrêté du 11 octobre 1985 fixe le contenu et les règles d'utilisation des documents et du suivi nécessaire à l'application des dispositions de l'article 22 du décret n° 85-968.

L'article R 231-91 du code du travail oblige toute personne manipulant un des appareils de radiologie industrielle, à être titulaire du Certificat d'aptitude à manipuler les appareils de radiologie industrielle (Camari).

L'arrêté du 2 mars 2004 fixe les conditions particulières d'emploi applicables aux dispositifs



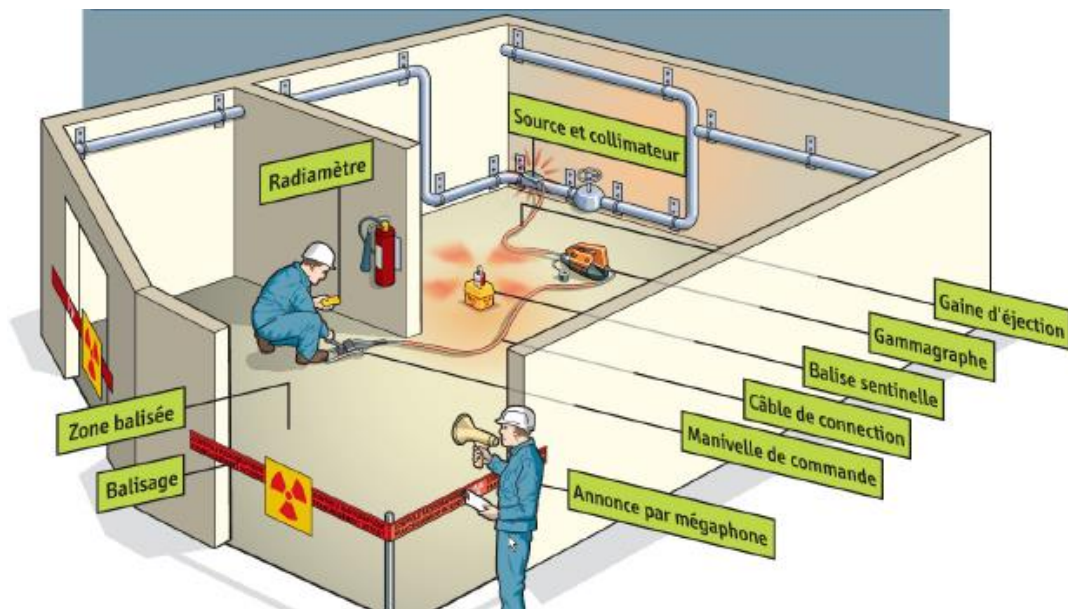
destinés à la radiographie industrielle utilisant le rayonnement gamma.

#### d. Gestion du risque

L'évaluation des risques du tir est effectuée lors de la réunion de préparation, grâce à une grille dite "grille de pesage" remplie par les prestataires. Elle est vérifiée par le chargé d'affaires et le SPR. Cette grille prend en compte différents paramètres importants relatifs à la source, aux caractéristiques du contrôle, à la co-activité, à l'environnement et au balisage. Dans le cas où le pesage mettrait en évidence un tir à risque particulier, des parades doivent être mises en place comme la re planification du tir en week-end ou la nuit, l'isolement total de la zone, la mise en place de protections biologiques, etc.

Dans le cas où le tir resterait dans la catégorie « à risque particulier » malgré les parades, le SPR doit impérativement vérifier le balisage posé avant le début des tirs.

Le balisage doit être réalisé de manière à ce que le tir ne modifie pas l'ambiance radiologique des locaux au niveau de la balise : aucun impact radiologique augmentant le niveau ambiant ne doit être mesuré. On peut alors différencier deux types de tirs du point de vue de la gestion du risque.



Photographie n°2 : Identification des éléments présents lors d'un tir radiographique

#### e. Questions réflexes

**Suis-je autorisé à détenir un appareil générateur de rayon X ?**

L'utilisation des appareils générateurs de rayons X est soumise à la réglementation de base

énoncée ci-dessus en particulier au travers de la Directive EURATOM 96/29 du 13 mai 1996 et de l'ordonnance n°2001-270 du 28 mars 2001.

### **Suis-je conforme ?**

Au regard de l'arrêté du 26 octobre 2005 définissant les modalités de contrôle de radioprotection, les contrôles techniques de radioprotection à effectuer sur les appareils de radiographie industrielle sont les suivants :

- contrôle externe annuel par un organisme agréé ou l'IRSN,
- contrôle interne semestriel pour les appareils électriques générateurs de rayons X utilisés sur chantiers,
- contrôle interne trimestriel pour les gammagraphes (car contenant une source radioactive de haute activité, au sens de l'annexe 13-7 de la première partie du Code de la santé publique : activité initiale supérieure à 10 GBq pour l'iridium-192, 4 GBq pour le cobalt-60 et 30 GBq pour le sélénium-75).

Le décret n°85-986 impose une révision a minima annuelle (sauf prescription plus contraignante sur la notice d'instruction « fournisseur ») des gammagraphes et de leurs accessoires pour ceux où le porte-source et le dispositif d'éjection sont liés mécaniquement. Ces révisions doivent être exécutées par des techniciens dûment qualifiés sous la responsabilité du constructeur ou de son représentant français.

### **Le gammagraphe est-il enregistré ?**

Un carnet ou registre de suivi doit accompagner chaque gammagraphe. Son contenu et ses règles d'utilisation sont fixés dans l'arrêté du 11 octobre 1985 : identification du gammagraphe et de son détenteur, enregistrement des chargements successifs, des paramètres d'exploitation, des contrôles réglementaires, des opérations de maintenance... Sur le même principe, une fiche de suivi doit accompagner chaque accessoire (télécommande, gaine d'éjection, embout d'irradiation et collimateur).

### **Le balisage est-il correctement réalisé ?**

L'arrêté « zonage » du 15 mai 2006 introduit la notion de zone d'opération pour les appareils mobiles ou portables utilisés sur chantiers : cette zone doit notamment être délimitée de manière continue et signalée par des panneaux installés de manière visible. Cette signalisation doit mentionner la nature du risque et l'interdiction d'accès à toute personne non autorisée.

L'arrêté précise aussi qu'un dispositif lumineux doit être activé durant la période d'émission des rayonnements ionisants ; il est complété en tant que de besoin par un dispositif sonore.

### **Les travailleurs ont-ils bénéficié de la formation à la radioprotection ?**

Toute personne devant manipuler au moins un des appareils de radiologie industrielle

figurant sur la liste établie par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), annexée à l'arrêté du 21 décembre 2007 doit posséder dans ce but un CAMARI.

### 3. Manipulation de sources non-scellées

#### a. Définitions

Une source radioactive non scellée est une source dont la présentation et les conditions normales d'emploi ne permettent pas de prévenir toute dispersion de substance radioactive : source en général conditionnée dans des conteneurs facilement ouvrables, souvent à l'état liquide ou gazeux.

#### b. Activités

Les établissements de médecine nucléaire et les laboratoires de recherche biomédicale utilisent essentiellement dans leurs manipulations des sources non scellées. La plupart de ces éléments radioactifs sont à durée de vies très courtes. Dans ce cas, les flacons usagés ayant reçu des liquides actifs et des petits matériels de laboratoire contaminés (tubes, verrerie, gants, seringues, aiguilles) perdent vite leur radioactivité.

Les laboratoires de biologie et les hôpitaux emploient une grande variété de produits radioactifs. La durée de vie des radioéléments utilisés pour les examens de médecine nucléaire est ultra courte pour la gestion des déchets qui définit comme courte des périodes radioactives allant jusqu'à 30 ans. Par exemple, la période du fluore-18 utilisé pour le dépistage de cancers en tomographie par émission de positons est de 118 minutes, celle du technétium-99m utilisée pour les scintigraphies est de 6 heures. Les temps sont si courts que le fluore doit être acheminé par express de son lieu de production et le technétium produit à l'hôpital.

Le problème est davantage celui de l'approvisionnement en produits radiopharmaceutiques suffisamment frais que celui de la destination de flacons usagés. Les flacons usagés ayant reçu des liquides actifs et des petits matériels de laboratoire (tubes, verrerie, gants, seringues, aiguilles, coton souillé) constituent des déchets à vie très courte. Ils sont placés en attente puis éliminés avec les autres déchets hospitaliers après un contrôle final de la radioactivité résiduelle.

Dans le domaine de la recherche, l'ANDRA a dénombré 346 utilisateurs de radionucléides et donc producteurs de déchets. Parmi ces établissements publics ou privés, on peut citer : de

nombreux laboratoires de recherche médicale hébergés souvent au sein des hôpitaux, des unités de l'INSERM, des unités de recherche de l'industrie chimique ou pharmaceutique, des laboratoires du CNRS.

### c. Réglementation

L'arrêté du 26 octobre 2005 définissant les modalités de contrôle de radioprotection en application des articles R. 231-84 du code du travail et R. 1333-44 du code de la santé publique. On retrouve à l'intérieur du code du travail notamment un chapitre sur les Sources radioactive non scellée. Il est décrit des règles sur les contrôles techniques des sources, l'intégrité des équipements contenant les sources radioactives et le contrôle des dispositifs de sécurité et d'alarme des sources et des installations (Chapitre 1). Puis on retrouve les règles générales sur les contrôles d'ambiance : Contrôle de la contamination surfacique, de la contamination atmosphérique (si ce risque a été identifié) et le contrôle des débits de dose (si le risque d'exposition externe existe).

L'arrêté du 23 juillet 2008 portant homologation de la décision n° 2008-DC-0095 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 29 janvier 2008 qui fixe les règles techniques auxquelles doit satisfaire l'élimination des effluents et des déchets contaminés par les radionucléides, ou susceptibles de l'être du fait d'une activité nucléaire (règles particulières de gestion des déchets contaminés et les règles générales de gestion des effluents et déchets contaminés).

### d. Gestion du risque

L'utilisation de sources non-scellés peut exposer à une irradiation externe et/ou à une contamination externe ou interne, il est donc important de prévenir le risque.

Les manipulations de produits radioactifs doit se dérouler dans des zones ou des pièces balisées selon un zonage réglementé.

Les sources et les appareils en contenant doivent être identifiés par le pictogramme :



Dans le cas d'une source irradiante il va falloir prendre en compte le temps, les écrans et la distance comme vue précédemment.

Pour prévenir d'une contamination, des EPI doivent être à disposition (gants, blouses, lunettes, etc.) et il est important de se laver les mains après chaque manipulation. Il est important de ne pas stocker ni consommer d'alimentation ou de boisson dans la pièce de manipulation. La manipulation sous sorbonne est obligatoire dès lors que les produits sont

volatils ou s'il y a risque d'aérosols. A la fin de la manipulation, les mains et le poste de travail doivent être contrôlés (consulter la PCR).

### e. Questions réflexes

#### **Les locaux sont-ils adaptés aux produits ?**

Les locaux de manipulation doivent être adaptés aux produits manipulés, aux activités mises en œuvre, aux procédés utilisés. Ils sont distincts de tout autre local.

Toutes les surfaces doivent être constituées de matériaux faciles à décontaminer (surfaces lisses et non poreuses, imperméables et lessivables, sans joints).

Lorsque les sources sont manipulées ou entreposées sous forme liquide, des dispositifs de rétention adaptés aux quantités présentes doivent être mis en place.

Lorsque les sources sont sous forme gazeuse, ou lorsque des sources d'autres natures peuvent générer des aérosols ou des relâchements gazeux significatifs, les expérimentations sont réalisées avec des équipements de protection collective (EPC) tels que sorbonnes, boîtes à gants équipées de dispositifs de filtration adaptés. Les locaux sont équipés de moyens de détection et de lutte contre l'incendie.

#### **Le registre est-il tenu à jour par la PCR ?**

La PCR doit tenir un registre ou un système équivalent dans lequel sont notés; les radionucléides commandés et le nom des fournisseurs, leur date de réception, leur activité initiale, le lieu de manipulation, les quantités prélevées et les dates des prélèvements, le nom des utilisateurs, les quantités et la nature des effluents et déchets produits et leur devenir, les résultats des contrôles réalisés avant rejet d'effluents ou élimination de déchets.

#### **La déclaration du bilan annuel de déchet est-elle faite ?**

Un bilan annuel de la quantité de déchets produits et d'effluents rejetés doit être transmis une fois par an à l'ANDRA et transmis à l'ASN dans le cadre d'un renouvellement d'autorisation.

Le but de cet inventaire annuel est de permettre à l'ANDRA de réaliser un inventaire national des déchets radioactifs. Pour ce faire, l'ANDRA met à disposition des producteurs de déchets un serveur sécurisé (<https://teledclaration.andra.fr/andra/>) permettant une télédéclaration. Elle doit être établie avant le mois de juin de l'année en cours. En préalable, il est donc nécessaire de contacter l'ANDRA en vue de se faire identifier comme producteur de déchets afin d'obtenir un accès au serveur.

## IV. Conclusion

La radioactivité a toujours été présente sur la Terre, et, bien que son utilisation par les Hommes ait eu plusieurs conséquences néfastes, son développement nous a permis d'élargir nos connaissances dans bien des domaines.

Outre ses qualités, la radioactivité a comme principal défaut de ne pas pouvoir être naturellement détectée et peut présenter de graves danger sur la santé et la vie de salariés. En effet, une exposition trop intense, peut avoir des conséquences très graves sur un individu.

C'est pour cela que, depuis son utilisation, la réglementation ne cesse d'évoluer et de se renforcer. Des organismes tels que l'ASN ou l'IRSN ont été créés pour accompagner les entreprises du nucléaire ainsi que les TPE-PME dans une démarche de prévention et de protection des salariés.

Afin de rester conforme aux exigences réglementaires et d'être tenu informé de l'évolution constante de la radioprotection, il est conseillé d'effectuer assidûment une veille réglementaire.

## Sources

<https://radioactivitetpe.wordpress.com/introduction/>

<http://www.laradioactivite.com/site/pages/RadioPDF/ASNRA-2006-Chapitre-III.pdf>

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs371/fr/>

<https://www.asn.fr/>

<http://www.irsn.fr/FR/Pages/Home.aspx>

<http://www.dgdr.cnrs.fr/>

## V. Annexes



## Annexe 1 : Que faire en cas de dépassement de dose?

*Il arrive que le laboratoire de dosimétrie alerte le médecin du travail car un salarié présente un dépassement de la limite réglementaire de dose : il doit alors conduire diverses actions. Quant à l'employeur, également informé de ce dépassement, il a des obligations administratives.*

### **Rôle du médecin du travail en cas de dépassement réglementaire de dose**

- Ouvrir une enquête

Dès que le médecin du travail est informé d'un dépassement réglementaire de dose pour un salarié exposé, il doit conduire une enquête sur les circonstances pour évaluer l'exposition et la dose. Cette enquête doit conduire à confirmer, modifier, voire annuler la dose attribuée au travailleur.

- Convoquer le salarié

La personne concernée est convoquée pour un examen médical, pour l'interroger sur les conditions de travail (est-ce que le salarié a remarqué quelque chose de particulier, etc). Le travailleur est déclaré inapte temporaire à des activités qui l'exposent aux rayonnements ionisants en attendant les résultats de l'enquête (sauf si l'on a vraiment la certitude qu'il n'y a pas eu d'exposition).

- Informer l'IRSN des conclusions de l'enquête

Comme le prévoit l'arrêté du 30 décembre 2004 relatif à la carte individuelle de suivi médical et aux informations individuelles de dosimétrie des travailleurs exposés, l'unité de suivi et d'analyse des expositions professionnelles de l'IRSN doit être informée de la réalisation de l'enquête et de ses conclusions. Le médecin du travail doit faire connaître sa décision à l'IRSN de maintien ou de modification de la dose.

### **Obligations administratives de l'employeur en cas de dépassement réglementaire de dose**

L'employeur doit adresser les documents suivants par courrier à l'ASN et des copies à l'IRSN.

- Dans les 2 jours ouvrés, l'employeur doit faire une déclaration d'évènement significatif à l'ASN au moyen du formulaire de l'ASN "Formulaire de déclaration d'un évènement significatif".
- Dans les 2 mois, l'employeur doit envoyer un Compte-rendu d'évènement significatif à l'ASN avec une mise à jour de la déclaration, une analyse détaillée de l'évènement, les mesures correctives mises en place ou programmées.

L'employeur doit informer le CHSCT et l'inspection du travail du dépassement de limite réglementaire.

### **Quels organismes peuvent apporter de l'aide en cas de dépassement de dose ?**

Le médecin du travail a la lourde responsabilité de statuer sur la dose reçue par le salarié.

Les choses peuvent être simples par exemple quand un salarié dit avoir fait tomber son dosimètre et l'avoir laissé près d'un appareil de radiographie avant de le sortir de la pièce. Mais si l'enquête s'avère complexe, le médecin du travail dispose de plusieurs ressources qui peuvent l'aider.

### **Le laboratoire qui analyse les dosimètres**

Le laboratoire peut réaliser des analyses complémentaires du dosimètre pour déterminer le type de rayonnement impliqué, son énergie, etc

### **La PCR, personne compétente en radioprotection**

Elle informe sur les postes de travail, les moyens de radioprotection mis en œuvre, elle vérifie les appareils utilisés par le travailleur qui émettent des rayonnements ionisants.

### **Plusieurs services de l'IRSN, Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire**

Le service de l'unité de suivi et d'analyse des expositions professionnelles de l'IRSN qui gère la base de données Siseri ( système d'information de la surveillance de l'exposition aux rayonnements ionisants) peut donner des conseils, rappeler la réglementation et si nécessaire orienter vers d'autres experts de l'IRSN, spécialisés en dosimétrie externe, dosimétrie interne, dosimétrie biologique, etc.