



MÉMENTO DE LA RADIOPROTECTION EN EXPLOITATION

ÉDITION | 2014

AVERTISSEMENT

Destiné à l'ensemble des intervenants exposés aux rayonnements ionisants dans les installations EDF, cet ouvrage a pour vocation de fournir des informations générales et pratiques relatives à la radioprotection.

Il explicite les acquis en radioprotection nécessaires aux intervenants en zone contrôlée et surveillée, et les connaissances complémentaires qui donnent le sens profond des exigences de radioprotection. Il les place dans leur environnement scientifique et réglementaire. Ce mémento reflète la politique de la Direction Production Ingénierie en matière de radioprotection et rappelle les principes de base sur lesquels se fondent les procédures et les règles. Il ne traite volontairement pas de la radioprotection à la conception.

Il capitalise l'expérience en radioprotection d'EDF.

Cependant cet ouvrage ne constitue pas le référentiel de radioprotection. Celui-ci figure dans l'intranet PRISMe (<https://prod-sdin.edf.fr/wps/myportal/prisme>).

La réglementation et le référentiel EDF évoluent régulièrement. La validité des informations de cet ouvrage doit être vérifiée avant toute action ou intervention, auprès de la personne ou du service compétent en radioprotection de votre entreprise.

Cet ouvrage est conçu pour être consulté en fonction de vos besoins. Le mémento n'est pas un document à lire en entier et dans l'ordre strict des pages. Il peut être utilisé pour une lecture thématique, avec ou sans ordre préétabli.

La navigation est facilitée par un sommaire détaillé, un repérage en couleur des chapitres et un index renvoyant aux pages où le terme est employé.



MÉMENTO DE LA RADIOPROTECTION EN EXPLOITATION

ÉDITION | 2014

ÉDITORIAL

Dès le début de la mise en exploitation du parc nucléaire français, la radioprotection a été au cœur de nos préoccupations. Au début des années 90, nous avons lancé la démarche ALARA afin de sensibiliser tous les intervenants aux efforts à réaliser pour baisser les doses individuelles, mais aussi de manière à inscrire dans la durée des pratiques et des moyens permettant d'abaisser les doses reçues. D'excellents résultats ont été obtenus : la dose moyenne individuelle a été divisée par 2,5 en 20 ans (1992 à 2012) et la dose collective par 3,5.

Le premier indice de ce mémento a été réalisé en 2004. Il avait pour objectif de capitaliser, pour l'ensemble des professionnels travaillant sur les CNPE, la totalité des informations dans le domaine de la radioprotection, afin qu'à l'image de la sûreté nucléaire, une vraie culture de radioprotection se développe, soit diffusée et partagée.

De nouveaux progrès en radioprotection ont été réalisés depuis 2004, dans le domaine des doses reçues, notamment grâce aux démarches de réduction à la source des débits de dose. Des progrès ont également été réalisés dans le domaine des situations à risque, contrôles de radiographie industrielle ou interventions en zones rouge ou orange.

D'importants enjeux sont devant nous aujourd'hui :

- Nous entrons progressivement dans le « grand carénage » du parc nucléaire, qui ne peut qu'entraîner une augmentation de la dose collective globale. Il importe que cet accroissement soit le plus réduit possible et qu'il continue de s'accompagner de la réduction des doses individuelles les plus notables. Encore plus qu'hier, un nouveau souffle ALARA est nécessaire. Encore plus qu'hier, un management rigoureux des situations à risque est vital pour notre industrie.
- Nous renouvelons entre 2008 et 2015, plus de la moitié des effectifs de la DPN. La formation, mais aussi le transfert des savoirs et des pratiques sont des enjeux majeurs.

Un second indice de ce mémento est donc nécessaire :

- Tout d'abord pour capitaliser tous les progrès et les changements intervenus depuis 2004.
- Mais aussi et surtout, pour que ce second indice serve à l'ensemble des nouveaux professionnels que nous accueillons progressivement dans nos CNPE. Il permettra d'inscrire dans la durée les progrès déjà réalisés et d'en générer de nouveaux.

Ce nouvel indice a donc un intérêt s'il est utilisé au quotidien par l'ensemble des professionnels de nos industries, anciens et nouveaux. C'est ce que nous vous invitons à faire, la seule industrie nucléaire viable étant une industrie qui prend soin de ses salariés, notamment dans ce domaine si particulier et si spécifique de la radioprotection.



Dominique Minière

Directeur Délégué de la Division Production Ingénierie



Philippe Sasseigne

Directeur de la Division Production Nucléaire

SOMMAIRE

CHAPITRE 1 : NOTIONS DE BASE 13

1.1	Structure de la matière	17
1.2	Radioactivité	19
1.3	Interactions rayonnements / matière	19
1.4	Types de rayonnements ionisants	21
1.5	Grandeurs et unités	23
1.6	Modes d'exposition	27
1.7	Grands principes de radioprotection	27
1.8	Moyens de protection contre les expositions externe et interne	29

CHAPITRE 2 : ORIGINE DES RISQUES RADIOLOGIQUES EN CENTRALE NUCLÉAIRE 33

2.1	Définition du terme source	37
2.2	Produits de fission (PF)	39
	2.2.1 – Création des produits de fission	
	2.2.2 – Produits de fission dans le combustible	
	2.2.3 – Expositions externe et interne dues aux produits de fission	
2.3	Produits d'activation (PA)	41
	2.3.1 – Généralités	
	2.3.2 – Produits d'activation issus des structures du réacteur	
	2.3.3 – Produits d'activation issus des produits de corrosion	
	2.3.4 – Produits d'activation issus du fluide primaire ou de l'air	
	2.3.5 – Comportement global des radionucléides	
2.4	Actinides	47
	2.4.1 – Origine et risques associés à la contamination alpha	
	2.4.2 – Comportement dans le circuit primaire	
2.5	Protections à la conception	49
	2.5.1 – Utilisation d'écrans	
	2.5.2 – Protection contre l'exposition externe	
	2.5.3 – Protection contre l'exposition interne	
2.6	Limitation du terme source : la radiochimie	55
	2.6.1 – Contamination normale des circuits	
	2.6.2 – Surcontamination des circuits	

CHAPITRE 3 : RISQUES RADIOLOGIQUES EN CENTRALE NUCLÉAIRE 61

3.1	Risque d'exposition externe	65
	3.1.1 – Signalisation et évaluation du risque d'exposition externe	
	3.1.2 – Moyens de détection	
	3.1.3 – Actions de prévention	
3.2	Risque de contamination	69
	3.2.1 – Moyens de détection	
	3.2.2 – Prévention de la contamination	

3.3 Risque iode	71
3.3.1 – Moyens de détection	
3.3.2 – Actions de prévention	
3.4 Risque alpha	73
3.4.1 – Moyens de détection	
3.4.2 – Modalités de prévention spécifiques au risque alpha	
3.5 Accès dans le bâtiment réacteur, tranche en puissance	77
3.5.1 – Moyens de détection	
3.5.2 – Actions de prévention liées à une intervention	

CHAPITRE 4 : SUIVI MÉDICAL ET DOSIMÉTRIQUE DES TRAVAILLEURS EXPOSÉS **83**

4.1 Surveillance médicale renforcée (SMR)	87
4.1.1 – Exigences réglementaires	
4.1.2 – Aspects médicaux	
4.1.3 – Restitutions dosimétriques	
4.2 Surveillance de l'exposition individuelle	93
4.2.1 – Notions de base	
4.2.2 – Surveillance de l'exposition externe	
4.2.3 – Surveillance de l'exposition interne	
4.2.4 – Surveillance de la contamination externe	
4.3 Surveillance de l'exposition du personnel féminin	111
4.4 Expositions exceptionnelles	113

CHAPITRE 5 : MOYENS DE MESURE EN RADIOPROTECTION **117**

5.1 Principes de détection des rayonnements ionisants	121
5.1.1 – Détecteurs à ionisation de gaz	
5.1.2 – Détecteurs à scintillation	
5.1.3 – Détecteurs à semi-conducteurs	
5.2 Surveillance continue de l'installation	125
5.3 Surveillance de l'ambiance des zones de travail	127
5.3.1 – Évaluation du débit d'équivalent de dose ambiant	
5.3.2 – Évaluation de la contamination de surface	
5.3.3 – Évaluation de la contamination atmosphérique	
5.4 Surveillance de la contamination des personnels sortant de zone contrôlée	135
5.4.1 – CMP : contrôleur mains-pieds	
5.4.2 – C1: portique de contrôle entre la zone contrôlée et le vestiaire chaud	
5.4.3 – C2 : portique de contrôle entre les vestiaires chaud et froid	
5.4.4 – CPO : contrôleur de petits objets	
5.4.5 – C3 : portique de sortie de site	
5.5 Suivi de la dose individuelle	139
5.5.1 – Dosimétrie passive	
5.5.2 – Dosimétrie opérationnelle	
5.5.3 – Dosimétrie extrémités	
5.5.4 – Télédosimétrie	

6.1 Moyens de protections collectives	151
6.1.1 – Protections biologiques	
6.1.2 – Confinement des chantiers	
6.1.3 – Supervision des locaux et des chantiers (PSPR)	
6.2 Moyens de protections individuelles	157
6.2.1 – Tenue de circulation	
6.2.2 – Surtenue non tissée	
6.2.3 – Gants	
6.2.4 – EPI filtrants	
6.2.5 – Heaume ventilé (HV) et tenue étanche ventilée (TEV)	
6.3 Conditions d'accès en zone en mode Everest	169

7.1 Structures de décision et de pilotage de la radioprotection	183
7.1.1 Ligne managériale	
7.1.2 Présidence et Direction Générale	
7.1.3 Les instances	
7.2 Objectifs et ambitions d'EDF dans le domaine de la radioprotection	191
7.2.1 Amener la radioprotection au même niveau que la sûreté	
7.2.2 Référentiel de radioprotection en exploitation de la Division Production Nucléaire (DPN)	
7.2.3 Objectif de réduction des doses individuelles et de maîtrise des doses collectives	
7.2.4 Propreté radiologique des installations et des transports classe 7	
7.2.5 Garantir la conformité des transports classe 7	
7.2.6 Maîtriser les risques d'exposition incidentelle	

8.1 Responsabilités radioprotection dans un CNPE	209
8.1.1 – Rôle du cadre de direction en charge de la radioprotection	
8.1.2 – Rôle de la hiérarchie opérationnelle	
8.1.3 – Rôle du Service Compétent en Radioprotection	
8.1.4 – Rôle de l'Ingénierie Radioprotection	
8.1.5 – Rôle des services « métiers »	
8.1.6 – Rôle du service de santé au travail	
8.2 Exigences vis-à-vis des travailleurs	221
8.2.1 – Formalités d'accès et de sortie	
8.2.2 – Formations et habilitations	
8.2.3 – Exigences vis-à-vis des entreprises extérieures	
8.3 Préparation des interventions en zone contrôlée	227
8.3.1 – Définition d'objectifs de dose (ODD)	
8.3.2 – Analyse de risques radioprotection	
8.3.3 – Évaluation dosimétrique prévisionnelle initiale (EDPI)	
8.3.4 – Classement des activités	
8.3.5 – Optimisation de la radioprotection de l'activité	
8.3.6 – Évaluation dosimétrique prévisionnelle optimisée (EDPO)	
8.3.7 – Principe de validation	
8.3.8 – Document radioprotection : le Régime de Travail Radiologique (RTR)	
8.3.9 – Système d'information de la radioprotection	

8.4 Réalisation des travaux en zone contrôlée	237
8.4.1 – Avant les travaux	
8.4.2 – Pendant les travaux	
8.4.3 – Repli de chantier	
8.5 Maîtrise des zones et propreté radiologique des installations	243
8.5.1 – Zonage radioprotection	
8.5.2 – Zonage propreté/déchets : la Directive 104	
8.5.3 – Surveillance de la contamination hors zone contrôlée (Directive 82)	
8.6 Contrôles de radiographie industrielle	253
8.6.1 – Gestion des sources	
8.6.2 – Coordination, planification, cellule « Tir radio »	
8.6.3 – Mise en œuvre des appareils contenant des sources	
8.6.4 – Balisage de la zone d'opération	
CHAPITRE 9 : RADIOPROTECTION EN DÉCONSTRUCTION	261
9.1 Stratégie de déconstruction des réacteurs arrêtés	265
9.2 Grandes phases techniques de la déconstruction	267
9.3 Risques d'exposition aux rayonnements ionisants en phase de démantèlement	267
9.3.1 – Connaissance de l'état radiologique de l'installation	
9.3.2 – Préparation des chantiers de démantèlement	
9.4 Utilisation de nouveaux équipements de protection individuelle (EPI)	273
9.5 Nécessité de disposer de filières d'évacuation des déchets produits	275
CHAPITRE 10 : ASPECTS RADIOPROTECTION DU TRANSPORT DE MATIÈRES ET OBJETS RADIOACTIFS	279
10.1 Règlements pour le transport de matières radioactives	283
10.1.1 – Les règlements selon le mode de transports	
10.1.2 – Matières radioactives	
10.2 Les colis pour les transports des matières radioactives	285
10.3 Contrôles radiologiques	287
10.3.1 La contamination non fixée	
10.3.2 L'intensité de rayonnement	
10.4 Etiquettes de danger, placardage, signalisation	287
10.5 DEMR	289
10.6 Acheminement et stationnement des convois	289
10.7 Programme de protection radiologique	291
10.8 Transports internes	293
ANNEXE 1 – EFFETS BIOLOGIQUES DES RAYONNEMENTS IONISANTS	299
ANNEXE 2 – PRINCIPAUX TEXTES RÉGLEMENTAIRES	315
ANNEXE 3 – ORGANISMES RELATIFS À LA RADIOPROTECTION	339



Mme Marie Curie dans son laboratoire

CHAPITRE 1

NOTIONS DE BASE

SOMMAIRE

1 NOTIONS DE BASE

1.1 Structure de la matière | 17

1.2 Radioactivité | 19

1.3 Interactions rayonnements / matière | 19

1.4 Types de rayonnements ionisants | 21

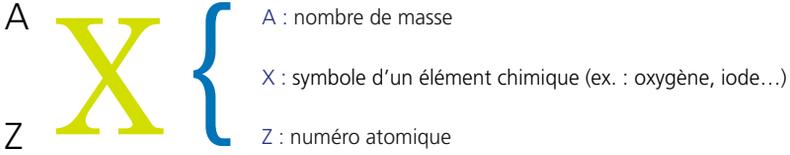
1.5 Grandeurs et unités | 23

1.6 Modes d'exposition | 27

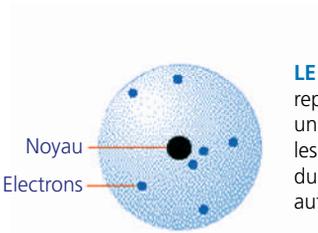
1.7 Grands principes de radioprotection | 27

1.8 Moyens de protection
contre les expositions externe et interne | 29

SYMBOLE D'UN ÉLÉMENT CHIMIQUE



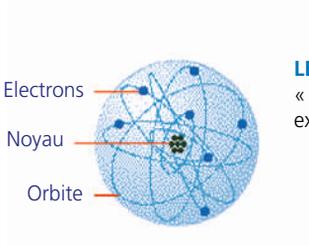
REPRÉSENTATIONS DE L'ATOME SELON LES DIFFÉRENTES THÉORIES



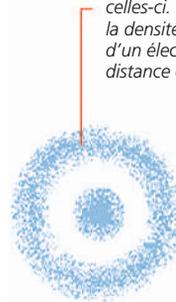
LE MODÈLE DE RUTHERFORD représente l'atome comme un système solaire miniature : les électrons gravitent autour du noyau comme les planètes autour du soleil.

LE MODÈLE DE SCHRÖDINGER décrit des régions de l'espace, les orbitales, où la probabilité de trouver les électrons est la plus élevée.

Orbitales : les électrons qui ont différents moments angulaires (quantités de mouvements) occupent des régions de l'espace comme celles-ci. L'ombre représente la densité de probabilité d'un électron à cette distance du noyau.



LE MODÈLE DE BOHR « quantifie » les orbites pour expliquer la stabilité de l'atome.



1.1 STRUCTURE DE LA MATIÈRE

L'atome, plus petite quantité de matière ayant une identité chimique, est constitué de particules élémentaires :

- les protons (à charge électrique positive) et les neutrons (particules neutres) : ils forment ensemble le noyau de l'atome. Le numéro atomique (Z), correspondant au nombre de protons, est caractéristique d'un élément chimique. La somme des neutrons et des protons correspond au nombre de masse (A) ou nombre de nucléons,
- les électrons (à charge électrique négative) : ils gravitent autour du noyau (modèle planétaire) et leur nombre est égal à celui des protons.

Des atomes ayant un même numéro atomique (Z identique), c'est-à-dire un même nombre de protons, mais un nombre de neutrons différents, sont appelés des isotopes. Ils peuvent être stables ou radioactifs mais ils ont les mêmes propriétés chimiques et biologiques (ex. : ^{58}Co , ^{59}Co , ^{60}Co ...). Seules leurs propriétés physiques diffèrent.

Les atomes s'assemblent pour constituer une molécule. En s'associant et en s'organisant d'une façon plus ou moins complexe, les molécules forment des matériaux aussi variés que la roche ou la matière vivante.



DÉCOUVERTE DE LA RADIOACTIVITÉ

- En **1895**, **W. Röntgen** découvre les rayons X.
- En **1896**, **Henri Becquerel**, au Muséum national d'histoire naturelle à Paris, étudie la fluorescence de certains corps. Il découvre ainsi que le sulfate double d'uranyle et de potassium émet un rayonnement pénétrant capable de noircir une plaque photographique. Il établit que ce rayonnement est émis par l'élément uranium.
- En **1898**, **Pierre et Marie Curie**, à l'École de physique et chimie de la ville de Paris, découvrent deux nouveaux éléments, le polonium puis le radium, dont le rayonnement est particulièrement « actif ». Ils proposent alors le terme de « radioactivité ».
- Henri Becquerel et Pierre et Marie Curie reçurent conjointement le prix Nobel de physique en 1903 pour leurs découvertes.

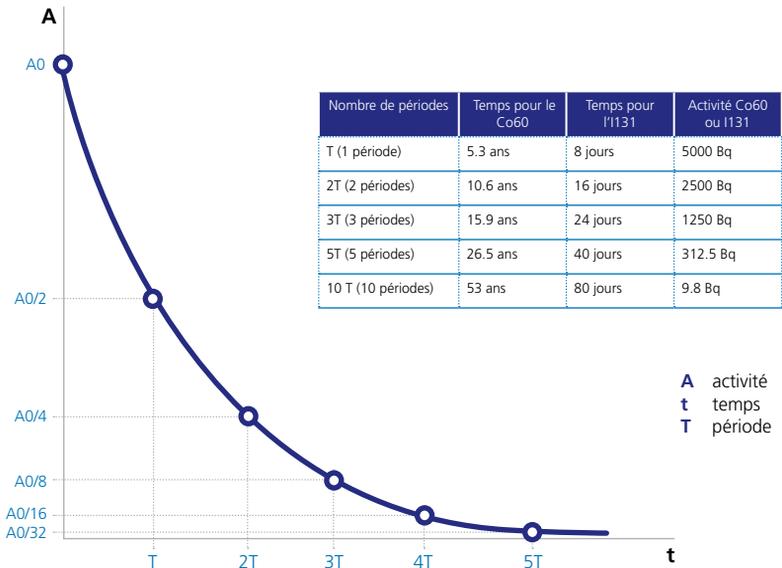


EXEMPLES DE RADIONUCLÉIDES

RADIONUCLÉIDES	SYMBOLE	PÉRIODE *
Azote 16	^{16}N	7,1 s
Iode 131	^{131}I	8 jours
Cobalt 58	^{58}Co	70,8 jours
Argent 110m	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	249,8 jours
Cobalt 60	^{60}Co	5,3 ans
Tritium	^3H	12,3 ans
Césium 137	^{137}Cs	30 ans
Américium 241	^{241}Am	432,6 ans
Plutonium 239	^{239}Pu	24 100 ans
Uranium 235	^{235}U	7.10^8 ans

* Valeurs indicatives, les valeurs de référence peuvent être trouvées sur le site www.nucleide.org

EVOLUTION DE L'ACTIVITÉ POUR UNE ACTIVITÉ INITIALE DE 10000 Bq EN ^{60}Co OU ^{131}I



1.2 RADIOACTIVITÉ

La **radioactivité** est un phénomène physique correspondant à l'émission spontanée d'énergie sous forme d'un rayonnement (particulaire ou électromagnétique) par des noyaux instables (dits radioactifs). Qu'elle soit d'origine naturelle ou artificielle, il s'agit du même phénomène.

Le rayonnement émis est dit ionisant s'il est capable d'arracher un électron (ionisation) à des atomes d'une structure moléculaire.

Les radioéléments sont caractérisés par la nature et l'énergie des rayonnements qu'ils émettent ainsi que par leur **période** radioactive, c'est-à-dire le temps nécessaire pour que l'activité d'une **source** radioactive diminue de moitié. La période varie de quelques fractions de secondes à plusieurs milliards d'années selon le radionucléide.



SOURCES RADIOACTIVES SCÉLLÉES OU NON SCÉLLÉES

Une **source radioactive scellée** est une source dont la structure ou le conditionnement empêchent en utilisation normale toute dispersion de matières radioactives dans le milieu ambiant : source incorporée solidement dans une matière solide inactive ou scellée dans une enveloppe inactive.

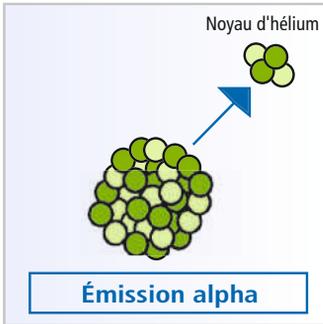
Une **source radioactive non scellée** est une source dont la présentation et les conditions normales d'emploi ne permettent pas de prévenir toute dispersion de substance radioactive : source en général conditionnée dans des conteneurs facilement ouvrables, souvent à l'état liquide ou gazeux.

1.3 INTERACTIONS RAYONNEMENTS / MATIÈRE

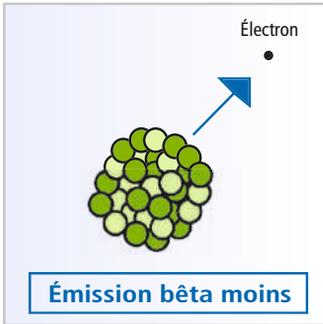
Les rayonnements se classent en deux catégories :

- les rayonnements directement ionisants : ils sont constitués par des particules chargées (rayonnements α et β),
- les rayonnements indirectement ionisants : ce sont les rayonnements électromagnétiques (photons γ et X) et les neutrons.

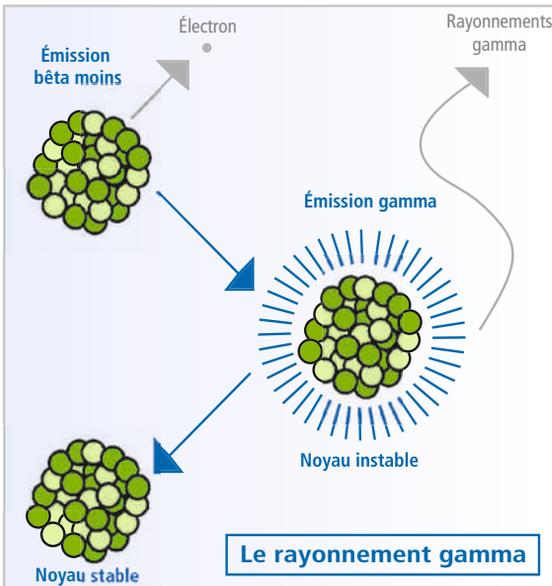
EXEMPLES DE TRANSFORMATIONS



L'américium 241 est radioactif émetteur alpha et se transforme en neptunium 237.



Le fer 59 est radioactif émetteur bêta moins et se transforme en cobalt 59.

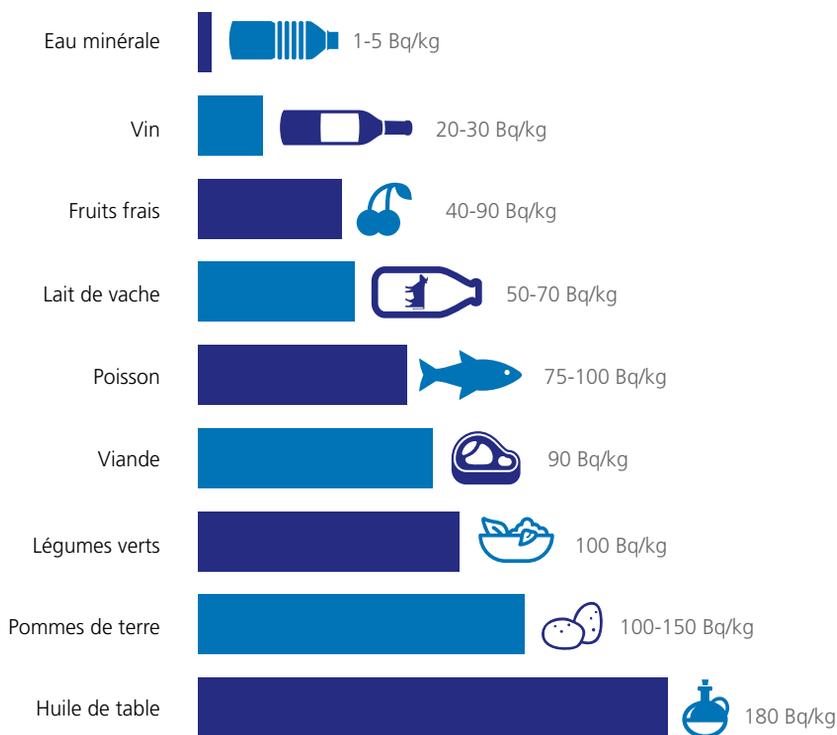


Le cobalt 60 se transforme par désintégration bêta en nickel 60 qui atteint un état stable en émettant un rayonnement gamma.

1.4 TYPES DE RAYONNEMENTS IONISANTS

- **Le rayonnement alpha (α)** : il s'agit d'un noyau d'hélium encore appelé particule alpha, composé de deux protons et de deux neutrons. Seuls les noyaux dont le nombre de masse est élevé (supérieur à 200) présentent ce type de radioactivité. Ce rayonnement est peu pénétrant. Son parcours n'est que de quelques centimètres dans l'air et quelques dizaines de microns dans l'eau et les tissus de l'organisme. Une simple feuille de papier suffit à l'arrêter.
- **Le rayonnement bêta (β)** : il correspond à l'émission d'un électron chargé négativement (β^-) ou positivement (β^+). Cette émission est caractéristique des noyaux contenant un excès de neutrons ou de protons par rapport à un isotope stable. Son parcours est de plusieurs mètres dans l'air et quelques millimètres dans l'eau. Il est plus pénétrant que les rayonnements alpha, mais la paroi en verre d'un flacon ou une feuille de papier aluminium suffit à l'arrêter.
- **Les rayonnements gamma (γ) et X** : ils consistent en l'émission d'énergie sous forme de photons de même nature que la lumière. Leur nature est électromagnétique (pas de charge, pas de masse). Ils accompagnent les émissions de particules. Ils sont très pénétrants et traversent facilement l'organisme. De fortes épaisseurs (eau) ou des matériaux denses et compacts (béton, plomb) sont nécessaires pour en atténuer l'intensité.
- **Le rayonnement neutronique (n)** : c'est une émission de particules non chargées, les neutrons, qui peuvent pénétrer profondément dans la matière. Les neutrons sont issus soit de la réaction de fission dans un réacteur nucléaire, soit de la fission spontanée du combustible usé ou neuf (plus particulièrement le MOX). Ils ne sont pratiquement pas ralentis par l'air et pénètrent profondément dans l'organisme. Il existe peu de moyens pour absorber des neutrons de forte énergie, ces derniers devant d'abord être ralentis. Les matériaux ralentisseurs utilisés sont par exemple l'eau et certains bétons.

ACTIVITÉ NATURELLE DE QUELQUES DENRÉES COURANTES



LES UNITÉS

Unité d'activité
le **BECQUEREL**

Bq

Unité qui mesure
l'énergie absorbée
par la matière

le **GRAY**

Gy

Unité qui évalue
les effets biologiques
sur les tissus vivants

le **SIEVERT**

Sv

1.5 GRANDEURS ET 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. À titre d'exemple, le corps humain d'un adulte contient entre autres une activité de l'ordre de 6 500 Bq de potassium 40 (^{40}K) dont l'origine est naturelle.

La présence d'une certaine quantité de radioactivité à un endroit où elle ne devrait pas être présente constitue une **contamination**. Cette notion peut être rapportée à une surface (activité surfacique en Bq/cm²), à un volume (activité volumique en Bq/m³) ou à une masse (activité massique en Bq/g).

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**.

- ↳ **Dose absorbée (D)** : elle correspond à l'énergie absorbée par unité de masse de matière. Son unité est le **gray** (Gy) qui équivaut à 1 joule absorbé par kilogramme de matière. Il s'agit d'une grandeur physique qui permet de caractériser une irradiation et de mesurer son importance. C'est la référence essentielle en radiobiologie.
- ↳ **Dose équivalente (H_T)** : elle correspond à la dose absorbée par le tissu ou l'organe T. Les effets biologiques varient en fonction de la nature du rayonnement, on utilise un facteur de pondération en fonction de la quantité d'énergie absorbée car « tous les becquerels n'ont pas le même effet ». W_R est le facteur de pondération du rayonnement R. La dose équivalente s'exprime en **sievert** (Sv).

$$H_T \text{ (Sv)} = \sum_R W_R \cdot D_{T,R} \text{ (Gy)}$$

$W_R = 1$ pour β, γ, X , $W_R = 20$ pour α , $W_R = 5$ à 20 pour neutrons

Quel que soit le rayonnement, à dose équivalente égale, l'effet biologique est le même : 1 mSv « gamma » est équivalent à 1 mSv « neutron ».

ÉVOLUTION DU FACTEUR DE PONDÉRATION TISSULAIRE (W_T) D' APRÈS LA CIPR (COMMISSION INTERNATIONALE DE PROTECTION RADIOLOGIQUE)

Organes	W_T	
	1991 Publication 60	2007 Publication 103
Vessie	0,05	0,04
Moelle osseuse	0,12	0,12
Surface de l'os	0,01	0,01
Sein	0,05	0,12
Colon	0,12	0,12
Foie	0,05	0,04
Poumon	0,12	0,12
Œsophage	0,05	0,04
Peau	0,01	0,01
Cerveau		0,01
Glandes salivaires		0,01
Estomac	0,12	0,12
Thyroïde	0,05	0,04
Autres	0,05	0,12
Gonades (testicules ou ovaires)	0,20	0,08

W_T est une image de la radiosensibilité du tissu

RELATION DOSE ET DÉBIT D'ÉQUIVALENT DE DOSE



Une personne qui séjourne dans une **ambiance de 1 mSv/h** pendant **2 heures** intègre une **dose efficace de 2 mSv**.

- ↘ **Dose efficace (E)** : il s'agit de la somme des doses absorbées par tous les tissus, exprimée en gray. Elle est doublement pondérée : une première fois par le facteur W_R qui permet de tenir compte de la qualité du rayonnement ($\alpha, \beta \dots$) et une deuxième fois par le facteur W_T permettant de tenir compte de la radiosensibilité relative du tissu exposé. La dose efficace a pour objectif d'apprécier le risque total et s'exprime en **sievert (Sv)**. Elle est **appelée communément « dose »**.

$$E(Sv) = \sum_T W_T \cdot \sum_R W_R D_{T,R}$$

- ↘ **Débit d'équivalent de dose** : pour des raisons de pratique opérationnelle, il est commode de mesurer une autre grandeur : le **débit d'équivalent de dose** (couramment appelé « débit de dose »). Il correspond à la dose délivrée pendant l'unité de temps. Il s'exprime en sievert par heure. Les cartographies des locaux sont réalisées avec un appareil : le radiamètre qui mesure un débit de dose.
- ↘ **Dose engagée** : dans les cas d'exposition interne, on calcule la dose qui en résulte. On parle alors de **dose engagée**. C'est la dose qui sera reçue par la personne pendant tout le temps où la source restera dans son organisme avant son élimination (par décroissance radioactive et par élimination naturelle) et sur une durée maximum de 50 ans pour un travailleur. Toutefois les doses internes calculées sont comptabilisées dans le cumul dosimétrique du salarié l'année de la contamination.
- ↘ **Dose efficace collective dite « dose collective »** : c'est la somme des doses efficaces individuelles pour un groupe donné. Elle s'exprime en « homme.sievert » (H.Sv). Son utilisation est limitée à l'usage de l'optimisation de la radioprotection.

Par exemple, une dose collective de 1 H.Sv est la dose reçue par un groupe de cent personnes ayant reçu chacune 10 mSv ou bien par un groupe de 1 000 personnes ayant reçu chacune 1 mSv.

DE LA RADIOACTIVITÉ À LA RADIOPROTECTION



La radioactivité est un phénomène physique qui a pour conséquence l'émission de rayonnements ionisants conduisant en cas de présence humaine à une exposition. Cette dernière est liée à une absorption d'énergie exprimée sous la forme d'une grandeur : la dose. La radioprotection ou protection contre les rayonnements ionisants 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 produits sur les personnes, directement ou indirectement, y compris par les atteintes portées à l'environnement (art. L. 591-1 du code de l'environnement)

MOYENS DE PROTECTION

EXPOSITION EXTERNE SANS CONTACT

- ↳ **PROTECTION COLLECTIVE**
 - Blindage des sources
 - Écrans (béton, acier, eau...)
- ↳ **PROTECTION INDIVIDUELLE**
 - Écrans
 - Distance
 - Durée d'exposition

EXPOSITION EXTERNE AVEC CONTACT

- ↳ **PROTECTION COLLECTIVE**
 - Contrôle et nettoyage des surfaces
 - Zonage des locaux
- ↳ **PROTECTION INDIVIDUELLE**
 - Gants
 - Surtenues

EXPOSITION INTERNE

- ↳ **PROTECTION COLLECTIVE**
 - Confinement des sources non scellées dans des enceintes et des circuits étanches
 - Conception des ventilations
- ↳ **PROTECTION INDIVIDUELLE**
 - Protections respiratoires
 - Tenue étanche

1.6 MODES D'EXPOSITION

- **Exposition externe** : la source radioactive est à l'extérieur de l'organisme. Si l'ensemble de l'organisme est atteint, on parle d'**exposition** globale ; si seule une partie est atteinte, il y a exposition partielle. Cette exposition externe peut être à distance de l'intervenant ou au contact (à la surface de la peau).
- **Exposition interne** : la source radioactive se trouve à l'intérieur de l'organisme. Le ou les radio-contaminants sont directement en contact avec les tissus internes de l'organisme, on parle d'exposition interne.

1.7 GRANDS PRINCIPES DE RADIOPROTECTION

La **radioprotection** 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 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**.

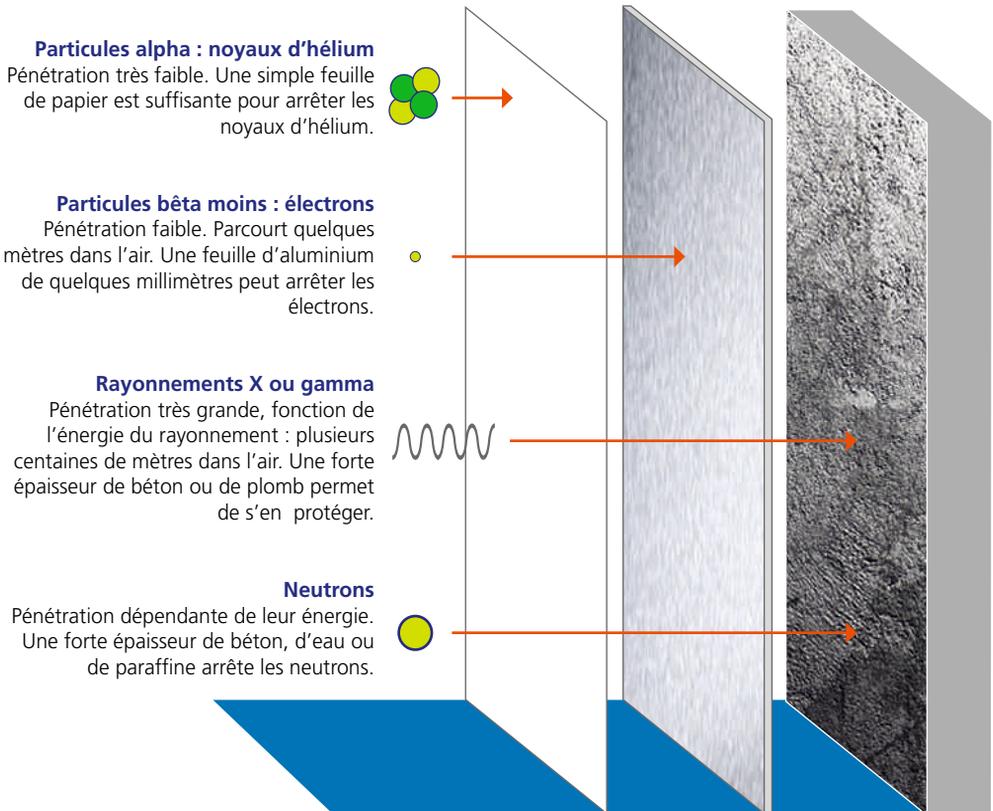
- **Justification** : toute activité humaine susceptible d'entraîner une exposition de l'homme aux rayonnements ionisants doit être justifiée par les avantages qu'elle procure. Ses bénéfices doivent être supérieurs à ses inconvénients.
- **Optimisation** : pour une source donnée, l'objectif général est de maintenir les valeurs de doses individuelles et collectives, au niveau le plus bas qu'il est raisonnablement possible d'atteindre, 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 résultant d'une « activité nucléaire » ne peut porter la somme des doses reçues au-delà des limites fixées par voie réglementaire, sauf lorsque cette personne est l'objet d'une exposition à des fins médicales ou de recherche biomédicale.

* Aussi bas que raisonnablement possible

VALEURS DE LA COUCHE DE DEMI-ATTÉNUATION (CDA) OU « ÉPAISSEUR MOITIÉ » DU PLOMB ET DE L'EAU POUR DES PHOTONS DE DIFFÉRENTES ÉNERGIES

	100 keV	1 MeV
Plomb	0,01 cm	0,9 cm
Eau	4,2 cm	10,0 cm

POUVOIR DE PÉNÉTRATION DANS LA MATIÈRE DES RAYONNEMENTS IONISANTS



1.8 MOYENS DE PROTECTION CONTRE LES EXPOSITIONS EXTERNE ET INTERNE

La limitation de l'exposition externe repose sur trois paramètres majeurs : **distance**, **écran**, **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.

 - › **Pour des rayonnements α** , peu pénétrants, des écrans très minces (papier, aluminium, cuivre) sont suffisants.
 - › **Pour des rayonnements β** , moyennement pénétrants, des écrans de matériaux à faible numéro atomique (plexiglas, plastique) les absorbent complètement.
 - › **Pour des rayonnements X ou γ** , très pénétrants, on utilise généralement des matériaux de numéro atomique élevé (plomb). L'efficacité des écrans est alors mesurée par la valeur de l'épaisseur de matériau qui divise le débit de dose par deux (« épaisseur moitié ») ou par dix (« épaisseur dixième »).
 - › **Pour des neutrons**, on utilise des écrans de faible numéro atomique (eau, paraffine...) pour les ralentir (thermalisation) et des écrans de bore ou de cadmium pour les absorber.
- ↳ **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.

La prévention contre la **contamination externe** et l'**exposition interne** repose sur :

- › le confinement des sources, la conception des ventilations,
- › la propreté radiologique,
- › le port de protections individuelles adaptées.

QUIZ

1 Le phénomène « radioactivité » trouve son origine dans :

- a la structure atomique
b la molécule
c le noyau

2 Des 3 rayonnements ionisants suivants, le plus pénétrant dans la matière est :

- a α
b β
c γ

3 La décroissance radioactive dépend

- a de l'activité de la source
b de l'énergie
c de la période (demi-vie)

4 L'activité d'une source radioactive est exprimée en :

- a Bq
b millisievert (mSv)
c Sv/h

5 Qu'est-ce que la période radioactive d'un radioélément ?

- a la durée pour rendre réactif un élément stable
b le temps de séjour d'un radioélément dans le corps
c le temps nécessaire pour que l'activité ait diminué de moitié

6 Le rayonnement α est constitué d'

- a un noyau d'Hélium
b un électron
c un proton

7 Le parcours des rayonnements α dans l'air est de l'ordre de :

- a quelques dixièmes de millimètres
b quelques centimètres
c quelques mètres

8 La dose absorbée :

- a dépend de l'organe
b n'est attribuable qu'à une exposition interne
c est une grandeur physique mesurable

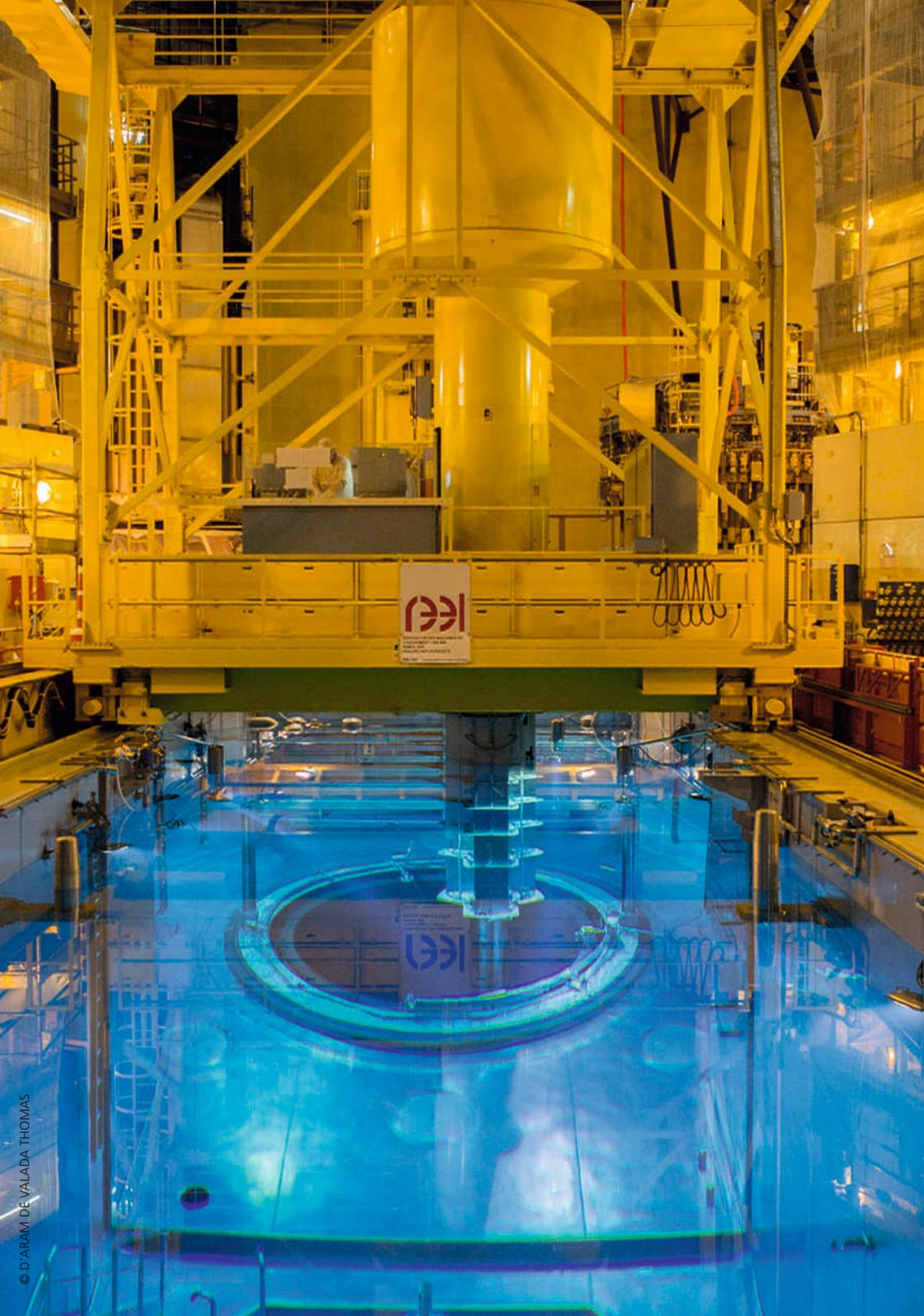
9 Le millisievert (mSv) s'applique

- a à la dose absorbée
b à la dose efficace
c à l'activité d'une source radioactive

10 Pour un débit de dose équivalent de 1,2 mSv/h, quelle sera la durée maximale d'intervention si l'objectif dosimétrique par intervenant est de 0,6 mSv ?

- a 12 mn
b 20 mn
c 30 mn

Réponses : 1c 2c 3c 4a 5c 6a 7b 8c 9b 10c



CHAPITRE 2

ORIGINE DES RISQUES RADIOLOGIQUES EN CENTRALE NUCLÉAIRE

SOMMAIRE

2.1 Définition du terme source | 37

2.2 Produits de fission (PF) | 39

2.2.1 Création des produits de fission

2.2.2 Produits de fission dans le combustible

2.2.3 Expositions externe et interne dues aux produits de fission

2.3 Produits d'activation (PA) | 41

2.3.1 Généralités

2.3.2 Produits d'activation issus des structures du réacteur

2.3.3 Produits d'activation issus des produits de corrosion

2.3.4 Produits d'activation issus du fluide primaire ou de l'air

2.3.5 Comportement global des radionucléides

2.4 Actinides | 47

2.4.1 Origine et risques associés à la contamination alpha

2.4.2 Comportement dans le circuit primaire

2.5 Protections à la conception | 49

2.5.1 Utilisation d'écrans

2.5.2 Protection contre l'exposition externe

2.5.3 Protection contre l'exposition interne

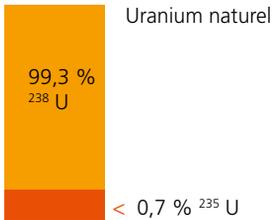
2.6 Limitation du terme source : la radiochimie | 55

2.6.1 Contamination normale des circuits

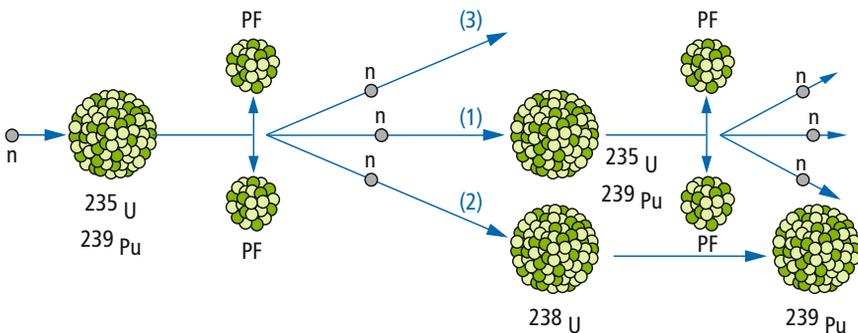
2.6.2 Surcontamination des circuits

COMPOSITION DU COMBUSTIBLE

Palier	Nombre de tranches	Composition du combustible	Renouvellement du combustible par	Durée du cycle
900MW – CP0	6	UOX – 4,2% ^{235}U	1/3 cœur	17 mois
900 MW – CPY	6	UOX – 3,7% ^{235}U	1/4 cœur	12 mois
900 MW - CPY-MOX	22	MOX – 8,6% Pu + UOX – 3,7% ^{235}U	1/4 cœur	12 mois
1300 MW Gemmes	19	UOX – 4% ^{235}U	1/3 cœur	17 mois
1300 MW – GALICE	1	UOX – 4,5% ^{235}U	29% cœur	18 mois
N4	4	UOX – 4% ^{235}U	1/3 cœur	17 mois



FISSION NUCLÉAIRE DANS UN RÉACTEUR



2.1 DÉFINITION DU TERME SOURCE

On désigne par « **terme source** » l'ensemble des radionucléides présents dans un réacteur du fait des réactions nucléaires.

Dans le domaine de la radioprotection, le terme source pris en considération est l'ensemble des radionucléides contribuant aux doses aux postes de travail.

Les radionucléides qui se forment dans le cœur du réacteur sont dus aux multiples réactions nucléaires provoquées par l'intense flux de neutrons qui y règne. On distingue trois grands types de réactions :

1. Environ 40 % des neutrons provoquent des réactions de fission sur les noyaux lourds dits « fissiles » présents dans le combustible, principalement l'uranium 235 et le plutonium 239. Ces fissions libèrent de l'énergie (celle-ci apparaît sous forme de chaleur dans le combustible), elles émettent des photons gamma (appelés gamma instantanés de fission) et plusieurs neutrons, 2,5 en moyenne, ce qui permet d'entretenir la réaction en chaîne. Enfin, elles créent des nucléides radioactifs, les produits de fission.
2. Environ 25 % des neutrons sont capturés par des noyaux lourds dits « fertiles » qui peuvent se transformer en noyaux « fissiles » : ainsi l'uranium 238, présent en grande quantité dans le combustible, va se trouver partiellement transformé en plutonium 239. Ce plutonium 239 participe à la réaction en chaîne en subissant la réaction de fission, mais il capture aussi des neutrons pour devenir plutonium 240, puis plutonium 241, ce qui est le point de départ d'une série de réactions créant des noyaux radioactifs plus lourds. Les nucléides radioactifs qui se forment ainsi, isotopes des éléments au-delà de l'uranium - neptunium, plutonium, américium, curium, ...- constituent la chaîne des actinides.
3. Les neutrons restants (environ 35 %) disparaissent en étant capturés par d'autres types de noyaux présents dans le réacteur - matériaux de structure, eau primaire, corps dissous dans l'eau - ce qui conduit à l'émission de photons gamma et à la création de produits d'activation.

Les produits de fission, les actinides et les produits d'activation constituent les trois grands volets du terme source qu'il faut prendre en compte sur le plan de la radioprotection.

PRINCIPAUX PRODUITS DE FISSION DE PÉRIODE SUPÉRIEURE À UN JOUR

Élément	Isotope	Période *	Caractéristiques
Gaz rares : Krypton et Xémons	⁸⁵ Kr ¹³³ Xe ^{133m} Xe	10,7 ans 5,2 jours 2,2 jours	Lorsqu'ils s'échappent de la gaine du combustible, ces éléments peuvent se retrouver dissous dans le fluide primaire ou sous forme gazeuse.
Iode	¹³¹ I	8 jours	L'iode peut se trouver sous forme de gaz (iode moléculaire), sous forme soluble (iodure,...) ou sous forme d'aérosols.
Césium	¹³⁴ Cs ¹³⁷ Cs	2,1 ans 30 ans	Le césium est très soluble dans l'eau et peut aussi se retrouver sous forme d'aérosols.

* Valeurs indicatives, les valeurs de référence peuvent être trouvées sur le site www.nucleide.org

Une tonne de combustible usé contient plusieurs dizaines de kilogrammes de produits de fission lors de son retrait du cœur.

OBSERVATION ET CONTRÔLE D'UN ASSEMBLAGE NEUF



© SIFOP Damien Gousy

2.2 PRODUITS DE FISSION (PF)

2.2.1 Création des produits de fission

Lors de la fission, le noyau lourd se fragmente généralement en deux noyaux de masse inégale, appelés **fragments de fission**. Ces fragments de fission sont radioactifs. On appelle **produits de fission** l'ensemble des fragments de fission et de leurs descendants, car il faut plusieurs désintégrations avant d'aboutir au noyau stable qui marque la fin de la chaîne de filiation radioactive. Les produits de fission sont des émetteurs bêta (β) dont les désintégrations s'accompagnent souvent d'une émission gamma.

2.2.2 Produits de fission dans le combustible

Les produits de fission se retrouvent sous diverses formes chimiques qui conditionnent leur migration hors du combustible. La plupart sont sous forme d'oxydes solides ou sous forme métallique et se fixent dans le combustible. D'autres sont gazeux, tels les iodes et les gaz rares (Xe, Kr) et peuvent être plus facilement dispersés dans le fluide primaire en cas de défauts du gainage du combustible.

2.2.3 Expositions externe et interne dues aux produits de fission

↳ Migration des produits de fission hors des crayons combustibles

Les produits de fission restent normalement confinés à l'intérieur de la gaine des crayons combustibles. Leur présence dans le fluide primaire en fonctionnement normal ne peut cependant pas être totalement évitée en raison de la présence de noyaux fissiles à l'état de trace sur la surface des crayons (cf. 2.4 Actinides). Mais l'essentiel de la contamination du circuit primaire en produits de fission provient de **l'inétanchéité de quelques crayons du cœur** (à comparer aux 41 000 à 54 000 crayons présents dans le cœur d'un réacteur). De petits défauts peuvent alors conduire à la contamination du fluide primaire par les éléments les plus solubles tels que les gaz rares, les isotopes de l'iode et ceux du césium. Dans le circuit primaire, en fonctionnement normal, en présence d'un défaut, les gaz rares sortent aisément du crayon défectueux. Il n'en est pas de même pour les isotopes de l'iode qui restent davantage piégés à l'intérieur du crayon, mais qui peuvent être relâchés dans le fluide primaire lors d'une baisse de pression ou de température du circuit.

↳ Expositions lors des manutentions de combustible irradié

Lors des manutentions du combustible irradié sous eau, la dose est due principalement aux émissions **gamma** des produits de fission. La quantité de produits de fission est d'autant plus grande que le taux de combustion des assemblages est élevé.

PRINCIPAUX RADIONUCLÉIDES GÉNÉRÉS DANS UN RÉACTEUR REP PAR L'ACTIVATION DES STRUCTURES ET/OU DES PRODUITS DE CORROSION

Radio-nucléide	Période T *	Produit par l'activation de	Provenance
Cobalt 60 : ^{60}Co	5,3 ans	^{59}Co	Activation du cobalt 59 stable (100 % du cobalt). Le cobalt est le constituant principal des stellites** (60 %), il est présent à titre d'impureté dans les alliages.
Cobalt 58 : ^{58}Co	70,8 jours	^{58}Ni	Activation du nickel 58 stable (68 % du nickel). Le nickel est le principal constituant des tubes d'inconel des générateurs de vapeur (72 % pour l'alliage 600, 58 % pour le 690). Il est utilisé en proportions variables dans les alliages inoxydables.
Antimoine 124 : ^{124}Sb	60,2 jours	^{123}Sb	Activation de l'antimoine 123 stable (43 % de l'antimoine). Grappes sources secondaires en antimoine/béryllium, butées et paliers de certaines pompes, impuretés du gainage en zircaloy.
Argent 110 métastable : $^{110\text{m}}\text{Ag}$	249,8 jours	^{109}Ag	Activation de l'argent 109 stable (48 % de l'argent). Grappes de contrôle constituées d'AlC (Argent, Indium, Cadmium), joints beurrés argent (type hélicoflex).
Manganèse 54 : ^{54}Mn	312,1 jours	^{54}Fe	Activation du fer 54 stable (6 %) provenant des structures.
Fer 59 : ^{59}Fe	44,5 jours	^{58}Fe	Activation du fer 58 stable (0,3 %) provenant des structures.
Chrome 51 : ^{51}Cr	27,7 jours	^{50}Cr	Activation du chrome 50 stable provenant des structures.
Nickel 63 : ^{63}Ni	99 ans	^{62}Ni	Activation du nickel 62 stable (3,6 % du nickel).
Nickel 59 : ^{59}Ni	76 000 ans	^{58}Ni	Activation du nickel 58 stable (68 % du nickel).
Fer 55 : ^{55}Fe	2,7 ans	^{54}Fe	Activation du fer 54 stable (6 % du fer).
Zirconium 93 : ^{93}Zr	$1,5 \times 10^6$ ans	^{92}Zr	Activation du zirconium 92 stable (17 % du zirconium).
Molybdène 93 : ^{93}Mo	4 000 ans	^{92}Mo	Activation du molybdène 92 stable (15 % du molybdène).
Niobium 94 : ^{94}Nb	20 000 ans	^{93}Nb	Activation du niobium 93 stable (100 % du niobium).
Zinc 65 : ^{65}Zn	244 jours	^{64}Zn	Activation du Znc 64, présent dans l'eau à titre d'impureté et éventuellement d'une partie du zinc ajouté intentionnellement pour maîtriser le terme source ou lutter contre la corrosion sous tension des alliages base nickel.

* Valeurs indicatives, les valeurs de référence peuvent être trouvées sur le site www.nucleide.org

** stellite : alliage utilisé pour ses qualités de résistance à l'usure

2.3 PRODUITS D'ACTIVATION (PA)

2

2.3.1 Généralités

Lorsqu'un élément non radioactif (au sein d'un matériau, d'un fluide ou dans l'air...) est soumis à un flux neutronique (bombardement par des neutrons), cet élément est **activé**, c'est-à-dire qu'un ou plusieurs corps radioactifs (radionucléides) sont créés. Ces radionucléides sont appelés « **produits d'activation** ».

Les **produits d'activation** présents dans un réacteur à eau pressurisée (REP) résultent à la fois de **l'activation des impuretés** contenues dans le fluide du circuit primaire, de **l'activation du fluide** lui-même et de **l'activation des structures**.

La quantité et la nature des radionucléides créés par ce phénomène d'activation dépendent de l'intensité du flux neutronique (quantité de neutrons incidents, fonction de la puissance du réacteur), de la nature et de la composition des éléments exposés au flux neutronique ainsi que de la durée pendant laquelle ils sont soumis à ce flux.

2.3.2 Produits d'activation issus des structures du réacteur

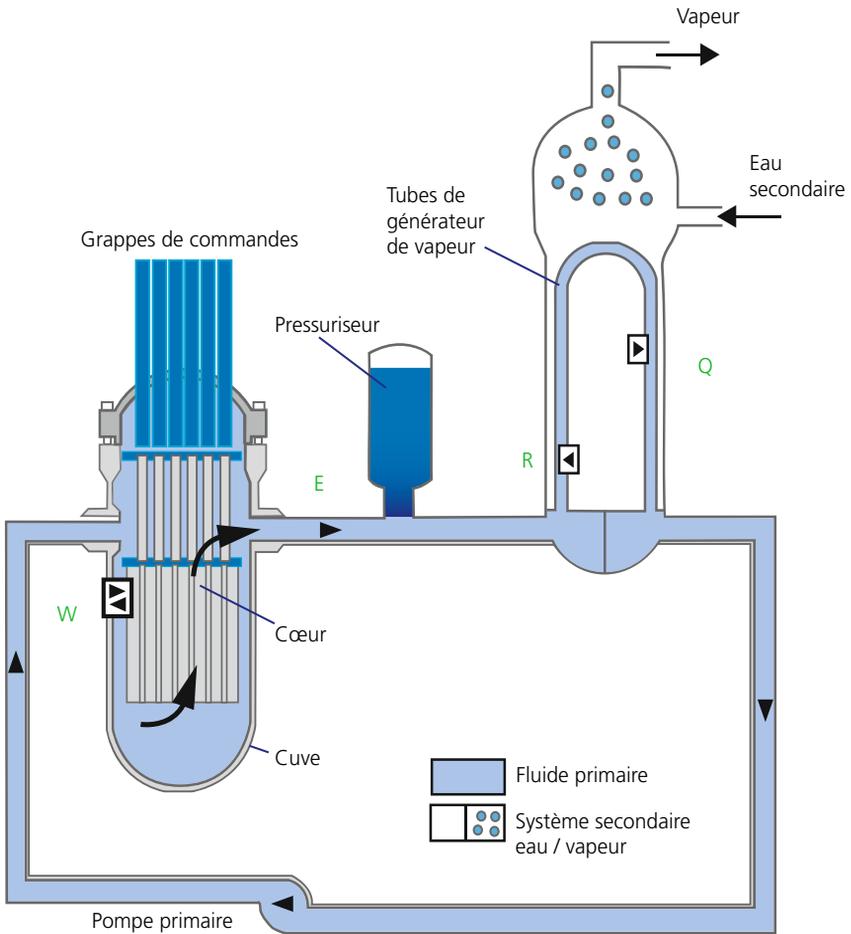
Les radionucléides créés à la suite de l'activation des structures métalliques situées dans le cœur du réacteur ou autour de celui-ci (circuit primaire...) sont appelés « **produits d'activation issus des structures** ».

Les principaux radionucléides générés dans un réacteur REP par l'activation des structures sont présentés dans le tableau ci-contre résumant l'origine et les caractéristiques des radionucléides ainsi formés.

La gestion préventive du risque consiste à **réduire le terme source**, donc à limiter dans la mesure du possible la formation des produits d'activation dans les structures.

Pour cela, il est nécessaire de choisir avec soin les éléments présents dans les structures. Ont par exemple été mis au point des aciers spéciaux au zirconium, contenant une teneur très faible en cobalt afin de réduire la formation de ^{60}Co émetteur de rayons de forte énergie. La formation d'un produit d'activation comme le ^{60}Co peut également être réduite en limitant à la fois la quantité d'impuretés en ^{59}Co dans les matériaux et l'emploi des stellites.

ORIGINE DES PRODUITS D'ACTIVATION



Q Corrosion des matériaux et relâchement des produits de corrosion dans le fluide primaire

W Activation des produits de corrosion sous flux neutronique

Principales réactions : $^{58}\text{Ni} + 1n > ^{58}\text{Co} + p$

$^{59}\text{Co} + 1n > ^{60}\text{Co} + \gamma$

E Transport des radionucléides dans le fluide primaire

R Dépôt des radionucléides sur les surfaces hors flux neutronique

2.3.3 Produits d'activation issus des produits de corrosion

Au contact du fluide primaire, les structures du circuit se recouvrent d'une couche d'oxyde protectrice. Ce phénomène s'accompagne du relâchement d'une partie des diverses espèces métalliques oxydées dans le fluide du circuit primaire que l'on appelle « produits de corrosion ».

Les constituants extraits du métal de base par ce phénomène de corrosion/relâchement (particules, éléments solubles...) sont transportés dans le circuit primaire et soumis au flux neutronique lors du passage dans le cœur. Certains de ces produits de corrosion peuvent donc s'activer. Ils peuvent ensuite se redéposer en divers endroits du circuit primaire.

L'ensemble des phénomènes mis en jeu est résumé sur la figure ci-contre. Les mêmes phénomènes d'activation s'appliquent aux particules métalliques présentes dans le circuit primaire du fait de l'érosion mécanique ou des opérations de maintenance (rodage...) ou incidents d'exploitation.

👉 Formation des produits de corrosion

Les conditions de pression et de température du circuit primaire en fonctionnement sont très contraignantes pour les matériaux constitutifs de ce circuit.

Les **produits de corrosion** issus des principaux alliages rencontrés dans le circuit primaire d'un REP et susceptibles de s'activer sont les suivants : ^{50}Cr , ^{58}Fe , ^{54}Fe , ^{58}Ni , ^{59}Co . Les produits d'activation résultants sont détaillés dans le tableau de la page 38.

👉 Gestion préventive du risque lié aux produits de corrosion

Comme indiqué précédemment, la gestion préventive du risque consiste à mettre en œuvre tous les moyens possibles pour réduire le terme source et donc à limiter dans la mesure du possible la formation de produits de corrosion afin de réduire la quantité d'éléments activables. Ceci est en particulier réalisé grâce au choix de matériaux de type « inoxydable », avec de faibles teneurs en impuretés activables.

De plus, le conditionnement chimique du fluide du circuit primaire permet de minimiser et d'optimiser la masse de matériaux relâchés ainsi que le temps de séjour de ces matériaux sous flux neutronique : le bore, destiné à contrôler la réactivité du cœur (le bilan de neutrons) et utilisé sous forme d'acide borique dont l'acidité est compensée par la lithine, basique ; le milieu est maintenu dans des conditions réductrices grâce à l'injection d'hydrogène.

Enfin, la purification du fluide primaire (via l'utilisation des filtres et résines du circuit RCV) permet de réduire les concentrations de radionucléides en fonctionnement normal et préalablement aux interventions.

PRODUITS D'ACTIVATION ISSUS DU FLUIDE PRIMAIRE OU DE L'AIR

Radio-nucléide	Période T	Provenance
Azote 16 : ^{16}N	7,1 s	L'azote 16 est produit par réaction sur l'oxygène 16 contenu dans le fluide primaire. Il émet des rayonnements très énergétiques.
Tritium : ^3H	12,3 ans	Le tritium est produit par réaction sur le bore (principalement ^{10}B) et sur le lithium (principalement ^6Li) ajoutés au fluide primaire pour contrôler respectivement la réactivité (bilan neutronique) et le pH (acidité).
Argon 41 : ^{41}Ar	110 minutes	La ventilation du puits de cuve fait passer un débit d'air sous flux neutronique. Cet air contient 0,93 % d'argon naturel dont 99,6 % d'argon 40 activable.
Carbone 14 : ^{14}C	5 700 ans	Produit principalement par réaction sur l'oxygène 17 de l'eau du fluide primaire (mais aussi par réaction sur l'oxygène contenu dans le combustible : en effet, les pastilles combustibles sont constituées d'oxyde d'uranium (UO_2) et contiennent de ce fait de l'oxygène). Il est également produit par réaction des neutrons sur l'azote 14.
Sodium 24 : ^{24}Na	15 heures	Activation du ^{23}Na , présent dans l'eau à titre d'impureté.
Chlore 38 : ^{38}Cl	37 minutes	Activation du ^{37}Cl , présent dans l'eau à titre d'impureté.
Potassium 42 : ^{42}K	12,4 heures	Activation du ^{41}K , présent dans l'eau à titre d'impureté.

2.3.4 Produits d'activation issus du fluide primaire ou de l'air

👉 Origine de ces produits d'activation

Certains produits d'activation résultent de l'activation d'éléments présents dans le fluide primaire (eau) ou même dans l'air du puits de cuve. Ce sont l'azote 16, le tritium, l'argon 41, le carbone 14, le sodium 24, le chlore 38, le potassium 42.

👉 Gestion préventive du risque lié à ces produits d'activation

Trois actions permettent de limiter les risques induits par les radionucléides issus du fluide primaire ou de l'air :

- › la déminéralisation de l'eau primaire qui permet de limiter les teneurs en impuretés à des seuils acceptables,
- › le contrôle de la teneur en oxygène de l'eau d'appoint, grâce à un stockage approprié dans les bâches d'appoint en eau notamment,
- › la ventilation avant ouverture du bâtiment réacteur vis-à-vis de l'argon et du tritium (et des produits de fission gazeux).

2.3.5 Comportement global des radionucléides

Les radionucléides de période radioactive longue, comme ^{63}Ni , ^{59}Ni , ^{93}Zr , ^{93}Mo et ^{94}Nb , contribuent au débit de dose lors du stockage à long terme, mais ont un impact mineur lors de l'exploitation du réacteur. En revanche, les autres radionucléides (durée de vie courte ou moyenne) sont très gênants pour la radioprotection lors des interventions, du fait de leurs fortes émissions gamma (γ). Ils induisent principalement des risques d'exposition externe. Par exemple, l'activation du cobalt 59 présent sous forme d'impureté dans de nombreux alliages (également présent dans les revêtements durs comme les stellites) conduit à la création de cobalt 60 qui émet deux raies gamma (γ) de haute énergie, contre lesquelles il est indispensable de se protéger.



Les produits de corrosion sont particulièrement gênants lors des interventions sur le réacteur à l'arrêt et représentent plus de 90% des doses. Les isotopes les plus pénalisants pour la dose sont le cobalt 60, le cobalt 58 et, dans quelques cas particuliers, l'argent 110 métastable et l'antimoine 124.

LES COMPOSANTS DU TERME SOURCE

Composants du terme source		Produits de fission (PF)	Produits d'activation (PA)	Actinides ou noyaux lourds (NL)
Comment se forment-ils ?		« Cendres » de la fission nucléaire, ils apparaissent dans les crayons combustibles durant le fonctionnement du réacteur.	Tout matériau à proximité du cœur en fonctionnement s'active : les structures fixes mais aussi et surtout les produits de corrosion véhiculés par le fluide primaire.	Constituants du combustible nucléaire neuf et évoluant durant le fonctionnement, certains se fissionnent en donnant de l'énergie.
Quels sont les principaux ?		L'iode 131 Les gaz rares : Xénon 133, Krypton 85 Les césium 134 et 137	Le cobalt 60 Le cobalt 58 L'argent 110m L'antimoine 124	Les plutonium 239 et 240 L'américium 241 Les curium 242 et 244
Quels sont les rayonnements émis?		β , γ	β , γ	α , β , neutrons
Où sont-ils ?	En fonctionnement	Confinés dans les gaines des crayons combustibles, ils peuvent en sortir en cas d'apparition de défauts de gainage. Pic d'activité durant le transitoire d'arrêt en présence de défauts de gainage.	Produits de corrosion véhiculés dans le circuit primaire et les circuits annexes. Azote 16 présent dans l'eau du circuit primaire. Argon 41 dans l'air de ventilation du circuit primaire. Pic d'activité durant la phase d'arrêt à froid.	Confinés dans les gaines des crayons combustibles, ils peuvent se disséminer en cas d'apparition de ruptures de gaine sérieuses.
	En arrêt de tranche	Irradiation importante autour des assemblages combustibles. L'iode disséminé peut se déposer sur les surfaces des tuyauteries.	Produits de corrosion déposés dans les circuits. Structures internes du cœur.	Normalement absents sauf en présence de ruptures de gaine sérieuses pendant la ou les campagnes précédentes.
	Opérations de démantèlement	Attention à l'histoire de la tranche et aux inétanchéités de la première barrière qui induisent des dépôts dans les circuits.	Structures proches du cœur, activées par le flux neutronique.	Attention à l'histoire de la tranche et aux inétanchéités de la première barrière qui induisent des dépôts dans les circuits.

2.4 ACTINIDES

2

2.4.1 Origine et risques associés à la contamination alpha

Les **actinides** émetteurs **alpha** sont constitués des noyaux lourds initialement présents dans le combustible (uranium et plutonium) et de ceux qui en sont issus par captures neutroniques successives. Les principaux noyaux émetteurs alpha sont ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Am , ^{242}Cm et ^{244}Cm .

Les actinides sont contenus dans les gaines des crayons combustibles. En cas de ruptures de gaine, on en retrouve dans le fluide primaire.

En l'absence de défaut de gainage, on ne les trouve qu'à l'état de traces provenant des dépôts d'actinides sur la surface externe du crayon pendant la fabrication (0,2 à 0,5 gramme pour l'ensemble d'un cœur) et des impuretés présentes dans le gainage combustible (environ 0,25 partie par million d'uranium naturel dans le zircaloy 4).

2.4.2 Comportement dans le circuit primaire

La matière fissile libérée au cours d'une campagne avec des crayons combustibles présentant des défauts graves se répartit de façon sensiblement homogène entre les parties du circuit primaire sous flux et hors flux. Au cours des campagnes suivantes, les résidus de cette contamination se comportent comme les produits de corrosion : dépôts sur le combustible et les surfaces hors flux des particules en suspension dans l'eau primaire et remises en suspension dans l'eau par érosion des dépôts sur les surfaces.

EXEMPLE D'ÉCRAN DE PROTECTION



©CATCO

Palier N4 - Porte du local de l'échangeur-régénérateur

2.5 PROTECTIONS À LA CONCEPTION

L'objectif fondamental des études de radioprotection est de définir ou de mettre en œuvre des moyens et/ou des mesures préventives vis-à-vis des rayonnements ionisants résultant de l'exploitation des installations nucléaires.

2.5.1 Utilisation d'écrans

Trois types de matériaux sont utilisés en radioprotection :

- les **matériaux hydrogénés**, de faible densité, pour le ralentissement des neutrons : l'eau, les matériaux hydrocarbonés (polyéthylène, polypropylène, résines...),
- les **matériaux neutrophages** qui permettent, parallèlement au ralentissement des neutrons rapides, d'absorber les neutrons thermiques : l'eau, le bore, le cadmium,
- les **matériaux lourds** qui sont de bons atténuateurs gamma et qui participent au ralentissement des neutrons : plomb, fer, béton.

Types d'écrans

La typologie des **écrans** et leur technologie de mise en œuvre sont décrites ci-dessous :

- les **écrans fixes** : écrans de grandes dimensions et lourds montés à demeure (bâtiements, piscine, enceintes blindées...),
- les **écrans démontables** : éléments incorporés dans des écrans fixes (portes, fenêtres, bouchons, dalles...) ou éléments modulaires (assemblage de briques) qui peuvent être démontés pour des opérations particulières,
- les **écrans mobiles** : écrans faisant partie de la protection principale et pouvant être escamotables par pivotement, retrait, translation (portes, obturateurs, bouchons...) ou écrans rapportés sur la protection principale (opercule, conteneur...),
- les **écrans pour intervention** : écrans mis en place provisoirement pour permettre des opérations de maintenance (gants ou matelas de plomb, briques de plomb ou de béton, bacs de sable...).

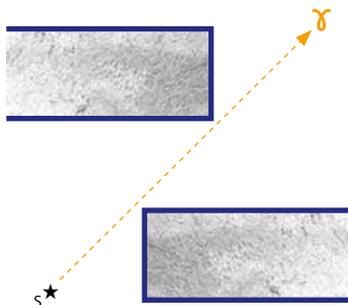
Disposition des écrans

Quelques règles sont décrites ci-après pour la disposition des écrans :

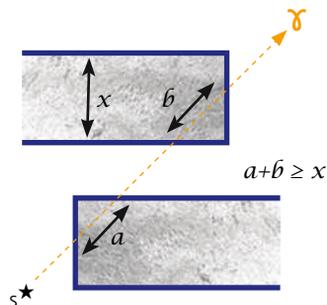
- Cas d'une source riche en neutrons rapides :
 - › Disposer un matériau ralentisseur en tête de **protection**,
 - › Disposer derrière un matériau qui capture les neutrons thermiques (matériaux borés).
- Cas d'une source mixte (neutron et gamma) :
 - › Nécessité d'absorber une grande partie des gamma dès leur sortie de la source (gain de poids et augmentation de la durée de vie des matériaux neutrophages).
- Cas d'une source intense de rayonnement gamma :
 - › Écrans de matériaux lourds (plomb, fer, tungstène...) au plus près de la source.

EXEMPLES D'IMPLANTATION DES ÉCRANS DE PROTECTION

La règle de base pour une bonne protection est l'homogénéité. Ainsi, quel que soit son parcours, le rayonnement doit traverser une épaisseur de matériau suffisante.

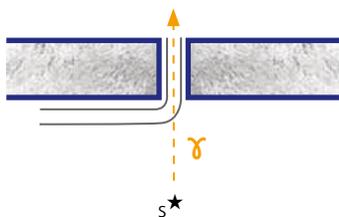


DÉCONSEILLÉ

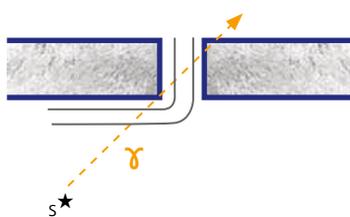


RECOMMANDÉ

Une protection épaisse est affaiblie localement si elle n'est pas homogène ; aussi, est-il nécessaire de vérifier l'homogénéité dans toutes les directions (parois verticales, plafonds, plafonds) et d'éviter d'aligner l'axe de la traversée avec la source.

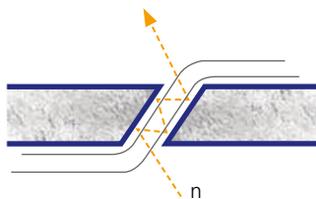


DÉCONSEILLÉ



RECOMMANDÉ

Dans le bâtiment réacteur, pour éviter les fuites de neutrons, il est conseillé d'utiliser des traversées obliques, afin d'allonger le canal de fuite constitué par la tuyauterie



2.5.2 Protection contre l'exposition externe

En présence d'une source donnée, lorsque l'intervention est justifiée, trois facteurs peuvent contribuer à la réduction de l'exposition aux rayonnements :

- ✎ **le temps.** Pour réduire le **temps d'exposition**, quelques exemples de bonne conception sont donnés ci-après :
 - › prévoir le supportage des matelas de plomb ainsi que les points d'ancrage des autres types de protection adaptés aux matériels auxquels ils sont dédiés et en vérifier la tenue au séisme,
 - › les calorifuges doivent être déclipables. En effet, les calorifugeurs peuvent être très exposés. Le temps de la mise en place et de retrait des calorifuges doit être aussi réduit que possible,
 - › un éclairage efficace permet un gain sur le temps d'exposition des personnels,
 - › pour éviter la multiplication de multiprises et de rallonges électriques, des prises de courant doivent être en nombre suffisant et correctement placées par rapport aux différents chantiers,
 - › la mise en place de plate-forme d'accès permanente pour travaux de maintenance est de loin préférable à l'installation d'échafaudages générateurs de temps d'exposition,
 - › prévoir des outillages et/ou des filtres sans manutention,
 - › installation de robinets à maintenance allégée.
- ✎ **la distance** à la source de rayonnements doit être considérée de deux façons différentes :
 - › distance par rapport à l'équipement actif sur lequel on travaille (ex. : renvoi de commande manuelle, caméras de surveillance, outillages spécialisés permettant certaines opérations à distance),
 - › distance par rapport aux autres équipements actifs, plus particulièrement dans le bâtiment réacteur.
- ✎ **les écrans de protection** entre la source et les personnes ou les matériaux à protéger (cf. exemples d'implantation page ci-contre).

Deux axes de réflexion doivent orienter la séparation des matériels c'est-à-dire le casematage :

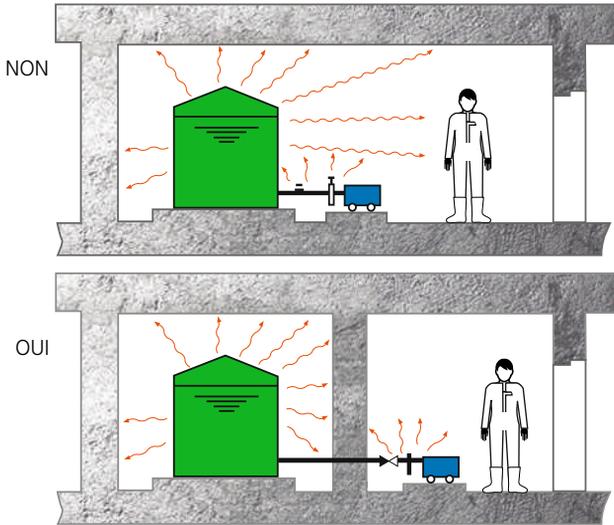
➤ Caractère actif ou non actif du matériel

Ne pas regrouper dans une même casemate des matériels actifs et non actifs, car cela pourrait conduire le personnel à recevoir inutilement des doses lors des interventions sur le matériel non actif.

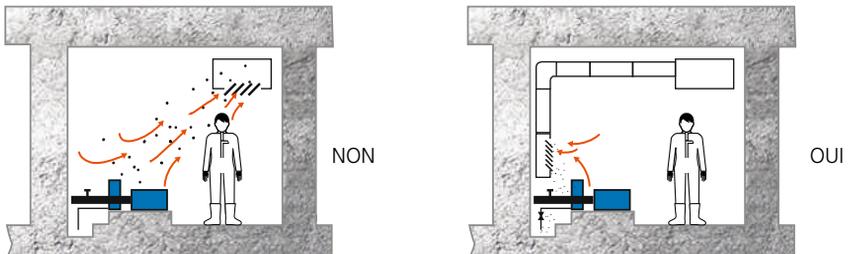
➤ Fonction des matériels

Le regroupement par fonction des matériels permet de minimiser les doses reçues par les intervenants :

- › **lors des opérations de conduite** : un regroupement géographique judicieux facilite les opérations de conduite (ex. : diminution des allées et venues pour le lignage ou la consignation) et réduit en conséquence les durées d'intervention,
- › **lors des opérations de maintenance** : durant l'intervention sur un matériel, il n'est pas souhaitable que les opérateurs soient soumis à un débit de dose ambiant amplifié par un matériel voisin « en service », sur lequel aucune intervention n'est à réaliser.



Exemple de casematage vis-à-vis du risque d'exposition interne



2.5.3 Protection contre l'exposition interne

La protection contre l'exposition interne s'exerce au niveau des locaux (protection collective) et au niveau des individus (protection individuelle).

➤ Au niveau collectif

La protection contre l'exposition interne est assurée dès la conception par le **confinement statique** (trois barrières pour les installations nucléaires de base) et le **confinement dynamique** (système de ventilation et de filtration). Elle est complétée en exploitation par les dispositions spécifiques de radioprotection destinées à surveiller et contrôler leur efficacité.

Les protections collectives consistent à :

- › assurer l'étanchéité des barrières de confinement,
- › réduire l'activité des fluides par purification,
- › limiter, autant que possible, l'activité des dépôts de produits de corrosion, en particulier, par le contrôle de la chimie du circuit primaire,
- › diluer ou piéger par ventilation les produits radioactifs dont les gaz rares et les iodes,
- › collecter les fuites et purges,
- › assurer le confinement des locaux et des chantiers,
- › contrôler les conditions de fonctionnement à l'aide des chaînes fixes de radioprotection.

➤ Au niveau individuel

La protection est assurée par le port de protections des voies respiratoires et de vêtements spéciaux (tenue autonome).

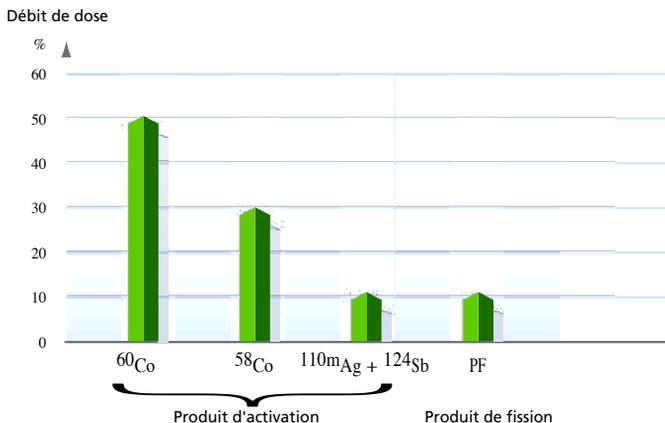


RÈGLES GÉNÉRALES

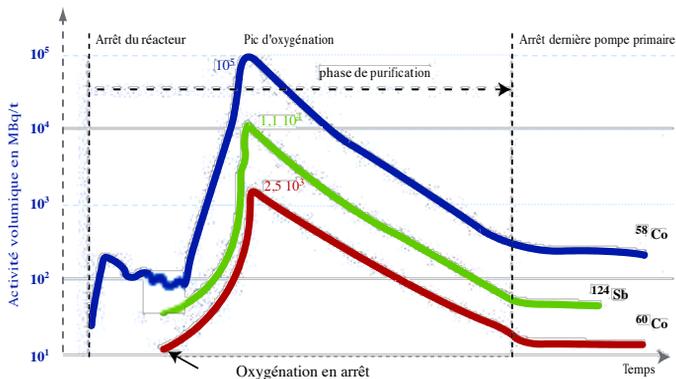
Les règles générales pour **réduire la contamination atmosphérique** sont les suivantes :

- › la règle la plus importante concerne l'étanchéité des circuits. La bonne étanchéité de la robinetterie est à rechercher en priorité ;
- › la décontamination des locaux doit être aisée (utilisation de peintures spécifiques permettant une décontamination plus facile des murs, des sols et des plafonds) ;
- › des sas en vinyle ou en macrelon doivent pouvoir être installés facilement. une ventilation complémentaire peut être nécessaire ;
- › la ventilation générale est à étudier avec soin (cf. exemple ci-contre)
- › la circulation de l'air se fait impérativement du moins au plus contaminé ;
- › la collecte et l'évacuation des drains de sol sont à soigner particulièrement.

EN MOYENNE 90% DES DOSES SONT DUES AUX PRODUITS D'ACTIVATION



ÉVOLUTION DE L'ACTIVITÉ VOLUMIQUE DE L'EAU PENDANT LA MISE EN ARRÊT À FROID



(valeurs moyennes pour une tranche de 900 MW)

2.6 LIMITATION DU TERME SOURCE : LA RADIOCHIMIE

Les débits de dose aux abords des équipements ont pour origine le transfert de corps radioactifs de la zone sous flux neutronique vers les circuits :

- › la contamination « normale » provient essentiellement de la corrosion des matériaux constituant les circuits. Elle concerne toutes les tranches du parc,
- › les surcontaminations (ou contaminations incidentelles) sont dues à des consignes d'exploitation mal respectées ou à des pollutions particulières. Elles s'ajoutent toujours à la contamination normale. Elles ne concernent qu'un nombre limité de tranches du parc.

Quatre vingt dix pour cent des doses reçues proviennent des produits de corrosion. La chimie primaire et la **radiochimie** visent à réduire leur production ou à éviter leur dépôt sur les circuits hors flux neutronique.

2.6.1 Contamination normale des circuits

La contamination des circuits est inélectable, elle provient essentiellement de la corrosion des matériaux du circuit primaire.

👉 Prévention tranche en fonctionnement

La limitation de la contamination des circuits repose essentiellement sur l'optimisation de la chimie primaire en exploitation et sur l'efficacité de la purification :

- › l'acidité due à l'acide borique injecté pour contrôler la réaction nucléaire est compensée par l'ajout de lithine jusqu'à obtenir un pH basique,
- › l'eau est préalablement dégazée et conditionnée par un ajout d'hydrogène,
- › les filtres retiennent les particules (insolubles) et les résines, les espèces ioniques (solubles).

👉 Prévention tranche à l'arrêt

Lors du passage en arrêt à froid de la tranche pour intervention, les conditions physico-chimiques du fluide primaire évoluent fortement, en particulier lors de l'**oxygénation** (injection d'oxygène ou d'eau oxygénée). L'injection d'oxygène ou d'eau oxygénée rend le fluide primaire oxydant, ce qui favorise la mise en solution des métaux ou oxydes métalliques déposés sur le combustible. Il est important de respecter la procédure de mise en arrêt à froid qui vise à limiter le pic d'activité dû à la dissolution de produits d'activation déposés sous flux. Cette procédure évite aussi la redéposition de ces produits sur les circuits hors flux en les piégeant sur les filtres et les résines.

L'oxygénation n'induit pas de surcontamination des circuits lorsqu'elle est effectuée correctement. A contrario, si l'oxygénation n'est pas effective (teneur en O₂ dans le fluide primaire après oxygénation inférieure à 1 mg/kg) ou si elle est effectuée sans précautions particulières (maintien d'un milieu suffisamment basique et réducteur), des phénomènes de surcontaminations sévères, conduisant à une augmentation significative des **doses d'arrêt** (de l'ordre de 20 %) peuvent être observés.

PRODUITS D'ACTIVATION PÉNALISANTS EN CAS DE SURCONTAMINATION

	Prévention	Remède
Points chauds	<ul style="list-style-type: none"> - récupérer les poussières de rodage des portées stellitées lors des chantiers ; - filtrer les particules actives au plus près de leur origine pour éviter leur dissémination ; - remplacer les matériels avec cobalt par des matériels sans cobalt. 	<ul style="list-style-type: none"> - décontaminations chimiques et mécaniques ; - rincer les portions de tuyauterie à l'aide de groupes de filtration autonomes.
Argent 110m ^{110m} Ag :	<ul style="list-style-type: none"> - mettre en place des grappes chromées ou nitrurées, plus résistantes que les grappes standard au risque de percement par usure. 	<ul style="list-style-type: none"> - mettre en œuvre des conditionnements chimiques du fluide primaire particuliers pendant la mise à l'arrêt (teneur en lithium notamment), favorables à la rétention de l'argent sur les filtres et résines ; - utiliser des filtres et résines spécifiques pour la rétention de colloïdes ; - décontaminer par voie chimique les circuits.
Antimoine 122 ou 124 ¹²² Sb ¹²⁴ Sb :	<ul style="list-style-type: none"> - remplacer les pompes à rotor imprégnées d'antimoine par des pompes dont le rotor n'en contient pas ; - supprimer, lorsque cela est possible, les grappes sources secondaires contenant de l'antimoine. 	<ul style="list-style-type: none"> - mettre en œuvre des conditionnements chimiques du fluide primaire particuliers pendant la mise à l'arrêt (teneur en lithium notamment), favorables à la rétention de l'antimoine sur les filtres et résines.

2.6.2 Surcontamination des circuits

Les surcontaminations sont dues à des consignes d'exploitation mal respectées ou à des pollutions particulières. Ces phénomènes sont souvent évitables. Il ne faut pas les considérer comme une fatalité.

Au spectre type des dépôts dosants, il peut se rajouter des pollutions particulières. Celles-ci peuvent provenir de la dégradation de matériels (matériels en alliages à base de cobalt notamment les « stellites »...), de la propreté insuffisante des chantiers (absence de nettoyage après rodage in-situ de portées stellitées de robinetteries par exemple) et/ou du dysfonctionnement du système d'épuration (éclatement de filtre...).

Le retour d'expérience montre que les trois pollutions les plus pénalisantes vis-à-vis des doses sont :

- **les points chauds**, provenant de la dégradation de matériels stellités (vannes, pompes, ...) qui, activés sous flux neutronique, se transforment en cobalt 60. Pour les tranches affectées par les points chauds le surplus de dose est de l'ordre de 10 à 30 % (surcontamination des circuits d'effluents et du circuit de refroidissement du réacteur à l'arrêt...),
- **l'argent**, provenant le plus souvent du percement des grappes de contrôles dont le matériau neutrophage est constitué d'argent, indium et cadmium (AIC) ou de joints revêtus d'argent. Pour les tranches affectées par l'argent 110m le surplus de dose est de l'ordre de 10 à 15 % (surcontamination des parties froides des circuits auxiliaires, échangeurs de température en particulier). Pour ces circuits l'argent 110m peut contribuer à plus de 90 % des débits de dose,
- **l'antimoine** pour lequel les plus grandes pollutions sont dues à des dégradations de grappes sources secondaires ou de certaines pompes à rotor immergé en graphite et antimoine. Pour les tranches affectées par l'antimoine, le surplus de dose est de l'ordre de 5 % (surcontamination de l'ensemble du circuit primaire principal).

QUIZ

1 La fission d'un noyau d'uranium 235 se caractérise par la cassure du noyau en deux nouveaux noyaux et :

- a l'éjection de 2 à 3 neutrons
- b l'éjection de 2 à 3 protons
- c l'éjection de 2 à 3 électrons

2 Dans un CNPE, en fonctionnement normal, le risque radiologique trouve son origine dans :

- a la fission nucléaire et l'activation des matériaux constitutifs du circuit primaire
- b la corrosion des matériaux constitutifs du circuit secondaire
- c la fusion du combustible

3 Le risque d'irradiation, en zone contrôlée est essentiellement dû :

- a aux particules radioactives en suspension dans l'air
- b aux produits de corrosion du circuit secondaire
- c aux produits de corrosion activés présents dans les circuits

4 L'activation des matériaux du circuit primaire est due :

- a au rayonnement gamma dans le réacteur
- b au rayonnement neutronique dans le réacteur
- c à la forte température du circuit primaire

5 Les émetteurs de rayonnements alpha sont :

- a les produits de fission
- b les produits d'activation
- c les actinides ou noyaux lourds

6 L'exposition externe est indépendante :

- a du port ou non de la tenue étanche ventilée
- b de la distance de la source au poste de travail
- c du temps passé au poste de travail

7 Le rayonnement gamma est surtout atténué par :

- a les tenues étanches
- b les matériaux lourds tels que le plomb
- c les matériaux hydrogénés

8 La protection individuelle contre l'exposition interne est assurée :

- a par la ventilation des locaux
- b par le port d'un masque respiratoire ou d'une tenue étanche ventilée
- c par le confinement des chantiers

9 Le strict respect des spécifications chimiques et radio-chimiques permet de :

- a réduire la production et le dépôt sur les circuits de métaux activés, source de 90 % des doses absorbées
- b éviter la présence de stellites sur les sièges de robinet
- c empêcher la formation de bulle d'azote dans le circuit primaire

10 Des consignes d'exploitation mal respectées conduisent à des pollutions dont les plus pénalisantes vis-à-vis des doses sont :

- a le plomb, les matériaux hydrogénés, les matériaux neutrophages
- b l'acide borique, la lithine, l'hydrogène
- c l'argent 110m, l'antimoine, les points chauds provenant de la dégradation des matériaux stellités

Réponse : 1 a 2 a 3 c 4 b 5 c 6 a 7 b 8 b 9 a 10 c



CHAPITRE 3

RISQUES RADIOLOGIQUES EN CENTRALE NUCLÉAIRE

3.1 Risque d'exposition externe | 65

- 3.1.1 Signalisation et évaluation du risque d'exposition externe
- 3.1.2 Moyens de détection
- 3.1.3 Actions de prévention

3.2 Risque de contamination | 69

- 3.2.1 Moyens de détection
- 3.2.2 Prévention de la contamination

3.3 Risque iode | 71

- 3.3.1 Moyens de détection
- 3.3.2 Actions de prévention

3.4 Risque alpha | 73

- 3.4.1 Moyens de détection
- 3.4.2 Modalités de prévention spécifiques au risque alpha

3.5 Accès dans le bâtiment réacteur, tranche en puissance | 77

- 3.5.1 Moyens de détection
- 3.5.2 Actions de prévention liées à une intervention

SUIVI TEMPOREL DE L'ÉTAT RADIOLOGIQUE ET INTER COMPARAISON DES TRANCHES



Depuis le démarrage des premiers réacteurs, EDF a demandé de déterminer, à chaque arrêt pour rechargement, un indice : l'indice RCP (homogène à un débit d'équivalent de dose), sensé donner une image de la contamination surfacique des boucles primaires. Cet indice a pour vocation de vérifier l'absence d'incident lors du cycle d'exploitation précédent, susceptible de se traduire par une évolution significative des débits de dose, et de suivre, en tendance, l'évolution de la contamination des boucles.

Lors de la mise en place de l'ingénierie d'assainissement au milieu des années 2000, il est apparu le besoin de compléter cet indice par d'autres mesures, réalisées de manières récurrentes, pour caractériser plus finement la contamination des circuits, en particulier les auxiliaires nucléaires en BR. C'est ce qui a été fait avec la mise en place progressive des indices BR et de mesures de spectrométrie gamma portables. Ces dernières, contrairement aux indices, permettent d'avoir accès au spectre des radionucléides présent et à leur contribution respective au débit de dose en des points choisis.

Indicateur (quoi)	Indice RCP (ded)	Indice BR et sous-indices (ded)	Spectrométrie CZT (spectrométrie gamma)
Où	Branches chaude, froide, en U 9 à 12 pts : boucles	BR aux niveaux : -3,5m ; 0m ; +4m 40 à 50 pts : BR (selon les paliers)	3 pts RCV + 3 RCP + 1 RIS + 1 RRA 8 pts : RCP, RCV, RRA, RIS
Quand	12 à 16h après convergence	Au déclassement du BR	Avant et après oxygénation
Depuis quand	Depuis FES 101 (historique). Prescrit depuis l'origine	Depuis 2010 sur quelques tranches. Prescrit en 2011	Depuis 2006 sur quelques tranches. Prescrit en 2011
Pourquoi	Etat radiologique des boucles primaires et du RCP Contamination du CPP	Etat radiologique du BR et des circuits RRA, RCV, RIS, RPE, PTR... Contamination des auxiliaires	Caractérisation radiologique de la contamination des circuits Nature des contaminants : ⁶⁰Co...
Enjeu	Suivi temporel de la contamination globale du CPP. Aide à la décision pour injecter du zinc (RP)	Suivi temporel de la contamination globale du BR et des circuits auxiliaires. Aide à la décision pour assainir les tranches les plus polluées	Caractérisation radiologique des circuits et identification des pollutions. Aide à la décision pour identifier le choix de la solution de décontamination : innocuité / efficacité

3.1 RISQUE D'EXPOSITION EXTERNE

Une exposition externe est une exposition résultant de sources situées en dehors de l'organisme. Les principales sources présentes dans une tranche et leur origine sont décrites au chapitre 2. La prévention contre le risque repose sur la préparation des interventions, la signalisation en local et les moyens de détection fournis à l'intervenant. De manière globale, pour une tranche donnée, les indicateurs de l'importance du risque sont :

- › L'**indice de tranche** : indice RCP,
- › L'**indice du bâtiment réacteur** : indice BR,
- › L'**indicateur de caractérisation radiologique des circuits** : spectrométrie CZT.

3.1.1 Signalisation et évaluation du risque d'exposition externe

- **Classement des locaux** : en fonction de la mesure de débit d'équivalent de dose ambiant dans le local et du risque de son évolution, chaque local ou zone de travail est classé en zone surveillée ou en zone contrôlée (voir paragraphe 8.5.1). Ce classement est affiché à l'entrée du local. Il est également saisi dans une application informatique disponible pour la préparation du travail.
- **Signalisation des points chauds** : les parties des matériels présentant des débits d'équivalent de dose particulièrement élevés (points chauds), sont signalées par les pancartes spécifiques marquées d'un trisecteur jaune, orange ou rouge. La zone correspondante est balisée.
- **Cartographie** : une **cartographie** plus détaillée d'un matériel ou d'un local est parfois établie en fonction du besoin pour la préparation des activités.

3.1.2 Moyens de détection

Chaque chargé de travaux effectue pour son équipe les contrôles complémentaires avec un radiamètre, permettant de s'assurer de la conformité des débits d'équivalent de dose aux postes de travail et donc de la prévision dosimétrique.

Pour entrer en zone contrôlée, chaque intervenant est doté d'un dosimètre électronique gamma équipé d'une alarme lumineuse et sonore sur le débit d'équivalent de dose et donnant en temps réel la dose cumulée depuis l'entrée en zone contrôlée.

3.1.3 Actions de prévention

Une réduction efficace des doses passe d'abord par la **réduction des sources**. Les actions principales relèvent de la bonne application des consignes de conduite et du respect des spécifications chimiques. Au niveau du chantier, un rangement adéquat des matériels et déchets irradiants contribue à la baisse du débit de dose ambiant.

Pour une source donnée, les moyens utilisables pour limiter une exposition sont :

- **le temps** : la limitation du **temps d'intervention** est obtenue :
 - › par la bonne préparation de l'intervention,
 - › par la préparation de trajets d'accès aux lieux de travail présentant le plus faible débit d'équivalent de dose,
 - › par l'entraînement sur maquette,
 - › par la réalisation d'un maximum de tâches dans une zone à faible débit d'équivalent de dose,
 - › par l'utilisation d'outillages robotisés.

- **l'écran** : il doit être adapté aux rayonnements présents :
 - › pour réduire le rayonnement gamma, des matériaux denses (plomb, béton) doivent être choisis. L'eau, transparente et facile d'emploi, représente néanmoins un excellent **écran**. Planifier des travaux quand les circuits sont encore en eau permet de diminuer le débit de dose d'environ 30 %,
 - › pour les particules bêta, quelques millimètres de plastique peuvent suffire pour arrêter complètement ces particules,
 - › pour les particules alpha, le risque d'exposition externe n'est pas à prendre en compte, en raison de leur faible parcours dans l'air.

- **la distance** : pour les rayonnements gamma, la loi de l'inverse du carré de la distance ou « loi en $1/d^2$ » s'applique aux sources, à partir d'une distance de l'ordre de 5 fois la plus grande dimension de celles-ci. L'utilisation d'outillage commandé à **distance** permet une diminution de l'exposition. Dans les centrales nucléaires, la multiplicité des sources complique l'approche. La signalisation des points chauds permet dans une ambiance radiologique complexe de situer les principales sources et de s'en éloigner.



L'effet de la loi en $1/d^2$ peut s'avérer trompeur. Une source ponctuelle peut générer un débit d'équivalent de dose modéré à 1 mètre, mais extrêmement élevé au contact (facteur 10^4 entre 1 m et 10 mm). C'est le cas par exemple d'une pièce ou d'un débris métallique activé dans le réacteur, retrouvé en fond de piscine, dans une boîte à eau GV, un corps de robinet ou un aspirateur.

Ne jamais manipuler ou mettre en poche un objet non caractérisé sur le plan radiologique.

CLASSEMENT DES INTERVENTIONS SELON LES RISQUES DE CONTAMINATION BETA DÉMARCHE « OPTIMISATION DE LA RADIOPROTECTION »

Niveau de contamination (NC)	NC0	NC1	NC2	NC3
Critères de classement des interventions				
Ouverture des circuits contaminés	Pas d'ouverture de circuits contaminés.	Diamètre de l'ouverture < DN80 Pas de projection de particules actives (meulage, brossage...)	Diamètre de l'ouverture > DN80 Ou projection de particules actives (meulage, brossage...)	Conditions de contamination surfacique et/ou volumique atypiques, quantitativement ou qualitativement (risque iode ou alpha). Ou aucun REX disponible.
Contamination surfacique de la zone de chantier	< 4 Bq/cm ²	< 400 Bq/cm ²	> 400 Bq/cm ²	
Nature des risques liés à l'intervention				
Dispersion de la contamination	Risque éventuel de dispersion entre des zones de niveaux différents au titre de la DI 104.	Risque éventuel de dispersion de contamination au-delà du chantier par les personnes et les matériels.	Risque de dissémination de la contamination par les intervenants et les matériels.	Risque de dissémination de la contamination par les intervenants et les matériels.
Exposition externe et contamination des matériels utilisés	Absence de risque de contamination corporelle des intervenants et des matériels par le local.	Risque de contamination corporelle des intervenants et des matériels utilisés.	Risque de contamination corporelle des intervenants et des matériels utilisés.	Risque de contamination corporelle des intervenants et des matériels utilisés.
Exposition interne	Absence de risque d'exposition interne.	Absence de risque d'exposition interne.	Risque d'exposition interne des intervenants.	Risque d'exposition interne des intervenants.

1 - DN 80 : diamètre nominal de 80 mm

2 - DI 104 : directive « zonage propreté-déchets »

3.2 RISQUE DE CONTAMINATION

La **contamination** se trouve le plus souvent sous forme de dépôt sur les surfaces internes et parois externes des matériels, objets de l'intervention. Les sols et les parois des locaux peuvent également avoir été souillés. Le risque le plus immédiat est la mise en suspension de la contamination et l'inhalation de particules radioactives par les intervenants ou les personnes présentes à proximité du chantier. Par contact avec les surfaces contaminées, des particules peuvent être transférées soit directement sur la peau des intervenants, soit sur leurs vêtements ou leurs outils. Le risque de **dispersion** lors du déplacement des personnes et du transport des outils est alors à prendre en compte.

La présence de contamination non fixée dans un local dans lequel on doit intervenir nécessite de prendre des précautions pour éviter :

- › la dispersion de la contamination dans les locaux voisins,
- › la contamination corporelle externe,
- › l'exposition interne.

3.2.1 Moyens de détection

Lorsque le risque est identifié, la contamination surfacique des zones de travail est contrôlée par dépistage lors de l'ouverture du chantier et périodiquement au cours de l'intervention.

En cas de risque d'évolution de la contamination volumique, une balise bêta est mise en place sur le chantier.

Au niveau du saut de zone ou à proximité, un moyen de contrôle de la contamination des personnes et des matériels transportés est mis en place.

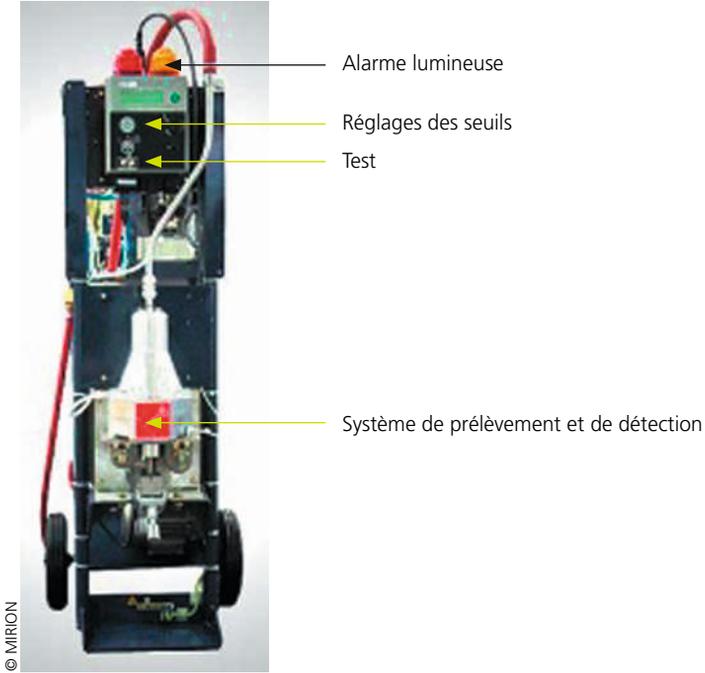
3.2.2 Prévention de la contamination

La première règle à respecter est le confinement à la source en évitant la dispersion de la radioactivité et en maintenant les locaux et les zones de travail propres.

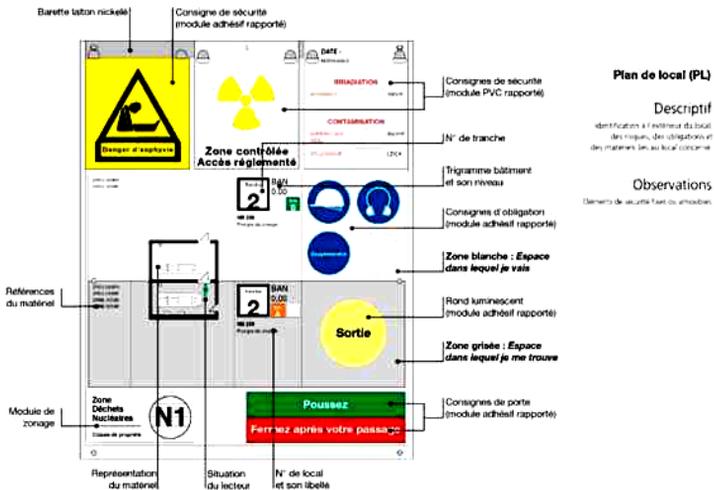
La deuxième règle est de respecter l'interdiction de fumer, boire et manger en zone contrôlée. De plus :

- › si l'on doit intervenir dans un local contaminé, des moyens de protection individuelle adaptés au niveau de contamination doivent être portés : surbottes et gants imperméables, surtenu non tissée ou étanche, protection respiratoire,
- › la frontière de la zone contaminée doit être identifiée et matérialisée (saut de zone). Des mesures sont prises pour éviter la dispersion de particules hors de cette frontière (retrait des protections individuelles au passage du saut de zone, emballage ou décontamination des matériels, contrôle de non contamination des personnes et des matériels),
- › pour intervenir sur du matériel contaminé et en particulier lors de l'ouverture d'un circuit contaminé, des moyens de confinement dynamique ou statique sont mis en œuvre pour éviter la contamination volumique des lieux d'intervention,
- › pour limiter la mise en suspension, les surfaces contaminées doivent, si cela est possible, être maintenues humides.

EXEMPLE D'UNE « BALISE IODE »



SIGNALÉTIQUE INDUSTRIELLE



3.3 RISQUE IODE

L'iode est créé par la fission à l'intérieur des crayons combustibles. Il doit passer deux barrières, la gaine du combustible et le circuit primaire, pour être présent sous forme de gaz ou d'aérosol dans l'atmosphère de la zone contrôlée.

Le risque iode est présent :

- › en cas de rupture de gaine (une rupture de faible taille peut induire un relâchement d'iode) avec le circuit primaire ouvert ou en présence d'une fuite,
- › lors d'un accident de manutention du combustible usé sous eau (mais dans ce cas, le risque iode n'est pas le seul risque présent).

Les principales phases à risque de relâchement d'iode sont :

- › l'ouverture du circuit primaire (événement cuve, pressuriseur ou couvercle de cuve),
- › le séchage des générateurs de vapeur (GV) : l'iode a la propriété de se fixer sur les parois des tubes de GV et d'être relâché lors du séchage des tubes.

3.3.1 Moyens de détection

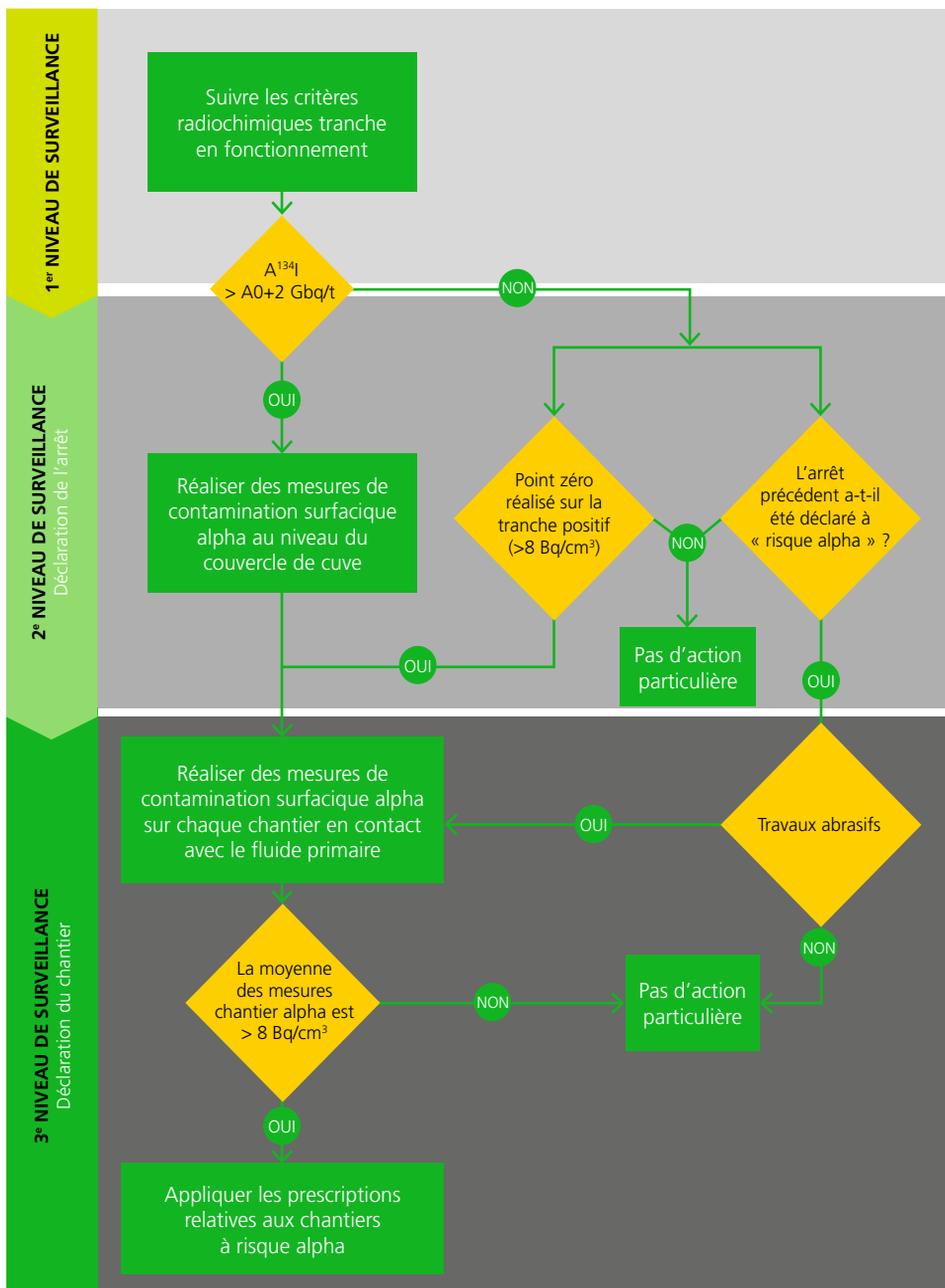
Il existe trois moyens de détection de l'iode dans l'atmosphère du bâtiment réacteur :

- › les balises fixes du système de surveillance en continu de la radioprotection des travailleurs (système KRT). Elles ne sont efficaces que si la ventilation est en fonctionnement. En effet, la prise d'échantillon est unique, il faut donc que l'atmosphère soit homogène,
- › les balises mobiles à placer au plus près des chantiers selon l'analyse de risques,
- › les prélèvements sur filtre à charbon actif, puis le comptage de la radioactivité piégée dans le filtre.

3.3.2 Actions de prévention

- › le suivi d'activité du fluide primaire en fonctionnement et au début de l'arrêt permet de détecter les ruptures de gaine du combustible,
- › le moyen de prévention le plus sûr est la ventilation du bâtiment réacteur car tant que le renouvellement de l'air est assuré, l'atmosphère est homogène (pas ou peu de variation de concentration d'iode selon le lieu) et le niveau d'activité est maintenu à un niveau assez bas pour permettre de séjourner dans le BR,
- › en fonction de l'activité en iode du CPP, les situations à risque de relâchement d'iode sont identifiées et font l'objet d'une analyse de risques,
- › les pièges à iode, constitués de charbon actif, sont utilisés sur les appareils déprimogènes des chantiers à risque ou reliés au faux couvercle, si le niveau d'activité du circuit primaire a été supérieur à 50 MBq/t pendant le cycle,
- › en cas de perte de la ventilation lors des phases à risque ou en cas de déclenchement d'une alarme, l'évacuation du bâtiment est initiée par les opérateurs depuis la salle de commande.

SURVEILLANCE ET MAÎTRISE DU RISQUE D'EXPOSITION ALPHA



A = activité massique du fluide primaire

3.4 RISQUE ALPHA

Les particules **alpha** sont très peu pénétrantes et ne parcourent pas plus de 5 à 10 centimètres dans l'air. Elles sont arrêtées par la peau ou par n'importe quel écran de faible épaisseur.

En revanche, elles sont fortement énergétiques et donc plus pénalisantes que le rayonnement gamma vis-à-vis de l'exposition interne.

↳ **Tranche à risque alpha :**

Des émetteurs alpha sont présents dans le combustible irradié. En l'absence de rupture de gaine sérieuse, les émetteurs alpha ne se trouvent qu'à l'état de traces dans le fluide primaire. Il n'y a pas de risque pour les intervenants.

Les éventuelles ruptures de gaines sont détectées au cours de la campagne par les mesures radiochimiques.

Lors de l'arrêt de tranche, le risque alpha est confirmé en mesurant l'activité d'un frottis réalisé sur une paroi interne du circuit primaire à son ouverture.

↳ **Chantier à risque alpha :**

Un chantier est à risque alpha si la tranche est à risque alpha et si l'activité nécessite l'ouverture du circuit primaire ou de l'un de ses auxiliaires. Pour confirmer le risque, un frottis est réalisé sur la paroi interne du circuit concerné dès son ouverture.

3.4.1 Moyens de détection

La détection des particules alpha est délicate du fait de leur faible parcours dans la matière et de l'existence de particules alpha émises par des radioéléments naturels, les descendants solides du radon qui perturbent les mesures. Toutefois, la contamination alpha est, en pratique, toujours associée à une contamination bêta et/ou gamma. Aussi, la surveillance de l'évolution de la contamination atmosphérique et/ou surfacique peut se faire grâce à une balise bêta en sortie du chantier. La présence d'émetteurs bêta alertera donc d'une éventuelle contamination atmosphérique alpha.

Par ailleurs un suivi par mouchage des intervenants sera un indicateur de présence de particules alpha au niveau du nez.



© SIFOP

En toutes circonstances, lors de la sortie d'un chantier contaminé, un contrôle soigné des mains, des pieds et de la tenue s'impose, que la contamination soit bêta ou bêta + alpha.



© SIFOP

3.4.2 Modalités de prévention spécifiques au risque alpha

Les chantiers à risque de contamination alpha sont identifiés, classés, signalés et font l'objet d'une analyse de risques spécifique.

Il s'agit d'éviter l'exposition interne par l'utilisation des protections collectives (confinement dynamique par appareils déprimogènes ou confinement statique par des sas mis en dépression) et/ou par des protections individuelles (port de tenues étanches ventilées ou de heaumes). Les modalités d'utilisation sont les mêmes que pour se prémunir de la contamination bêta ou gamma mais elles peuvent être renforcées en cas de risque très élevé. Pour les travaux abrasifs (meulage...), les protections individuelles doivent être portées même si la contamination surfacique alpha est $< 8 \text{ Bq/cm}^2$.

Les déchets en provenance de chantiers à risque alpha doivent être gérés spécifiquement en évitant le mélange avec les déchets non contaminés alpha. Les outillages sont décontaminés pour éviter de transférer la contamination vers un autre chantier ou une autre tranche.

ÉQUIPEMENTS POUR ACCÈS BR EN FONCTIONNEMENT (VUE DE FACE)



© EDF Gerard Cordier

POUR CHAQUE INTERVENANT

Équipements prescrits

- Dosimètre passif gamma
- Dosimètre passif neutron
- Dosimètre opérationnel gamma
- Dosimètre opérationnel neutron
- Oxygénémetre individuel
- Appareil respiratoire isolant (ARI)
- Éclairage portatif individuel

POUR L'ÉQUIPE D'INTERVENTION

Équipements prescrits

- Radiamètre gamma
- Radiamètre neutron (Dineutron)

Équipements complémentaires éventuels

- Liaison phonique

3.5 ACCÈS DANS LE BÂTIMENT RÉACTEUR, TRANCHE EN PUISSANCE

Quand la tranche est en puissance, les risques existants dans le bâtiment réacteur sont différents de ceux à prendre en compte à l'arrêt. En matière de sécurité classique, les risques spécifiques sont ceux liés à la présence de circuits sous pression et de capacités contenant de l'azote. Les risques radiologiques spécifiques sont dus aux **neutrons** et à l'**azote 16** :

- **Les neutrons** : une partie infime des neutrons produits lors de la fission du combustible traverse la cuve et induit un risque radiologique dans le bâtiment réacteur, principalement dans les zones proches de la cuve. Des cartographies, réalisées lors du démarrage des tranches, sont disponibles. Ce risque disparaît dès l'arrêt du réacteur.
- **Le rayonnement gamma** provenant de l'activation de l'oxygène présent dans le fluide primaire : cette activation produit de l'azote 16 émettant des rayons gamma très énergétiques de 6,12 MeV. Les débits de dose induits sont de l'ordre de plusieurs dizaines de mSv/h à proximité des boucles, ce qui conduit à classer en « zone rouge » les locaux des tuyauteries primaires. L'azote 16 ayant une période radioactive très courte de 7,13 secondes, le risque disparaît presque instantanément après la convergence du réacteur.

3.5.1 Moyens de détection

- Pour les rayonnements gamma, les dosimètres passifs et opérationnels habituellement utilisés permettent d'évaluer le risque radiologique et les équivalents de dose.
- Pour les neutrons, des dosimètres passifs et opérationnels spécifiques sont attribués aux intervenants.

Le risque radiologique d'exposition externe dans le bâtiment réacteur est fonction principalement de la puissance du réacteur. Des cartographies réalisées à différents niveaux de puissance renseignent sur le niveau du débit d'équivalent de dose ambiant en gamma et en neutron.

Toute entrée dans le bâtiment réacteur (BR) fait au préalable l'objet de mesures d'activité volumique.

La teneur en oxygène est mesurée afin de s'assurer qu'elle se situe largement au-dessus du seuil nécessitant l'évacuation. L'oxygènemètre génère une alarme pour une teneur en oxygène inférieure à 18 %.

ÉQUIPEMENTS POUR ACCÈS BR EN FONCTIONNEMENT (VUE DE PROFIL)



© EDF Gerard Cordier

3.5.2 Actions de prévention liées à une intervention

L'accès en fonctionnement est restreint (procédure d'autorisation spéciale) et le nombre d'intervenants limité à une « sassée » (nombre de personnes pouvant utiliser le sas en une fois).

Les interventions dans le bâtiment réacteur doivent être justifiées. Elles sont motivées par un impératif de sûreté ou par une mission technique parfaitement définie.

↳ Préparation de l'intervention

Toute intervention doit faire l'objet d'une analyse des risques s'appuyant sur les « Règles d'accès dans le BR - Tranche en puissance ». A minima :

- › prévoir deux gardiens de sas formés aux manœuvres de sas,
- › choisir le sas d'accès le plus proche de l'intervention,
- › faire, pour les interventions en dehors de la zone annulaire (de faible débit de dose), une évaluation prévisionnelle de la dose en particulier de la composante neutron,
- › étudier le parcours afin de limiter les expositions,
- › répéter si nécessaire les gestes à accomplir afin d'apprécier si le port de l'Appareil Respiratoire Isolant (ARI) ou d'autres équipements peut être gênant,
- › prévoir si nécessaire des moyens de communication, des photos ou des vidéos afin de limiter le temps d'exposition.

↳ Préalables à l'intervention

- › la puissance du réacteur est stabilisée pendant toute la durée de l'intervention,
- › les essais périodiques ou autres manœuvres d'exploitation susceptibles d'avoir une influence sur la charge sont reportés,
- › l'intervention est réalisée par une seule équipe dont les intervenants restent regroupés géographiquement,
- › un essai global de manœuvrabilité des sas est fait et les sas sont positionnés correctement, les liaisons phoniques et les alarmes sont testées.

↳ Réalisation de l'intervention

- › un contrôle de l'atmosphère du bâtiment réacteur permet de déterminer si l'on doit porter les protections respiratoires ou simplement les avoir à disposition,
- › l'intervention est suivie par un technicien radioprotection.

QUIZ

1 L'indice de tranche :

- a donne une image du débit de dose dû aux dépôts sur le circuit primaire
- b est élaboré à partir des doses intégrées lors de l'arrêt précédent
- c dépend du nombre d'heures travaillées près du circuit primaire

2 Pour limiter l'exposition à une source donnée de rayonnements ionisants, on peut jouer sur :

- a la distance, la signalisation, le classement des locaux
- b les écrans, la ventilation, la distance
- c le temps, la distance, les écrans

3 Quel est le moyen de protection individuelle utilisé pour se protéger contre le risque d'exposition interne par les particules radioactives en suspension dans l'air ?

- a la tenue étanche ventilée
- b l'installation d'écrans
- c l'emballage des matériels souillés

4 Pour se prémunir contre le risque de contamination corporelle externe, la première règle lors d'une intervention est de :

- a diminuer le temps de présence dans le local
- b maintenir les locaux et les zones de travail propres
- c ventiler les locaux

5 Le risque iode est susceptible d'être présent dans le bâtiment réacteur :

- a lors de l'ouverture du circuit primaire en cas de rupture de gaine des crayons combustibles
- b suite à l'activation de l'iode non radioactif par le flux neutronique
- c lors d'un accident de manutention du combustible neuf

6 Pour une tranche, quelle est la phase qui ne présente pas de risque de relâchement d'iode ?

- a le séchage des générateurs de vapeur
- b l'ouverture du circuit primaire
- c l'ouverture du circuit secondaire

7 Quel est le risque principal associé à la présence de particules alpha ?

- a l'exposition externe
- b l'exposition interne
- c la contamination corporelle externe

8 Quelles sont les modalités de prévention recommandées en cas de risque alpha :

- a le confinement statique ou dynamique de chantier
- b la mise en place d'écrans
- c la réduction du temps d'intervention

9 Pour une intervention dans un bâtiment réacteur tranche en puissance, les risques radiologiques spécifiques sont dus :

- a aux rayonnements neutroniques issus du réacteur et au rayonnement gamma de l'azote 16
- b aux produits de fission circulant dans le circuit primaire
- c à l'argent 110m s'échappant des grappes de commande

10 Parmi ces actions de prévention, laquelle n'est pas nécessaire pour une intervention dans le bâtiment réacteur, tranche en puissance ?

- a un radiamètre neutron pour l'ensemble de l'équipe
- b le port d'une tenue étanche ventilée
- c l'obtention d'une autorisation signée par un représentant de la direction

Réponse : 1a 2c 3a 4b 5a 6c 7b 8a 9a 10b



©Saphymo



©Milon



©Landauer



©Landauer



©EDF Guillaume MURAT

EDF
MURAT

CHAPITRE 4

SUIVI MÉDICAL ET DOSIMÉTRIE DES TRAVAILLEURS EXPOSÉS

4.1 Surveillance médicale renforcée (SMR) | 87

- 4.1.1 Exigences réglementaires
- 4.1.2 Aspects médicaux
- 4.1.3 Restitutions dosimétriques

4.2 Surveillance de l'exposition individuelle | 93

- 4.2.1 Notions de base
- 4.2.2 Surveillance de l'exposition externe
- 4.2.3 Surveillance de l'exposition interne
- 4.2.4 Surveillance de la contamination externe

4.3 Surveillance de l'exposition du personnel féminin | 111

4.4 Expositions exceptionnelles | 113

MODALITÉS PRATIQUES DE LA SURVEILLANCE MÉDICALE RENFORCÉE

	Catégorie A	Catégorie B
Modalités opérationnelles à EDF de classement des travailleurs	Travailleurs dont les conditions habituelles de travail sont susceptibles d'entraîner une exposition.	
	< 20 mSv sur 12 mois consécutifs	< 6 mSv sur 12 mois consécutifs
Critères de catégorisation	<p>Ne peuvent pas être classés en catégorie B</p> <ul style="list-style-type: none"> jeunes travailleurs de 16 à 18 ans autorisés lors de leur formation à être exposés aux rayonnements ionisants hors dérogation par l'inspecteur du travail. <p>Ne peuvent pas être classés en catégorie A</p> <ul style="list-style-type: none"> femmes enceintes. <p>Cas des femmes enceintes</p> <ul style="list-style-type: none"> exposition de l'enfant à naître inférieure à 1 mSv, exposition interne interdite aux femmes allaitant. 	
Examens de nature médicale	Au moins une fois par an	Au moins tous les 24 mois
Dosimétrie passive nominative	Lecture mensuelle obligatoire	Lecture mensuelle à EDF (au plus trimestrielle réglementairement)
Dosimétrie opérationnelle	Oui si entrée en zone contrôlée	
Examens	Sur prescription médicale avec une périodicité en fonction du risque. Un contrôle anthropogammamétrique en fin de chantier est réalisé pour les prestataires non permanents. Ce contrôle pourrait être supprimé à terme.	
Bilan biologique	Défini par le médecin du travail	
Traçabilité de la SMR	Dossier médical en santé au travail. Carte de suivi médical. Fiche d'exposition. Attestation d'exposition	
Expositions soumises à autorisation spéciale¹	Oui	Non
Exposition en situation d'urgence radiologique¹	Oui, si volontaire	Non

1 - Avec des niveaux de référence d'exposition spécifiques, voir paragraphe 4.4 « Expositions exceptionnelles ».

4.1 SURVEILLANCE MÉDICALE RENFORCÉE (SMR)

4.1.1 Exigences réglementaires

Tout travailleur exposé professionnellement aux rayonnements ionisants (c'est-à-dire classé en A ou B), est soumis, en sus de la visite médicale pour l'aptitude au poste de travail, à une **surveillance médicale renforcée** (SMR) dont les modalités sont fonction de l'exposition : nature, fréquence, niveau...

Les objectifs de cette surveillance médicale et dosimétrique sont :

- de veiller au respect des limites d'exposition,
- de veiller à l'état de santé des travailleurs, dans le cadre des principes généraux de la médecine du travail,
- de déceler toute contre-indication médicale à l'affectation ou au maintien à un poste exposé aux rayonnements ionisants,
- de prévenir et de dépister toute affection susceptible d'être en relation avec une exposition aux rayonnements ionisants,
- d'effectuer un bilan après toute exposition supérieure aux limites réglementaires,
- de formuler un avis médical avant une exposition exceptionnelle.

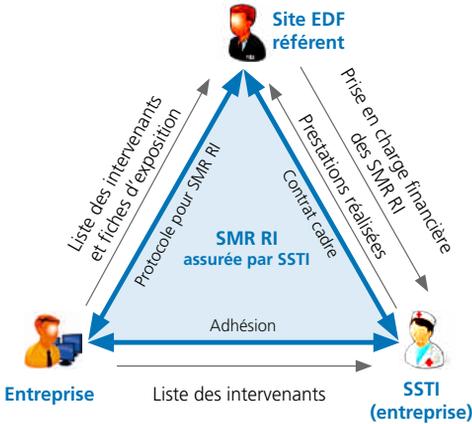
Ce suivi médical requiert une bonne connaissance des modalités d'exposition aux rayonnements ionisants et du contexte réglementaire dans lequel elles s'inscrivent.

Une carte individuelle de suivi médical est attribuée à tout travailleur de catégorie A ou B.

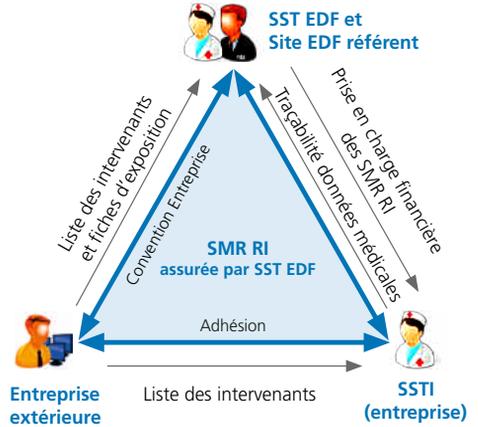
Aucun travailleur ne peut être classé en **catégorie A ou B** si les avis médicaux s'y opposent.

SURVEILLANCE MÉDICALE RENFORCÉE (RAYONNEMENT IONISANTS)

Relation contractuelle dans le cadre du **protocole entreprise**



Relation contractuelle dans le cadre de la **convention entreprise**

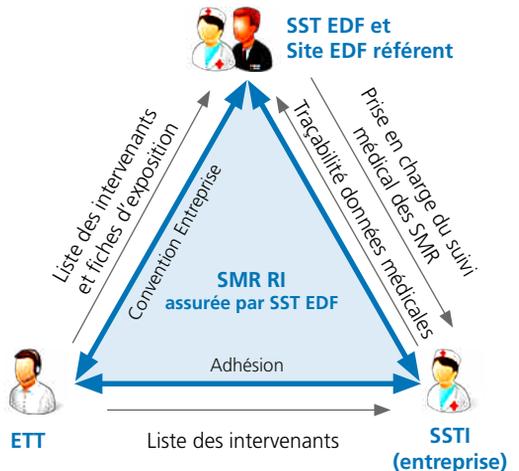


Relation contractuelle dans le cadre de la **convention ETT**

- SMR** Surveillance Médicale Renforcée
- SST** Service de Santé au Travail (EDF)
- SSI** Service de Santé au Travail Interentreprise
- ETT** Entreprise de Travail Temporaire

Protocole : correspond au cas où la SMR est faite par un SSI

Convention : correspond au cas où la SMR est faite par un SST (EDF)



4.1.2 Aspects médicaux

Le médecin du travail s'attache plus particulièrement à :

- ↳ apprécier les éléments des antécédents médicaux, en particulier certaines affections héréditaires et cancéreuses,
- ↳ rechercher les atteintes d'ordre hématologique et ophtalmologique,
- ↳ dépister les affections pouvant entraîner une augmentation de la dose délivrée en exposition interne :
 - › rétention des radionucléides au niveau des voies respiratoires,
 - › pénétration plus importante des contaminants au niveau de la peau, des voies digestives (barrière intestinale), ou ORL (nez, gorge, oreilles),
 - › ralentissement de l'élimination hépatique et rénale,
 - › difficultés de décontamination de la peau ou des oreilles.

Il faut souligner l'importance du bilan médical préalable au classement en catégorie A ou B.

La nature des examens médicaux ainsi qu'une fréquence plus élevée que celle fixée par la réglementation sont laissées au choix du médecin du travail.

La périodicité du **suivi de l'état de santé** est, quant à elle, réglementairement fixée à au moins une fois par an pour la catégorie A et au moins tous les 24 mois pour la catégorie B.

FICHE DOSIMÉTRIQUE DOSE EFFICACE

Dose efficace mensuelle (60 derniers mois)

Types d'exposition

- › Dose efficace
 - › GE - Gamma corps entier
 - › NE - Neutron corps entier
 - › X-X
 - › DI - Dosimètre interne
 - › PE - Peau x 0,01

mSv	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
2012	0,000	0,300	0,900	0,750	0,000	0,000	0,000	-	-			
2011	0,000	0,000	0,000	0,000	0,750	1,300	1,100	0,000	0,350	0,200	0,000	0,250
2010	0,000	0,000	0,000	0,350	0,000	0,350	0,750	0,000	0,100	0,000	0,000	0,000
2009	0,000	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2008	0,000	0,100	0,000	0,550	0,200	0,300	0,000	0,900	1,050	0,000	0,000	0,000
2007								0,750	0,300	0,000	0,200	0,000

Cumuls plurimensuels dose efficace en mSv

Dose efficace Coefficient de pondération		Mensuelle - 04/2012 +	Cumuls plurimensuels en mSv		Carrière EDF	Carrière Hors salariés EDF-SA	Carrière Total
Exposition	Coef.	Valeur	12 mois	60 mois	Carrière	Carrière	Carrière
Dose efficace		0,750	2,750	12,000	133,400	0,000	133,400
Gamma corps entier	1	0,750	2,750	12,000	133,300	0,000	133,300
Neutron corps entier	1	-	-	-	0,100	0,000	0,100
X	1	-	-	-	0,000	0,000	0,000
Dose interne	1	-	-	-	0,000	0,000	0,000
Peau	0,01	-	-	-	0,000	0,000	0,000



- › **Dose mensuelle** : dose comptabilisée sur une période d'un mois calendaire
- › **Doses 12 mois et 60 mois** : doses mensuelles cumulées sur une période de 12 mois «glissants» (à laquelle s'applique la limite réglementaire) et sur une période de 60 mois
- › **Dose carrière** : doses annuelles cumulées sur l'ensemble de la carrière (période d'exposition aux rayonnements ionisants)

Tout intervenant a accès à son historique de dose :

› Dosimétrie	› Passive	› Opérationnelle
Personnel EDF	DOSIAP	DOSIAP
Entreprise intervenante (EI)	Médecin EI SISERI via IRSN	MICADO Intervenant (doses dans INB EDF) SISERI via PCR ou IRSN

4.1.3 Restitutions dosimétriques

Sur le plan médical, en dehors de circonstances accidentelles, les données les plus importantes concernant l'exposition professionnelle étalée dans le temps sont les **doses cumulées** : la dose annuelle (pour vérifier le respect des limites réglementaires) et la dose carrière.

Les doses sont enregistrées dans des applications informatiques et transmises à l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) qui les conserve dans le Système d'Information de la Surveillance de l'Exposition aux Rayonnements Ionisants (SISERI).

Les doses sont comptabilisées de la manière suivante :

- ↳ **dosimétrie passive** : la dose cumulée sur une période d'un mois est mesurée dès lors qu'elle est supérieure à 0,1 mSv*,
- ↳ **dosimétrie opérationnelle** : la dose cumulée au cours du séjour en zone contrôlée est conservée à la sortie dès lors qu'elle est supérieure à 0,001 mSv* à EDF,
- ↳ **exposition interne** : lorsque l'évaluation de dose engagée atteint ou dépasse le seuil de 0,5 mSv de dose efficace*, cette dose est comptabilisée dans le cumul dosimétrique du salarié pour l'année de l'exposition,
- ↳ **contamination externe** : la contribution de la « dose équivalente à la peau » à la « dose efficace corps entier » est pondérée par un facteur 0,01**. La dose est calculée selon la formule :
Dose efficace = 0,01 x Dose équivalente peau x Surface exposée / 18 000***.
Lorsque l'évaluation de la « dose équivalente à la peau » atteint ou dépasse le seuil de 50 mSv*, soit le 1/10^{ème} de la limite annuelle, cette dose est enregistrée en tant qu'exposition localisée. Elle est comptabilisée dans le cumul dosimétrique du salarié pour l'année de la contamination.

Tous les dossiers ouverts pour caractériser une exposition interne ou une contamination externe sont conservés dans le dossier médical de santé au travail en sus de SISERI, même si les doses sont inférieures aux seuils d'enregistrement.

Ce dossier est conservé pendant 50 ans à partir de la cessation d'activité professionnelle.

* toute dose inférieure est considérée comme nulle et enregistrée avec la valeur 0.

** le facteur de pondération W_T (Tissus) pour la peau est de 0,01

*** surface du corps humain en cm^2

DOSE EFFICACE = EXPOSITION EXTERNE + EXPOSITION INTERNE

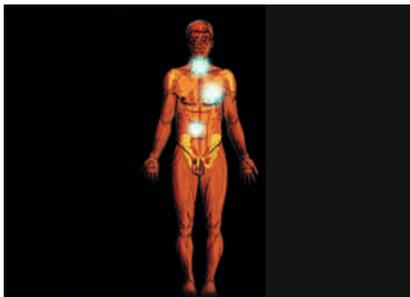
©OMIRS - Cal-



Exposition externe

Moyens de mesure

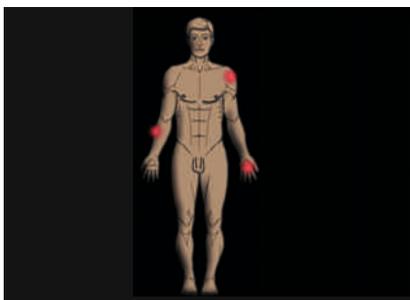
Dosimètres passifs et opérationnels



Exposition interne

Moyens de mesure

Mesures anthropogammamétriques
Examens radiotoxicologiques



Contamination externe

Moyens de mesure

Mesure avec sonde externe,
frottis cutané...



LIMITES (pour les travailleurs de catégorie A)

- Corps entier : 20 mSv / 12 mois
- Extrémités : 500 mSv / 12 mois
- Peau : 500 mSv / 12 mois
- Cristallin : 150 mSv / 12 mois*

* La limite pour le cristallin est susceptible d'évoluer, à terme, vers 20 mSv lors de la transposition en droit français de la Directive Européenne 2013/59 du 5 décembre 2013.

4.2 SURVEILLANCE DE L'EXPOSITION INDIVIDUELLE

4.2.1 Notions de base

La surveillance de l'exposition individuelle se fait par l'intermédiaire de mesures des expositions externe et interne.

- ↳ On parle d'**exposition externe** quand la source de rayonnements est à distance de l'organisme.

L'exposition externe est mesurée à l'aide de dosimètres qui peuvent être de deux types : passifs ou opérationnels. En cas d'exposition localisée sur les extrémités ou le cristallin, des dosimètres spécifiques sont portés sur le poignet, le doigt ou la tête.

En cas de risque d'exposition externe, les balises d'ambiance, le clignotement et l'affichage du dosimètre opérationnel donnent l'alerte.

L'exposition externe s'arrête quand l'intervenant quitte le poste de travail exposé.

- ↳ On parle d'**exposition interne** quand le radionucléide a pénétré à l'intérieur de l'organisme par voie respiratoire, digestive ou par l'intermédiaire d'une blessure.

L'exposition interne est évaluée à partir des mesures anthropogammamétriques et des mesures radiotoxicologiques sur prélèvements biologiques (urines, selles...).

On suspecte une exposition interne en cas de déclenchement des portiques de contrôle ou après un incident d'aspersion d'eau ou de dispersion de particules radioactives.

L'exposition interne se poursuit tant que le radionucléide n'a pas été éliminé de l'organisme.

- ↳ On parle de **contamination externe** lorsque la source est à l'extérieur de l'organisme, et au contact de la peau. La contamination externe est mesurée avec un compteur externe : sonde ou spectromètre ciblé sur la zone contaminée, frottis cutané...

On suspecte une contamination externe, en cas de déclenchement des portiques de contrôle ou suite à la détection d'effets personnels ou de tenues contaminés.

APPAREILS DE MESURE DE L'EXPOSITION INDIVIDUELLE EXTERNE

ZS



© Landauer

OSL



© IRSN

RPL

Dosimètre passif
(OSL à EDF ou RPL)

Entrée ZC



© EDF Gérard Cordier

Badge
Code chantier

ZC



© EDF Gérard Cordier

Dosimètres passif et
opérationnel gamma
et éventuellement
neutrons :



© Mirion

et / ou
Dosimètres extrémités



© Landauer

© Landauer

Sortie ZC



© EDF Gérard Cordier



Enregistrement
des données
dosimétriques
gamma

4.2.2 Surveillance de l'exposition externe

APPAREILS DE MESURE

Le **dosimètre passif** est fourni par l'employeur du travailleur.

Le **dosimètre opérationnel** est fourni par EDF à tout travailleur pénétrant en zone contrôlée.

Le dosimètre opérationnel est également fourni par EDF à tout travailleur intervenant sur un chantier de radiographie industrielle situé en dehors de la zone contrôlée permanente.

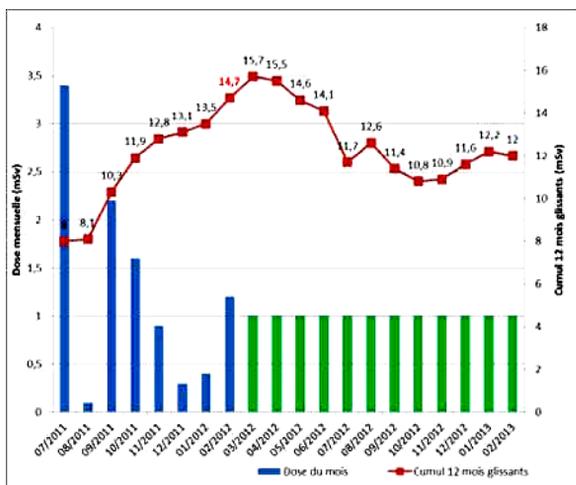
Les dosimètres doivent être adaptés aux types de rayonnements (photons, particules, neutrons) et à leur énergie.

À EDF, les dosimètres passifs et opérationnels sont choisis pour mesurer les rayonnements gamma systématiquement et **neutrons** dans certaines situations, par exemple pour des accès BR en puissance, pour la réception et l'évacuation de combustible, dans des locaux déclarés à risque neutron par le service compétent...

En fonction de l'analyse de risques effectuée par le service compétent, de la nature des travaux exécutés et après concertation avec le médecin du travail, des dosimètres supplémentaires peuvent être nécessaires :

- **dosimètres extrémités** pour les expositions externes inhomogènes, localisées aux extrémités (poignet ou doigt) ; par exemple pour les manipulations en boîtes à gants, le tri de déchets, la robinetterie ...
- **dosimètres cristallin** pour les expositions externes inhomogènes, localisées au cristallin. Des dosimètres spécifiques sont à l'étude.

EXEMPLE DE DOSSIER DE SUIVI PRÉVISIONNEL



Mois	Dose du mois	Cumul 12 mois glissants
07/2011	3,4	8,0
08/2011	0,1	8,1
09/2011	2,2	10,3
10/2011	1,6	11,9
11/2011	0,9	12,8
12/2011	0,3	13,1
01/2012	0,4	13,5
02/2012	1,2	14,7

Mois	Dose du mois	Cumul 12 mois glissants
03/2012	1	15,7
04/2012	1	15,5
05/2012	1	14,6
06/2012	1	14,1
07/2012	1	11,7
08/2012	1	12,6
09/2012	1	11,4
10/2012	1	10,8
11/2012	1	10,9
12/2012	1	11,6
01/2013	1	12,2
02/2013	1	12,0

Suite au dépassement du seuil de pré-alerte de 14 mSv sur 12 mois, une contrainte de dose à 1 mSv par mois a été instaurée, dans cet exemple.

Elle est fixée au cas par cas par concertation entre Employeur (le cas échéant), EDF, PCR EDF et Employeur (id.) et Médecins du travail EDF et Employeur (id.)

SUIVI DOSIMÉTRIQUE

Le résultat du dosimètre passif parvient dans le mois suivant le mois de port du dosimètre. Tous les mois, le personnel EDF fait l'objet d'une comparaison des résultats des dosimètres passifs et des dosimètres opérationnels.

En cas d'écart significatif (0.5 mSv en absolu sur une période de 1 mois ou 1 mSv sur 3 mois glissants), une enquête conjointe est menée par le service compétent en radioprotection et le médecin du travail.

Lorsque le résultat des mesures du dosimètre opérationnel paraît anormalement élevé, le développement du dosimètre passif est demandé en urgence.

Le résultat est disponible dans ce cas en 24 heures.

Le suivi du cumul dosimétrique opérationnel mensuel et annuel est assuré pour tous les personnels EDF et des entreprises intervenantes par une application informatique EDF appelée **DOSIAP** qui permet :

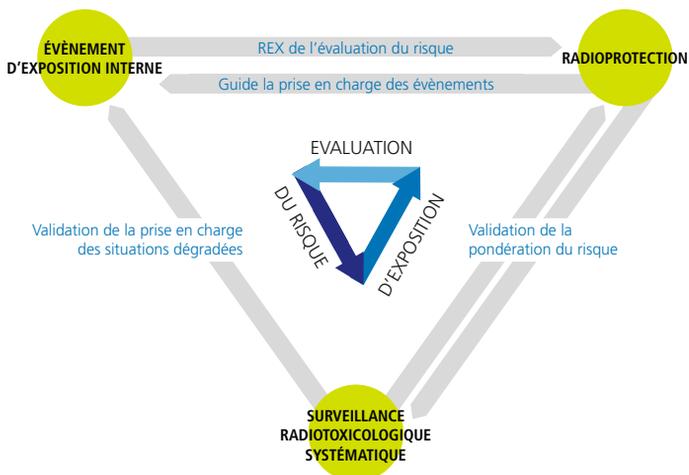
- de déclencher les actions prévues lors de l'atteinte du seuil de pré-alerte (14 mSv sur 12 mois) :
 - examiner les doses à m-12, m-11, m-10,
 - analyser la dose à l'instant t par rapport au quantième du mois et à l'activité de l'intervenant et en déduire s'il y a un risque de dépassement du seuil d'alerte de 18 mSv en fonction de la tendance (augmentation ou diminution),
 - en cas de risque de dépassement, établir un dossier prévisionnel.
- de déclencher les actions prévues lors de l'atteinte du **seuil d'alerte** (18 mSv sur 12 mois), en particulier l'établissement d'un dossier prévisionnel,
- d'établir le **dossier prévisionnel** de dose en cas de dépassement du seuil d'alerte pour ramener, en quelques mois, la dosimétrie au-dessous de 18 mSv sur 12 mois en impliquant tous les acteurs : employeurs, services de radioprotection ou PCR et médecins du travail d'EDF et des entreprises intervenantes,
- d'analyser la dosimétrie des personnes intérimaires ou sous contrat à durée déterminée afin de déclencher les actions prévues quand la dose efficace proratisée à la durée du contrat de travail (exemple pour un contrat de 3 mois : $(20 \text{ mSv} / 12 \text{ mois}) \times 3 \text{ mois} = 5 \text{ mSv}$) est dépassée de façon significative (aide au suivi du prorata temporis*),
- de développer des actions de réduction des doses (principe ALARA) pour les métiers et activités présentant un risque d'exposition plus élevé, déterminés par l'exploitation des statistiques nationales de dosimétrie.

**prorata temporis* : l'exposition cumulée au cours du contrat ne peut dépasser un seuil de dose égal à la valeur limite annuelle rapportée à la durée du contrat (voir paragraphe A2.3).

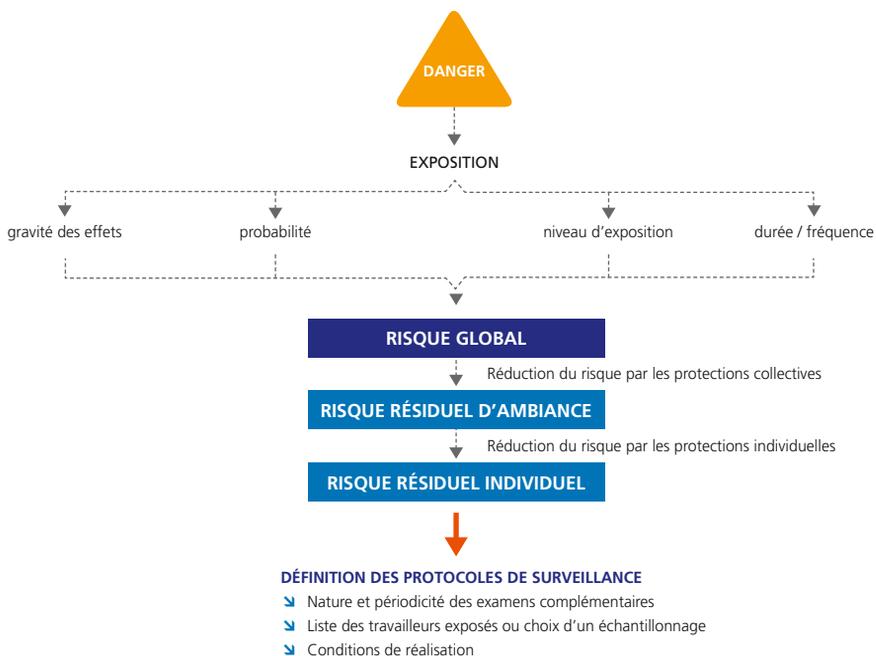
MODALITÉS DE SUIVI DE L'EXPOSITION INTERNE

Complémentarité entre surveillance aux postes de travail et surveillance individuelle

(schéma tiré de l'article de N. Blanchin et al. in Radioprotection. volume 40, pp. 231-243. 2005)



Évaluation du risque résiduel



4.2.3 SURVEILLANCE DE L'EXPOSITION INTERNE

MODALITÉS DE SURVEILLANCE

La mise en place du suivi de l'exposition interne dépend de l'analyse des risques effectuée par les métiers concernés, les personnes compétentes en radioprotection et le médecin du travail. Elle tient compte des éléments suivants :

- ↳ nature et niveau de risque du chantier,
- ↳ conditions d'exposition au poste de travail et caractéristiques physico-chimiques des radionucléides,
- ↳ indicateurs d'alerte (balises, portiques...) et équipements de protection individuelle,
- ↳ capacités de détection des appareils de mesures,
- ↳ niveaux de rétention et d'élimination attendus par rapport au niveau de surveillance souhaité,
- ↳ incertitude acceptable par rapport à la date d'incorporation de la contamination par les intervenants.

Deux catégories de programme de surveillance sont à distinguer :

- ↳ **surveillance de routine** : pour la surveillance des expositions habituelles aux différents postes de travail,
- ↳ **surveillance spéciale** : mise en place soit suite à un évènement avéré, soit suite à la découverte d'un prélèvement positif lors de la surveillance de routine.

Nota la surveillance de chantier ou de contrôle sont des cas particuliers de la surveillance de routine



On détecte une exposition interne en réalisant des analyses individuelles de deux types :

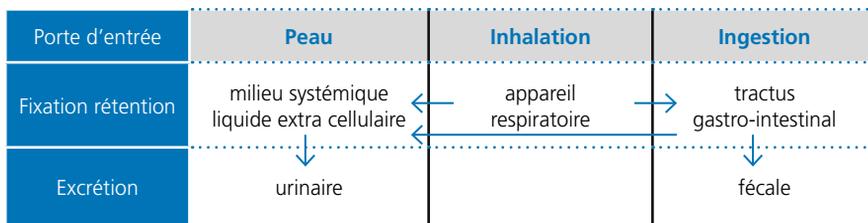
- › directes sur le corps,
- › et/ou indirectes sur des excréta.

L'interprétation des mesures ne peut pas reposer sur un seul résultat isolé.

Les mesures doivent être répétées dans le temps et doivent être de nature différentes.

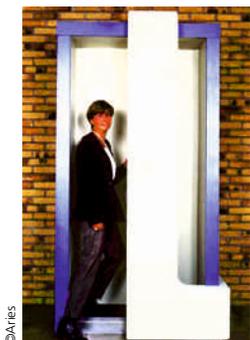
Elles sont complémentaires.

MÉCANISMES DE L'EXPOSITION INTERNE ET MESURES ACCRÉDITÉES



Mesures accréditées

Appareils de mesure et performances (LD)



©Aries

γ
1 mn
300Bq



©EDF Michele GONIN

γ
1 heure
1 Bq/échantillon



©EDF Michele GONIN

β
30 mn
300 Bq/l



©EDF Michele GONIN

α
15 jours
< 1mBq/échantillon



©EDF Michele GONIN

Prélèvements

NB : Les temps indiqués sont les temps de comptage correspondant à la Limite de Détection (LD) attendue

MESURES ANTHROPOGAMMAMÉTRIQUES (ATP)

La surveillance de l'exposition interne est de la responsabilité du médecin du travail de la centrale nucléaire.

Elle est effectuée par un appareil nommé **anthropogammamètre** qui permet la détection et l'identification des émetteurs gamma présents à l'intérieur du corps humain.

Toute contamination externe ou vestimentaire perturbe les résultats de l'examen. Une deuxième mesure effectuée sur la personne douchée et vêtue d'une tenue papier permet de confirmer la réalité de la contamination interne.

Cet examen permet de juger de l'importance potentielle de la contamination et de l'utilité d'enclencher des examens complémentaires.

Le spectre obtenu à partir de la mesure permet l'identification des radionucléides ainsi que la quantification de l'activité présente dans l'organisme.

Les mesures réalisées le premier jour permettent d'estimer le niveau initial de l'évènement. Des actions médicales sont déclenchées lorsque ce niveau est susceptible d'atteindre ou de dépasser 0,5 mSv de dose efficace (corps entier).

MESURES RADIOTOXICOLOGIQUES (RTX)

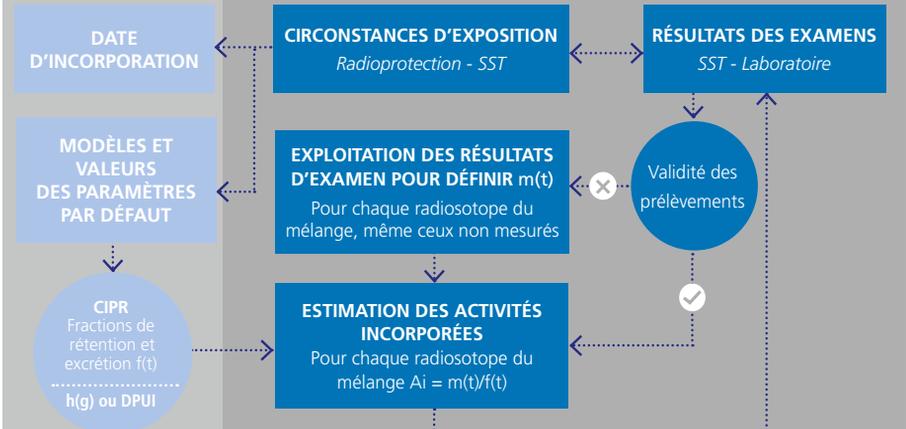
En complément des mesures anthropogammamétriques ou pour rechercher une exposition interne par émetteurs α ou β , les **analyses radiotoxicologiques** permettent de confirmer le niveau initial de l'évènement, de suivre l'élimination naturelle ou provoquée des radionucléides.

Dans les **prélèvements biologiques** (urines, selles...), on pourra rechercher les émetteurs γ , β et α .



L'ensemble des mesures pour la surveillance de l'exposition interne sont accréditées par le Cofrac selon les normes NF EN ISO 17025 et 15189. Cette accréditation est le garant de la qualité des mesures et de la compétence des personnels.

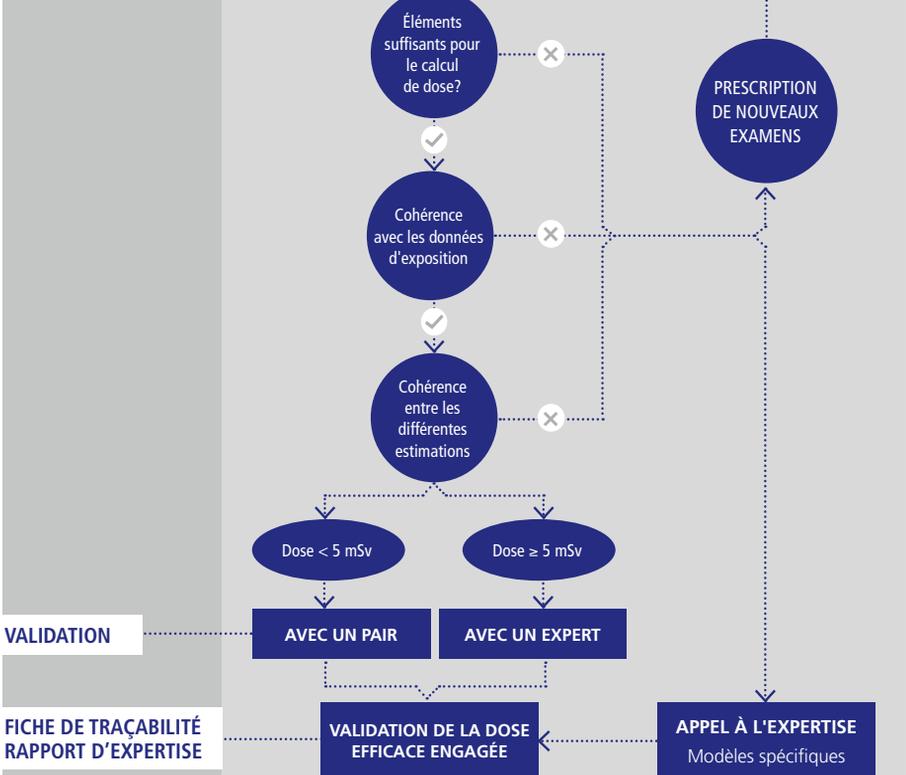
ESTIMATION DE L'ACTIVITÉ INCORPORÉE ENGAGÉE



ESTIMATION DE LA DOSE EFFICACE ENGAGÉE



VALIDATION DES ESTIMATIONS



ÉVALUATION DE LA DOSE EN EXPOSITION INTERNE

Contrairement à l'exposition externe, on ne peut pas déduire la dose directement à partir des mesures.

La radioactivité incorporée et retenue dans l'organisme délivre de l'énergie à différents organes ce qui va constituer une dose.

La radioactivité est progressivement éliminée de l'organisme du fait :

- de la décroissance radioactive du radionucléide,
- de son élimination naturelle dans les selles et les urines (surtout si un traitement a été mis en œuvre).

Le calcul de la dose efficace (cumul des doses reçues par les organes) prend en compte la durée de rétention dans l'organisme d'où la dénomination de dose efficace engagée.

L'évaluation de dose est déterminée par le médecin du travail à partir des différentes mesures individuelles. La validation de l'estimation de dose en exposition interne repose sur la cohérence des estimations des différentes mesures entre elles et avec les données d'ambiance au poste de travail.

Le schéma ci-contre, est extrait du document "Surveillance médico-professionnelle de l'exposition interne aux radionucléides en installations nucléaires de base" de juillet 2011, guide de bonne pratique qui a reçu le label de la Haute Autorité de Santé.

Dans ce schéma :

- A_i est l'activité incorporée correspondant au radionucléide i
- $m(t)$ est l'activité mesurée pour le corps entier ou l'organe ou l'échantillon biologique, à un temps t (depuis l'incorporation)
- $f(t)$ est la valeur de la fonction de rétention ou d'excrétion au temps t (depuis l'incorporation)
- $h(g)$ est la dose efficace engagée par unité d'incorporation d'un radionucléide (ou DPUI : Dose Par Unité d'Incorporation selon la CIPR)
- E_{50} est la dose efficace engagée sur 50 ans

RISQUE IODE

Surveillance de routine	Surveillance spéciale
Si risque identifié : Antropogammamétrie (ATP) de chantier	Si découverte fortuite à l'ATP <ul style="list-style-type: none"> ➤ Déterminer la date de contamination ➤ Évaluer la dose thyroïde ➤ Thérapeutique si nécessaire Suivi ATP + examen radiotoxicologiques (RTX) des urines
Exemple de risque identifié : exposition à l'iode lors des opérations de remplacement des pièges à iode	Si évacuation BR sur alarme iode <ul style="list-style-type: none"> ➤ Valider alarme iode par enquête radioprotection ➤ ATP sur échantillonnage ➤ Thérapeutique et suivi si nécessaire

RISQUE ALPHA

Démantèlement et laboratoires chauds	Réacteur en exploitation
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Suivi par mouchages ➤ ATP par échantillonnage ➤ Selles en fin de chantier ou a minima tous les ans 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Suivi par mouchages ➤ ATP par échantillonnage ➤ Selles selon les résultats ATP et des mouchages
En cas de mouchages positifs : enquête chantier et éventuellement selles immédiates	

SURVEILLANCE DU RISQUE SPÉCIFIQUE IODE

L'analyse de risques permet d'identifier les opérations ou chantiers pour lesquels un risque spécifique de relargage d'iode radioactif a été identifié, par exemple :

- présence de rupture de gaine au cours de la campagne,
- changement des pièges à iode,
- accident de manutention de combustible dans le bâtiment réacteur ou le bâtiment combustible,
- évacuation du bâtiment réacteur suite à alarme iode,
- ouvertures de circuits ou de la cuve,
- opérations sur les générateurs de vapeur.

Pour ces chantiers, des mesures spécifiques de surveillance peuvent être instaurées, par exemple par l'installation de balises iode mobiles.

Un suivi médical particulier peut également être instauré. Il consiste alors en des mesures anthropogammamétriques à périodicité rapprochée pendant la durée du chantier : journalières, hebdomadaires, au milieu et en fin de chantier.

En cas de détection d'iode à l'examen anthropogammamétrique, un traitement à base d'iode stable et des examens urinaires à la recherche de présence d'iode radioactif peuvent être prescrits.

SURVEILLANCE DU RISQUE SPÉCIFIQUE ALPHA

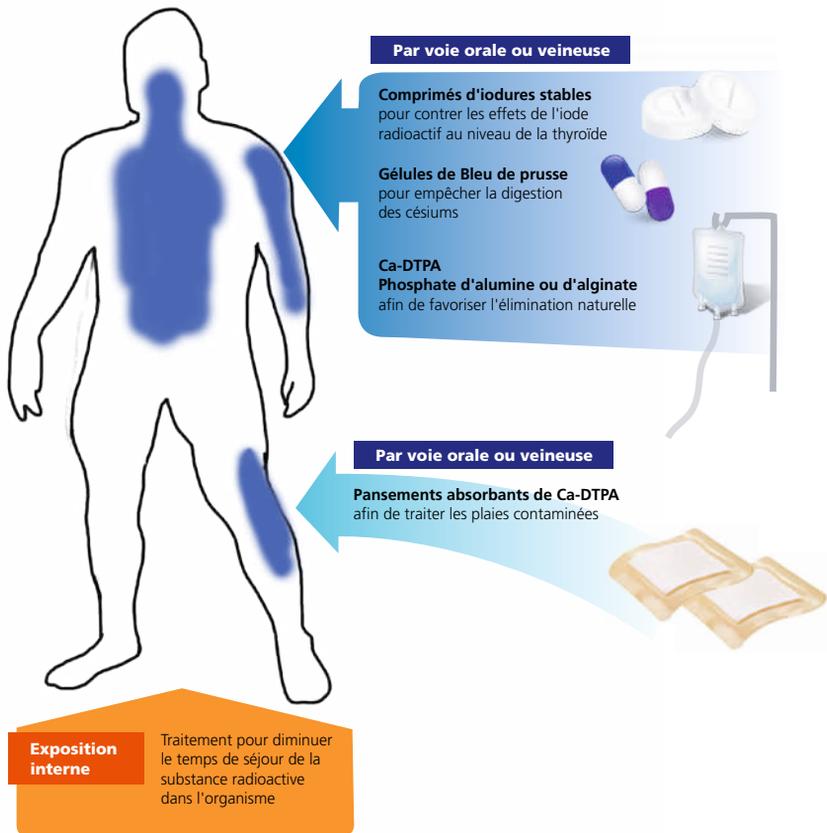


Cas particulier du suivi par « mouchages »

C'est un suivi opérationnel mis en place sur les chantiers déclarés à risque α par le service compétent en radioprotection et les équipes médicales de santé au travail. Il a pour objectif d'alerter sur le risque d'exposition interne aux émetteurs α (qui ne peuvent être détectés par la mesure anthropogammamétrique).

Le mouchage est un indicateur de présence de particules radioactives au niveau du nez. Il ne permet pas de préjuger d'une réelle exposition interne, ni d'effectuer une évaluation de dose.

Des examens complémentaires de selles à la recherche d'émetteurs α peuvent être prescrits.



TRAITEMENTS MÉDICAMENTEUX

Utilisés en post-incidentel pour limiter la dose efficace engagée, les traitements disponibles reposent sur différents produits spécifiques ou non des radionucléides concernés.

Les **traitements non spécifiques** visent à accélérer l'élimination naturelle du radionucléide : lavage, accélérateurs du transit intestinal, diurétiques, fluidifiants bronchiques...

Les **traitements spécifiques** sont destinés à piéger certains radionucléides et à empêcher leur diffusion.

La **chélation** consiste à administrer une molécule qui capture le radiocontaminant et l'entraîne avec lui lors de son élimination. Le piégeage a lieu dans le milieu extra-cellulaire.

Un exemple est l'acide **Diéthylène Triamine Penta Acétique (DTPA)**, chélateur pour le traitement des contaminations par le plutonium et en général pour tous les transuraniens.



Crédits photos EDF Michèle Gomin

La **dilution isotopique** consiste à apporter de façon importante un isotope non radioactif du radiocontaminant. L'augmentation de l'élimination concernera aussi le radiocontaminant.

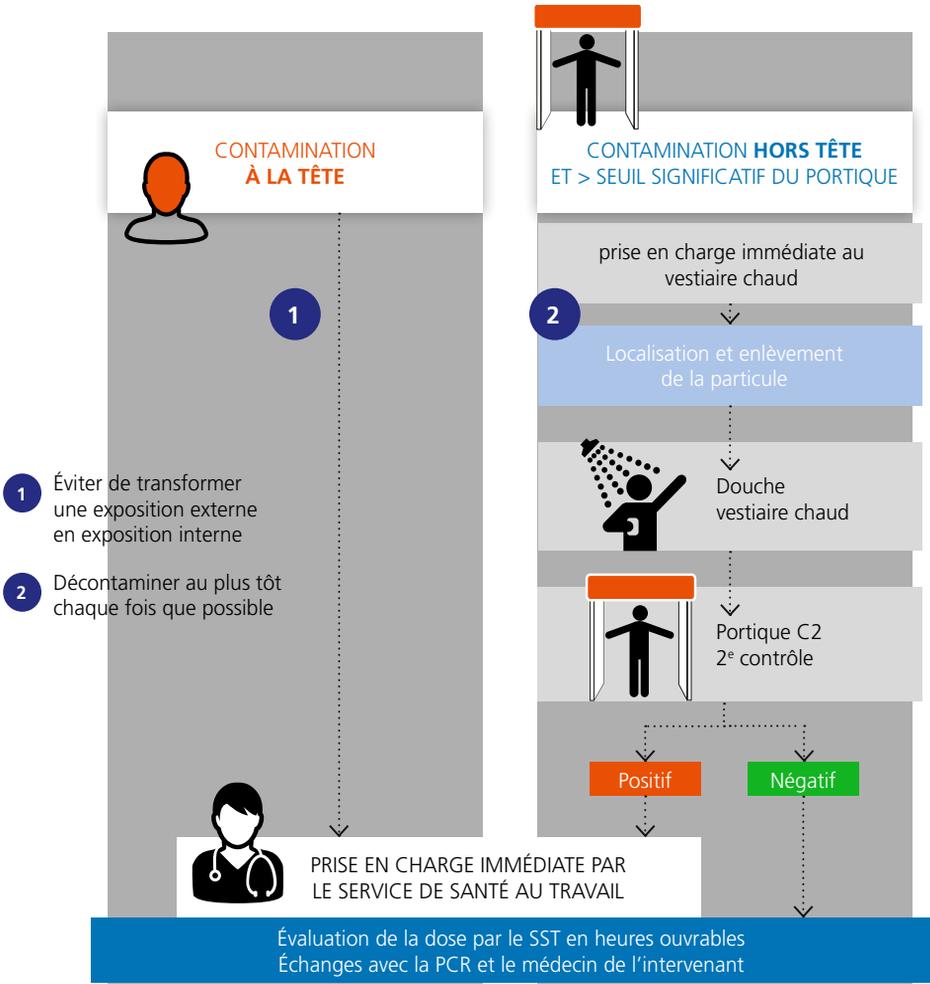
Un exemple est l'apport d'eau (boire beaucoup) en cas de contamination par l'eau tritiée. La saturation fait appel à l'apport massif de l'isotope stable.



Crédits photos EDF Michèle Gomin

Un autre exemple est l'apport d'iode stable en cas de contamination par des iodes radioactifs et destiné à saturer la glande thyroïde.

DÉCLENCHEMENT PORTIQUES C2 AU VESTIAIRE CHAUD : ACTIONS IMMÉDIATES



ÉVALUATION DE LA DOSE

Ce qui est important :

- La qualité de l'estimation du temps d'exposition
 - › Enquête Radioprotection pour rechercher le chantier contaminant
 - › Reconstitution du scénario de contamination
 - › Retenir le temps d'exposition le plus plausible et non pas le plus pénalisant
- La qualité de la mesure (activité de la particule)

4.2.4 Surveillance de la contamination externe

Un premier contrôle systématique de la contamination externe est effectué par les portiques C2.

Celle-ci peut également être détectée au niveau du portique C3 ou à l'examen anthropométrique.

Deux obligations en apparence contradictoires :

- ne pas retarder la décontamination pour ne pas augmenter la dose,
- tracer les expositions, estimer les doses et les enregistrer.

L'identification et la quantification des radionucléides présents sur la peau peuvent être réalisées selon deux méthodes :

- soit par mesures sur la peau avant décontamination,
- soit par mesures sur la particule chaude recueillie sur une lingette nettoyante utilisée pour la décontamination.

©Damien Gousy - SIFOP



©Damien Gousy - SIFOP

L'évaluation de la dose est faite par le service médical. Elle dépend du résultat des mesures et du temps d'exposition.

Exposition du personnel féminin aux rayonnements ionisants



Pour obtenir ce document
Dr Michèle GONIN
Santé au Travail du Secteur Nucléaire
michele.gonin@edf.fr

Document d'information
pour les intervenants en CNPE

EDF-DPN 1 place Pleyel 93200 Saint-Denis
EDF SA au capital de 924 433 331 euros
952 081 317 R.C.S Paris
www.edf.com



LIMITES D'EXPOSITION PENDANT LA GROSSESSE ET L'ALLAITEMENT

Dès que la grossesse est déclarée, la limite de dose retenue pour le fœtus est de 1 mSv pour la durée de la grossesse. L'affectation à un poste imposant un classement en catégorie A est exclue.

Pendant la durée de l'allaitement, tout risque d'exposition interne doit être écarté. Les expositions exceptionnelles sont interdites.

4.3 SURVEILLANCE DE L'EXPOSITION DU PERSONNEL FÉMININ

4

↳ Expositions professionnelles

Le médecin du travail :

- › informe des risques relatifs à l'exposition aux rayonnements ionisants,
- › explique l'utilité de déclarer une grossesse le plus tôt possible.

Le médecin du travail peut être amené à proposer un aménagement du poste de travail pendant toute la durée de la grossesse.

↳ L'employeur

- › Garantit le respect de la limite de dose de 1 mSv au fœtus en prenant en compte les demandes d'adaptation de poste pour le personnel féminin exposé aux rayonnements ionisants formulées par le médecin du travail.

↳ Exposition médicale

Tout comme on doit avertir préalablement le médecin du travail de sa grossesse, il est tout aussi important d'informer le médecin ou le radiologue avant la réalisation d'un examen radiologique.

Tout examen radiologique pendant la grossesse doit être justifié.

La situation la plus fréquemment rencontrée est celle d'une grossesse méconnue lors d'explorations radiologiques.

LIMITES D'EXPOSITION ET NIVEAUX DE RÉFÉRENCE

↳ **Situation normale de travail**

limite de 20 mSv sur 12 mois consécutifs

↳ **Exposition sous autorisation spéciale**

limite de 40 mSv sur 12 mois consécutifs

↳ **Exposition professionnelle d'urgence**

Des niveaux de référence d'exposition individuelle sont fixés qui n'ont pas le caractère de limites réglementaires mais constituent des repères pratiques.

Ils sont exprimés en dose efficace :

- › 100 mSv pour la durée de la mission,
- › 300 mSv lorsque l'intervention est destinée à protéger des personnes.

Un dépassement de cette dernière valeur peut être admis, exceptionnellement, afin de sauver des vies humaines, pour des intervenants volontaires et informés du risque que comporte leur intervention.

En aucun cas, la dose efficace totalisée sur la vie entière d'un intervenant ne doit dépasser 1 sievert.

RÔLE DU MÉDECIN DU TRAVAIL EN CAS D'EXPOSITION EXCEPTIONNELLE

↳ **Avant l'exposition**

- › formule un avis médical en cas d'exposition sous autorisation spéciale,
- › se prononce sur l'aptitude des personnes concernées,
- › assure l'information du personnel sur le risque associé à une exposition aux rayonnements ionisants.

↳ **Après l'exposition**

- › prend toute disposition qu'il estime nécessaire pour procéder ou faire procéder à l'évaluation dosimétrique,
- › assure le suivi médical et la limitation des expositions ultérieures.

4.4 EXPOSITIONS EXCEPTIONNELLES

EXPOSITION SOUMISE À AUTORISATION SPÉCIALE

L'**exposition sous autorisation spéciale** doit :

- être préalablement justifiée par l'employeur,
- être programmée avec la collaboration de la personne compétente en radioprotection et après avis du médecin du travail et du Comité d'Hygiène et de Sécurité et des Conditions de Travail (CHSCT),
- faire l'objet d'une planification précisant les objectifs de doses et le calendrier des travaux.

L'opération nécessite l'accord préalable de l'inspecteur du travail qui prend avis auprès de l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire.

EXPOSITION EN SITUATION D'URGENCE RADIOLOGIQUE

Il s'agit de l'exposition de travailleurs volontaires participant à une intervention pour porter secours à des personnes en danger ou, dans le cadre d'une **situation d'urgence radiologique**, pour prévenir l'exposition d'un grand nombre de personnes.

TRAVAILLEURS SUSCEPTIBLES D'ÊTRE EXPOSÉS

Les expositions sous autorisation spéciale et les expositions professionnelles d'urgence ne peuvent concerner que des travailleurs remplissant l'ensemble des conditions suivantes :

- être travailleur de catégorie A,
- être inscrit sur une liste préalablement établie à cet effet,
- avoir reçu une information appropriée sur les risques et les précautions à prendre au cours de l'opération,
- ne pas avoir dans les douze mois qui précèdent une exposition supérieure à l'une des valeurs limites annuelles fixées aux articles R 4451-12 et 4451-13 du code du travail,
- ne pas présenter d'inaptitude médicale.

En outre, pour l'exposition professionnelle d'urgence, le travailleur doit être volontaire et disposer des moyens de dosimétrie individuelle adaptés à la situation.

QUIZ

1 Un intervenant classé en catégorie A, doit passer a minima :

- a une visite médicale par an
- b une visite médicale par mois
- c deux visites médicales par an

2 Le classement d'un intervenant en catégorie A ou B signifie qu'il est susceptible d'être :

- a affecté aux travaux sous rayonnements ionisants
- b non affecté aux travaux sous rayonnements ionisants
- c habilité à gérer la dosimétrie opérationnelle

3 Pour connaître la dose cumulée sur le dosimètre passif, il faut s'adresser :

- a au comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail
- b au service de santé au travail auquel on est rattaché
- c à son employeur

4 La dose de 500 mSv correspond à la limite d'exposition à ne pas dépasser pour les travailleurs de catégorie «A» au cours de douze mois consécutifs :

- a pour le cristalin
- b pour les extrémités
- c pour l'organisme entier

5 Quel contrôle permet de détecter et quantifier une éventuelle exposition interne ?

- a un examen anthropogammamétrique
- b un contrôle radiographique
- c un contrôle au portique de sortie de zone contrôlée

6 L'établissement d'un dossier prévisionnel de dose a pour but de :

- a formaliser l'Evaluation Dosimétrique Prévisionnelle (EDP)
- b définir un objectif de dose collective
- c ramener la dosimétrie au dessous de 18 mSv sur 12 mois

7 À qui s'applique le «prorata temporis» dosimétrique ?

- a aux stagiaires de moins de 18 ans
- b aux travailleurs en CDI
- c aux travailleurs en CDD ou Intérimaires

8 La dose de 6 mSv correspond à la limite de classement d'exposition «organisme entier» à ne pas dépasser en un an :

- a pour le public
- b pour les travailleurs de catégorie A
- c pour les travailleurs de catégorie B

9 A quoi servent les comprimés d'iode en cas d'accident ?

- a fixer la radioactivité incorporée
- b saturer la glande thyroïde en iode non radioactif
- c diminuer la pression artérielle

10 Pour les femmes enceintes, la limite d'exposition à ne pas dépasser au niveau de l'abdomen est :

- a 1 mSv
- b 5 mSv
- c 20 mSv

Réponse : 1a 2a 3b 4b 5a 6c 7c 8c 9b 10a



PROPRO

- 1 L'ALARME (ORANGE) ET/OU SONORE A DECLENCHE :
- 2 MISE EN SECURITE DU CHANTIER
- 3 PRENDRE LA FICHE D'ALARME DU MATERIEL
- 4 EVACUER
- 5 APPLIQUER LA FICHE D'ALARME

NE PAS DEBRANCHER NI DEPLACER
NE PAS MODIFIER LES REGLAGES
SEUL VOTRE EST AUTORISE A LE FAIRE

CHAPITRE 5

MOYENS DE MESURE EN RADIOPROTECTION

5.1 Principes de détection des rayonnements ionisants | 121

- 5.1.1 Détecteurs à ionisation de gaz
- 5.1.2 Détecteurs à scintillation
- 5.1.3 Détecteurs à semi-conducteurs

5.2 Surveillance continue de l'installation | 125

5.3 Surveillance de l'ambiance des zones de travail | 127

- 5.3.1 Évaluation du débit d'équivalent de dose ambiant
- 5.3.2 Évaluation de la contamination de surface
- 5.3.3 Évaluation de la contamination atmosphérique

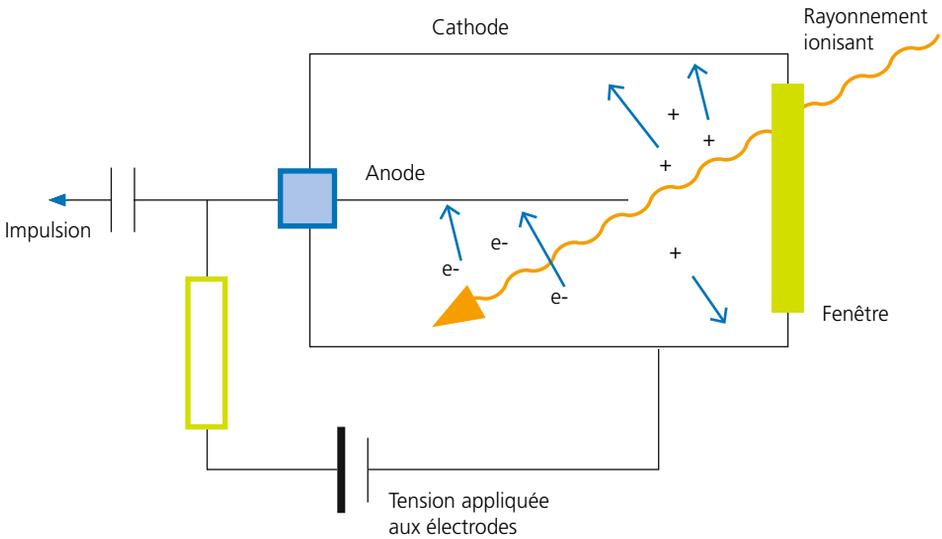
5.4 Surveillance de la contamination des personnels sortant de zone contrôlée | 135

- 5.4.1 CMP : contrôleur mains-pieds
- 5.4.2 C1 : portique de contrôle entre la zone contrôlée et le vestiaire chaud
- 5.4.3 C2 : portique de contrôle entre les vestiaires chaud et froid
- 5.4.4 CPO : contrôleur de petits objets
- 5.4.5 C3 : portique de sortie de site

5.5 Suivi de la dose individuelle | 139

- 5.5.1 Dosimétrie passive
- 5.5.2 Dosimétrie opérationnelle
- 5.5.3 Dosimétrie extrémités
- 5.5.4 Télédosimétrie

SCHÉMA D'UN DÉTECTEUR À IONISATION DE GAZ



5.1 PRINCIPES DE DÉTECTION DES RAYONNEMENTS IONISANTS

La détection des rayonnements ionisants est fondée sur leur interaction avec différents milieux (gazeux, liquides ou solides). Les rayonnements interagissent avec la matière en cédant tout ou une partie de leur énergie, ce qui se traduit par des effets qui peuvent être enregistrés et comptabilisés.

On distingue les rayonnements directement ionisants (bêta, alpha), constitués de particules chargées, et les rayonnements indirectement ionisants (gamma, neutrons) qui ne portent pas de charge électrique. Dans ce dernier cas, on fait en sorte que leur interaction avec la matière conduise à la mise en mouvement de particules chargées et qui sont alors détectées. Les principes de détection varient selon les types de détecteurs, qui sont eux-mêmes conçus pour répondre au mieux à telle ou telle utilisation particulière.

5.1.1 Détecteurs à ionisation de gaz

Lorsqu'une particule traverse un milieu gazeux, elle perd de l'énergie en ionisant le gaz sur son parcours. En d'autres termes, elle libère un grand nombre de paires d'ions (gaz chargé négativement et positivement, électrons libres) qui migrent respectivement vers l'anode et la cathode.

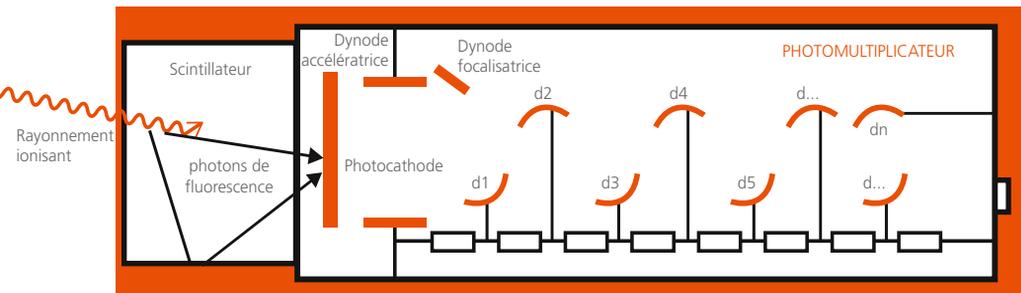
La collecte de ces charges produit une impulsion de tension mesurable. A toute particule ionisante absorbée dans le compteur correspondra donc une impulsion.

En fonction de la tension appliquée entre les électrodes, le nombre de paires d'ions créées varie et, avec elle, l'amplitude de l'impulsion. Ceci mène à plusieurs régimes de fonctionnement des détecteurs à ionisation de gaz.

On y associe différents types de détecteurs :

- chambre d'ionisation,
- compteur proportionnel, où l'impulsion est proportionnelle à l'énergie dépensée, par exemple le portique C2 à gaz, les débitmètres neutrons,
- compteur Geiger-Müller (GM), utilisé dans de nombreux débitmètres gamma portatifs et dans les balises gamma.

SCHÉMA D'UN DÉTECTEUR À SCINTILLATION



PORTIQUE C3



© EDF

5.1.2 Détecteurs à scintillation

À l'intérieur du scintillateur, le rayonnement ionisant est converti en rayonnement lumineux. La photo-cathode puis le photomultiplicateur qui sont tous deux associés au scintillateur permettent de transformer l'énergie lumineuse en électrons puis de les multiplier à l'aide de dynodes. L'anode recueille les électrons, équivalents à un signal électrique qui est traité en tant qu'impulsion de tension.

Il existe plusieurs sortes de scintillateurs :

- scintillateur NaI (iodure de sodium) : usage limité à la détection des gamma, cas des portiques C1, par exemple,
- scintillateur plastique : solution de composés fluorescents incluse dans une matière plastique transparente, cas des portiques C2 de nouvelle génération et C3,
- scintillateur ZnS (sulfure de zinc) : utilisé pour la détection des rayonnements alpha.

5.1.3 Détecteurs à semi-conducteurs

Le semi-conducteur est de plus en plus utilisé dans les matériels de mesure de radioprotection, comme par exemple dans les dosimètres électroniques ou les systèmes de spectrométrie.

Il a un fonctionnement analogue à une chambre d'ionisation. Le rayonnement ionisant arrache des électrons au semi-conducteur ; le nombre de charges collectées est proportionnel à l'énergie cédée par la particule.

LIBELLÉ DES CHÂÎNES FIXES DE RADIOPROTECTION DU PERSONNEL (KRT)

	FESSEN-HEIM	BUGEY	CP1-CP2	P4	P'4	N4
Débit de dose gamma à la surface de l'eau de la piscine du bâtiment réacteur (BR)	51, 52 MA	23, 75 MA	11, 12 MA	34, 35 MA	34, 35 MA	34, 35 MA
Débit de dose gamma à la surface de l'eau de la piscine du bâtiment combustible (BK)	56, 57 MA	17, 18 MA	13, 14 MA	32, 33 MA	32, 33 MA	32, 33 MA
Activité de l'air soufflé en salle de commande	72 MA	43 MA	18 MA	30, 31 MA	30, 31 MA	30, 31 MA
Activité volumique en iode de l'air du bâtiment réacteur (BR)	50 MA	55 MA	28 MA	41 MA	41 MA	41 MA
Activité volumique en aérosols de l'air du bâtiment réacteur (BR)	48 MA	54 MA	27 MA	38 MA	38 MA	38 MA
Activité gaz de l'air du bâtiment réacteur (BR) et des ventilations (EBA)	49, 21 MA	14, 57 MA	09, 41 MA	37, 39 MA	37,39 MA	37,39 MA
Débit de dose gamma dans les locaux de stockage ou d'enfûtage des déchets (TES)	100 MA	–	512 MA	56 MA (PAL-FLA) 90 MA (SAL) 107 MA (SAL) 108 MA (SAL)	90 MA 107 MA 108 MA	90 MA 107 MA

MA : Mesure d'activité

PAL : Paluel

FLA : Flamanville

SAL : Saint-Alban

CHAÎNE KRT



photo©EDF Gérard Cordier



photo©EDF Gérard Cordier

5.2 SURVEILLANCE CONTINUE DE L'INSTALLATION

Pour la surveillance en continu des installations, des chaînes de mesure fixes sont disposées sur toute l'installation et, parfois, reportées en salle de commande : ce sont les chaînes KRT (Contrôle Radioprotection des Travailleurs).

Elles permettent d'assurer plusieurs types de fonctions :

- sûreté : le contrôle de l'intégrité des barrières de confinement,
- contrôle de l'environnement : le contrôle des rejets gazeux et liquides,
- surveillance de l'installation : en fonctionnement normal et en circonstances accidentelles avec des débits de dose importants,
- radioprotection du personnel, quand le risque est localisé,
- enfin, l'exploitation des systèmes de traitement d'effluents.

Les principales chaînes KRT concernant la radioprotection des travailleurs sont :

- les chaînes de mesure de débit d'équivalent de dose gamma à la surface de l'eau des piscines du bâtiment réacteur (requis lors des chargements et déchargements de combustible) et du bâtiment combustible,
- la chaîne fixe pour la mesure de la contamination due aux aérosols radioactifs dans l'air du bâtiment réacteur,
- la chaîne mesurant l'iode dans l'air du bâtiment réacteur.

Sur déclenchement des alarmes de ces chaînes, l'évacuation du bâtiment réacteur ou du bâtiment combustible est requise.

BALISE GAMMA

photo@Camberra



Caractéristiques de la BARA 31

- Équivalent de dose ambiant H* (10)
- Détecteur Geiger-Müller
- 40 keV à 1,25 MeV
- 3 $\mu\text{Sv/h}$ à 100 mSv/h (balise seule)

RADIAMÈTRES

CONTRÔLE DE BON FONCTIONNEMENT

A minima :

- Mettre en service le radiamètre
- Vérifier l'absence de message :
 - Défaut pile,
 - Défaut capteur.
- Si non conforme, échanger le matériel au magasin RP en le signalant et recommencer la démarche avec un nouvel appareil.

photo@Carmeleg



photo@Saphymo



5.3 SURVEILLANCE DE L'AMBIANCE DES ZONES DE TRAVAIL

5.3.1 Évaluation du débit d'équivalent de dose ambiant

BALISES GAMMA

Placées à proximité des chantiers, les balises gamma servent à la surveillance de l'évolution du débit d'équivalent de dose ambiant de la zone ou du local. Les balises gamma sont, généralement, composées de compteurs Geiger-Müller, qui détectent des rayonnements gamma entre quelques dizaines de keV et 3 MeV.

Des alarmes sonores et visuelles se déclenchent lorsque le seuil paramétré de la balise est atteint.



Le fonctionnement des balises est influencé par le rayonnement ambiant (bruit de fond), il est nécessaire de faire une mesure avant de choisir leur emplacement et/ou de régler leur seuil d'alarme.

RADIAMÈTRES

Les radiamètres servent à mesurer le débit d'équivalent de dose ambiant. Ils sont utilisés pour :

- réaliser des cartographies,
- mesurer le débit d'équivalent de dose à l'endroit de l'intervention, en particulier pour s'assurer qu'il est conforme à la prévision.

Les radiamètres sont, pour la plupart, composés de détecteurs Geiger-Müller, qui détectent des rayonnements gamma jusqu'à 2-3 MeV. Leur gamme de débit d'équivalent de dose est fonction du modèle mais aussi des sondes associées.

Sur certains radiamètres, il est possible de régler des seuils d'alarme.



Le bon fonctionnement du matériel doit être contrôlé lors de son retrait du magasin. Par précaution, il est préférable aussi de le contrôler après utilisation pour s'assurer de la fiabilité des mesures.

Sur certains appareils, le temps de réponse est long : il est nécessaire d'attendre la stabilité de la mesure pour la lecture.

Pour les mesures hors zone contrôlée, les débits de dose étant plus faibles, il convient d'utiliser un appareil plus sensible ; demander l'appui du Service Compétent en Radioprotection.

CRAMAL



photo©Canberra

Caractéristiques

- Détection des neutrons
- Masse : 6,4 kg
- Énergie > 0,5 keV
- 2 $\mu\text{Sv/h}$ à 200 mSv/h

Compteur proportionnel à hélium 3 sous cadmium dans une sphère de polyéthylène de 20 cm de diamètre.

A partir de 2011 tous les CRAMAL ont été modifiés pour fonctionner avec un mode « Pré-compte » qui améliore la précision statistique.

DINEUTRON



photo©Canberra

Caractéristiques

- Détection des neutrons
- Masse : 3,5 kg
- Énergie de 0,025 eV à 15 MeV
- 1 $\mu\text{Sv/h}$ à 100 mSv/h

Deux compteurs proportionnels à hélium 3 placés dans deux sphères de diamètres différents.

5.3.1 Évaluation du débit d'équivalent de dose ambiant (suite)

RADIAMÈTRES NEUTRONS

Pour créer un effet mesurable dans le détecteur et détecter les neutrons, on tire parti de l'interaction entre les neutrons et un gaz contenant de l'hélium 3.

Cette interaction ne peut avoir lieu qu'avec des neutrons ralentis ; les sphères de polyéthylène jouent ce rôle de ralentisseur.

Sur les CNPE, deux types de **radiamètres neutrons** sont utilisés en fonction principalement de leur plage de mesure en énergie :

- le CRAMAL pour les mesures sur le combustible :
 - › lors de la réception du combustible neuf MOX,
 - › lors de l'envoi des combustibles irradiés UO₂ et MOX,
- le DINEUTRON pour les interventions dans le bâtiment réacteur en puissance.



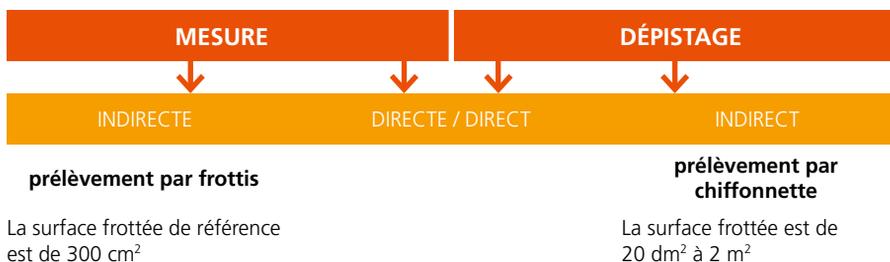
Ces deux radiamètres sont de conceptions différentes. Pour la fiabilité de la mesure, il est obligatoire de réserver :

- le CRAMAL pour les mesures sur le combustible,
- le DINEUTRON pour les interventions dans le bâtiment réacteur en puissance.

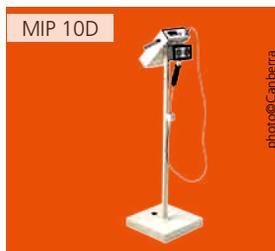
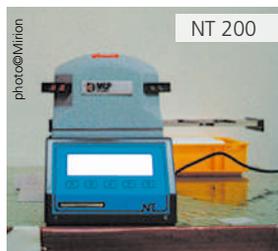
Les sphères de polyéthylène qui servent à ralentir les neutrons rapides pour les rendre détectables, doivent être orientées vers la source d'exposition.

Il convient d'éloigner l'appareil de mesure de son corps car celui-ci peut influencer la mesure.

ÉVALUATION DE LA CONTAMINATION DE SURFACE



CONTAMINAMÈTRES



Pour les chargés de travaux, l'évaluation de la contamination surfacique doit être effectuée par dépistage, principalement indirect.



5.3.2 Évaluation de la contamination de surface

Il est nécessaire de contrôler la **contamination surfacique** pendant le déroulement du chantier pour le laisser dans un bon état de propreté. Il faut aussi mesurer la contamination surfacique des matériels et outillages en sortie de chantier.

Elle s'exprime en Bq/cm². Pour les appareils gradués en coups par seconde (c/s), la corrépondance est donnée par le Service Compétent en Radioprotection.

On distingue les évaluations directes (le détecteur est approché de la surface contaminée) et les évaluations indirectes (on frotte la surface avec un tissu approprié et on mesure l'activité de ce frottis).

La contamination de surface peut s'évaluer :

- **par dépistage** : vérification de l'absence de contamination surfacique (« tout ou rien »),
- **par mesure** : recherche d'une valeur de contamination surfacique, qui permet la comparaison avec les seuils réglementaires ou contractuels.

Remarque importante : une mesure est toujours faite par des personnes ayant une compétence de radioprotectionniste (PCR, technicien RP..) par opposition à un dépistage qui lui est réalisable par un intervenant ayant reçu une formation RP2.



Mesure directe / dépistage direct

Ces deux méthodes permettent d'évaluer à la fois la contamination fixée et non fixée.

La distance entre la sonde et la surface à contrôler doit être la plus faible possible (< 5 mm).

Le déplacement de la sonde sur la surface à contrôler est très lent. Les surfaces doivent être sèches et planes.

Mesure indirecte / dépistage indirect

Dans ce cas, la contamination non fixée sur le support est prélevée par :

- frottis coton de 15 cm² pour la mesure,
- chiffonnettes de 100 à 200 cm² pour le dépistage. Les surfaces doivent être sèches.

Lors de la détection de la contamination sur le support, celui-ci doit être le plus proche possible de la sonde.

BALISES DE SURVEILLANCE ATMOSPHÉRIQUE

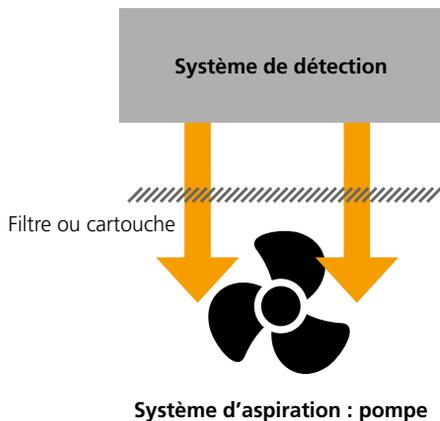
BALISES AÉROSOLS



BALISES IODES



SCHEMA DE PRINCIPE D'UNE BALISE



SYSTEME D'ASPIRATION (PRÉLÈVEMENT ATMOSPHÉRIQUE)



Aspirateur STAPLEX-BAUDARD
Mesure réalisée par le SPR

5.3.3 Évaluation de la contamination atmosphérique

L'évaluation de la contamination atmosphérique ou activité volumique a pour objectif la surveillance de l'ambiance de travail pour prévenir l'exposition interne des intervenants. La mesure d'activité volumique est comparée à une limite : la Limite Dérivée de Concentration dans l'Air (LDCA) calculée et affichée par le Service Prévention des Risques en fonction des radioéléments présents sur le réacteur concerné.

Pour effectuer une mesure de contamination atmosphérique, il faut approcher jusqu'au détecteur un échantillon d'air représentatif. Plusieurs méthodes permettent de réaliser cette mesure.

▾ BALISES DE SURVEILLANCE ATMOSPHÉRIQUE

Des alarmes sonores et visuelles se déclenchent lorsque le seuil paramétré de la balise est atteint.

Balise aérosols

La mesure à l'aide de cette balise s'effectue en 2 phases : prélèvement de l'air sur un filtre et analyse de celui-ci.

Le filtre se déplace périodiquement devant la sonde pour être analysé. Le débit de la pompe d'aspiration est constant.

La balise s'affranchit du bruit de fond dû au rayonnement gamma. Elle est capable de dissocier l'activité due aux aérosols bêta et aux aérosols alpha, grâce aux différences d'énergie.

Balise iode

Le principe est le même que la balise aérosols, sauf que le filtre est une cartouche piégeant l'iode.



Il ne faut pas ajouter de tuyaux de prélèvement, ni utiliser des cartouches ou des filtres non agréés par le fournisseur.

Il est préférable de ne pas utiliser ces appareils dans les atmosphères empoussiérées ; sinon, il faut effectuer une avance de filtre plus rapide.

▾ MESURE INDIRECTE

Que ce soit pour les aérosols ou l'iode, il est possible de recueillir un échantillon grâce à un système d'aspiration (Baudard, Favorit, Staplex) sur un filtre ou une cartouche. L'échantillon est ensuite compté à l'aide d'une sonde ou analysé par le service chimie.

Toutes ces mesures sont de la responsabilité du Service Compétent en Radioprotection.

5.4 SURVEILLANCE DE LA CONTAMINATION DES PERSONNELS SORTANT DE ZONE CONTRÔLÉE

Les appareils de contrôle radiologique permettent de vérifier l'absence de contamination des personnes en sortie de la zone contrôlée et du site ; ils constituent les barrières successives pour éviter la dissémination de la radioactivité par le personnel.

5.4.1 CMP : contrôleur mains-pieds

Comme son nom l'indique, il s'agit de détecter une contamination potentielle des mains ou des pieds. En général, un compteur proportionnel à circulation de gaz détecte les rayonnements bêta.

Son premier seuil d'alarme est réglé à une valeur inférieure à 800 Bq équivalent ^{60}Co pour les mains, et 3 000 Bq équivalent ^{60}Co pour les pieds.



Le détecteur est fragile et sensible aux rayonnements gamma qui vont augmenter le bruit de fond.

5.4.2 C1 : portique de contrôle entre la zone contrôlée et le vestiaire chaud

Le rôle de cet appareil est de détecter une contamination vestimentaire (ou corporelle) à l'aide de scintillateurs NaI, gamma corps entier sur les parois verticales.



Sauf exception, cet appareil n'est pas équipé d'un compteur de détection au niveau des chaussures, aussi il est demandé de se contrôler a minima les chaussures au MIP 10 D ou équivalent avant de passer dans le portique C1.

Le C1 étant équipé de détecteurs NaI très sensibles au bruit de fond, il importe d'éloigner les bacs à linge contaminé.

Son premier seuil d'alarme est réglé à une valeur inférieure à 15 000 Bq, équivalent ^{60}Co .

En mode EVEREST, le portique C1 n'est pas requis. Par contre un contrôle dans un portique équipé de détecteurs gamma est recommandé, entre la sortie chantier et les portiques C2. Il peut se situer par exemple en sortie du Bâtiment réacteur (BR).

OBJECTIFS DE DÉTECTION DES PORTIQUES DE CONTRÔLE

CATÉGORIE DU CONTRÔLE	RÉGLAGE (Bq équivalent ^{60}Co)	
	Seuil 1	Seuil 2
Contrôleur mains-pieds (CMP)	Mains : < 800 Pieds : < 3 000	Mains : < 7500 Pieds : < 40 000
Portique C1	< 15 000	< 40 000
Portique C2	Mains : < 200 / 100 cm ² Corps : < 400 / 100 cm ² Corps : < 800 ponctuel	< 3 000
Portique C3	< 3 000	Sans objet
Contrôleur de petits objets (CPO)	< 800	Sans objet



Contrôle au portique C2 :
une face puis l'autre

photo©EDF - Gérard Cordier

5.4.3 C2 : portique de contrôle entre les vestiaires chaud et froid

Le contrôle corporel se fait à l'aide d'un portique C2 qui détecte la contamination grâce à des compteurs proportionnels et/ou scintillateurs plastiques, sensibles aux rayonnements bêta et gamma (la détection gamma, en complément de la détection bêta, est apportée par l'installation des nouveaux portiques TSE 2 MIRION et ARGOS 5 CANBERRA).

Son premier seuil d'alarme est réglé à une valeur inférieure à 200 Bq sur 100 cm² pour les mains, 400 Bq sur 100 cm² pour le corps et 800 Bq équivalent ⁶⁰Co ponctuels sur le corps.



Les rayonnements bêta ont une faible portée d'émission et traversent difficilement les différents milieux.

De ce fait, pour obtenir une bonne détection, il est nécessaire d'être proche des compteurs (sur les C2 de nouvelle génération, la bonne position du corps fait l'objet d'un contrôle avant tout lancement du comptage) et d'avoir le corps et les mains secs.

5.4.4 CPO : contrôleur de petits objets

Associé au C2, le CPO permet de contrôler les petits matériels grâce à des détecteurs à scintillation, sensibles aux rayonnements gamma.

Son alarme est réglée à une valeur inférieure à 800 Bq équivalent ⁶⁰Co.



Pour un bon contrôle, le matériel doit être bien placé au centre du CPO.

5.4.5 C3 : portique de sortie de site

On s'assure de l'absence de dissémination de contamination à l'extérieur du site à l'aide de détecteurs plastiques à scintillation, sensibles aux rayonnements gamma.

L'alarme du portique est réglée à une valeur inférieure à 3 000 Bq, équivalent ⁶⁰Co.

photo@Laudaeur



Caractéristiques de l'OSL

- Équivalent de dose individuel Hp(10)
- De 0,1 mSv à 10 Sv
- Plage gamma : de 5 keV à 40 MeV
- Plage bêta : de 150 keV à 10 MeV

photo@Laudaeur



Caractéristiques

- Équivalent de dose individuel Hp(10)
- De 0.1 mSv à 250 mSv (20 mSv pour neutrons thermiques)
- Plage neutron : inférieure à 0.5 eV et de 40 Kev à 40 Mev

photo@Laudaeur



*Photos recto et verso du Neutrak
dans la pochette EDF*

5.5 SUIVI DE LA DOSE INDIVIDUELLE

Au titre de la réglementation, il est obligatoire pour les travailleurs exposés aux rayonnements ionisants de suivre leur dose individuelle par deux moyens de mesure distincts.

5.5.1 Dosimétrie passive

La dosimétrie passive a longtemps été la seule dosimétrie réglementaire. Les intervenants EDF portent un dosimètre nominatif pendant un mois et le résultat de la dose est connu a posteriori, après lecture dans un laboratoire agréé.

➤ DOSIMÈTRE GAMMA

Le choix d'EDF s'est porté sur la technologie OSL (Optically Stimulated Luminescent) fondé sur la stimulation lumineuse qui a remplacé l'ancien film, moins sensible.

Ce dosimètre donne un équivalent de dose pour le corps entier.

➤ DOSIMÈTRE NEUTRON

Le dosimètre Neutrak-T est utilisé à EDF, il est conçu pour la lecture des neutrons thermiques, intermédiaires et rapides.

Il est fondé sur l'utilisation d'un détecteur solide de traces connu sous la dénomination de CR-39. Le principe de mesure repose sur le comptage du nombre de traces laissées sur une surface déterminée du détecteur.

Il peut, soit être porté à côté du dosimètre gamma, soit être intégré dans le même boîtier.



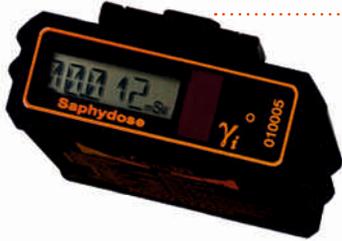
Les dosimètres passifs sont :

- nominatifs et mensuels à EDF,
- portés sur la poitrine, le nom de l'intervenant visible,
- rangés dans les racks quand ils ne sont pas utilisés.

EDF met en œuvre le seuil d'enregistrement fixé par la réglementation à 0,1 mSv.

SAPHYDOSE γ I OU TÉLÉDOSIMÈTRE

photo@saphymo



Caractéristiques

- Équivalent de dose individuel Hp(10)
- Détecteur à diodes silicium
- Piles
- Plage gamma : 100 keV à 7 MeV
- 1 μ Sv à 9999 mSv

photo@saphymo



DMC 2000 GN

Photo@Milon



Caractéristiques

- Équivalent de dose individuel Hp(10)
- Détecteur à diodes silicium
- Piles
- Plage neutrons : 0.025 à 15 MeV
- 10 μ Sv à 9999 mSv

5.5.2 Dosimétrie opérationnelle

La **dosimétrie opérationnelle**, aussi nommée dosimétrie électronique, permet à l'intervenant de suivre son équivalent de dose en temps réel.

Les dosimètres électroniques gamma (saphydose gamma i) ou neutron (DMC 2000 GN) mesurent un équivalent de dose pour le corps entier. Ils sont composés d'un détecteur, de l'électronique associée, d'un écran d'affichage ainsi que d'une interface avec le système de gestion dosimétrique MICADO.

Les dosimètres disposent d'alarmes sonores et lumineuses avec des seuils paramétrables pour donner l'alerte en cas de dépassement.



Les dosimètres opérationnels sont attribués nominativement à l'intervenant en entrée de zone contrôlée où ils sont initialisés et contrôlés. Aussi, aucun échange ne doit être fait ensuite.

Deux types d'alarmes sont chargés sur les dosimètres :

- Alarme sur le débit d'équivalent de dose
- Alarme sur la dose

Le déclenchement de l'alarme sur débit d'équivalent de dose implique le retrait immédiat de l'intervenant de la zone d'exposition.

Le déclenchement de l'alarme sur dose intégrée implique la sortie immédiate de Zone Contrôlée de l'intervenant.

En cas d'exposition à un débit d'équivalent de dose important, les dosimètres peuvent être saturés, ils affichent alors :

- > gamma : le symbole « ▲ ▲ ▲ ▲ » continu,
- > neutron : le symbole « SATUR » en alternance avec la mesure.

Lorsque la dose dépasse la capacité de l'affichage, les dosimètres affichent :

- > gamma : le symbole « ▲ ▲ ▲ ▲ » suivi de « 9999,9 mSv » en continu,
- > neutron : la valeur « 9999,9 mSv » en continu.

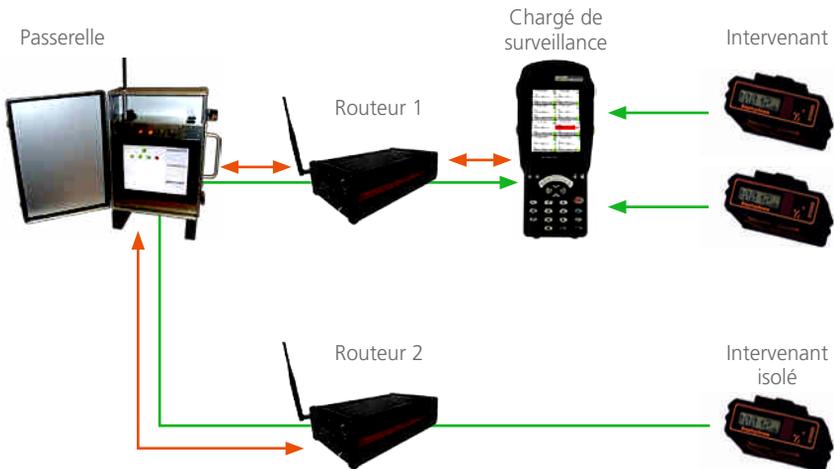
Les appareils peuvent être sensibles aux rayonnements électromagnétiques émis par les postes de soudure HF et les téléphones portables. Leur insensibilité à ce type de rayonnement ainsi qu'à l'électricité statique est cependant supérieure aux exigences des normes en vigueur.

NOTE Le port de dosimètres gamma à alarme sonore est obligatoire pour les tirs radiographiques.

DOSIMÈTRES EXTRÉMITÉS



SYSTÈME DE TÉLÉDOSIMÉTRIE



À tout moment un nouvel intervenant peut s'insérer dans une équipe. Quels que soient les déplacements dans le réseau, le chargé de travaux reçoit les données des télédosimètres. En cas de sortie du réseau, la reconnexion est automatique.

5.5.3 Dosimétrie extrémités

Pour certains postes de travail, l'analyse de risques peut faire apparaître la nécessité de porter des dosimètres supplémentaires pour estimer les **doses équivalentes** aux extrémités.

DOSIMÈTRES UTILISÉS

Dosimètre poignet : celui-ci est conçu comme le dosimètre passif poitrine.

Bague : les rayonnements interagissent avec une pastille incrustée dans la bague. Pour l'utilisation de ce dosimètre, il convient de positionner la pastille vers l'intérieur de la main.

5.5.4 Télédosimétrie

La télédosimétrie est dédiée aux chantiers à fort enjeu dosimétrique pour la surveillance à distance des doses individuelles des intervenants. Elle se compose de télédosimètres ainsi que de bornes relais à installer en début d'arrêt de tranche et à désinstaller en fin d'arrêt de tranche dans le Bâtiment Réacteur. La télédosimétrie peut aussi être partiellement déployée pour des chantiers particuliers hors BR, en ou hors arrêt de tranche. Le Service Compétent en Radioprotection est responsable de ce matériel et l'entreprise intervenante qui souhaite équiper ses intervenants de télédosimètres doit s'adresser à lui. Cette entreprise intervenante peut disposer de son propre matériel pour certaines activités spécialisées (sociétés intervenant sous eau en piscine du bâtiment combustible).

Les performances des télédosimètres sont identiques à celles des dosimètres standards. Ils sont compatibles avec les lecteurs de dosimètres et le système d'information de la dosimétrie.

Le temps de transmission des doses et des alarmes entre l'intervenant équipé d'un télédosimètre et un chargé de surveillance, muni d'un module de suivi portable type PDA, est inférieur à 3 secondes. Un chargé de surveillance peut suivre jusqu'à 8 intervenants sur le module de suivi portable. L'ensemble des télédosimètres peut aussi être retransmis via une passerelle sur un poste technique dédié, avant à terme d'aboutir sur le PSPR (Poste de Supervision Prévention des Risques).

QUIZ

1 Lors du déclenchement de l'alarme d'une chaîne KRT de surveillance en continu de la teneur en iode de l'atmosphère du bâtiment réacteur il faut :

- a évacuer immédiatement le bâtiment réacteur
- b se munir d'une tenue étanche ventilée
- c appeler la salle de commande pour s'assurer qu'il ne s'agit pas d'une fausse alerte

2 Pour mesurer le débit d'équivalent de dose au poste de travail, le chargé de travaux utilise :

- a une balise aérosols
- b un radiamètre
- c un dosimètre

3 La présence éventuelle de flux neutronique se détecte avec :

- a un débitmètre spécifique de type DINEUTRON ou CRAMAL
- b un débitmètre avec une sonde alpha
- c un MIP 10 ou équivalent avec sa sonde bêta

4 Pour contrôler le niveau de contamination de votre matériel, vous utilisez :

- a rien, je n'ai pas à le contrôler
- b un radiamètre
- c un MIP 10 ou équivalent et sa sonde

5 Comment détermine-t-on la présence de contamination volumique dans un local ?

- a par une mesure d'ambiance avec un radiamètre et sa sonde bêta
- b par une mesure avec une balise gamma
- c par un prélèvement atmosphérique et une mesure du filtre

6 Le portique de contrôle destiné à vérifier l'absence de contamination corporelle externe est :

- a le portique C1
- b le portique C2
- c le portique C3

7 Le contrôleur de petits objets sert à :

- a décontaminer le petit matériel
- b contrôler l'absence de contamination du petit matériel
- c stocker le petit matériel jusqu'à l'entrée dans le vestiaire froid

8 La principale fonction d'un dosimètre opérationnel est de :

- a connaître la dose reçue en temps réel
- b mesurer le débit d'équivalent de dose au contact d'un objet
- c mesurer le niveau de contamination d'un objet

9 La dose opérationnelle reçue lors de l'intervention en zone contrôlée est mesurée à partir :

- a du dosimètre électronique
- b de la mesure au portique C1
- c de la mesure au portique C2

10 Pour effectuer une opération en zone contrôlée, tout intervenant doit :

- a porter uniquement un dosimètre opérationnel
- b porter uniquement un dosimètre passif
- c porter les dosimètres passif et opérationnel

Réponses : 1a 2b 3a 4c 5c 6b 7b 8a 9a 10c



CHAPITRE 6

MOYENS DE PROTECTIONS COLLECTIVES ET INDIVIDUELLES

6.1 Moyens de protections collectives | 151

- 6.1.1 Protections biologiques
- 6.1.2 Confinement des chantiers
- 6.1.3 Supervision des locaux et des chantiers (PSPR)

6.2 Moyens de protections individuelles | 157

- 6.2.1 Tenue de circulation
- 6.2.2 Surtenue non tissée
- 6.2.3 Gants
- 6.2.4 EPI filtrants
- 6.2.5 Heaume ventilé (HV) et tenue étanche ventilée (TEV)

6.3 Conditions d'accès en zone en mode Everest | 169

EXEMPLE D'ÉCRAN DE PROTECTION

photo©EDF Gérard Cordier



photo©EDF Gérard Cordier



6.1 MOYENS DE PROTECTIONS COLLECTIVES

6.1.1 Protections biologiques

Les **protections dites biologiques** (destinées à protéger le personnel) servent d'écran aux rayonnements et atténuent ainsi leur intensité. La plupart du temps, elles sont en plomb, matériau le plus efficace pour les rayonnements gamma.

Le tableau ci-dessous présente une comparaison de différents écrans possibles servant de protections biologiques et calculés pour le rayonnement gamma du cobalt 60 :

	«Épaisseur dixième*» (en cm)	«Épaisseur moitié*» (en cm)
Eau	67	15
Plomb	4,6	1,1
Béton	31,5	7

(*voir paragraphe 1.8)

Une application informatique : CADOR permet d'optimiser la pose des protections biologiques sur un ou plusieurs niveaux BR, en fonction du déroulement des chantiers d'arrêt de tranche.

Durant les arrêts de tranche, il y a deux types d'installation de protections biologiques :

- ✎ celles qui visent à **protéger les zones de circulation** et qui sont installées en début d'arrêt et retirées en fin d'arrêt ;
- ✎ celles qui visent à **protéger les intervenants** à leurs postes de travail quand le débit d'équivalent de dose est important ; elles sont prévues lors de la préparation du chantier.

Si elles n'ont pas été prévues, le chargé de travaux doit s'adresser au « Responsable des protections biologiques » désigné par le CNPE.

Le gain en dose doit se calculer sur la totalité de l'intervention, y compris la pose et la dépose des protections biologiques.

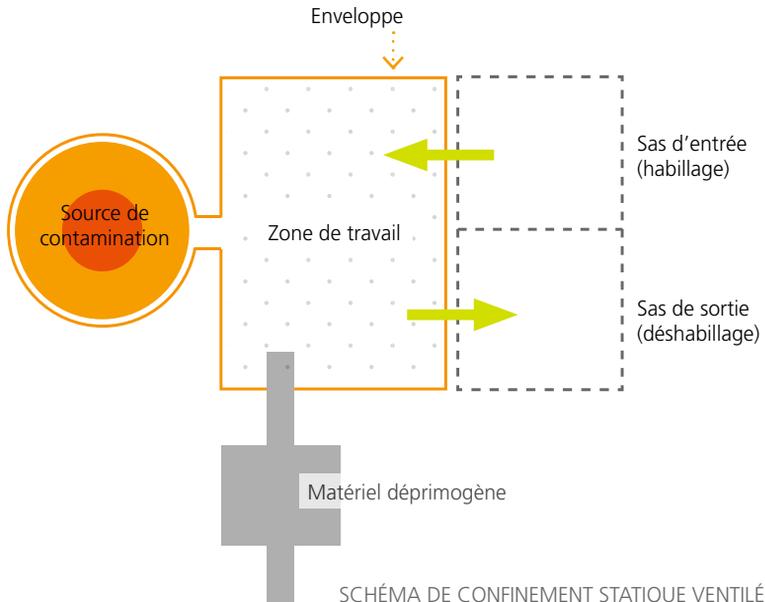
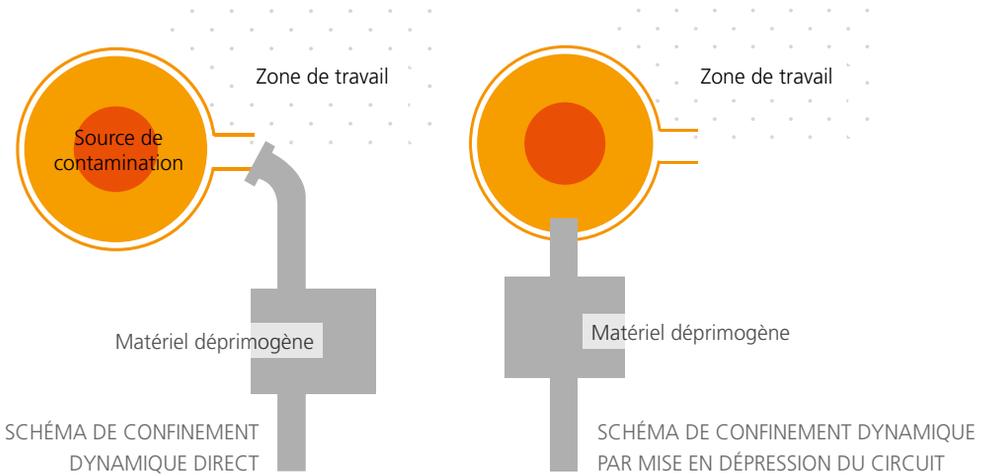


Le « supportage » des protections biologiques doit être examiné lors de la préparation du chantier. En effet, des protections biologiques trop lourdes peuvent déformer les tuyauteries, endommager les capteurs et compromettre le fonctionnement des installations. Des supports fixes ou amovibles sont utilisés lorsque l'accrochage sur les équipements eux-mêmes est incompatible avec les règles de conception.

La pose des protections à proximité d'équipements ayant des fonctions de sûreté doit être conçue et réalisée de sorte qu'en cas de séisme, des protections ne puissent aggraver et endommager ces équipements.

Le débit d'équivalent de dose doit être affiché autant que possible avec et sans la protection biologique.

SCHÉMAS DE CONFINEMENT



6.1.2 Confinement des chantiers

Le **confinement** de la contamination sur le chantier a pour but de prévenir la dissémination de la contamination atmosphérique éventuellement occasionnée par l'intervention.

CONFINEMENT DYNAMIQUE

La contamination issue du chantier est captée à la source par un courant d'air réalisé avec un matériel déprimogène. Le **confinement dynamique** évite ainsi la contamination de la zone de travail. De ce fait, l'intervention s'effectue le plus souvent sans protection respiratoire.

↳ Confinement dynamique direct

Le matériel déprimogène doit être suffisamment puissant pour capter toutes les particules radioactives. Il est nécessaire de placer l'aspiration au plus près de la source de contamination et d'adopter une géométrie du capteur qui permette au courant d'air d'entraîner toute contamination issue de la source. L'emploi de gaine semi-rigide facilite le déplacement du capteur par l'intervenant dans la zone de travail.

↳ Confinement dynamique par mise en dépression du circuit

Dans certains cas, un confinement dynamique par mise en dépression du circuit contaminé est réalisable. Ce type de confinement est recommandé car il empêche la contamination de sortir du circuit et évite toute contamination de la zone de chantier.

Il faut cependant veiller au risque d'introduction d'objets légers dans le circuit, du type ruban adhésif, vinyle, etc. (risque FME : désigne le risque d'intrusion de corps étrangers dans les installations et les équipements). On mettra en place à cet effet des bouchons grillagés adaptés sur les ouvertures concernées lorsque cela est possible.

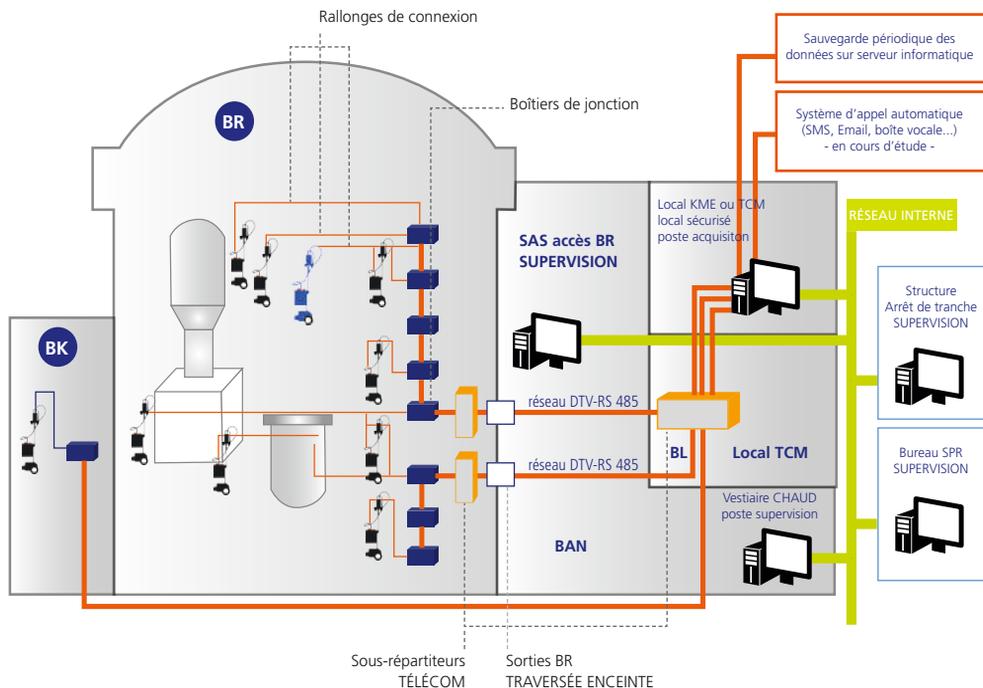
CONFINEMENT STATIQUE VENTILÉ

La contamination issue du chantier est contenue dans une enveloppe étanche matérialisée par les murs du local ou des parois vinyle rapportées. Le volume intérieur est une zone de travail en atmosphère contaminée ; l'intervenant doit donc être protégé de l'exposition interne par un EPI adapté. L'accès au volume confiné se fait par l'intermédiaire du sas attenant à la zone de travail, où se déroulent d'un côté l'habillage et de l'autre côté le déshabillage.

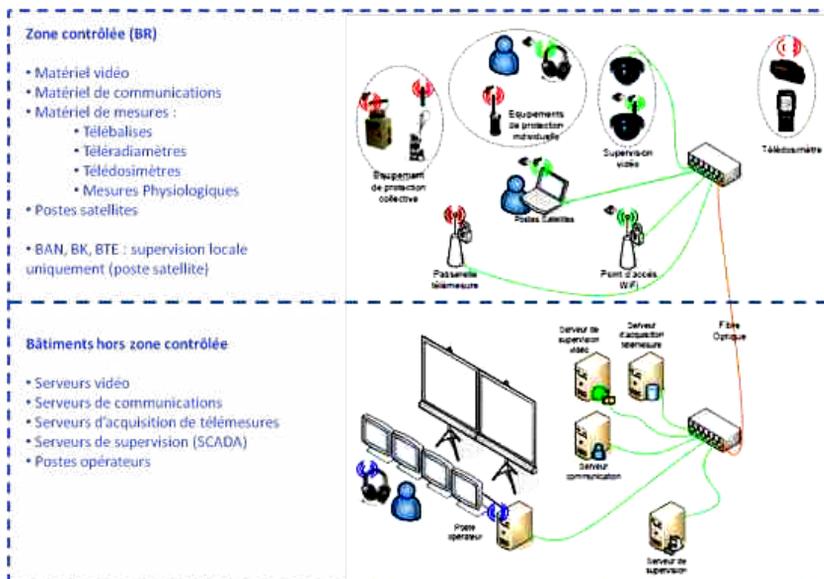
Le **confinement statique ventilé** consiste à mettre en dépression le volume confiné avec un matériel déprimogène pour garantir la non-dissémination de la contamination atmosphérique. Le point d'aspiration dans le volume confiné doit se trouver au plus près de la source de contamination afin de réduire autant que possible le niveau de contamination atmosphérique de la zone.

Ces dispositions réduisent en outre la contamination surfacique de la zone de travail et le risque de remise en suspension lors du démontage. On veillera à maintenir en service la ventilation pendant le démontage.

TÉLÉTRANSMISSION DES BALISES MOBILES



POSTE DE SUPERVISION PRÉVENTION DES RISQUES



6.1.3 Supervision des locaux et des chantiers (PSPR)

L'objectif de la supervision via un PSPR (Poste de Supervision Prévention des Risques) est de réaliser une surveillance et une assistance à distance, vis-à-vis des risques pour les intervenants, de l'installation et des chantiers dans l'îlot nucléaire (BR, BAN, BK, BTE). Pour ce faire, on s'appuie sur la transmission en temps réel et la centralisation des données (audio, vidéo, mesures RP et sécurité), utiles à la prévention des risques, sur des postes informatiques. Un outil d'aide au suivi des chantiers, implanté sur ces postes, restitue de manière conviviale les principaux paramètres utiles et sur la base de seuils prédéfinis, alerte sur telle ou telle dérive. Cette supervision permet ainsi d'alléger la tâche des chargés de travaux. Les données collectées sont utilisables dans quatre situations :

- ✚ la préparation de certains chantiers à fort enjeu de prévention des risques,
- ✚ l'assistance en direct des intervenants sur ces chantiers à fort enjeu de prévention des risques,
- ✚ la surveillance des zones à risques (zones rouges ou orange, zones d'opération lors de contrôles gammagraphiques, périmètres de levage, zones de travail en ambiance chaude...),
- ✚ l'analyse des données a posteriori pour une exploitation du REX ou à visée de formation.

Le déploiement des PSPR sur l'ensemble des sites est programmé entre 2016 et 2018.

En attendant de disposer de ce système complet, qui permettra aussi un suivi centralisé des évolutions de l'activité volumique de l'air en bâtiment réacteur et garantira une meilleure réactivité en cas d'évolution anormale de celle-ci, les balises mobiles sont mises en réseau avec report de l'évolution de la mesure à distance sur écran. L'intérêt de la télétransmission des balises de surveillance est de pouvoir, de manière précoce, détecter une montée d'activité, rechercher les causes et les traiter, cela avant d'atteindre des seuils qui conduisent à faire évacuer les intervenants.

En outre, ce système permet de réduire le nombre d'alarmes dites «intempestives» qui peuvent avoir pour effet de jeter un discrédit sur la réalité des alarmes mais créent aussi des perturbations notables dans le déroulement des arrêts de tranche.

La télétransmission permet également de diminuer de manière significative les doses individuelles et collectives reçues par les personnels de radioprotection, en supprimant des rondes de relevés manuels des valeurs mesurées par les balises ou des actions de prélèvements d'air après évacuations BR (celles-ci étant moins nombreuses).

TENUE DE CIRCULATION



DÉSHABILLAGE : SURTENUE NON TISSÉE



- 1 Ouvrir la fermeture éclair complètement en tirant le haut de la surtenue vers l'avant
- 2 Rentrer les mains à l'intérieur de la surtenue - Extraire les épaules de la surtenue sans toucher la surface externe
- 3 Enlever la surtenue en l'enroulant sur elle-même (par l'intérieur) sans toucher la surface externe

DÉSHABILLAGE : GANTS ÉTANCHES



- 1 Retourner un gant sur la paume en laissant les doigts engagés
- 2 Retirer le deuxième gant complètement et le jeter dans le sac de déchets concerné
- 3 Laisser tomber le premier gant dans le sac de déchets concerné

6.2 MOYENS DE PROTECTIONS INDIVIDUELLES

6.2.1 Tenue de circulation

La **tenue de circulation** en radioprotection à EDF sur les sites non EVEREST* est composée de :

- ↳ chaussettes, tee-shirt, combinaison blanche, chaussures blanches de sécurité, calot, gants coton, casque de sécurité IRIS 2 ou casque et lunettes de sécurité.

Elle est réservée à la circulation et aux travaux en zone contrôlée lorsque le risque de contamination peut être exclu.

La tenue de circulation est la ligne de défense ultime contre la contamination corporelle. Pour qu'elle joue correctement ce rôle, toute disposition doit être prise pour éviter de la contaminer.

Le port de suréquipements est exigé pour toute intervention comportant un risque de contamination radioactive atmosphérique ou humide avérée. De manière générale, la durée de port de ces suréquipements doit être définie avec l'appui du médecin du travail.

6.2.2 Surtenue non tissée

La **surtenue non tissée** « blanche » est un équipement de protection individuelle (EPI) à usage unique. Elle se porte sur la tenue de circulation en zone contrôlée. En aucun cas, cette surtenue ne se porte à même la peau.

Elle protège le corps contre la contamination particulaire non fixée et les petites éclaboussures.

La surtenue n'assure toutefois pas de protection suffisante contre tous les produits chimiques dangereux (gazeux ou liquides), contre les effets d'une flamme ou de la chaleur, ou contre les projections de métal en fusion. Selon le risque, d'autres équipements mieux adaptés, peuvent être proposés par le Service Prévention des Risques.



Une protection efficace contre la contamination passe par un déshabillage adapté. Il est impératif de bien respecter les règles de déshabillage.

*EVEREST = Evoluer VERs une Entrée Sans Tenue universelle (cf tenue de circulation)

EPI À VENTILATION NATURELLE



Demi-masque à cartouche



Masque à cartouche



photo©EDF Gérard Cordier

Démonstration sur chantier-école du test d'un heaume ventilé avant usage

6.2.3 Gants

En zone contrôlée, l'intervenant doit porter en permanence au moins une paire de gants en coton. Il existe autant de types de gants que de risques. Leur choix dépend principalement des risques inhérents à chaque intervention.

Par exemple, pour se protéger efficacement de la contamination, il est nécessaire de porter une ou plusieurs paires de gants étanches fins, de type « chirurgien » et / ou épais de type « ménagère ».

6.2.4 EPI filtrants

Les masques filtrants, demi-masques filtrants et masques à adduction d'air filtré procurent une protection efficace (facteur de protection INRS de 100 à 500). L'air est aspiré de l'extérieur par un ventilateur ou par l'utilisateur, et est filtré à son entrée dans le dispositif.

Ces équipements protègent les intervenants de différentes sortes de produits nocifs, en particulier les aérosols radioactifs, les iodes, d'autres produits chimiques, en fonction du filtre utilisé. Ils ne sont pas efficaces contre les risques d'anoxie par l'azote (N₂) ou d'asphyxie par le dioxyde de carbone (CO₂) ou d'autres gaz.

Il n'est pas autorisé d'utiliser ces appareils dans des atmosphères directement dangereuses pour la vie de l'intervenant (atmosphère non respirable, explosive, avec un risque de vapeur...) : l'utilisateur doit en effet pouvoir retirer à tout moment son équipement de protection en cas de défaillance pour évacuer la zone de travail.

D'autres appareils respiratoires peuvent être plus appropriés en fonction du niveau de contamination.

Dans tous les cas, une analyse de risques est à réaliser préalablement pour définir les protections collectives et individuelles adaptées aux risques et aux conditions de travail.

Ces appareils peuvent être nettoyés et réutilisés ou encore jetables, ceci est à prévoir dans l'analyse de risques.

Il revient à l'utilisateur de vérifier en dernier lieu la validité de l'analyse de risques, la validité des appareils et des filtres, et leur compatibilité avec le risque présent.

La protection effective contre la contamination et l'utilisation en toute sécurité de ce matériel supposent de respecter les règles d'habillage et d'installation et de prendre certaines précautions au déshabillage.



RBE 11

Production
Air respirable ou réseau

Flexible
diamètre 19mm



Enrouleurs

RBE 11



UFS ou BFS

AQR 8



Flexible diamètre 10mm
Longueur 10m maximum

Flexible diamètre 13mm
Longueur 70m maximum



Tenue Étanche
Ventilée



Heaume
Ventilé

toutes les photos © EDF Michel Bouhamri

6.2.5 Heaume ventilé (HV) et tenue étanche ventilée (TEV)

Le **heaume ventilé (HV)** et la **tenue étanche ventilée (TEV)** procurent une protection des voies respiratoires parmi les plus efficaces contre les aérosols et les projections liquides limitées. Le confinement est obtenu par la mise en surpression de l'équipement alimenté en air, et grâce à l'enveloppe imperméable de cet équipement.

La tenue étanche ventilée remplit une fonction supplémentaire, la thermorégulation du corps de l'intervenant, soumis à des charges métaboliques parfois élevées.

En revanche, il est interdit d'utiliser ces équipements pour se protéger contre des produits chimiques dangereux (gazeux ou liquides) et dans des atmosphères directement dangereuses pour la vie de l'intervenant (atmosphère non respirable, explosive, avec un risque de vapeur...) : l'utilisateur doit en effet pouvoir retirer à tout moment son équipement de protection individuelle (EPI) en cas de manque d'air ou de défaillance de l'équipement pour évacuer la zone de travail.

D'autres EPI, tels que l'appareil respiratoire isolant (ARI) sont plus appropriés dans certaines situations d'intervention.

Dans tous les cas, une analyse de risques est à réaliser préalablement pour définir les protections collectives et individuelles adaptées aux risques et aux conditions de travail. Le heaume ventilé et la TEV sont à usage unique. Ils sont reliés au réseau d'air de travail (SAT) via une unité de filtration sécurisée (UFS) et des flexibles.

La protection effective contre la contamination et l'utilisation en toute sécurité de ce matériel supposent de respecter les règles d'habillage et d'installation et de prendre certaines précautions au déshabillage. Ces règles sont résumées dans les pages qui suivent.

HEAUME : HABILLAGE



- Tester le heaume sous air
- Inscrire et viser le résultat du test sur l'étiquette du heaume



- Mettre le heaume sur la tête
- Raccorder le flexible en air via le passant sur la ceinture



- Bien positionner le heaume
- Ajuster la ceinture
- Ajuster le débit interne

HEAUME : DÉSHABILLAGE

toutes les photos © EDF Michel Bouhamiri



- Déconnecter le flexible
- Sortir le flexible du passant
- Retirer la ceinture



- Retirer le heaume avec précaution en se penchant vers l'avant



- Changer de gants
- Retirer la cagoule avec précaution

UFS ou BFS

L'Unité de Filtration Secourue (UFS) est placée entre le réseau d'air comprimé et l'EPI. La pression de sortie délivrée vers les EPI est calibrée à environ 6 bars.



L'UFS est dotée de deux bouteilles d'air de secours (6 litres à 200 bars) sur lesquelles l'alimentation bascule automatiquement en cas de chute de la pression d'air comprimé du réseau d'air raccordé en amont. Sirène et flash lumineux signalent ce basculement sur les bouteilles de secours et indiquent à l'opérateur, l'obligation de quitter le chantier.

L'opérateur dispose alors d'une autonomie de quelques minutes pour rejoindre la zone de déshabillage. Cette autonomie est affichée sur les UFS, et doit faire l'objet d'un échange entre l'installateur et l'intervenant devant s'équiper de l'EPI.

Dans certains cas, pour des chantiers exigus, des bornes de filtration secourues (BFS) peuvent être utilisées. Elles fonctionnent comme les UFS, mais ne sont équipées que d'une seule bouteille de secours.



L'installateur de l'UFS (logisticien) est responsable de la ligne d'air respirable, mise à disposition des intervenants. A ce titre, il verrouille la trappe supérieure de l'UFS, et conserve la clé. Il sera donc sollicité, en cas d'incident sur la borne.

Ces logisticiens doivent être formés à la mise en service et à l'utilisation des UFS (remise en service après incident, diagnostic,...).

TENUE ÉTANCHE VENTILÉE (TEV)



TEV : Habillage

- Tester la TEV sous air
- Inscire et viser le résultat du test sur l'étiquette de la TEV
- Enfiler le bas de la TEV par la fermeture dorsale
- Raccorder le flexible en air via le passant et finir l'habillage
- Fermer les 2 fermetures à glissière à l'arrière de la TEV
- Attacher les lacets des surbottes autour des chevilles
- Ajuster le débit interne



TEV : Déshabillage

- Faire pulvériser un fixateur (par le déshabilleur) sur la partie supérieure de la TEV.
- Arracher la bande déchirable située sur la partie supérieure de la tenue (d'un poignet à l'autre en passant par le dessus du heaume).
- Sortir les bras de la TEV.
- Enrouler sur elles-mêmes les parties AV et AR de la TEV jusqu'à la taille, de façon à emprisonner la contamination.
- Faire déconnecter le flexible par le déshabilleur.
- Sortir le flexible du passant.
- Le déshabilleur termine le retrait de la TEV.
- Changer de gants.
- Retirer la cagoule avec précaution.



TEV : geste d'urgence

En cas de constat de dysfonctionnement de l'alimentation d'air de l'EPI (baisse du niveau sonore, sous-gonflage, ou sur ordre du surveillant de sécurité).

Après s'être éloigné de son poste de travail (quelques mètres) :

- Déchirer la bande au niveau des voies respiratoires pour créer une entrée d'air.
- Arracher la bande déchirable au départ du poignet gauche, puis l'autre extrémité (poignet droit) jusqu'à la base du cou.
- Rejoindre sans tarder la zone de déshabillage.

Ce qui est essentiel pour une utilisation en sécurité.

AVANT L'UTILISATION

- Être formé et entraîné par l'employeur au port de l'équipement.
- Respecter les règles d'installation de la ligne d'alimentation en air et les règles d'habillage décrites dans la consigne d'utilisation en vigueur sur le CNPE.
- Vérifier systématiquement le bon fonctionnement du matériel juste avant utilisation conformément aux règles décrites dans la consigne d'utilisation en vigueur sur le site.
- Pour la **tenue étanche ventilée (TEV)**, se faire aider par un assistant à l'habillage.
- Il est recommandé de porter une cagoule sous l'équipement pour protéger la tête et les cheveux lors du déshabillage.
- Prévoir une surveillance visuelle permanente pour tous les utilisateurs de **heumes ventilés**, ainsi que pour les utilisateurs de TEV en fond de piscine et sur les chantiers à accès ou repli difficile.

PENDANT L'INTERVENTION

- Respecter les règles décrites dans la consigne d'utilisation en vigueur sur le CNPE.
- Veiller à détecter tout signe de dysfonctionnement (alarme sonore et/ou visuelle de l'UFS ou BFS, basculement de l'indicateur de bas débit dans le HV ou la TEV).

LORS DU DÉSHABILLAGE

- Respecter les règles de déshabillage décrites dans la consigne d'utilisation en vigueur sur le CNPE.

L'application d'un fixateur par pulvérisation est obligatoire avant retrait de la bande de déshabillage. Cette pulvérisation, effectuée par le déshabilleur, permet de fixer la contamination surfacique pour éviter la contamination volumique.

- En cas de port de la TEV, le déshabillage est **partiellement** réalisé par un assistant.



Pour limiter les risques de contamination au déshabillage, faire pulvériser un fixateur par le déshabilleur sur la partie supérieure de la TEV



toutes les photos © EDF Michel Bouhamri

CONDUITE À TENIR EN CAS D'URGENCE

Il est interdit de porter un Heaume Ventilé (HV) sans alimentation d'air ou de le débrancher en cours d'utilisation.

Contrairement aux idées reçues, la tenue étanche ventilée (TEV) ne possède pas non plus une autonomie importante. Son autonomie intrinsèque n'est généralement pas suffisante pour évacuer un chantier.

Il est interdit de porter une TEV sans alimentation d'air, seules les opérations de déconnexion et reconnexion immédiates (30 secondes maxi) sont autorisées (exemple : cheminement au travers d'une échelle à crinoline, jumps dans les boîtes à eau GV).



La prévention du risque d'asphyxie ou d'anoxie est prioritaire par rapport au risque de contamination externe ou interne, en cas d'incident.

NOTA : Le risque de contamination est improbable, car l'ouverture de la tenue s'effectue à quelques mètres du poste de travail identifié à risque de contamination volumique, alors que le risque d'anoxie est lui bien réel, du fait de la dégradation du débit d'air respirable admis dans l'EPI.

CONDITIONS D'ÉVACUATION

1. Dysfonctionnement de la ligne d'air en AMONT de l'UFS/BFS

En cas d'alarme, visuelle ou sonore, issue de l'Unité de Filtration Sécurisée (UFS) ou de la Borne de Filtration Sécurisée (BFS), évacuer sans délai la zone à risque, mais sans précipitation.

Du fait de la présence à minima d'une bouteille d'air de secours (BFS), il est possible de conserver à l'équipement pendant l'évacuation, celui-ci continue d'être alimenté. Cette autonomie dépendra du nombre d'utilisateurs connectés sur la même UFS ou BFS.

L'intervenant doit absolument prendre connaissance de cette autonomie, avant le début de son intervention (affichée sur l'UFS). Cette autonomie doit être en adéquation avec le temps nécessaire au repli de chantier et à l'évacuation jusqu'à la zone de déshabillage.

Ce contrôle est un élément incontournable de l'analyse de risques de l'intervention.

L'intervenant connaîtra donc le temps nécessaire au repli de son chantier, pour le comparer à l'autonomie de l'UFS. Si cette autonomie est insuffisante, le chef de travaux demandera aux logisticiens d'augmenter l'autonomie de l'UFS, soit en diminuant le nombre d'utilisateurs, soit en ajoutant des bouteilles d'air respirable aux 2 déjà présentes (+ 2 bouteilles de 6 l à 300 bars apporte une autonomie doublée sur une UFS).



photos © Techniman industrie

2 stagiaires s'entraînant au port du heaume sur chantier-école

2. Dysfonctionnement de la ligne d'air en AVAL de l'UFS/BFS

Dans ce cas l'intervenant a une autonomie très limitée s'il porte une TEV, et nulle s'il porte un HV, ce qui est dangereux. Par conséquent, dès que les TEV et les HV seront équipées d'indicateurs de sous-débit, l'évacuation du poste de travail et l'ouverture de secours seront réalisées dès apparition de couleur rouge dans l'indicateur de bas débit.



MATISEC OU HONEYWELL



OUVERTURE DE SECOURS

Après s'être éloigné de son poste de travail (quelques mètres) :

- Déchirer la bande au niveau des voies respiratoires pour créer une entrée d'air,
- Arracher la bande déchirable au départ du poignet gauche, puis l'autre extrémité (poignet droit) jusqu'à la base du cou,
- Rejoindre sans tarder, mais sans précipitation, la zone de déshabillage,
- Procéder ensuite au retrait de la tenue conformément aux pratiques de déshabillage, puis appeler le Service Compétent en Radioprotection pour un contrôle de non-contamination.

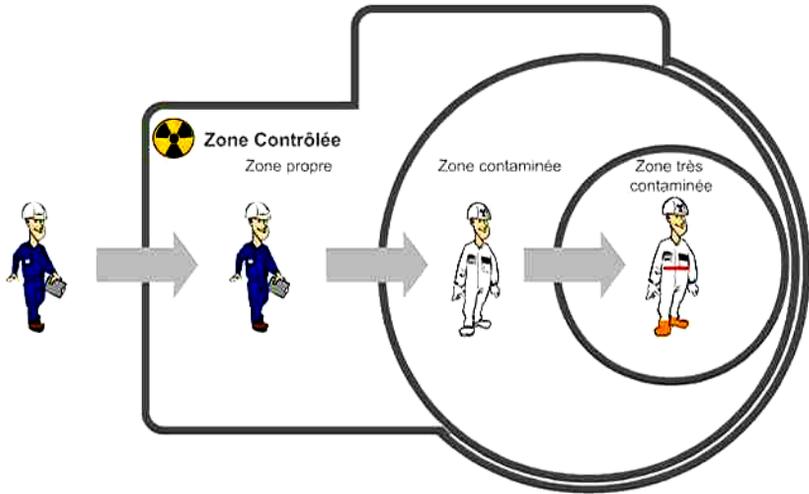
6.3 CONDITIONS D'ACCÈS EN ZONE EN MODE EVEREST

EVEREST, *Evoluer VERs une Entrée Sans Tenue de circulation*, consiste à accéder dans des zones propres (contamination non fixée $<0,4 \text{ Bq/cm}^2$) en bleu de travail puis à revêtir des tenues adaptées dans les zones contaminées. EVEREST s'inscrit comme un aboutissement de la démarche de reconquête de la propreté radiologique portée par la DI 104 relative au zonage propreté et déchets.

Les **grands principes du mode EVEREST** sont les suivants :

- Un accès en bleu de travail (éventuellement allégé) dans les zones propres,
- Le port d'une protection blanche adaptée pour les zones contaminées,
- L'absence de croisement de personnes en bleu et de personnes en blanc,
- Des règles strictes de déshabillage et de contrôle des hommes et du matériel en sortie des zones contaminées,
- Un contrôle performant des hommes et du matériel en sortie de zones contrôlées.

CONDITIONS D'ACCÈS EN ZONE EN MODE EVEREST



photos © ASCA Jean-Charles Besegher



Le niveau de risque de contamination des locaux est déterminé par trois types de zones :

Zone EVEREST	Niveau de contamination
Zone propre	Contamination non fixée inférieure à 0,4 Bq/cm ²
Zone contaminée	Contamination non fixée entre 0,4 Bq/cm ² et 40 Bq/cm ²
Zone très contaminée	Contamination non fixée supérieure à 40 Bq/cm ²

Le passage d'une zone Everest à une autre zone Everest présentant un niveau de risque différent est matérialisé par une barrière ou un saut de zone :

- ✚ Le passage d'une zone propre à une zone contaminée ou très contaminée est matérialisé par une barrière physique,
- ✚ Les zones contaminées et très contaminées sont séparées a minima par un saut de zone.

Les tenues portées sont les suivantes :

- ✚ En zone propre : bleu de travail, casque, lunettes (ou casque à lunettes intégrées), chaussures de sécurité. Une blouse sur les vêtements civils et des chaussures fermées sont admis pour des personnes n'ayant pas à intervenir ou des visiteurs.
- ✚ En zone contaminée : par-dessus la tenue précédente, tenue Everest (combinaison ou blouse), sur-chaussures ou sur-bottes, gants adaptés.
- ✚ En zone très contaminée, par-dessus la tenue précédente (si l'on vient d'une zone contaminée) ou par-dessus la tenue de zone propre (si l'on vient directement d'une telle zone), sur-tenue Everest et sur-bottes.

Dans un souci évident de confort, superposer bleu de travail, tenue Everest et sur-tenue est déconseillé. En cas de travail dans une zone contaminée avec une ambiance suscitant une sudation importante ou nécessitant une aisance de mouvement, il est possible de revêtir, pour circuler en zone propre, une tenue allégée (dite tenue de chirurgien), à la place d'un bleu classique. Une analyse de risque est à réaliser obligatoirement pour intervenir en zone contaminée avec cette tenue allégée complétée de la tenue Everest et/ou de la sur-tenue Everest. Cette tenue allégée ne disposant pas des caractéristiques de protection d'un bleu de travail est proscrite pour intervenir en zone propre avec des risques conventionnels pour la sécurité de l'intervenant.

Pour respecter le niveau de propreté radiologique des locaux, les outillages dont la contamination non fixée est supérieure à 0.4 Bq/cm² font l'objet d'un marquage, d'une gestion et d'un stockage spécifique.

QUIZ

1 Quel est, à épaisseur égale, l'écran qui atténue le plus le rayonnement gamma :

- a l'eau
- b le plomb
- c le bore

2 Le rôle d'un matelas de plomb est de :

- a créer un écran contre l'irradiation
- b créer un écran contre l'exposition interne
- c éviter le contact avec des pièces contaminées

3 Pour éviter la contamination atmosphérique d'un local lors de l'ouverture d'un circuit le chargé de travaux doit :

- a ne rien faire, il existe des équipes de décontamineurs
- b baliser simplement
- c mettre en place un confinement dynamique pour aspirer la contamination au plus près de l'ouverture

4 Quelle est la tenue de circulation pour accéder dans la zone contrôlée ?

- a vêtements civils + tenue « papier » + gants coton
- b combinaison + tee-shirt + chaussettes + gants coton + chaussures
- c tenue vinyle

5 Pour scier une tuyauterie ayant contenu un liquide contaminé, l'intervenant doit s'équiper :

- a d'une surtenue non tissée blanche
- b d'une combinaison tissu
- c d'une tenue étanche ventilée ou bien d'une tenue vinyle et d'un heaume ventilé

6 Lors d'une activité à risque de contamination tout intervenant doit :

- a porter des gants étanches sur les gants coton
- b rester en gants coton
- c remplacer ses gants coton par des gants étanches

7 Quand un intervenant doit-il porter une tenue étanche ventilée ?

- a pour se protéger contre des produits chimiques
- b en cas de risque de contamination atmosphérique
- c en cas d'atmosphère sous-oxygénée

8 Dans un local à risque « contamination atmosphérique », en cas de problème d'alimentation en air dans le heaume ventilé, l'intervenant doit :

- a déchirer la languette sur l'écran facial et évacuer car le risque d'asphyxie prime sur la contamination
- b enlever son heaume, finir son travail puis évacuer
- c conserver le heaume en se mettant en apnée car c'est l'exposition interne qui présente le plus grand risque

9 En cas de basculement de l'indicateur de bas débit dans le HV ou la TEV, l'intervenant doit :

- a se mettre en apnée et évacuer en gardant son HV ou sa TEV
- b ne pas évacuer si l'alarme de l'UFS ou de la BFS ne s'est pas déclenchée
- c déchirer la languette sur l'écran facial et en plus la bande déchirable pour une TEV, puis évacuer le chantier

10 Quelle surtenue permet de se protéger face au risque d'irradiation :

- a une tenue ventilée
- b aucune, il s'agit du risque d'irradiation
- c une surtenue non tissée blanche

Réponses : 1b 2a 3c 4b 5c 6a 7b 8a 9c 10b



CHAPITRE 7

MANAGEMENT DE LA RADIOPROTECTION

7.1 Structures de décision et de pilotage de la radioprotection | 183

- 7.1.1 Ligne managériale
- 7.1.2 Présidence et Direction Générale
- 7.1.3 Les instances

7.2 Objectifs et ambitions d'EDF dans le domaine de la radioprotection | 191

- 7.2.1 Amener la radioprotection au même niveau que la sûreté
- 7.2.2 Référentiel de radioprotection en exploitation de la Division Production Nucléaire (DPN)
- 7.2.3 Objectif de réduction des doses individuelles et de maîtrise des doses collectives
- 7.2.4 Propreté radiologique des installations et des transports classe 7
- 7.2.5 Garantir la conformité des transports classe 7
- 7.2.6 Maîtriser les risques d'exposition incidentelle

Illustration de la prise en compte de la radioprotection à chaque étape d'une activité

ENGAGEMENT DE L'ACTIVITÉ

Les activités courantes d'exploitation et de maintenance sont considérées comme inhérentes à l'exploitation d'un réacteur et donc justifiées intrinsèquement.

Les activités exceptionnelles, dès lors qu'elles font l'objet d'une analyse stratégique avant engagement, doivent aussi être analysées sous l'angle de la radioprotection, surtout si elles concernent un ensemble de réacteurs. Le métier instructeur conduit l'analyse, avec l'appui du SCR* s'il s'agit d'une décision locale ou avec l'appui d'un groupe d'appui radioprotection national (DPN) ou de centre (DIN) s'il s'agit d'une décision nationale d'engagement, conduit l'analyse. La direction nationale ou locale concernée peut valider des options de radioprotection a priori ou définir des objectifs de dose particuliers, ou s'il y a prestation, fixer des dispositions pour la contractualisation (peut inclure des critères de mieux-disance ou des critères sélectifs dans le domaine de la RP).

PRÉPARATION PRÉLIMINAIRE (dans l'hypothèse d'une activité prestée)

Elle comprend une partie analyse/évaluation des risques et une partie optimisation préliminaires, à la charge d'EDF. Elle est réalisée sur la base des dispositions du thème optimisation du Référentiel Radioprotection et selon la répartition des rôles indiquée dans ce thème. Elle permet au métier EDF donneur d'ordre de notifier le cas échéant des dispositions particulières de radioprotection à intégrer dans les pièces techniques des marchés.

CONTRACTUALISATION (dans l'hypothèse d'une activité prestée)

Le binôme technicien-acheteur EDF, à ce stade, peut inclure des critères de mieux-disance RP dans les appels d'offre. Des systèmes de bonus-malus ou des pénalités sur des critères RP peuvent ainsi être retenus dans des conditions similaires. Pour des considérations éthiques, la direction de la DPN désapprouve les sanctions financières liées à des expositions non maîtrisées ou des contaminations de personnes.

PLANIFICATION

Il appartient au responsable métier EDF de faire planifier l'opération en lien avec les projets tranche en marche ou tranche en arrêt. Cette planification doit tenir compte des états du réacteur (tel que la ligne d'eau en arrêt) et de la nature et du niveau des risques qui en résulte. Le SCR peut apporter son appui, ainsi que l'Entreprise Extérieure si l'activité est prestée (PCR et métier).

*SCR: Service Compétent en Radioprotection (sur les CNPE, le SPR est SCR)

PRÉPARATION

Dans l'hypothèse d'une activité prestée en cas 1 au sens de la note UTO/ 85114, il appartient à l'Entreprise Extérieure de mener l'analyse d'optimisation complète et la préparation de l'intervention au sens de la radioprotection puis de la valider selon ses processus internes propres. EDF (métier et SCR) doit apporter son concours de manière graduée selon l'enjeu. L'analyse doit être validée ensuite par le service donneur d'ordre d'EDF (interventions de niveau 0 et 1), par le SCR (niveau 2) et la Direction du site après passage dans une instance RP (niveau 3). Dans l'hypothèse d'une activité prestée en cas 2 ou non prestée, EDF porte les analyses décrites dans le paragraphe ci-dessus. Pour les activités prestées en cas 2, l'Entreprise Extérieure (métier et PCR) fournit alors les éléments de sa responsabilité qui peuvent contribuer aux analyses et la valide, selon un processus interne propre, distinct du processus EDF.

LANCEMENT DE L'ACTIVITÉ

Pour une activité prestée, l'établissement du plan de prévention (et l'inspection préalable qui précède), les réunions d'enclenchement ou de préalable doivent être l'occasion d'un contact entre métiers (EDF ou Entreprise Extérieure) et si possible PCR (interne et externe) pour un recalage éventuel de l'analyse de risques et d'optimisation incluant les parades ou mesures de protection, le partage des consignes et des obligations respectives vis-à-vis des mesures de prévention prédéfinies. Les RTR doivent être validés au plus tard à ce stade. Les modalités du suivi des doses opérationnelles sont aussi définies à ce stade et notamment ce qui revient au donneur d'ordre EDF ou à l'Entreprise. Il est aussi défini, de part et d'autre, ce qui relève du métier ou de la filière radioprotection (SCR ou PCR). Pour une activité réalisée en interne, le métier et le SCR prennent tous contacts utiles à des fins d'objectifs similaires.

RÉALISATION ET SUIVI DES TRAVAUX

Le chargé de travaux est le garant sur le chantier de l'application des dispositions prédéfinies en phase de préparation, notamment celles portées par le RTR. Il lui incombe d'informer les intervenants sous sa responsabilité des risques et parades, des objectifs de radioprotection (dont les objectifs de dose). Il doit pouvoir compter sur l'appui de la filière radioprotection (PCR pour une entreprise extérieure ou SCR pour EDF). Sur critères prédéfinis, il doit alerter le SCR EDF et/ou solliciter son assistance, notamment quand les conditions radiologiques sont différentes des hypothèses de l'analyse de risques.

Le suivi des doses opérationnelles doit être réalisé selon les dispositions définies en amont. Le traitement des écarts est à la charge du métier (EDF ou Entreprise Extérieure si presté) avec l'appui SCR (interne EDF) ou PCR de l'Entreprise (cas d'une activité prestée).

REX

Les rapports de fin d'intervention ou les comptes-rendus doivent comporter des éléments de REX radioprotection à charge du métier avec l'appui de la filière radioprotection (SCR et/ou PCR d'Entreprise selon les cas).



photos © Techman industrie

INTRODUCTION À LA POLITIQUE DE PRÉVENTION DES RISQUES À LA DPN

L'ambition de la DPN est de garantir la santé et la sécurité (dont la protection contre les effets des rayonnements ionisants) des intervenants EDF et d'entreprises prestataires de service par un management qui assure la maîtrise des risques professionnels et en développant sur les CNPE une culture de prévention. Pour y parvenir, il est nécessaire de maîtriser les risques professionnels, à chaque étape des activités, en traitant les risques sécurité-radioprotection dès les phases de conception et de préparation des activités et en s'appuyant sur le retour d'expérience disponible. C'est ainsi que les risques majeurs (activité de contrôle radiographique, entrée en zone rouge, activité d'enjeu radiologique de niveau 3) sont identifiés et font l'objet d'organisations spécifiques précisant les responsabilités des différents acteurs. En effet, la radioprotection est une composante essentielle de la qualité d'exploitation.

La radioprotection n'est pas à la seule charge des spécialistes en prévention des risques. Au sein des installations de la DPN, chaque intervenant est formé et dispose de consignes qui lui permettent de prendre soin de sa sécurité et d'éviter de faire courir des risques aux autres. A tout moment, chaque intervenant doit adopter une attitude interrogative, agir avec prudence et faire preuve de transparence vis-à-vis des risques ou des écarts qu'il identifie. Ce comportement individuel et la volonté commune d'EDF et des Entreprises Extérieures d'écoute permettent une amélioration continue des conditions de travail, de la sécurité et de la radioprotection. Les managers EDF et d'Entreprises assurent un rôle d'animation de la prévention des risques au sein de leurs équipes. Ils doivent être eux-mêmes exemplaires, intervenir en cas d'écarts, promouvoir la prévention des risques, encourager les propositions d'améliorations par les salariés.

L'implication de tous dans le domaine de la radioprotection passe par le développement d'une culture de radioprotection commune.

Une culture pérenne de prévention doit, pour tenir compte des renouvellements des compétences, s'appuyer sur une formation initiale et continue de qualité et adaptée aux différents métiers. C'est tout l'objectif de la refonte des formations réalisée à la charnière des années 2010 via les académies métiers SPR, les formations STARS et les formations générales (Savoir Commun niveau 1 ou 2, RP1 ou 2), qu'il est indispensable de suivre avant de pouvoir intervenir sur les CNPE.

S'agissant d'un parc de centrales nucléaires standardisées, il est apparu nécessaire au début des années 2000, d'élaborer un référentiel clair et complet qui permette à chaque chef d'établissement d'EDF et à l'ensemble du personnel de connaître et d'exercer pleinement ses obligations en radioprotection.

Les performances et le progrès continu sont portés par le processus « Prévention des Risques » qui regroupe sécurité conventionnelle et radioprotection dans le Système de Management Intégré de la DPN. La partie radioprotection est découpée en 4 processus : Doses, Propreté Radiologique, Situations à risques et Transports classe 7.

STRUCTURES DE DÉCISION ET DE CONTRÔLE DANS LE DOMAINE DE LA RADIOPROTECTION

Niveau de management	Appui en radioprotection	Organisme de contrôle	Instances de débat et de conseil
Présidence		IGSNR Inspection Générale pour la Sûreté Nucléaire et la Radioprotection	CSN Comité de Sûreté Nucléaire CRP Conseil de Radioprotection
Direction Production Ingénierie	- Directeur adjoint de la DPI		Comité de Suivi Nucléaire
Direction de la Division Production Nucléaire	- Directeur délégué Radioprotection Sécurité - Délégué d'État Major Radioprotection - GPRE : Groupe Prévention des Risques et Environnement	IN Inspection Nucléaire	CPRR Comité de Prévention des Risques en Radioprotection comprenant la Revue Radioprotection de la DPN
Direction de la Division Ingénierie Nucléaire	- Directeur Ingénierie du Parc en Exploitation et Déconstruction - Directeur Délégué Qualité Sûreté Nucléaire Radioprotection - SEPTEN*		Revue Radioprotection de la DIN Comité Radioprotection de la DIN
Direction des Centres Nucléaires de Production d'Électricité (CNPE) **	- Cadre de direction en charge de la RP - SCR : Service Compétent en Radioprotection	SSQ Service Sûreté Qualité SCR Service Compétent en Radioprotection	Instance de consultation, de débat et de conseil compétente en RP

* SEPTEN : Service d'Études Projets Thermiques et Nucléaires.

** L'organisation des CNPE pour la radioprotection est détaillée au chapitre 8.

7.1 STRUCTURES DE DÉCISION ET DE PILOTAGE DE LA RADIOPROTECTION

7.1.1 LIGNE MANAGÉRIALE

La responsabilité d'exploitant nucléaire englobant la sûreté et la radioprotection se décline de la Présidence d'EDF aux chefs d'unité exploitant des Installations Nucléaires de Base (INB).

Elle s'articule essentiellement sur **3 niveaux de management** :

Le **Président, avec l'aide du Comité Exécutif (COMEX)** définit la stratégie en matière de Radioprotection et contrôle sa mise en œuvre. Le COMEX s'appuie sur :

- Le **Conseil de Radioprotection (CRP)**,
- Le **Comité de Sûreté Nucléaire (CSN)**,
- L'**Inspection Générale pour la Sûreté Nucléaire et de la Radioprotection (IGSNR)**.

Les **Directions Opérationnelles des Divisions** définissent les politiques de mise en œuvre des orientations stratégiques et en assurent le contrôle.

- Le **Directeur de la Division Production Nucléaire (DPN)**, est le représentant de l'Exploitant Nucléaire EDF SA pour les sites de production nucléaire. Il est responsable de la prise en compte et de l'évolution du référentiel d'exploitation des installations et est chargé de l'animation transverse du domaine et de la cohérence des politiques des différentes divisions concernées par la radioprotection.
- Le **Directeur de la Division Ingénierie Nucléaire (DIN)** reprend la fonction de représentant de l'Exploitant Nucléaire EDF SA dans le cadre d'une INB en déconstruction sur un site isolé ne comportant pas d'INB en production. Il est chargé d'élaborer le référentiel de conception des installations et il est responsable de sa prise en compte et de son évolution. Il est chargé de la mise en œuvre du programme de déconstruction. Il organise l'appui des unités d'études et d'ingénierie de sa Division aux activités de la DPN.

Chacun des Directeurs de la DPN et de la DIN, fixe les mesures propres à mettre en œuvre dans sa division, la politique et les orientations en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection et subdélègue à chacun des Directeurs d'Unités concernés les pouvoirs nécessaires à l'exercice de la responsabilité d'Employeur et d'Exploitant Nucléaire.

MISSIONS DU GROUPE PRÉVENTION DES RISQUES ET ENVIRONNEMENT (GPRE)

Le **Groupe Prévention des Risques et Environnement** (GPRE) de l'Unité Nationale d'Ingénierie en Exploitation (UNIE) couvre 3 domaines : la radioprotection, la sécurité classique et l'environnement. Le groupe est organisé en 3 branches correspondant aux domaines précisés ci-dessus.

La branche Ingénierie Radioprotection s'appuie sur les compétences de plus d'une vingtaine de cadres et d'ingénieurs.

Les principales missions de cette branche sont d'être en appui aux sites et à la Direction de la Division Production Nucléaire (DPN).

Concernant l'appui à la Direction de la DPN :

- Elaboration et mise à jour du référentiel de la radioprotection,
- Suivi de la performance en radioprotection (doses collectives, individuelles, propreté radiologique, ...) et rédaction de bilans,
- Pilotage de projets et d'affaires telles que « la mise en place de dosimètres opérationnels neutron », « la mise en réseau des balises de surveillance de contamination atmosphérique de l'enceinte BR », « le déploiement d'un poste de supervision Prévention des Risques ».

Concernant l'appui aux CNPE :

- Maîtrise d'ouvrage du Système d'information de la Radioprotection (SIRP), dont les applications DOSIAP, MANON, CARTORAD, PREVAIR et le portail PRISMe, ou le SDIN quand celui-ci aura pris le relais,
- Animation technique du métier Radioprotection, au travers de réunions de maillage ou de réunions de partage d'expérience, et aussi l'accompagnement du référentiel radioprotection et de ses évolutions,



Siège EDF Division Production ingénierie à Saint-Denis

- Appuis spécifiques en cas d'aléas ou de situations sensibles (arrêt de tranche avec risque Alpha, événements d'exposition extrémités ou peau, blocage de sources lors des contrôles radiographiques, ou besoin de gains de performances),
- Elaboration des marchés de matériel radioprotection (radiamètres, contaminamètres, balises de surveillance, portiques de contrôle...)

L'Équipe de direction de la DPN est constituée de

- ↳ Deux **Directeurs Adjoins** qui appuient le Directeur sur la stratégie et le pilotage. L'un d'eux coordonne les processus opérationnels et est commanditaire des grands projets techniques associés. Il préside notamment le Comité Prévention des Risques en Radioprotection, instance d'appui opérationnel pour la radioprotection.
- ↳ Deux **Directeurs des opérations** qui développent en complément de la Direction une vision intégrée du niveau national (processus, projets, interactions, objectifs et moyens). Ils challengent et suivent les Directions d'unité dans leurs performances d'exploitation.
- ↳ un **Directeur délégué Radioprotection Sécurité** qui est responsable de l'efficacité du processus Prévention des Risques composé de la radioprotection et de la sécurité industrielle des intervenants EDF et des entreprises sous-traitantes. Il rend compte des performances de la DPN dans les domaines RP et Sécurité auprès du Directeur. Avec l'aide du Délégué d'état-Major Radioprotection, il pilote la dynamique d'amélioration continue, supervise auprès des unités la déclinaison des objectifs nationaux et les actions à mettre en œuvre, assure le suivi des résultats, identifie les risques et appuie les directeurs d'unité sur son domaine. Il est responsable de l'évaluation des performances de chaque unité et propose au Directeur les orientations pour les améliorer.

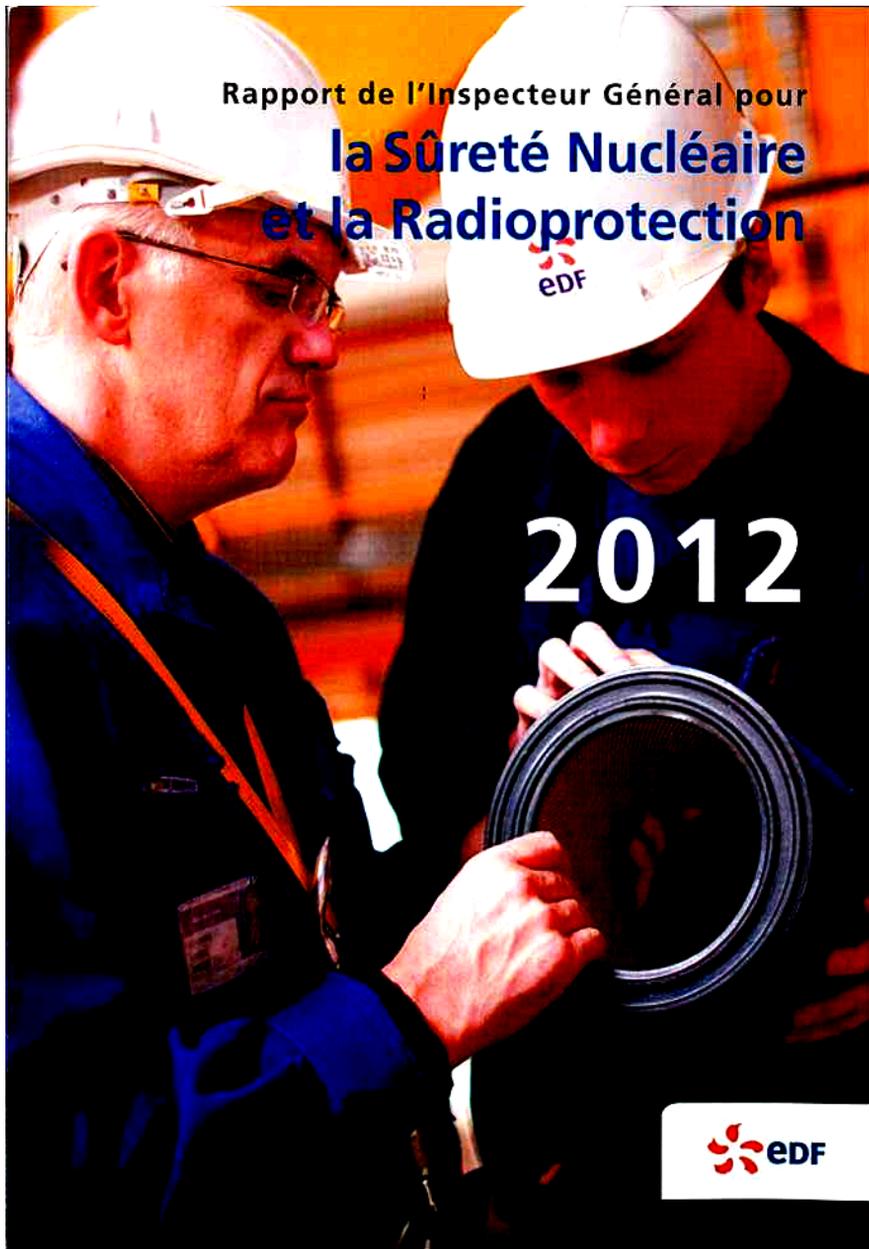
L'**Inspection Nucléaire (IN)** pour le compte du Directeur de la DPN, réalise le contrôle d'une part de la mise en œuvre de la politique et des orientations décidées par la Direction de la Division et d'autre part de l'application du référentiel radioprotection. Elle en évalue les résultats sur l'amélioration des performances et elle publie chaque année un rapport Sûreté et Radioprotection.

Sur les CNPE, les Directeurs d'unité mettent en œuvre les politiques de radioprotection fixées par la Direction de la DPN, avec l'appui d'un cadre de Direction en charge de la radioprotection et d'un Comité adhoc, du Service Prévention des Risques (qui assure le rôle de Service Compétent en Radioprotection) et du Service Sûreté Qualité pour les actions de vérification du domaine (homologue sur site de l'IN). En complément, le **Groupe Prévention des Risques et Environnement (GPRE)** au sein de l'UNIE est en appui de la Direction de la DPN et des CNPE dans le cadre d'une démarche globale d'amélioration des performances en Radioprotection. Ses missions sont décrites ci-contre.

Au sein des unités nationales de la DPN (UTO) ou nationales/régionales de la DIN (Septen et Centres d'Ingénierie) des groupes d'appui apportent une expertise en radioprotection.

Rapport de l'Inspecteur Général pour
**la Sûreté Nucléaire
et la Radioprotection**

2012



Direction de la Division Ingénierie Nucléaire (DIN)

Le **Directeur Ingénierie du Parc en Exploitation et Déconstruction** pilote au plan stratégique l'ensemble de la doctrine et les référentiels radioprotection spécifiques aux activités de la DIN. Il co-préside la Revue Sécurité de la Division avec le Directeur Nouveau Nucléaire et le Directeur Ingénierie Industriel et Technique.

Le **Directeur Délégué Qualité Sûreté Nucléaire Radioprotection** pilote le processus d'évaluation permanent de la radioprotection de la division. Il sélectionne et fait analyser les événements marquants relatifs à la radioprotection. Il propose le programme de contrôle en radioprotection de la Division et évalue périodiquement la prise en compte de la radioprotection dans les unités de la DIN.

La **Revue Radioprotection de la DIN**, instance de décision du domaine radioprotection au sein de la DIN, se réunit annuellement sous la présidence des Directeurs de la DIN. Elle s'assure de la mise en œuvre de la politique et des plans d'actions associés du domaine radioprotection. Elle traite toutes les questions importantes de radioprotection nécessitant cohérence et arbitrage de niveau Division.

Le **Comité Radioprotection de la DIN**, instance de coordination et d'amélioration du domaine radioprotection au sein de la DIN, se réunit périodiquement sous la présidence du Directeur Délégué QSNR. Il s'assure de la mise en œuvre des décisions prises en revue radioprotection et traite les sujets techniques ayant un impact sur plusieurs Unités de la DIN ou nécessitant une coordination entre les Unités.

7.1.2 PRÉSIDENTE ET DIRECTION GÉNÉRALE

L'Inspecteur Général pour la Sûreté Nucléaire et la Radioprotection (IGSNR) est directement rattaché à la Présidence et à la Direction Générale d'EDF.

Il est le garant d'une bonne prise en compte des préoccupations de sûreté et de radioprotection à EDF. Pour cela avec son équipe :

- il suit les études à moyen et long termes en sûreté et radioprotection,
- il vérifie que tous les services opérationnels adoptent une doctrine d'ensemble cohérente,
- il vérifie que celle-ci ne présente pas de lacune et qu'elle est bien comprise par tous, grâce aux audits qu'il réalise et à l'aide de bilans qu'il suscite afin de prendre du recul et d'enrichir la doctrine,
- il fait partager l'expérience acquise en France comme à l'étranger.

EDF ne dispose pas d'équipes de recherche spécialisées en radiobiologie, radiopathologie, radiotoxicologie et épidémiologie d'où une volonté de soutien financier, depuis 1977, à des équipes de recherche dont la compétence est largement reconnue. L'objectif est la compréhension des mécanismes d'action des RI pour en améliorer la maîtrise et prise en charge et garantir la qualité de la veille scientifique. Le Directeur délégué Radioprotection Sécurité assure le suivi de ces soutiens et rapporte au Conseil de radioprotection. Il a en appui **deux conseillers médicaux, et un conseiller en Épidémiologie**.

↳ La **Commission Scientifique (CS)** soutient la recherche dans le domaine de la radiobiologie et de la radioprotection. Elle est co-présidée par une personnalité médicale et universitaire extérieure à EDF (Co-Président du CRP) et le Directeur Délégué de la Radioprotection Sécurité. Elle est composée d'experts scientifiques et médicaux extérieurs à l'Entreprise, du Conseiller Scientifique du Président d'EDF et de représentants d'EDF.

Elle se réunit une fois par an.

↳ La **Commission d'Épidémiologie (CE)** soutient la recherche dans le domaine de l'épidémiologie des effets des rayonnements ionisants. Elle est présidée par une personnalité médicale et universitaire extérieure à EDF (Co-Président du CRP) et appuyée par le conseiller médical en épidémiologie. Elle est composée d'experts épidémiologistes extérieurs à EDF et de représentants d'EDF.

Elle se réunit une fois par an.

Son secrétaire et conseiller est un médecin spécialisé en épidémiologie.

↳ Le **Comité d'Information des Professions de Santé (CIPS)** est chargé d'informer les professionnels de santé sur les effets médicaux et sanitaires des rayonnements ionisants et sur l'utilisation par EDF de l'énergie nucléaire, pour leur donner les moyens d'être des acteurs pour la diffusion de l'information auprès du public dans le domaine nucléaire et santé, en situations normale et de crise. Il est présidé par le Directeur de la Direction Production Ingénierie et a pour vice-Président une personnalité médicale universitaire extérieure à EDF. Il est composé d'un collège d'experts externes à l'Entreprise (médecins, pharmaciens, vétérinaires...) et d'un collège de membres EDF (représentants des Directions et Services concernés).

Il se réunit 2 fois par an.

Un médecin est chargé du secrétariat et de l'animation de ce comité.

7.1.3 LES INSTANCES

Le **Conseil de Radioprotection** (CRP) élabore et définit la politique générale à appliquer dans l'entreprise en matière de radioprotection. Il est co-présidé par le Directeur adjoint de la Direction Production Ingénierie (DPI) et une personnalité médicale et universitaire extérieure à EDF. Il est composé des membres des Directions et Services concernés par la radioprotection, de l'Inspecteur Général de la Sûreté Nucléaire et Radioprotection. Il se réunit deux fois par an et son secrétariat est assuré par le Conseiller Médical en Radioprotection.

Le CRP s'appuie sur trois instances : la **Commission Scientifique**, la **Commission d'Épidémiologie** et un **Comité d'Information des Professions de Santé**.

Le **Comité de Prévention des Risques en Radioprotection** (CPRR) est chargé de définir la politique, les orientations générales et le référentiel d'exigences de la Division Production Nucléaire avec pour objectif l'amélioration continue des performances de radioprotection. Il est présidé par un Directeur Adjoint de la Division. Il se réunit a minima 4 fois par an.

PRINCIPALES ACTIONS LANCÉES À LA FIN DES ANNÉES 1990 POUR AMENER LA RADIOPROTECTION AU MÊME NIVEAU QUE LA SÛRETÉ

Renforcement de la prise en charge de la responsabilité d'exploitant nucléaire en matière de radioprotection

- Nomination d'un Directeur Délégué Radioprotection à l'État Major de la DPN
- Désignation au sein des équipes de Direction des CNPE, de l'UTO¹, du GDL² et de l'UNIPE³ d'un cadre en charge de la radioprotection
- Création au niveau national, du Comité de Radioprotection du Parc en Exploitation (CRPE), analogue au Comité de Sûreté Nucléaire en Exploitation (CSNE)
- Création d'une instance de débat et de conseil en radioprotection dans chaque CNPE ainsi qu'à l'UTO¹, au GDL² et à l'UNIPE³

Renforcement des compétences

- Renforcement des effectifs des services prévention des risques entre 1999 et 2001
- Choix et formation des intervenants et de leur encadrement dans les services en charge de la radioprotection
- Rénovation des formations et recyclages des intervenants

Renforcement du contrôle

- Extension du rôle de l'IGSNR⁴ à la radioprotection
- Renforcement du rôle de l'Inspection Nucléaire de la DPN dans le domaine de la radioprotection
- Extension du rôle de vérification des structures sûreté qualité à la radioprotection
- Prise en charge par l'entreprise des responsabilités de contrôle des matériels et des personnes

Renforcement de l'ingénierie :

- Mise en place sur chacun des CNPE d'une ingénierie de radioprotection
- Renforcement de l'ingénierie nationale en radioprotection

1 UTO : Unité Technique Opérationnelle

2 GDL : Groupe Des Laboratoires fusionné avec le Service Qualité de Réalisation sous le nom de CEIDRE (Centre d'Expertise et d'Inspection dans les Domaines de la Réalisation et de l'Exploitation).

3 UNIPE : Unité Nationale d'Ingénierie du Parc en Exploitation devenue UNIté d'Ingénierie d'Exploitation

4 IGSNR : Inspection Générale pour la Sûreté Nucléaire et la Radioprotection

7.2 OBJECTIFS ET AMBITIONS D'EDF DANS LE DOMAINE DE LA RADIOPROTECTION

7.2.1 AMENER LA RADIOPROTECTION AU MÊME NIVEAU QUE LA SÛRETÉ

Le rapport Hubert CURIEN en 1999 demandé par le Président d'EDF mettait en évidence que le domaine de la radioprotection devait faire l'objet d'une grande attention jusqu'au plus haut niveau de l'entreprise et recommandait en conséquence d'établir, pour la radioprotection, un niveau d'exigence égal à celui de la sûreté nucléaire. Dans le même temps, divers événements survenus dans les centrales nucléaires, dont notamment une exposition supérieure à la limite réglementaire à TRICASTIN (11 Mars 1999) confirmaient le besoin de rigueur et le renforcement des exigences en matière de radioprotection malgré l'amélioration des indicateurs globaux de dosimétrie.

Ceci a conduit à la lettre du 7 juillet 1999 du Directeur de la Division Production Nucléaire intitulée « Décision - Orientations du management appliquées à la radioprotection ». Ces orientations s'articulaient suivant quatre volets principaux associés à des actions multiples dont les plus caractéristiques sont rappelées ci-contre. Certaines de ces actions ont nécessité par la suite des études spécifiques avant de pouvoir être concrétisées sur le terrain. La plupart ont alimenté la constitution du « référentiel de radioprotection du parc en exploitation » dont la création a été décidée également en 1999. Cette décision, s'appuyant notamment sur les deux projets « ALARA* – Management de la RP » et « Propreté Radiologique » a redéfini la prise en compte de la radioprotection en exploitation et en a fixé les orientations et objectifs sur les plans techniques, organisationnels et humains.

La Direction de la Division Ingénierie Nucléaire (DIN) a eu une démarche similaire :

- identification de cadres en charge du domaine dans chacune des unités qui la compose,
- animation par une instance de coordination, le Comité des Responsables de Radioprotection, devenu le Comité Radioprotection de la DIN.

La DIN a également élaboré une politique et un plan d'actions, à la fois spécifiques aux activités d'ingénierie de la division et cohérents avec les actions entreprises à la DPN (projets « ALARA » et « propreté radiologique »).

Ces orientations et principes sont toujours actuels même si le management de la radioprotection s'inscrit désormais dans un système de management intégré (SMI).

*ALARA : As Low As Reasonably Achievable.

Le **Référentiel de radioprotection**, constitué par thèmes, a comme objectifs principaux :

- de **couvrir globalement les risques radiologiques** auxquels sont soumis les travailleurs au sein des Installations Nucléaire de Base (INB) appartenant à EDF,
- d'**identifier les textes** réglementaires applicables et leurs exigences,
- d'**identifier les prescriptions internes** et préciser les ambitions d'EDF relevant du domaine de la radioprotection.

Chaque thème est composé de deux parties :

- l'une « prescriptive » rassemble les exigences réglementaires et les exigences internes complémentaires,
- l'autre non prescriptive, à vocation de « guide d'application », éclaire le sens des prescriptions ou des organisations, propose des méthodes de mise en œuvre sur le terrain, et met à disposition des compléments d'information.

Chaque thème bénéficie pour son élaboration de l'expertise et des connaissances nationales et locales, ainsi que d'une organisation de validation contribuant à garantir son applicabilité sur le terrain.

Chapitres 0 à 2 : Sommaire – Objet et champ d'application - Gestion

Chapitre 3 : Contrôles périodiques

Chapitre 4 : Traitement des non-conformités et défauts de fonctionnement

Chapitre 5 : Thèmes du référentiel

- Exigences de conception
- Management et organisation
- Optimisation de la radioprotection des travailleurs exposés aux RI
- Maîtrise des chantiers
- Exigences concernant les travailleurs et les entreprises
- Surveillance médicale des travailleurs exposés
- Surveillance de l'exposition et limites réglementaires
- Comptabilisation des doses et système d'information
- Maîtrise des zones - propreté radiologique vestiaires de ZC
- Expositions exceptionnelles sous autorisation spéciale ou professionnelle d'urgence
- Les sources radioactives
- Métrologie

La mise à jour de ce référentiel, effectuée en fonction des évolutions externes et internes, contribue à garantir la qualité et la pérennité des thèmes.

Les exigences des thèmes du référentiel sont déclinées pour partie dans des modes opératoires appelés Procédures Nationales de Prévention (PNP) et Consignes de Sécurité (COS).

Le chef d'établissement reste le responsable de la mise en œuvre des exigences, qui doivent être respectées par tous les intervenants, qu'ils soient salariés des entreprises prestataires ou d'EDF.

7.2.2 RÉFÉRENTIEL DE RADIOPROTECTION EN EXPLOITATION DE LA DIVISION PRODUCTION NUCLÉAIRE (DPN)

Pour un parc de centrales nucléaires standardisées, il est apparu nécessaire d'élaborer un référentiel clair et exhaustif qui permette au chef d'établissement et à l'ensemble du personnel concerné de connaître et d'exercer pleinement leurs responsabilités dans le domaine de la radioprotection.

Le **référentiel Radioprotection de la DPN** est consultable en interne sur le site intranet PRISMe et en externe (partiellement) dans l'espace prestataire du site internet EDF :

- ↳ <https://prod-sdin.edf.fr/wps/myportal/prisme>
- ↳ <http://prestataires-nucleaire.edf.com>

7.2.3 OBJECTIFS DE RÉDUCTION DES DOSES INDIVIDUELLES ET DE MAÎTRISE DES DOSES COLLECTIVES

À l'horizon 2015, l'objectif est de préparer le grand carénage du Parc Nucléaire (il s'agit des grands travaux de maintenance dans le cadre du prolongement de la durée de vie des installations) en atténuant l'augmentation prévisible de la dose collective et des doses individuelles du fait de l'augmentation des nombres d'intervenants et des volumes de maintenance, et d'améliorer la sécurité aux postes de travail dans un contexte de densification des activités sur un même lieu.

La maîtrise de la **dose collective** engagée doit pouvoir bénéficier à tous les intervenants en zone contrôlée. Il est important de conforter la dynamique **ALARA** sur le Parc et de diminuer le nombre d'intervenants dans les plages de **doses individuelles** les plus élevées.

Dès les années 90, la Direction de la DPN a lancé le **projet ALARA** articulé autour «d'affaires», comme par exemple, «l'amélioration du système d'information dosimétrique» et «les chantiers de référence» comprenant onze activités génératrices de 60 % de la dose reçue sur le parc (par exemple «ouverture de la cuve réacteur» ou «dépose – pose des calorifuges»).

Animé au niveau national et local, fonctionnant suivant des groupes de travail thématiques, le projet a permis d'infléchir sensiblement l'évolution des doses qui ont ainsi baissé d'un facteur proche de 3 entre le début des années 90 et 2010.

Cette réduction des doses collectives a été renforcée par l'allongement des cycles de combustible et la réduction des programmes de maintenance.

EVOLUTION DU NOMBRE D'INTERVENANTS (PRESTATAIRES ET EDF) DONT LA DOSE ANNUELLE EST SUPÉRIEURE À 16 MSV ET À 10 MSV



DOSE COLLECTIVE MOYENNE (PRESTATAIRES ET EDF) PAR RÉACTEUR



Depuis 2010, la politique ALARA a été relancée sur les sites pour trouver une nouvelle dynamique et une revue nationale régulière permet de dresser un bilan des leviers ALARA managériaux et techniques actuels.

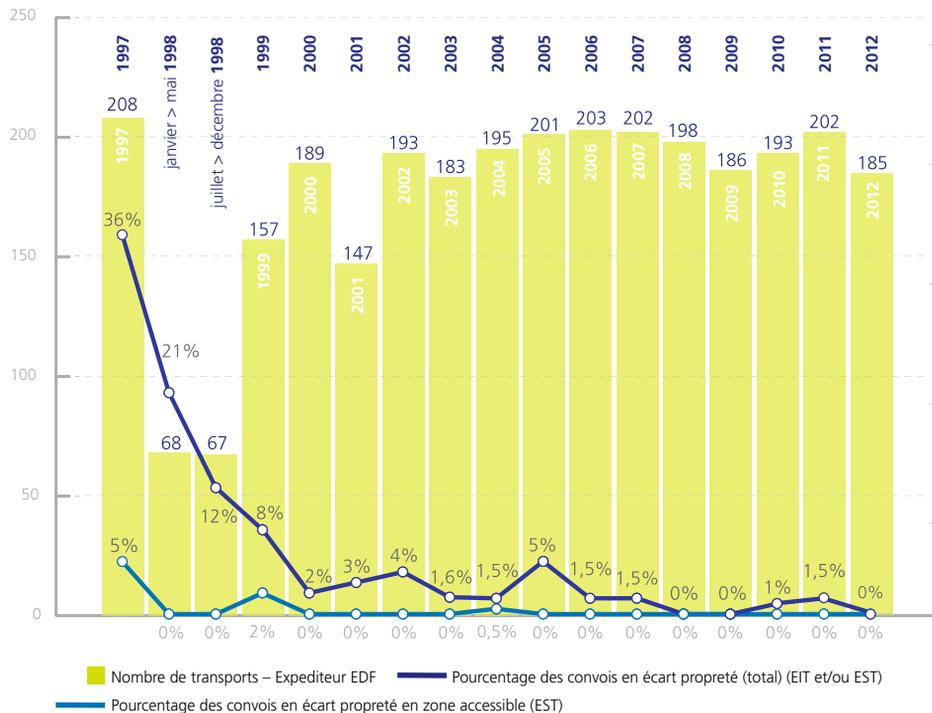
Des actions de progrès vont par ailleurs être menées (optimisation des protections biologiques, travaux d'assainissement des tranches, mise en place de Postes de Supervision Prévention des Risques), tout en renforçant la préparation des activités en fonction de critères d'enjeu radiologique.

Il existe une forte disparité dans les niveaux de doses individuelles auxquels sont exposés les intervenants sur nos installations, selon leur spécialité. Cette situation nous a conduits à mettre davantage l'accent sur les intervenants aux doses individuelles les plus élevées, parmi les spécialités les plus exposées : calorifugeurs, soudeurs, mécaniciens, agents de logistique nucléaire... Pour ces activités sensibles, la réduction des doses individuelles fait l'objet d'actions spécifiques aux métiers concernés. L'objectif est une limitation volontariste du nombre de personnes exposées à plus de 10 mSv sur 12 mois glissants. En 2012, le niveau de pré-alerte qui doit conduire à une discussion entre le management de la DPN et l'entreprise extérieure a été abaissé de 16 à 14 mSv/an.

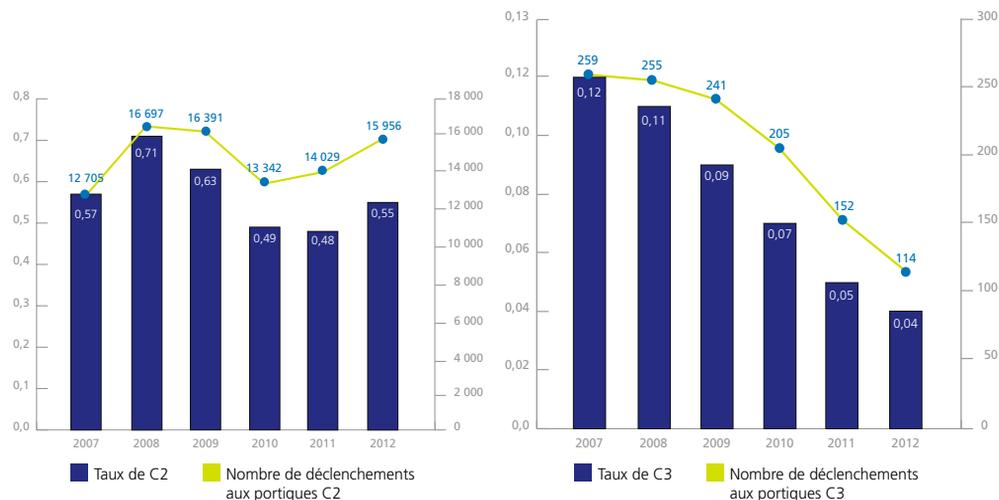
7.2.4 PROPRETÉ RADIOLOGIQUE DES INSTALLATIONS ET DES TRANSPORTS CLASSE 7

En 1998 les niveaux élevés de la contamination radiologique non fixée, mesurés sur les convois de transports des combustibles expédiés par les CNPE ont abouti à une « crise transport ». EDF-DPN a alors créé le Projet « Propreté radiologique » dont l'objectif global a été d'assurer la maîtrise de la contamination et la non dissémination de particules radioactives hors des zones contrôlées. En effet, la propreté doit être irréprochable à l'intérieur des installations et lors des transports des matières radioactives. Elle contribue à la politique EDF de protection de l'Environnement et à la Radioprotection. Le plan d'action mis en œuvre a permis de ramener les niveaux de la contamination des convois de transport de matières radioactives bien en dessous des valeurs limites autorisées par les réglementations applicables. Il a également engagé l'Entreprise dans une démarche d'amélioration de la propreté des locaux, de la voirie, de l'outillage, ce qui participe à l'optimisation de la radioprotection du personnel. L'installation à la sortie des sites des contrôleurs de contamination dit portiques « C3 » en fut un des signes les plus visibles, mais la démarche a conduit également à revoir les méthodes de contrôles de contamination, l'aménagement du confinement des chantiers, l'organisation des vestiaires, et à faire évoluer les pratiques lors des interventions en zone contrôlée.

EVOLUTION DES ÉCARTS DE CONTAMINATION SUR LES CONVOIS DE COMBUSTIBLE USÉ À L'ARRIVÉE AU CENTRE DE RETRAITEMENT



EVOLUTION DES ÉCARTS DE CONTAMINATIONS DES PERSONNES



Si l'objectif est bien d'obtenir un niveau de propreté exemplaire des zones contrôlées, aujourd'hui il existe deux approches selon les CNPE, ceux dont l'ambition est de maîtriser la propreté radiologique et de reconquérir la propreté de certains locaux et ceux qui ont engagé des actions permettant d'entrer en bleu de travail en zone contrôlée.

Cette dernière approche appelée **EVEREST** pour « Evoluer VERs une Entrée Sans Tenue universelle », consiste à accéder dans des zones propres (contamination non fixée <0,4 Bq/cm²) en bleu de travail puis en tenue adaptée dans les zones contaminées. EVEREST s'inscrit dans la continuité de la DI 104 relative au « zonage propreté et déchet ». Un référentiel EVEREST pour la DPN a été écrit fin 2011 afin d'harmoniser les pratiques d'un CNPE à l'autre et d'aider les CNPE qui décident de s'engager dans cette démarche.

Dans les deux types d'organisation, les actions en cours visent à « confiner la contamination au plus près de la source », en :

- maîtrisant les risques de dissémination de particules hors des zones de chantiers de maintenance sur les équipements contaminés,
- maintenant tous les locaux dans un niveau optimum de propreté,
- disposant des contrôles des personnes et des matériels à la sortie de toutes les zones potentiellement contaminées. En parallèle, depuis 2007, une campagne nationale de remplacement des portiques C2 à la sortie de la zone contrôlée est en cours. Elle s'achèvera fin 2014.

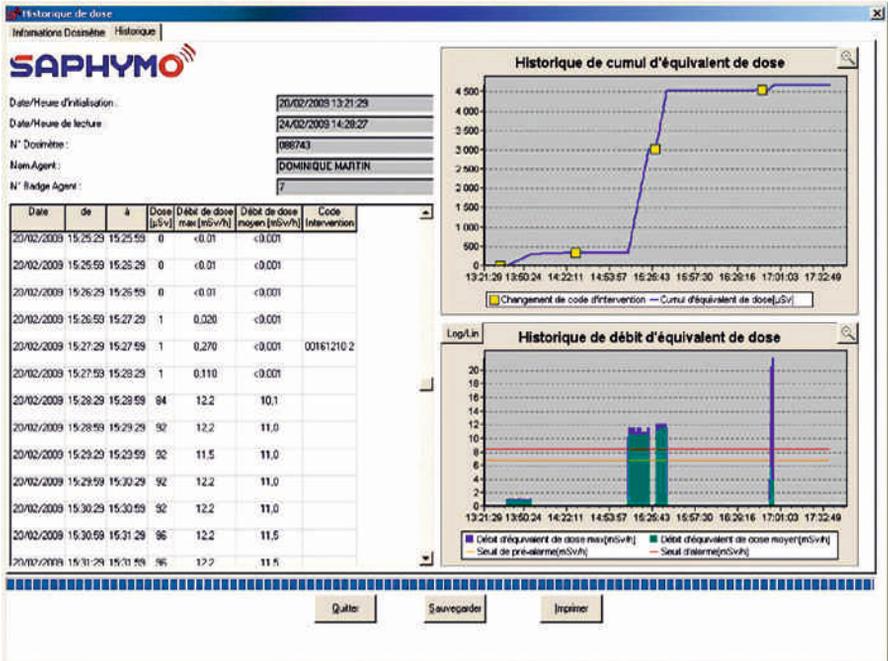
7.2.5 GARANTIR LA CONFORMITÉ DES TRANSPORTS CLASSE 7

Outre la propreté radiologique de tous les convois de transports de matières radioactives au départ des sites nucléaires, la conformité aux autres prescriptions de la réglementation des transports doit être assurée. Ces prescriptions concernent notamment la protection contre le vol, la prévention des accidents, l'arrimage dans les colis radioactifs et sur les véhicules, la conception des colis, les limites des intensités de rayonnement, les documents et l'étiquetage. Afin d'éviter tout événement relatif à ces prescriptions, EDF-DPN a renforcé le management des transports classe 7 :

- le domaine « transports » est intégré au sous-processus « radioprotection »,
- chaque site a désigné un ou plusieurs Conseillers pour la Sécurité des Transports (CST), sous l'autorité d'un Cadre de l'Équipe de Direction du site,
- chaque site a mis en place une cellule « transports »,
- le réseau des CST est animé par l'ensemblier/expert national des transports chargé d'élaborer le référentiel national et de l'animation métiers du domaine.

ANALYSE DES ALARMES DE DOSIMÈTRES OPÉRATIONNELS

Informations relatives à la dernière utilisation par un intervenant d'un dosimètre opérationnel : graphique de l'historique de dose et de débit d'équivalent de dose et événements survenus lors de son intervention.



7.2.6 MAÎTRISER LES RISQUES D'EXPOSITION INCIDENTELLE

La DPN a l'objectif de maîtriser parfaitement les situations susceptibles de conduire à des expositions importantes des intervenants.

Depuis 2007, un travail sur l'ensemble des sites a permis de définir une organisation robuste, audité de manière régulière par l'inspection nucléaire.

Le renforcement des organisations et le développement des compétences sur les thèmes des contrôles radiographiques industriels, des zones rouges et des zones orange ont été animés au niveau national au moyen de réseaux UNIE-GPRE / CNPE et des réunions annuelles de Partage d'Expérience (PEX).

Des actions spécifiques à ces trois thèmes ont été menées, en particulier :

CONTROLES RADIOGRAPHIQUES INDUSTRIELS

- Planifier et préparer les tirs dès que l'activité est connue.
- Présenter le dossier de tir en réunion de tir au plus tard à J0-48h.
- Mettre en place une cellule « tirs radios ».
- Fédérer, l'ensemble des acteurs aussi bien management qu'exécutif, EDF et entreprises prestataires sur un objectif RP commun notamment à l'aide d'une charte intégrée au référentiel RP.

ZONES ROUGES

- Mettre en œuvre le processus Zone Rouge pour la réalisation d'activités comportant un risque de retrait d'une barrière physique pouvant conduire à une exposition de niveau zone rouge (ex. : transfert de filtres d'eau irradiants, sortie de corps irradiant du circuit primaire, de la cuve ou de la piscine, retrait de protection biologique).
- Mettre en œuvre des dispositions garantissant le reclassement après un déclassement de longue durée (ex. : point bloquant en COMSAT).
- Sécuriser les accès dans le puits de cuve (inter-verrouillage) et définir des règles de dépannage du système RIC en fonctionnement.

ZONES ORANGE

- Mettre en œuvre la pratique Performante 66 : balisage et signalisation zone orange efficace et durable.
- Analyser finement les écarts et conduire des plans d'actions sur les activités en fond de piscine, la production et la collecte des déchets, la préparation et l'analyse des risques des activités risquant de générer une évolution du débit d'équivalent de dose (ex. : décontamination), la maîtrise des transferts de résines actives...



- ↘ Analyser les alarmes de dosimètres opérationnels et sensibiliser sur la conduite à tenir.
- ↘ Renforcer la préparation des activités susceptibles d'exposer des intervenants non CDI (Contrat à Durée Indéterminée) à un débit d'équivalent de dose supérieur à 2 mSv/h.
- ↘ Mettre en œuvre une démarche volontariste et ambitieuse d'identification, de comptabilisation, de réduction des points chauds ou de protection des points chauds présents dans les installations.

QUIZ

1 En matière de radioprotection, quelle est la mission de l'Inspection Générale de la Sûreté Nucléaire et de la radioprotection (IGSNR) ?

- a réaliser pour le compte de la présidence le contrôle de la prise en compte de la radioprotection dans les activités de l'entreprise
- b apporter des conseils aux directeurs de CNPE pour l'application de la réglementation en matière de radioprotection
- c décider de la stratégie de l'entreprise dans le domaine de la radioprotection et des principales directives

2 Au niveau national, le Groupe Prévention des Risques et Environnement (GPRE)...

- a au sein du Service de Radioprotection, contrôle pour le compte de la Division Ingénierie Nucléaire l'application du référentiel
- b au sein de l'Unité d'Ingénierie d'Exploitation (UNIE), apporte son appui aux CNPE et à la direction de la DPN
- c au sein de l'État-major de la DPN, il prépare les dossiers examinés en CPRR

3 Dans quel recueil de documents sont regroupées les exigences EDF en radioprotection ?

- a la règle de radioprotection
- b la directive radioprotection
- c le référentiel radioprotection

4 Quelle est l'ambition d'EDF dans le domaine de la radioprotection ?

- a amener la radioprotection au même niveau que la sécurité,
- b amener la radioprotection au même niveau que la sûreté
- c aucun intervenant au-dessus de 35 mSv par an

5 Quelle est l'ordre de grandeur de la dose collective annuelle moyenne d'un réacteur EDF ?

- a 10 H.Sv
- b 1 H.Sv
- c 0,1 H.Sv

6 Quelle a été l'évolution de la dose collective des réacteurs EDF dans les 20 dernières années ?

- a elle a légèrement augmenté
- b elle est restée stable
- c elle a été réduite d'un facteur voisin de 3

7 L'objectif « aucun intervenant au-delà de 16 mSv » a été atteint pour la première fois en :

- a 2001
- b 2012
- c jamais

8 Quelles catégories d'intervenants sont prises en compte dans le calcul de la dose collective ?

- a agents EDF
- b agents EDF et prestataires
- c prestataires

9 En matière de propreté radiologique, l'ambition de la DPN est de :

- a réduire le volume des déchets radioactifs,
- b entrer en tenue de ville ou de travail en zone contrôlée
- c diminuer la dosimétrie lors de l'évacuation du combustible

10 Entre 2007 et 2012, le nombre de contaminations vestimentaires détectées au portique C3 a diminué de :

- a 1 %
- b 2 %
- c 5 %

Réponses : 1a 2b 3c 4b 5b 6c 7b 8b 9b 10c



Synthèse /
2011

**BILAN ANNUEL
SÛRETÉ
RADIOPROTECTION**

DIRECTION
PRODUCTION
INGÉNIERIE



CHAPITRE 8

ORGANISATION DE LA RADIOPROTECTION EN EXPLOITATION

8.1 Responsabilités radioprotection dans un CNPE | 209

- 8.1.1 Rôle du cadre de direction en charge de la radioprotection
- 8.1.2 Rôle de la hiérarchie opérationnelle
- 8.1.3 Rôle du Service Compétent en Radioprotection
- 8.1.4 Rôle de l'ingénierie Radioprotection
- 8.1.5 Rôle des services « métiers »
- 8.1.6 Rôle du service de santé au travail

8.2 Exigences vis-à-vis des travailleurs | 221

- 8.2.1 Formalités d'accès et de sortie
- 8.2.2 Formations et habilitations
- 8.2.3 Exigences vis-à-vis des entreprises extérieures

8.3 Préparation des interventions en zone contrôlée | 227

- 8.3.1 Définition d'objectifs de dose (ODD)
- 8.3.2 Analyse de risques radioprotection
- 8.3.3 Évaluation dosimétrique prévisionnelle initiale (EDPI)
- 8.3.4 Classement des activités
- 8.3.5 Optimisation de la radioprotection de l'activité
- 8.3.6 Évaluation dosimétrique prévisionnelle optimisée (EDPO)
- 8.3.7 Principe de validation
- 8.3.8 Document radioprotection : le Régime de Travail Radiologique (RTR)
- 8.3.9 Système d'information de la radioprotection

8.4 Réalisation des travaux en zone contrôlée | 237

- 8.4.1 Avant les travaux
- 8.4.2 Pendant les travaux
- 8.4.3 Repli de chantier

8.5 Maîtrise des zones et propreté radiologique des installations | 243

- 8.5.1 Zonage radioprotection
- 8.5.2 Zonage propreté/déchets : la Directive 104
- 8.5.3 Surveillance de la contamination hors zone contrôlée (Directive 82)

8.6 Contôles radiographiques industriels | 253

- 8.6.1 Gestion des sources
- 8.6.2 Coordination, planification, cellule « tir radio »
- 8.6.3 Mise en œuvre des appareils contenant des sources
- 8.6.4 Balisage de la zone d'opération



Cadre de Direction RP de CRUAS (à droite sur la photo) faisant visiter les installations du site au groupe de travail sur le zonage radiologique créé par l'ASN et la DGT en 2011.

8.1 RESPONSABILITÉS RADIOPROTECTION DANS UN CNPE

La **responsabilité** du directeur du CNPE est d'abord une responsabilité d'employeur des salariés EDF appartenant à son unité. Il porte aussi la responsabilité liée à la coordination des activités lorsqu'il est fait appel à des entreprises extérieures (le directeur de l'entreprise prestataire est responsable des mesures de protection du personnel placé sous son autorité).

Cette responsabilité peut être déléguée.

L'Analyse Annuelle de Radioprotection permet au directeur du CNPE d'affirmer son leadership dans le domaine. Elle est alimentée par l'ensemble des sources de REX et porte de façon intégrée sur les aspects organisationnels, techniques et humains.

8.1.1 RÔLE DU CADRE DE DIRECTION EN CHARGE DE LA RADIOPROTECTION

Il est l'animateur du processus en charge de la radioprotection. Avec l'appui du Service Compétent en Radioprotection (SCR) et de l'instance compétente en radioprotection qu'il préside généralement, il prépare les objectifs du site, définit des axes de progrès internes et s'assure de leur déclinaison en projets locaux et en actions dans les projets de services.

Il recueille les synthèses des audits réalisés par le Service Sûreté Qualité (SSQ) sur le thème radioprotection et des contrôles effectués par le SPR en fonction de ces éléments, les analyses des événements significatifs en radioprotection, ainsi que tous les éléments lui permettant d'élaborer le diagnostic radioprotection du site.



SURVEILLANCE DU MAINTIEN DE L'INSTALLATION EN CONFORMITÉ AVEC LE RÉFÉRENTIEL RADIOPROTECTION

- contrôles radiologiques d'ambiance dans l'installation pour limiter les risques d'exposition interne ou externe et garantir un zonage radiologique de l'installation pertinent,
- réalisation de contrôles périodiques des limites de zone surveillée et de contamination des voiries, hors zone contrôlée,
- délimitation des zones radiologiques à l'aide d'un balisage adapté et d'une signalisation dûment renseignés,
- identification de « refuges dosimétriques ALARA » (zones de repli à faible débit de dose).



RÉSEAUX LOCAUX ET RÉSEAU NATIONAL DES PCR

Des réseaux régionaux spécifiques aux PCR regroupent des PCR internes de plusieurs CNPE et des PCR d'Entreprises intervenantes. Une réunion annuelle nationale de REX de fonctionnement est pilotée par un « animateur métier » national EDF.

8.1.2 RÔLE DE LA HIÉRARCHIE OPÉRATIONNELLE

Le directeur du CNPE délègue la responsabilité de la protection individuelle du personnel exposé aux rayonnements ionisants à la hiérarchie opérationnelle concernée.

Au titre de « déléataire », la **hiérarchie opérationnelle** s'assure que le personnel placé sous son autorité :

- est classé en **catégorie A ou B** en fonction des risques auxquels il peut être exposé,
- fait l'objet d'un suivi médical individuel,
- est formé à la radioprotection et connaît les exigences relatives à ce domaine,
- possède les habilitations et les compétences nécessaires pour réaliser les activités qui lui sont confiées,
- fait l'objet d'un suivi dosimétrique individuel,
- est en mesure de se procurer les protections individuelles et sait les utiliser (formation au port de chaque EPI),
- respecte les règles et les consignes qui permettent de satisfaire aux exigences en matière de surveillance de l'exposition, de respect des limites réglementaires et de non dispersion de la contamination.

Pour assumer cette responsabilité, la hiérarchie opérationnelle peut demander l'appui du Service Compétent en Radioprotection et du service de santé au travail.



GESTION DES SOURCES RADIOACTIVES

La gestion des sources sur CNPE est pilotée par la personne compétente en radioprotection sur le domaine des sources (« PCR sources ») en conformité avec les exigences du thème correspondant du référentiel radioprotection.

La manipulation des sources et des générateurs X (non exemptés) est soumise à autorisation :

- les entreprises extérieures doivent être autorisées par l'ASN à détenir et manipuler leurs sources et à manipuler les sources qui appartiennent à EDF,
- les intervenants (EDF ou Entreprises Extérieures) doivent être autorisés par leur hiérarchie à manipuler les sources dans le cadre de l'autorisation ASN.

Les personnes susceptibles d'être exposées à des sources de haute activité (SHA) doivent suivre une formation spécifique. Les sources de haute activité dans nos installations sont :

- les gammagraphes,
- les sources haute activité neutrons pour la requalification des chambres RPN et les sources neutroniques des boremètres.

Les sources sont entreposées dans les locaux sources :

- ces locaux sont sécurisés,
- les sources font l'objet d'une tracabilité informatique ou papier lorsqu'elles sortent du local sources ou y retournent,
- une source ne doit pas rester sans surveillance lorsqu'elle est en dehors d'un local sources,
- l'arrivée d'une source appartenant à une entreprise sur le CNPE et son départ sont réalisés en accord avec la PCR sources.

Les sources font l'objet de contrôles périodiques.

Les détecteurs de fumée à chambre d'ionisation sont des sources, ils sont entreposés dans les locaux sources, lorsqu'ils sont déposés.

Il est interdit de ramasser une source sans avoir réalisé une mesure préalable.

8.1.3 RÔLE DU SERVICE COMPÉTENT EN RADIOPROTECTION

Le **Directeur du CNPE** fait contrôler périodiquement par ce service l'état des installations dans le domaine de la radioprotection et le respect des règles par les intervenants. Il met en place au sein du service une organisation assurant le contrôle global du respect des règles. Les écarts constatés sont tracés puis traités soit en interne au service compétent soit par les autres services.

Le **Service Compétent en Radioprotection** est également sollicité pour fixer les objectifs de doses collectives et individuelles des opérations (exemple : arrêt de tranche), valider les analyses d'optimisation et les évaluations de doses prévisionnelles optimisées des activités à enjeu radiologique significatif, réaliser celles à enjeu fort, ou délivrer des accès en zones orange, rouge, ou encore dans le bâtiment réacteur tranche en fonctionnement.

Le **Chef de ce service** est garant de la **gestion des sources radioactives** du CNPE.

Le **Directeur du CNPE** désigne des **personnes compétentes en radioprotection** (PCR), en nombre suffisant pour assurer la présence d'au moins une PCR en astreinte.

Les **PCR** sont regroupées dans le Service Compétent en Radioprotection du CNPE. C'est le service en charge de la prévention des risques dans les domaines de la sécurité et la radioprotection, qui peut prendre différentes appellations en fonction des choix d'organisation des CNPE.

Chaque PCR a un champ de mission défini, par exemple la gestion des sources, le zonage... Les missions des PCR sont détaillées en annexe A2.5.

Le Directeur d'Unité communique aux PCR les informations qui lui sont transmises par les chefs d'établissement des entreprises intervenantes en vue de la coordination générale des mesures de prévention.

8.1.4 RÔLE DE L'INGÉNIERIE RADIOPROTECTION

L'ingénierie Radioprotection assure un appui-conseil auprès des autres ingénieries et des opérationnels du service compétent en radioprotection.

Elle effectue une veille de l'évolution de la réglementation en radioprotection et réalise une analyse de l'impact des nouvelles réglementations et directives.

Elle élabore des études de façon à optimiser la mise en œuvre de la démarche ALARA et elle contribue à impulser des démarches de progrès en radioprotection.



photos © EDF Francis Chanteloup

8.1.5 RÔLE DES SERVICES « MÉTIERS »

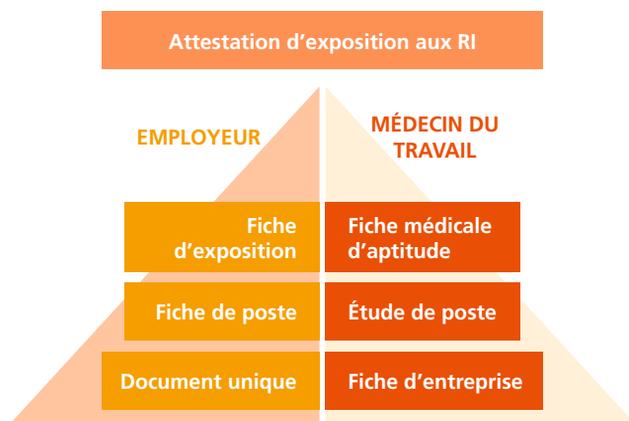
Chaque service applique pour ses activités propres une démarche rigoureuse, prudente et respectueuse des exigences relatives à la préparation, la réalisation et au repli des chantiers. Chaque service est responsable de l'élaboration d'une analyse d'optimisation de la radioprotection pour les activités à enjeu radiologique faible ou significatif. Il collabore à l'analyse menée par le Service Compétent en Radioprotection pour les activités à enjeu radiologique fort.

Chaque service contribue au bon fonctionnement du retour d'expérience en faisant :

- **analyser** les événements qui se sont produits dans son domaine d'activité,
- **examiner** les dossiers relatifs aux incidents survenus sur d'autres sites,
- **diffuser** les résultats et enseignements issus de ces analyses en s'assurant de leur prise en compte.

Le service « conduite » contribue de manière spécifique à la limitation du terme source par le respect des spécifications chimiques et des procédures, notamment pour le passage en arrêt à froid et pour le redémarrage. Il est en cela aidé et conseillé par le service « chimie ». De plus, la rigueur dans la planification et la réalisation des vidanges de circuits permet de limiter les doses (la présence d'eau dans les circuits est favorable à la réduction des doses car elle sert d'écran) et d'éviter la dissémination de la contamination.

DOCUMENTS RÉGLEMENTAIRES : TRANSPOSITION POUR LES SALARIÉS EDF



Responsabilité de l'employeur	Responsabilité du médecin du travail
<p>Document unique (Art. R4121-1 à 4 du Code du Travail) Inventaire des dangers et évaluation des risques pour la santé et la sécurité des travailleurs identifiés dans chaque unité de travail de l'entreprise ou de l'établissement.</p>	<p>Fiche d'entreprise (Art. D4624-37 à 41 du Code du Travail) Document dans lequel sont consignés les risques professionnels et les effectifs des salariés exposés. Le document est transmis à l'employeur par le médecin du travail.</p>
<p>Fiche de poste A partir du document unique par unité de travail, l'employeur identifie les dangers et évalue le niveau d'exposition auquel le salarié est susceptible d'être exposé lors de ses activités au poste de travail. Il définit également les moyens de prévention et de protection mis en œuvre.</p>	<p>Étude de poste (Art. R4624-31 du Code du Travail) Étude des contraintes d'origine physique, chimique, radiologique ou organisationnelle du poste de travail permettant d'assurer le suivi médical en fonction des risques.</p>
<p>Fiche d'exposition aux Rayonnements Ionisants (Art. R4451-57 à 61 du Code du Travail) L'employeur établit pour chaque salarié la fiche d'exposition qui précise notamment la nature et la durée des expositions au poste de travail.</p>	<p>Fiche médicale d'aptitude au poste Surveillance médicale renforcée (SMR) Rayonnements Ionisants (Art. D4624-47 et R4624-18 du Code du Travail) Elle est délivrée par le médecin du travail à l'issue de la visite médicale et des examens médicaux prescrits par le médecin. Un exemplaire est transmis à l'employeur et un autre est remis au salarié.</p>
<p>Attestation d'exposition aux rayonnements ionisants, (arrêté du 28/02/95). Elle est remplie par l'employeur et le médecin du travail. Elle est remise au salarié à son départ de l'établissement.</p>	

8.1.6 RÔLE DU SERVICE DE SANTÉ AU TRAVAIL

Le **directeur d'unité**, en sa qualité de représentant de l'employeur, organise un service de santé au travail autonome d'établissement. Les missions du service sont, conformément aux dispositions du code du travail :

- d'**assurer la surveillance** de l'état de santé des travailleurs,
- de **contribuer**, dans le cadre de la pluridisciplinarité, à la prévention collective en milieu de travail en lien avec l'ensemble des acteurs de la prévention de l'entreprise.

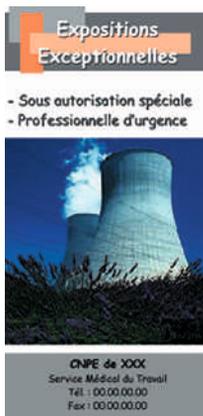
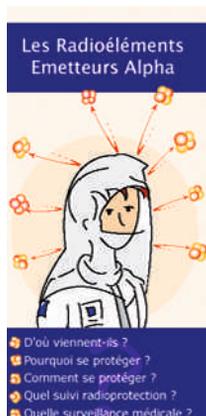
Le **médecin du travail** en assure avec ses confrères l'animation, selon l'organisation définie sur le CNPE en concertation avec le directeur d'unité. De par son expertise en santé au travail, il est le conseiller de l'ensemble des parties prenantes : employeur, salariés et représentants du personnel sur toutes les questions relevant de sa compétence. Dans le cadre des missions que lui confie le code du travail, le médecin du travail est responsable notamment :

- d'**assurer la surveillance** de l'état de santé des travailleurs, ainsi que leur information sur les risques liés aux expositions et leur sensibilisation aux actions de prévention à mettre en œuvre ou à respecter,
- de **contribuer au suivi** et à la traçabilité des expositions professionnelles : en particulier, le bilan dosimétrique via la tenue du dossier médical en santé au travail et l'élaboration des fiches d'attestation d'exposition,
- de **définir les protocoles** de surveillance individuelle notamment pour la surveillance de l'exposition interne, la contamination externe, et de procéder aux évaluations de dose pour l'ensemble des intervenants du site,
- d'**assurer la réalisation** et la validation des mesures anthropométriques ainsi que la pérennité de leur accréditation conformément aux dispositions réglementaires en vigueur,
- de **contribuer aux relations** avec les médecins des entreprises intervenantes sur le CNPE, et à la transmission des documents nécessaires pour le suivi médical des travailleurs intervenants.

Dans le cadre de la pluridisciplinarité, en lien avec les autres acteurs de la prévention de l'entreprise, **l'ensemble des membres du service de santé au travail**, sous l'autorité technique des médecins du travail, contribuent à la prévention collective en milieu de travail :

- **détecter les écarts** entre la dosimétrie passive et la dosimétrie active, puis les analyser et les traiter,
- **informer et former** le personnel sur les risques liés à l'exposition,
- **définir des mesures** de protection collective appropriées à la nature de l'exposition,

EXEMPLES DE PLAQUETTES D'INFORMATION DISPONIBLES



CDROM D'INFORMATION SUR LES RAYONNEMENTS IONISANTS ET LEURS EFFETS POTENTIELS SUR LA SANTÉ



- **choisir des mesures** de protection individuelle, tout particulièrement les équipements de protection individuelle et fixer leur durée maximale de port,
- **contribuer à la surveillance** dosimétrique des chantiers, réaliser des études de postes ou d'activités de travail,
- **contribuer** à établir et actualiser les fiches d'exposition,
- **participer** aux réunions, enquêtes ou analyses lors de la survenue d'événements, aux réunions du CHSCT...
- **être partie prenante** des groupes multidisciplinaires dans le cadre de l'amélioration de la qualité de vie au travail et de la prévention des risques psychosociaux .

Dans le cadre des obligations des CNPE, l'**équipe de santé au travail** contribue :

- à l'**organisation** des secours et aux **formations** secourisme,
- aux **réponses aux sollicitations** externes : OSART, CLI, partenaires médicaux, etc.,
- à la **disponibilité médicale** permanente et à l'**astreinte** du site.

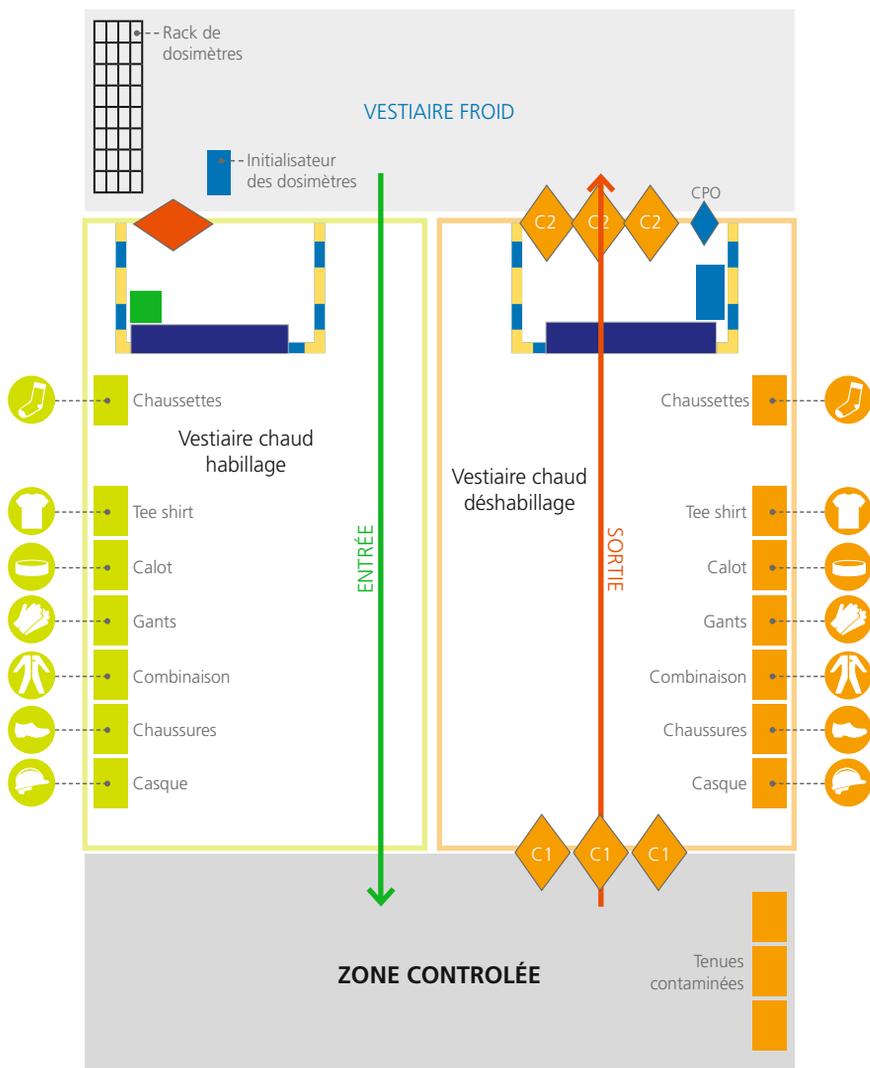


Tous les résultats de mesures dosimétriques externe et interne sont conservés dans le dossier individuel et ce, 50 ans après la cessation d'activité professionnelle.

Ils constituent les relevés dosimétriques référencés dans la fiche d'exposition et l'attestation d'exposition remplie par l'employeur et le médecin du travail.

Cette attestation permet au retraité qui a été exposé aux rayonnements ionisants, après accord de la CPAM (Caisse Primaire d'Assurance Maladie), de bénéficier d'une surveillance médicale post-professionnelle conformément à l'article D461-25 du code de la sécurité sociale : examens médicaux tous les deux ans, libre choix du praticien, prise en charge par la CPAM.

ENTRÉE ET SORTIE DE LA ZONE CONTRÔLÉE HABILLAGE / DESHABILLAGE ET CONTRÔLES



Les valeurs des seuils d'alarme des C1, C2 et C3 figurent au chapitre 5

8.2 EXIGENCES VIS-À-VIS DES TRAVAILLEURS

8.2.1 FORMALITÉS D'ACCÈS ET DE SORTIE

Un travailleur entrant sur un site en vue d'une intervention en zone contrôlée (ZC) doit, dans le domaine de la radioprotection, justifier des éléments suivants :

- être classé en **catégorie A ou B** (voir paragraphe A2.5),
- avoir sa **carte de suivi médical** à jour,
- disposer d'une **attestation de formation initiale à la radioprotection** de niveau 1 (intervenant) ou niveau 2 (chargé de travaux),
- être à jour au niveau du recyclage de cette **formation** (niveau 1 ou 2) qui doit **dater de moins de trois ans**,
- être en possession du **dosimètre passif** du mois en cours fourni par l'employeur,
- avoir un **contrôle anthropogammamétrique** datant de moins d'un an.

Tous ces documents et informations sont regroupés dans le **carnet d'accès** pour les salariés d'entreprises intervenantes.

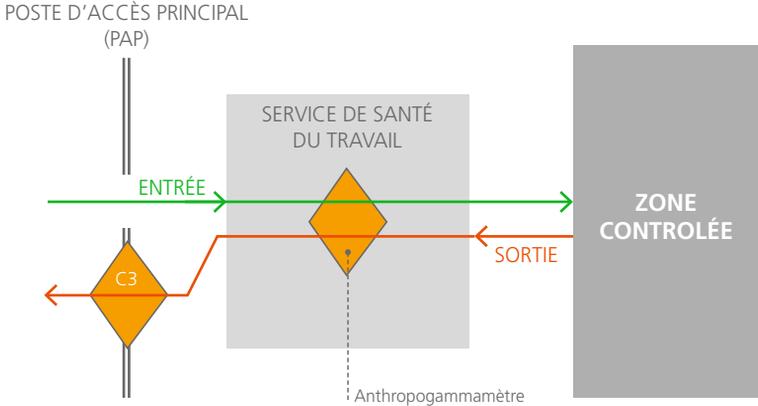
Tout problème d'ordre médical (plaie, otite...) doit être signalé au service médical qui décidera, après examen, des suites à donner.

L'accès en ZC d'une personne non classée en catégorie A ou B est exceptionnel (pas plus de quatre fois par an). Elle doit être accompagnée par une personne habilitée RP2. Elle est considérée comme une personne du public et ne peut accéder aux zones à risque particulier d'exposition externe (zones orange et rouges) ou de contamination.

Lors de la sortie de ZC, le contrôle de la propreté radiologique est réalisé au portique C1 avant d'entrer au vestiaire chaud, puis au portique C2 avant la sortie de la ZC avant d'accéder au vestiaire froid. Les petits objets sont contrôlés a minima à la sortie des vestiaires chauds par le contrôleur de petits objets (CPO/MPO).

Lors de la sortie de site, un passage systématique à travers les portiques C3 permet de détecter les éventuelles contaminations qui auraient échappé aux contrôles antérieurs.

ENTRÉE ET SORTIE DE SITE DES PIÉTONS



ÉVOLUTION DES MESURES ANTHROGAMMAMÉTRIQUES

Dans le cadre de l'amélioration de la chaîne de contrôle radiologique des personnes, de l'entrée à la sortie d'un site, EDF fait évoluer les mesures anthropogammamétriques.

L'objectif de cette évolution, qui se déroulera en deux étapes, est de supprimer à terme les examens anthropogammamétriques systématiques d'entrée et de sortie du site :

- La **1^{re} étape** : à partir du 1^{er} juillet 2013, consistera à supprimer l'examen anthropogammamétrique d'entrée systématique sur tous les sites équipés de portiques C2 de nouvelle génération.
- La **2^e étape** : d'ici un an, après prise en compte du retour d'expérience, supprimera les examens anthropogammamétriques systématiques de sortie de site sur l'ensemble des CNPE.

À partir du 1^{er} juillet, seuls les sites équipés de portiques C2 bêta/gamma de nouvelle génération mis en œuvre en sortie de zone contrôlée sont concernés. Il s'agit des CNPE de Bugey, Cattenom, Civaux, Chooz, Cruas, Flamanville 1-2, Golfech, Nogent, Penly, St Alban, St Laurent et Tricastin. Suivront en fonction du planning d'installation des nouveaux portiques C2 sur les sites, d'ici fin 2013, les CNPE du Blayais, Paluel, Dampierre et en 2014, les CNPE de Fessenheim, Belleville, Gravelines et Chinon.

Cette évolution simplifiera la procédure d'accès et à terme celle d'entrée et de sortie pour le prestataire occasionnel. La surveillance systématique pour un intervenant, qu'il soit salarié EDF, prestataire permanent ou occasionnel, sera la même soit à minima un examen annuel pour tous les intervenants.

Le passage obligatoire par le Service Santé au Travail (SST) à l'arrivée sur un site restera maintenu pour les cas suivants :

- primo intervenants
- dernier examen anthropogammamétrique de plus d'un an
- intervenant déclarant avoir travaillé sur une autre INB entre deux missions sur une centrale EDF
- contamination interne connue ou à suivre
- demande du médecin du travail
- mise à jour des données médicales (date d'aptitude médicale...)

8.2.2 FORMATIONS ET HABILITATIONS

Les stages « Radioprotection Niveau 1 et/ou 2 » sont obligatoires pour tous les agents EDF et les personnels des entreprises extérieures ou fournisseurs de services d'EDF dès lors qu'ils doivent être habilités « RP 1 » (intervenant) ou « RP 2 » (chargé de travaux 2) pour réaliser une intervention sur CNPE en zone contrôlée.

La **formation** Radioprotection niveau 1 (RP1) est destinée aux personnes intervenant en zone contrôlée sous les ordres d'un chargé de travaux. Elle doit permettre à chaque intervenant :

- d'adopter les règles de base de la radioprotection et d'appliquer les bonnes pratiques en respectant les consignes affichées et celles données par son chargé de travaux,
- de développer sa capacité à mettre en œuvre des comportements individuels de radioprotection en comprenant le sens des règles qui lui sont imposées dans le cadre de ses interventions.

La formation Radioprotection niveau 2 (RP2) est destinée aux chargés de travaux. Elle doit permettre à chaque chargé de travaux de garantir la mise en œuvre des règles de radioprotection lors de son intervention en zone contrôlée et le respect par son équipe des dispositions et des exigences relatives aux risques radiologiques de son chantier. La participation à 3 interventions distinctes en zone contrôlée, en tant qu'intervenant, est un pré-requis à toute inscription à une formation RP2.

Les formations recyclages RP1 ou RP2 doivent être réalisées tous les trois ans a minima.

Sur la base des objectifs pédagogiques des formations initiales correspondantes, ces formations doivent être adaptées :

- aux pratiques des stagiaires identifiées au travers de mises en situation,
- autant que possible, aux activités des stagiaires.

Elles doivent intégrer :

- les évolutions réglementaires et techniques,
- les événements récents ayant eu lieu sur le Parc et en lien avec les référentiels (ESR...).

Une **habilitation** radioprotection niveau 1 ou 2 (RP1 ou RP2) trace la reconnaissance mutuelle (employeur et salarié) des capacités de l'intervenant ou du chargé de travaux à intervenir en zone contrôlée. Elle est délivrée par l'employeur au vu de l'aptitude médicale, des résultats de la formation RP et de l'expérience acquise.



FORMATIONS ET INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

En plus des formations obligatoires, d'autres formations plus spécifiques ou informations sont dispensées aux personnes intervenant en zone contrôlée :

- une information particulière est apportée aux femmes en état de procréer, tout comme aux salariés susceptibles d'intervenir dans le cadre d'expositions sous autorisation spéciale ou professionnelle d'urgence,
- des formations spécifiques sont également dispensées sur les modalités et conditions de port des équipements de protection individuelle et sur le risque alpha. Les formations aux EPI de niveau 3 spécifiques à la radioprotection sur CNPE : heaume ventilé, tenue étanche ventilée, masque à adduction d'air, appareil respiratoire isolant, masque à cartouche filtrante sont à réaliser au plus près de l'activité et en utilisant les kits pédagogiques validés et fournis par EDF.
- des formations spécifiques sont dispensées aux personnels manipulant les Sources de Haute Activité (SHA).

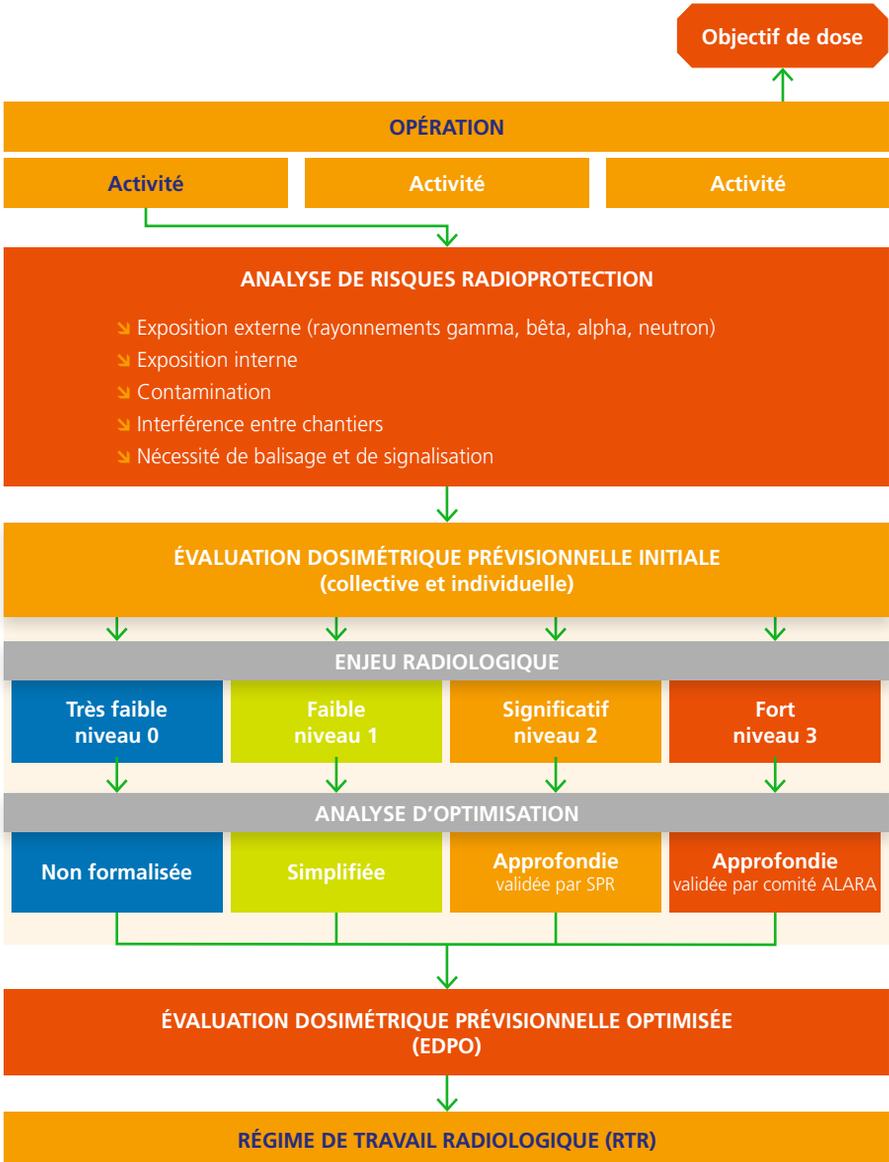
La formation Radioprotection pour les managers des CNPE (non obligatoire) leur permet :

- d'être leaders en matière de diffusion de la culture de radioprotection au sein de l'entreprise,
- d'exercer leurs responsabilités en matière de radioprotection de manière satisfaisante,
- de mieux se préparer aux situations de gestion de crise.

8.2.3 EXIGENCES VIS-À-VIS DES ENTREPRISES EXTÉRIEURES

- Les entreprises extérieures intervenant dans les zones contrôlées des INB EDF doivent être titulaires d'un certificat de qualification justifiant de leur capacité à accomplir des travaux sous rayonnements ionisants,
- l'employeur est responsable de l'habilitation de son personnel,
- il respecte les obligations de l'entreprise intervenante dans le cadre du décret de 1992,
- il s'assure de la prise en compte des risques liés à son activité dans le plan de prévention,
- il organise la participation de la PCR désignée à l'inspection commune préalable (conformément aux dispositions de l'arrêté relatif aux modalités de certification des entreprises extérieures intervenant sous rayonnements ionisants),
- si nécessaire, il détient une autorisation à manipuler les sources appartenant à EDF,
- une entreprise faisant appel à des travailleurs étrangers doit satisfaire aux prescriptions de la décision commune DIN/DPN D4507.DIR-MRI/MCR-07/1487 notamment, pendant l'exécution des prestations, au moins une personne de l'encadrement de l'entreprise maîtrise à la fois la langue française et celle des intervenants. Il est souhaitable que cette personne soit effectivement présente sur les chantiers, a minima lors des phases à risques de l'arrêt ou du chantier.

OPTIMISATION DE LA RADIOPROTECTION



8.3 PRÉPARATION DES INTERVENTIONS EN ZONE CONTRÔLÉE

8.3.1 DÉFINITION D'OBJECTIFS DE DOSE (ODD)

Chaque exploitant découpe le volume annuel de travail susceptible de générer des doses en plusieurs opérations, et fixe pour chacune d'elles des **objectifs de dose** (collectif et individuel).

Le périmètre d'une opération pourra être par exemple un arrêt de tranche, les activités de routine tranche en fonctionnement ou relatif au combustible hors arrêt de tranche, ou encore porter sur des modifications importantes comme le remplacement des générateurs de vapeur (RGV).

Le responsable de l'opération ou le Service Compétent en Radioprotection (SCR) du CNPE s'assure que la somme des doses prévisionnelles optimisées des activités est inférieure à l'objectif de dose collective par opération.

Lorsqu'une opération comporte un risque d'exposition pour des salariés d'entreprises extérieures, il appartient au service compétent en radioprotection du CNPE de fixer les objectifs de dose individuelle en collaboration avec l'employeur ou la Personne Compétente en Radioprotection (PCR) de l'entreprise.

8.3.2 ANALYSE DE RISQUES RADIOPROTECTION

Chaque opération est découpée en plusieurs activités, selon la maille la plus adaptée pour l'optimisation.

Une **analyse de risques** radioprotection est conduite pour chaque activité par l'entité qui est responsable de sa préparation.

Elle analyse a minima :

- le risque d'exposition externe (rayonnements gamma, bêta, neutron) et le risque d'exposition des extrémités,
- le risque d'exposition interne et de dispersion de la radioactivité,
- le risque d'interférence entre chantiers,
- les risques spécifiques à certains locaux ou activités (accès en zone orange, accès en zone rouge et tir radio).

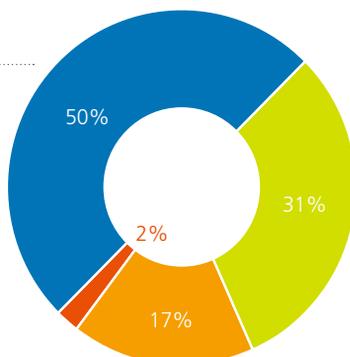
Elle précise la nécessité de balisage et de signalisation.

ADAPTATION DE L'ANALYSE D'OPTIMISATION AUX ENJEUX RADIOLOGIQUES DE L'ACTIVITÉ

Niveau	Approfondissement de l'analyse d'optimisation	Validation
Niveau 0 Activité à enjeu radiologique très faible	La radioprotection des activités est optimisée par le respect des dispositions normales d'exploitation des installations ainsi que par le respect des règles d'accès et de séjour en zone contrôlée ou surveillée. Elles permettent de respecter les objectifs individuels et collectifs.	Métier intervenant
Niveau 1 Activité à enjeu radiologique faible	Analyse d'optimisation simplifiée, réalisée par le métier, permettant d'identifier les principales actions de protection à mettre en œuvre. La comparaison d'actions se fait sur la base du bon sens. L'optimisation peut se limiter à une chasse aux doses inutiles et l'application des règles de l'art. La synthèse de l'analyse est formalisée.	Métier intervenant
Niveau 2 Activité à enjeu radiologique significatif	Analyse d'optimisation approfondie, élaborée sous la responsabilité du métier en collaboration avec le service compétent en radioprotection, permettant d'identifier les éléments contribuant à la dose et les moyens de la réduire. La synthèse de l'analyse est formalisée.	Service Compétent en Radioprotection
Niveau 3 Activité à enjeu radiologique fort	Analyse d'optimisation approfondie, élaborée sous la responsabilité du service compétent en radioprotection en collaboration avec le métier, permettant d'identifier les éléments contribuant à la dose et les moyens de la réduire. L'origine des débits de dose est précisée, les actions de radioprotection sont quantifiées. L'ensemble de l'analyse est formalisée.	Instance Radioprotection décisionnelle de niveau Direction

RÉPARTITION MOYENNE DES CHANTIERS SUR UNE ANNÉE

ARRÊT DE TRANCHE ET TRANCHE EN MARCHÉ



Enjeu radiologique

- niveau 0 très faible
- niveau 1 faible
- niveau 2 significatif
- niveau 3 fort

8.3.3 ÉVALUATION DOSIMÉTRIQUE PRÉVISIONNELLE INITIALE (EDPI)

Toute activité en zone contrôlée fait l'objet d'une **évaluation dosimétrique prévisionnelle initiale** en termes de :

- dose collective,
- dose individuelle moyenne par spécialité ou par poste de travail.

Cette évaluation prévisionnelle de dose est établie à partir des données suivantes :

- REX des interventions similaires à celles composant l'activité,
- débits de dose aux postes de travail, issus de la cartographie,
- volumes de travail exposé (nombre d'heures prévues au poste de travail exposant), procédés et organisation,
- logistique associée,
- contraintes d'environnement : accès, espace, éclairage...

8.3.4 CLASSEMENT DES ACTIVITÉS

Selon l'enjeu radiologique, les activités sont réparties en 4 niveaux : très faible, faible, significatif et fort.

Le classement des activités dans les niveaux d'enjeu radiologique est effectué a minima selon les critères radiologiques suivants :

- risque d'exposition externe
 - › dose collective,
 - › débit de dose équivalente,
- risque d'exposition interne et risque de dispersion de la contamination.

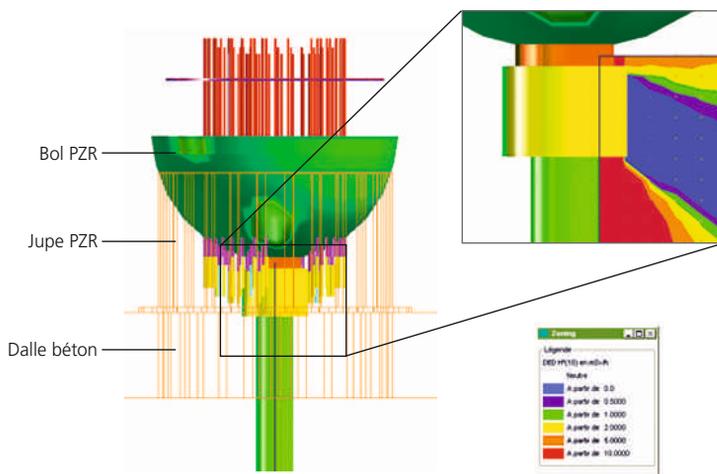
Seuils pour le classement des activités

ENJEU RADIOLOGIQUE DE L'ACTIVITÉ	Niveau 0 Très faible	Niveau 1 Faible	Niveau 2 Significatif	Niveau 3 Fort
Dose collective (homme.mSv)	< 1	1 à 10	10 à 20	> 20
Débit d'équivalent de dose (mSv/h)	< 0,1	0,1 à 2	2 à 40	> 40
Risque de contamination*	NC 0	NC 1	NC 2	NC 3

*Voir tableau au paragraphe 3.2

Le logiciel Panthère est un code de calcul qui permet, sur la base d'un modèle géométrique et radiologique, de déterminer les débits d'équivalent de dose en tout point du modèle et de connaître la contribution des sources environnantes. Cet outil est utilisé dans de nombreux domaines à la DPN : transport de classe 7 (détermination du débit d'équivalent de dose à différentes distances du colis, dimensionnement de protections biologiques), déchets radioactifs (détermination de fonctions de transfert permettant de remonter à l'activité de chaque radionucléide à partir d'une mesure de DED), chantiers de maintenance (analyse d'optimisation, etc.) et parfois en cas d'accident (perte de source de tir radiographique, corps migrants, etc.).

Pour des interventions dans des locaux complexes où les sources sont multiples, les études réalisées à l'aide du logiciel Panthère apportent une aide au préparateur pour choisir entre les différentes actions de prévention possibles.



Vue Panthère : calcul d'efficacité de la protection biologique spécifique historique du chantier de remplacement des cannes chauffantes PZR

Le logiciel Panthère modélise le local et les sources présentes.

Il détermine la contribution de chaque source au débit de dose au niveau du poste de travail.

Il fournit des éléments pour réaliser l'analyse coût-bénéfice.

8.3.5 OPTIMISATION DE LA RADIOPROTECTION DE L'ACTIVITÉ

Le principe d'**optimisation** se traduit par la recherche de trois objectifs :

- réduire l'exposition externe,
- éviter sinon réduire le risque d'exposition interne,
- réduire le risque de dispersion de la contamination quand elle existe.

Cette démarche permet, à partir de l'évaluation dosimétrique prévisionnelle initiale :

- d'identifier et de quantifier les actions de protection possibles,
- de retenir celles qui sont compatibles avec les ressources disponibles.

Exemples d'actions de radioprotection

1. ACTION SUR LES SOURCES

Décontamination

Configuration des circuits :

- › mise en eau
- › rinçage

Retrait d'un élément de matériel très irradiant

Autre

2. PROTECTIONS

Protections biologiques intégrées à l'outillage

Contre la contamination :

- › boîte à gants
- › sas
- › intégrées à l'outillage
- › confinement statique
- › confinement dynamique
- › aspersion et exhaures

Protections individuelles

3. AMÉNAGEMENT DU POSTE DE TRAVAIL

Structures adéquates (échafaudages)

Accès facilités

Eclairage suffisant

Aire de dépose, d'affranchissement

Propreté et rangement du poste de travail

4. PRÉPARATION DU TRAVAIL

Procédure générale adaptée :

- › mode opératoire
- › outillage
- › pièces de rechange
- › nombre d'opérateurs

Procédure de radioprotection adaptée :

- › protections collectives
- › protections individuelles
- › gestion des déchets

Permis et autorisations prévus

Régime de consignation adapté

5. PLANIFICATION DU TRAVAIL

L'activité est-elle bien calée au planning ?

Y a-t-il des interférences avec d'autres chantiers ?

Si oui, lesquels ?

Les niveaux d'eau optimisent-ils les doses ?

6. ORGANISATION DU TRAVAIL

L'activité doit-elle être réalisée en totalité en zone irradiante ?

Nombre d'opérateurs justifié

Répartition des tâches optimale

Mise à distance de certains opérateurs

Le processus utilisé est-il optimal ?

Gestion des déchets adaptée ?

Y a-t-il des problèmes de sécurité conventionnelle qui interfèrent avec la radioprotection ?

7. OUTILLAGE

Outillage adapté

Outillage spécialisé pour diminuer les doses

EXEMPLE DE RÉGIME DE TRAVAIL RADIOLOGIQUE



CONTENU DU RÉGIME DE TRAVAIL RADIOLOGIQUE

Il explicite les données radiologiques du chantier et les exigences qui s'y appliquent, notamment :

- l'identification des acteurs (préparateur, chargé de travaux),
- les évaluations prévisionnelles dosimétriques (dose individuelle moyenne et dose collective),
- les débits d'équivalent de dose prévus,
- les actions de radioprotection collectives et individuelles notamment la pose de protections biologiques, la décontamination,
- la conduite à tenir en cas d'atteinte d'un seuil préétabli (niveaux de dose collective, débits d'équivalent de dose, contamination surfacique),
- les éléments à collecter pour le retour d'expérience (dosimétrie intégrée, écarts...).

CNPE DE DAMPIERRE	RÉGIME DE TRAVAIL RADIOLOGIQUE	No IZ : 17160014 Indice : 1 Code travail : 311	Feuille 1 / 3 No Act. : 1307014 Version du 23/09/2013 09:38
Validité : du 22/06/2013 au -			
NIVEAU D'ENJEU RADIOLOGIQUE	Activité : 311 Assistance habillage déshabillage chantier VP Tr1 Intervention : 311 Assistance habillage déshabillage chantier VP Tr1 Projet : 1 VP 30 2013 Activité prévue du 22/06/2013 au : N/Où/Phase : / Tranche 1 : Local : - Service/entreprise : Objet d'intervention () :		
Fort : 0 Significatif : 2 Faible : 1 Très Faible : 0			
PRÉALABLES À L'ACTIVITÉ		Rédacteur	
Le chargé de travaux s'engage à : - Contrôler la mise en oeuvre effective des actions de radioprotection prévues en préalable à l'activité - Mettre en oeuvre les actions de radioprotection prévues qui lui incombent pour réaliser l'acte - Compléter ces mesures si nécessaire et en faire part - S'assurer que le pré-job briefing est effectué		Nom : Service : Date : 05/06/2013	
INSTRUCTIONS PARTICULIÈRES		Valideur	
D.E.D. au poste de travail > mSvH ou Dose collective probable > H.mSv ⇒ SUSPENDRE l'activité ENGAGER des mesures complémentaires Si les mesures complémentaires sont insuffisantes ⇒ PREVENIR la hiérarchie et le Donneur d'ordre Dose collective reçue > 2.700 H.mSv ⇒ ARRÊTER l'activité ou Contamination en limite de chantier > 400 Bq/cm² ⇒ PREVENIR la hiérarchie et le Donneur d'ordre		Nom : Service : DAMCP Date : 13/06/2013	
CONTACT RADIO PROTECTION POUR L'ACTIVITÉ		Régime délivré à :	
Nom : Tél. : - Bp :		Nom du chargé de travaux : Service/entreprise : Vaa : Date :/...../.....	
RISQUES RADIOLOGIQUES ET ÉVALUATION DOSIMÉTRIQUE PRÉVISIONNELLE OPTIMISÉE		Régime restitué par :	
Irradiation : Extrême, Peau, Cristallin, Gamma Corps Entier Risques radiologiques : Contamination : Béta Référence des cartographies utilisées		Nom du chargé de travaux : Service/entreprise : Vaa : Date :/...../.....	
Activité globale Prévu Mesuré D.E.D. au poste de travail gamma 0.100 mSvH mSvH neutron 0.000 mSvH mSvH D.E.D. moyenné si activité diffuse 0.000 mSvH mSvH Dose collective prévue 0.700 H.mSv Effectif indicatif : Dose individuelle moy. par l'activité 0.350 mSv 2 personnes Dose individuelle moy. par jour 0.350 mSvJ		Le chargé de travaux atteste qu'il a restitué l'installation dans l'état attendu, fait part des éléments intéressants pour le REX dans la zone prévue de ce RTR.	
Éléments de l'activité (à remplir si nécessaire)			
	Prévu	Mesuré	
.....	mSvH	mSvH	

Comparaison et sélection des options

En fonction des enjeux, la comparaison et la sélection des actions sont faites en prenant notamment en compte :

- la réduction de la dose prévue pour l'intervention,
- l'augmentation de la dose prévue pour réaliser les actions de prévention comme la pose de matelas de plomb par exemple,
- le coût des actions de prévention.

8.3.6 ÉVALUATION DOSIMÉTRIQUE PRÉVISIONNELLE OPTIMISÉE (EDPO)

À l'issue de la démarche d'optimisation, des doses prévisionnelles sont déterminées pour l'activité en termes de dose collective et de dose individuelle moyenne par spécialité (ou par poste de travail).

Pour les quatre niveaux (très faible, faible, significatif et fort), les évaluations dosimétriques prévisionnelles optimisées individuelle et collective sont formalisées et portées à la connaissance des intervenants par leur employeur.

8.3.7 PRINCIPE DE VALIDATION

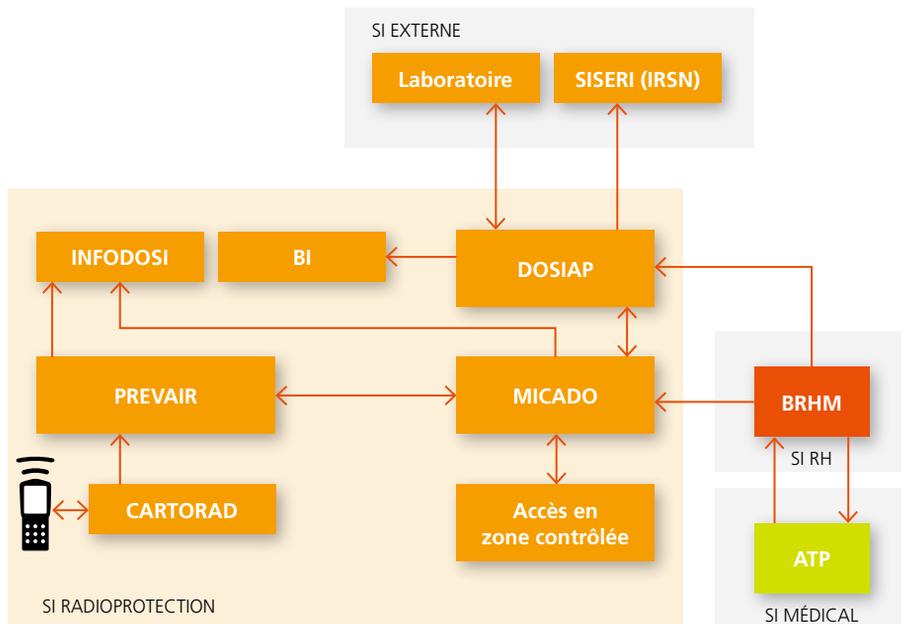
L'analyse et les évaluations de doses prévisionnelles optimisées des activités conçues par le CNPE sont validées soit par :

- le métier pour les niveaux à enjeux très faible et faible,
- le service compétent en radioprotection pour le niveau à enjeu significatif,
- une instance radioprotection (comité ALARA ou équivalent, validation de niveau direction) pour le niveau à enjeu fort.

8.3.8 DOCUMENT RADIOPROTECTION : LE RÉGIME DE TRAVAIL RADIOLOGIQUE (RTR)

Pour toute activité en zone contrôlée, un document regroupe et présente les résultats de l'analyse de risques RP directement applicables ou contrôlables par le chargé de travaux. Il fait partie du dossier d'intervention.

SCHÉMA DU SYSTÈME D'INFORMATION DE LA RADIOPROTECTION



8.3.9 SYSTÈME D'INFORMATION DE LA RADIOPROTECTION

La préparation des interventions est réalisée avec l'aide du système d'information de la radioprotection présenté ci-contre.

L'Évaluation Dosimétrique Prévisionnelle (EDP) et son optimisation se font avec l'outil « PREVAIR » en s'appuyant sur les informations disponibles :

- dans le système de gestion de la maintenance,
- dans l'application « CARTORAD » qui gère les cartographies des locaux,
- dans les modules « INFODOSI » et « BI » qui permettent d'analyser l'historique dosimétrique.

A l'entrée en zone contrôlée, le module « MICADO » autorise l'entrée de l'intervenant si la somme de sa dose individuelle au cours des 12 derniers mois et du seuil d'alarme en dose intégrée du dosimètre est inférieure aux seuils d'alerte. Il charge dans le dosimètre de l'intervenant les seuils d'alarme (dose et débit d'équivalent de dose) calculés automatiquement par le système d'information.

Lors de la sortie de zone contrôlée, « MICADO » lit la dose mesurée par le dosimètre et met à jour le cumul de dose de l'intervenant dans DOSIAP, et l'historique dosimétrique de l'intervention dans « PREVAIR » pour le suivi et la constitution du REX.

AFFICHAGE À L'ENTRÉE DES CHANTIERS

PANNEAU DE CHANTIER				
RISQUES				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chute	Trébuchement	Glissade	Chute d'objet	Projection
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mécanique	Manutention	Vapeur	Électrique	Chaleur
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bruit	Incendie	Aim. Explosive	Inflammable	Éclairage
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Anoxie	Corrosif	Toxique	Biologique	Amanite
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Irradiation	Jaune	Orange	Rouge	Noir
<input type="checkbox"/>	Si le pictogramme "Risque de contamination" est coché, il est nécessaire de remplir le panneau "Chantier à risque de contamination"			
<input type="checkbox"/>	Contamination			
Mat. RP : Balise <input type="checkbox"/> Autre(s) <input type="checkbox"/>				
Risques particuliers				
Local <input type="text"/>				
Chantier <input type="text"/>				
Du <input type="text"/>				
Au* <input type="text"/>				
Ref PdP <input type="text"/>				
Chargé de travaux				
Nom / Prénom <input type="text"/>				
Entreprise <input type="text"/>				
Téléphone / Bip <input type="text"/>				
Correspondant EDF				
Nom / Prénom <input type="text"/>				
Service <input type="text"/>				
Téléphone / Bip <input type="text"/>				
* Date indicative				
PRESCRIPTIONS				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>
Lunettes	Bottes	Manutention	Bâillon	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>
Coupes	Prod. Chimique	Gilet de sauvetage	Anti-Bruit	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>
Masque	Ecran	Heaume	ARI	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>
Harnais	Extincteur	Éclairage	Explosimètre	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>
Oxygène	Radomètre	Contaminante	Contamination	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>
TcV	Tenue anti-acide	Panoplie électricien	Visium de protection	<input type="checkbox"/>
Prescriptions particulières				
Tout nouveau chantier nécessite la révision en commun des Plans de Prévention existants				
Cachez les cases des pictogrammes de Risques et de Prescriptions qui s'appliquent au chantier.				

EXEMPLE D'AFFICHAGE COMPLÉMENTAIRE (EN CAS DE RISQUE DE CONTAMINATION) SUR LE CNPE DE SAINT-LAURENT

CONDITIONS D'ACCES			
CHANTIER / LOCAL:			
DATE:	NOM:	VISA:	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Contamination Surfactive ou contamination atmosphérique			
DE D ambiant:	mSvh	<input type="checkbox"/>	ZO
DE D max point chaud:	mSvh	<input type="checkbox"/>	ZR
		<input type="checkbox"/>	Contamination atmosphérique:
		<input type="checkbox"/>	oui
		<input type="checkbox"/>	non
Port des E.P. en fonction du niveau de contamination			
de 4 à 100 Bq/cm ²	de 100 à 400 Bq/cm ² et/ou ouverture de circuit contaminant < DNB0.	> 400 Bq/cm ² et/ou ouverture de circuit contaminant > DNB0 et/ou contamination atmosphérique	
<input type="checkbox"/> surbottes	Tenue Papier + surbottes	<input type="checkbox"/> Tenue Papier + surbottes	<input type="checkbox"/> Tenue Papier + surbottes
<input type="checkbox"/> Gants	+ gants + masque FFP3	+ gants	+ gants
		+ Heaume vertils	
		<input type="checkbox"/> Tenue Papier + surbottes + gants + ARI	

8.4 RÉALISATION DES TRAVAUX EN ZONE CONTRÔLÉE

8.4.1 AVANT LES TRAVAUX

Le chargé de travaux, en charge de la radioprotection de son équipe et de son chantier :

- prend connaissance de son dossier d'intervention et donc du type de chantier en termes de risques,
- prend connaissance du Régime de Travail Radiologique (RTR) et vérifie la cohérence avec les contraintes de dose individuelle éventuelles communiquées par la PCR ou le « service compétent en radioprotection » de son entreprise pour les personnes de son équipe (comme par exemple les personnes concernées par un dossier d'étalement de dose),
- prend connaissance des actions de radioprotection retenues à l'issue de la démarche d'optimisation, et formalisée dans le RTR :
 - › les seuils d'alerte de doses collectives et de débit d'équivalent de dose au poste de travail,
 - › les protections biologiques,
 - › l'état des circuits,
 - › les moyens de récupération des effluents.
- compare les conditions radiologiques réelles (débit d'équivalent de dose ambiant dans la zone de travail, niveau de contamination surfacique de la zone de travail et du sol) avec les conditions prévues dans le RTR, lors de la préparation,
- reporte la valeur du débit d'équivalent de dose ambiant qu'il a contrôlé sur la première page du RTR. Si cette valeur dépasse le critère de suspension, éventuellement indiqué sur cette page, il suspend l'activité et prend contact avec le SCR.

EXEMPLES DE CRITÈRES D'APPEL DU SERVICE COMPÉTENT EN RADIOPROTECTION

Critère d'appel	Pour quoi faire ?
Lors de la phase d'évaluation dosimétrique et d'optimisation des chantiers de niveau d'enjeu radiologique 2 et 3	Valider l'analyse d'optimisation et l'EDPO
A l'ouverture et à la fermeture des chantiers de niveau d'enjeu radiologique 2 et 3 pour lesquels l'analyse de risques le précise	Valider, contrôler, régler, mettre en service, retirer le matériel RP
Lorsqu'il existe un écart par rapport aux hypothèses définies dans l'analyse de risques, soit : o une dose collective reçue dépassant de plus de 20 % et 2 H.mSv la dernière prévision (EDPO) o un niveau d'enjeu radiologique de chantier modifié	Actualiser les actions de radioprotection. Valider la nouvelle analyse d'optimisation et EDPO. Si nécessaire déclarer l'écart
Lorsque le débit de dose au poste de travail atteint ou est susceptible d'atteindre 2 mSv/h et qu'il n'a pas été pris en compte dans l'analyse de risques	Actualiser les actions de radioprotection. Valider la nouvelle analyse d'optimisation et EDPO
Lorsque la contamination surfacique est importante en limite de chantier et qu'elle n'a pas été prise en compte dans l'analyse de risques	Idem
Lors de la découverte d'un point irradiant supérieur à 2 mSv/h au contact et non pris en compte pendant la préparation du chantier	Poser une signalisation, actualiser les actions de radioprotection
Pour la réalisation de mesures de contamination volumique, de débit de dose à distance (sauf pour les activités spécifiques dont les mesures font l'objet du métier), de débit de dose en zone rouge, de mesures neutron ou alpha	Définir et réaliser les mesures
Pour accéder à des zones orange ou rouges	Viser l'autorisation d'accès
Pour reclasser ou déclasser (radiologique ou propreté) un local	Seul le SCR est habilité à modifier le classement radiologique
Pour accéder dans des locaux nécessitant un reclassement au titre de la Radioprotection et/ou de la propreté radiologique	Idem
Sur apparition d'une alarme de dosimètre individuel, de balises de surveillance de chantier, de balise de surveillance globale ou de perte du confinement dynamique	Analyser la situation, réaliser des mesures, actualiser les actions de radioprotection
Lors de la détection de contamination d'un intervenant aux portiques en sortie de ZC (C1, C2 et C3) selon le mode opératoire local correspondant	Prendre en charge l'intervenant et le transférer si nécessaire au service de santé au travail
Pour contrôler la propreté des matériels avant sortie de ZC et après que le chargé de travaux ait réalisé les premiers contrôles en sortie de chantier	Réaliser ou faire réaliser les mesures DI 82
Lors d'une procédure exceptionnelle de chantier fortuit définie à risques pendant toute la phase de préparation et toute ou partie de la réalisation du chantier	Valider ou définir les actions de radioprotection, réaliser des mesures
Lorsqu'un arbitrage dans le domaine prévention des risques est nécessaire entre le chargé de travaux, le personnel de logistique et le préparateur	Arbitrer

8.4.2 PENDANT LES TRAVAUX

Le **chargé de travaux** contrôle son chantier :

- il met en et hors service certains appareils de chantier (déprimogène) en début et fin de travaux,
- il vérifie le bon fonctionnement des appareils,
- si un appareil est défaillant, il appelle le Service Compétent en Radioprotection,
- il communique aux intervenants les données de l'Évaluation Dosimétrique Prévisionnelle Optimisée (EDPO),
- il communique aux intervenants les conditions de chantier (tenue particulière par exemple, ainsi que les informations du Plan de Prévention (PdP),
- il fait appliquer les règles édictées,
- il contrôle périodiquement (à chaque intervention de chantier et sur les phases particulières) les conditions radiologiques (contrôle du débit d'équivalent de dose et dépistage de contamination surfacique de la zone de travail) de son chantier pour vérifier la cohérence avec la préparation,
- il fait appel au Service Compétent en Radioprotection pour des mesures particulières (contamination volumique, mesures précises de contamination surfacique - en vue de transport par exemple -, mesures alpha, débit d'équivalent de dose à distance...),
- il suit les doses reçues par les intervenants sur son chantier,
- sur alarme de chantier : il fait mettre en sécurité son chantier, évacue et applique la fiche d'alarme, balise le chantier. Il doit obtenir une autorisation pour reprendre le chantier après évacuation,
- il trie les déchets et, en cas de problème, fait appel au spécialiste déchets,
- il indique les écarts de radioprotection dans son dossier, les améliorations mises en œuvre lors du chantier ou proposées pour un chantier futur.

EXEMPLE DE RÉPARTITION DES RÔLES SUR LE CHANTIER

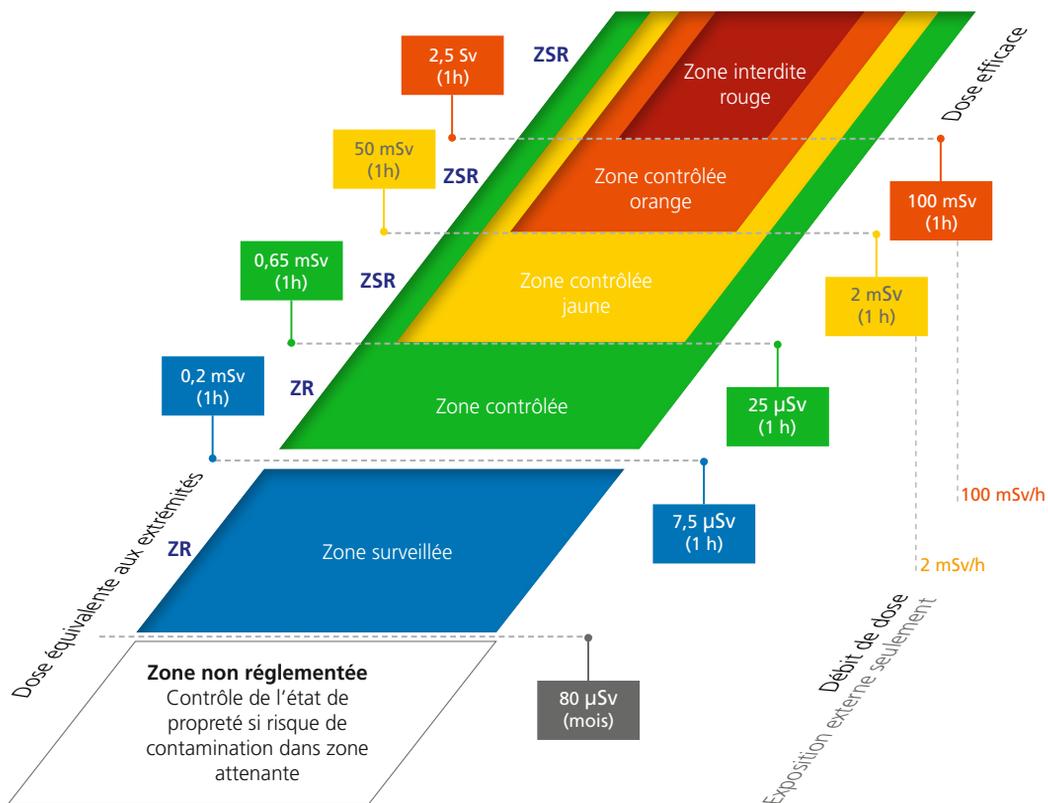
	Logistique nucléaire	Chargé de travaux	Service Compétent RP
Balise iode de surveillance globale de l'enceinte Mise en place			X
Balises aérosols de surveillance globale de l'enceinte Mise en place			X
Balise aérosols de chantier Choix de l'emplacement en fonction des contraintes environnement Mise sous tension Test de bon fonctionnement			X X X
Radiamètre Contrôle du débit de dose ambiant Vérification de la conformité avec les débits de dose prévus lors de la préparation		X X	
Balise gamma Mise en place Mise en service Test de bon fonctionnement			X X X
Radiamètre à distance / télésonde			X
Déprimogène Mise en place Mise en service Test de bon fonctionnement	X X X		
Sas, Protections biologiques Suivi quotidien	X	X	
Dépistage de contamination de la zone de travail avant le début de chantier		X	
Surveillant et/ou déshabilleur pour le port d'une protection respiratoire individuelle (heaute et tenue ventilés) S'assurer de la présence		X	

8.4.3 REPLI DE CHANTIER

Avec le concours des membres de son équipe, le **chargé de travaux** :

- évalue le niveau de contamination du matériel en sortie de chantier en réalisant un dépistage suivant les règles de propreté radiologique en vigueur sur le site. Conformément à la DI 104, la valeur de la contamination maximale attendue sur le matériel ou son emballage quittant un chantier situé en zone N1 ou N2 est fixée à 4 Bq/cm. Si le chantier est situé en zone NP, la valeur limite applicable est de 0,4 Bq/cm². En cas d'impossibilité de contrôle de très bas niveau de contamination surfacique, notamment du fait du bruit de fond, des procédures adaptées de contrôle et/ou de protection contre le risque de dispersion de la contamination (emballage du matériel) sont mises en œuvre.
- transporte ses déchets jusqu'à l'emplacement défini par le site,
- demande le retrait des moyens logistiques de prévention,
- évalue par dépistage si le local et/ou les matériels sont contaminés,
- demande leur décontamination si nécessaire,
- fait lever par le Service Compétent en Radioprotection et/ou par le donneur d'ordre, l'éventuel point d'arrêt prévu en fin de chantier,
- organise la sortie de zone des matériels en planifiant avec les contrôleurs de sortie de zone et l'organisateur des transports et manutention,
- achemine le matériel, correctement confiné, en sortie de zone pour le contrôle final de propreté,
- retire l'affichage provisoire et le balisage du chantier.

ZONES RÉGLEMENTÉES (ZR) ET ZONES SPÉCIALEMENT RÉGLEMENTÉES (ZSR) INSTALLATIONS FIXES SELON ARRÊTE ZONAGE



ATTENTION Les valeurs limites pour les doses équivalentes et la dose efficace correspondent à des «doses susceptibles d'être reçues en 1 heure» (et non à des «débits de dose» au sens propre).

8.5 MAÎTRISE DES ZONES ET PROPRIÉTÉ RADIOLOGIQUE DES INSTALLATIONS

8.5.1 ZONAGE RADIOPROTECTION

Le zonage a pour objectif de découper l'installation en zones réglementées selon des niveaux de risques d'exposition croissants des personnes susceptibles d'y travailler.

Les critères qui figurent dans l'arrêté du 15 mai 2006 dit « arrêté zonage » et rappelés ci-contre, sont complexes.

En pratique, EDF utilise une approche simplifiée basée essentiellement sur le débit d'équivalent de dose au niveau du corps entier.

Cette simplification est rendue possible :

- par le faible niveau de contamination surfacique des locaux en condition d'exploitation normale qui permet de considérer la composante de dose liée à une exposition interne (concept dit de « centrale propre ») comme négligeable vis-à-vis de l'exposition externe.
- par le balisage de **points chauds** qui permet de couvrir la prise en compte des critères en dose équivalente aux extrémités de l'arrêté.

Concrètement, les critères opératoires retenus par EDF sont ceux synthétisés p. 243.

ZONE SURVEILLÉE

« Une zone surveillée (ZS) est une zone dans laquelle les travailleurs sont susceptibles de recevoir, dans les conditions normales de travail, une dose efficace dépassant 1 mSv par an ou bien une dose équivalente dépassant un dixième de l'une des limites annuelles d'exposition fixées par la réglementation ». La valeur opérationnelle de délimitation des ZS dans les CNPE est de 0,5 μ Sv/h en moyenne.

L'accès à ces zones ne fait pas l'objet d'un contrôle d'accès particulier. Néanmoins, les travaux dans ces zones doivent être signalés au Service Compétent en Radioprotection du site. Pour tout travail en zone surveillée, les travailleurs classés A ou B doivent porter leur dosimètre passif. L'intervention en ZS de travailleurs non classés est soumise à l'autorisation de la PCR.

DÉFINITION DES ZONES DE RADIOPROTECTION SUR LES CNPE D'EDF

		Pictogramme de signalisation	Limites de débit d'équivalent de dose (DeD) ¹
Zone surveillée			0,5 µSv/h en moyenne < DeD < 7,5 µSv/h
Zone contrôlée	Verte		7,5 µSv/h ≤ DeD ≤ 25 µSv/h
	Jaune		25 µSv/h < DeD ≤ 2 mSv/h
	Orange		2 mSv/h < DeD ≤ 100 mSv/h
	Rouge		DeD > 100 mSv/h

¹ **Nota :** Le classement d'une zone est réalisé en considérant le débit d'équivalent de dose maximal susceptible d'être atteint dans des conditions normales de travail. Les conditions normales à considérer doivent intégrer les aléas raisonnablement prévisibles inhérents à l'exploitation.

ZONE CONTRÔLÉE

À partir d'un débit d'équivalent de dose ambiant de $7,5 \mu\text{Sv/h}$, les locaux sont classés en zone contrôlée (ZC). L'accès en zone contrôlée est réservé aux travailleurs classés A ou B. L'accès en ZC d'une personne non classée en catégorie A ou B est exceptionnel (pas plus de quatre fois par an). Elle doit être accompagnée par un agent habilité RP2.

La zone contrôlée est découpée en 4 zones :

↳ Zone verte

Le débit d'équivalent de dose ambiant est susceptible d'être supérieur à $7,5 \mu\text{Sv/h}$ sans jamais dépasser $25 \mu\text{Sv/h}$. Une dose de 20 mSv peut y être intégrée pour une durée de travail de 800 heures.

↳ Zone jaune

Le débit d'équivalent de dose ambiant est susceptible d'être supérieur à $25 \mu\text{Sv/h}$ sans jamais dépasser 2 mSv/h . Une dose de 20 mSv peut y être intégrée pour une durée de travail de 10 heures.



Le temps de travail dans cette zone est limité au strict nécessaire

L'accès aux zones orange et rouge est interdit à tout travailleur sous contrat d'intérim, de durée déterminée, ou de durée indéterminée « fin de chantier » si la durée de ce contrat est inférieure à 6 mois.

↳ Zone orange

Le débit d'équivalent de dose (DeD) est susceptible d'être supérieur à 2 mSv/h , mais ne dépassera jamais 100 mSv/h .



Pour pénétrer en zone orange, une autorisation nominative spéciale, visée par le donneur d'ordre et le « service compétent en radioprotection » est obligatoire.

Nota Cette disposition spécifique à EDF, qui n'est plus une exigence réglementaire (l'arrêté du 15 mai 2006 dit « arrêté zonage » demande uniquement un enregistrement nominatif des accès), est susceptible d'évoluer avec le déploiement du Système D'Information du Nucléaire.

Une zone peut être balisée « zone orange » s'il existe un risque d'évolution du DeD au delà de 2 mSv/h .

↳ Point chaud orange

Le débit d'équivalent de dose est susceptible de dépasser 2 mSv/h à proximité du point chaud (moins de 1 mètre).

POSSIBILITÉS D'ACCÈS EN ZONES SUIVANT LE CLASSEMENT DE LA PERSONNE

Type de zone	Travailleur classé A	Travailleur classé B	Non classé
ZS	oui	oui	Transit non répétitif Intervention exceptionnelle ⁽¹⁾
ZC verte	oui	oui	Exceptionnel ⁽²⁾
ZC jaune	oui	oui	Exceptionnel ⁽²⁾
ZC orange ⁽³⁾	Soumis à autorisation SCR	Soumis à autorisation SCR ⁽⁵⁾	non
ZC rouge ⁽³⁾	Interdit ⁽⁶⁾ sauf autorisation Directeur d'unité ou délégataire et autorisation de l'employeur pour les prestataires	Interdit ⁽⁶⁾ sauf autorisation Directeur d'unité ou délégataire et autorisation de l'employeur pour les prestataires ⁽⁵⁾	non
Zone contaminée ⁽⁴⁾	oui	oui	non

- (1) Les interventions ou travaux dans ces zones doivent rester exceptionnels et soumis à l'autorisation d'une Personne Compétente en Radioprotection (PCR).
- (2) Personne non classée : l'accès dans ces zones doit rester exceptionnel et est limité à 4 fois par année glissante. Au-delà il est soumis à l'autorisation du Directeur d'Unité ou de son délégataire.
- (3) Accès interdit pour les intervenants CDD, intérimaires, sous contrat à durée de chantier dont l'ancienneté dans l'entreprise est inférieure à 6 mois.
- (4) Zone qui nécessite des protections complémentaires comme : les sur-tenues papier, les surbottes...
- (5) La justification des accès des travailleurs de catégorie B doit prendre en compte la limite annuelle de dose liée au classement (soit 6 mSv).
- (6) La zone rouge est une zone fermée par double condamnation (arrêté du 15 mai 2006 et référentiel EDF).

↳ Zone rouge

Le débit d'équivalent de dose est susceptible d'être supérieur à 100 mSv/h. Le risque radiologique est tel qu'une dose de 20 mSv peut y être atteinte en moins de 12 minutes.

L'accès en est interdit par une barrière physique. Les portes (ou tout autre moyen d'accès) sont fermées par double condamnation. La procédure d'accès est strictement réglementée.

Les rares interventions dans ces zones sont programmées : soit lorsque le risque radiologique est le plus faible, soit lorsque la zone peut être déclassée, sinon en limitant au maximum le temps de présence de l'intervenant.

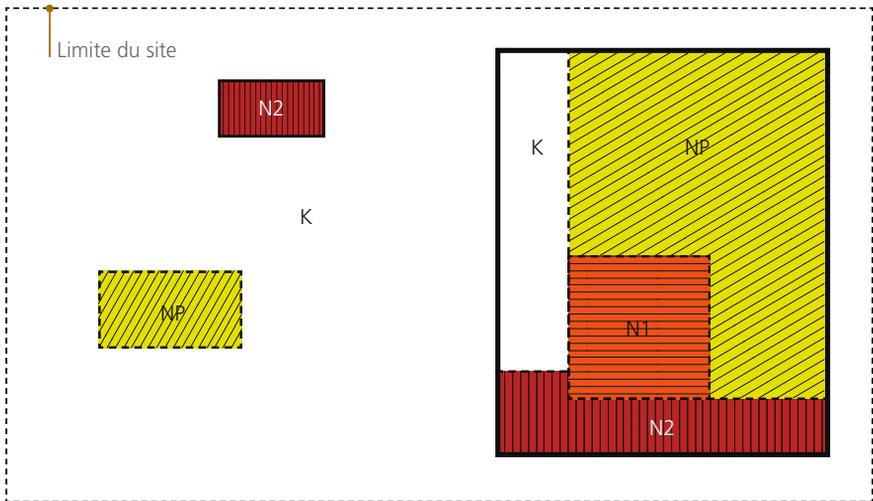


Pour pénétrer en zone rouge, une autorisation nominative spéciale, visée par le donneur d'ordre, le « service compétent en radioprotection », et le chef d'établissement est obligatoire.

↳ Point chaud rouge

Le débit d'équivalent de dose est susceptible de dépasser 100 mSv/h à proximité du point chaud (moins de 1 mètre).

DÉFINITION DES ZONES PROPRETÉ / DÉCHETS



Une aire extérieure contaminée ou pouvant l'être est classée NP ou N2.

STANDARD DE SIGNALISATION

**Zone
Déchets
Conventionnels**

Local propre :



**Zone
Déchets
Nucléaires**

Classe de propreté :



**Zone
Déchets
Nucléaires**

Classe de propreté :



**Zone
Déchets
Nucléaires**

Classe de propreté :



8.5.2 ZONAGE PROPRETÉ/DÉCHETS : LA DIRECTIVE 104

Dans le domaine des déchets, la réglementation impose de définir les zones où les déchets produits sont conventionnels, c'est-à-dire évacuables dans des filières classiques, et les zones où les déchets produits sont nucléaires, c'est-à-dire évacuables dans des filières spécialisées (centres de stockage des déchets très faiblement ou faiblement actifs généralement).

Dans les centrales EDF, les **zones à déchets conventionnels** sont repérées par la lettre K. En zone contrôlée, il est possible de classer quelques zones K. Il faut pour cela démontrer à l'Autorité de Sûreté Nucléaire que l'on peut garantir l'absence de contamination dans la durée (contamination non fixée $< 0,4 \text{ Bq/cm}^2$).

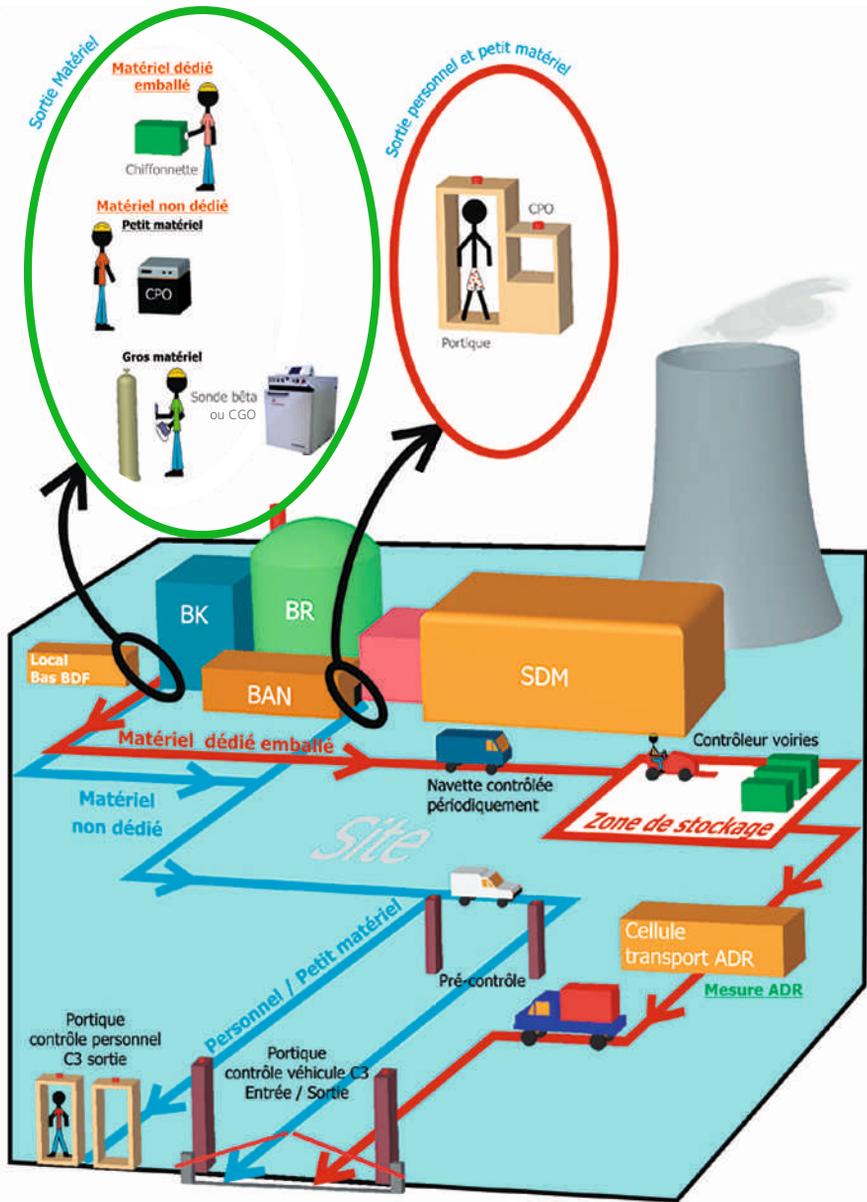
Le reste de la zone contrôlée est composée de **zones à déchets nucléaires** repérées par la lettre N. Pour maîtriser la dispersion de la contamination des sources de contamination venant des circuits véhiculant les fluides contaminés vers les zones propres, EDF a décidé de classer les différents locaux en trois niveaux de **propreté** :

- locaux nucléaires propres (NP) lorsque la contamination non fixée est inférieure à $0,4 \text{ Bq/cm}^2$,
- locaux nucléaires faiblement contaminés (N1) lorsque la contamination non fixée est inférieure à 4 Bq/cm^2 ,
- locaux nucléaires contaminés (N2) lorsque la contamination non fixée est supérieure à 4 Bq/cm^2 .

Les frontières entre les zones sont identifiées par un affichage spécifique et matérialisées par un « saut de zone ». Les consignes pour traverser la frontière visent à éviter la dispersion de la contamination (contrôle d'absence de contamination non fixée et emballage ou décontamination du matériel, contrôle des personnes - en particulier des pieds - et pose ou retrait de surbottes).

La reconquête progressive de la propreté des zones contrôlées décidée par la Direction de la Division Production Nucléaire se traduit par un programme de nettoyage associé à un contrôle périodique de la propreté des zones. Il vise à réduire le nombre de locaux classés N2 et à tendre vers un classement NP de la majorité des locaux de zone contrôlée hors bâtiment réacteur.

PRINCIPE DE LA DIRECTIVE 82
LIGNES DE DÉFENSE ET CONTRÔLES RADIOLOGIQUES ASSOCIÉS



8.5.3 SURVEILLANCE DE LA CONTAMINATION HORS ZONE CONTRÔLÉE (DIRECTIVE 82)

L'objectif de la Directive 82 (DI 82) est d'éviter la **dispersion de la contamination** due aux matériels utilisés en zone contrôlée.

L'organisation mise en place en respect de cette Directive vise à :

- garantir la **propreté radiologique** des matériels sortant de zone contrôlée,
- garantir l'absence de contamination des matériels retournant dans le domaine public, par des précautions particulières pendant leur séjour en zone contrôlée et un contrôle très fin lors de leur sortie,
- limiter au strict nécessaire les entrées de matériel en zone contrôlée ainsi que leur sortie.

Le principe est de créer des lignes de défense avec des contrôles radiologiques au niveau de la sortie de zone contrôlée et aux limites du site.

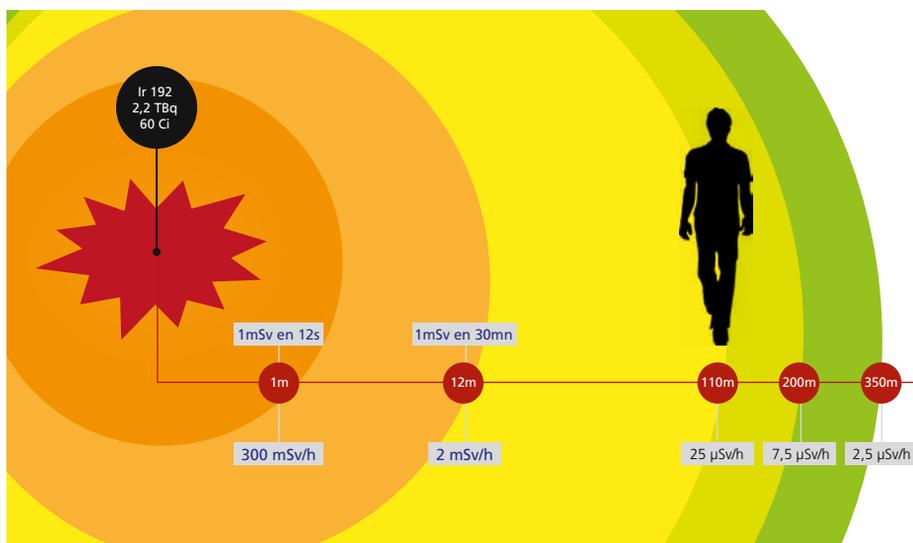
Dans le cas général, les matériels utilisés en zone contrôlée sont destinés à se déplacer d'une zone contrôlée vers une autre zone contrôlée ou vers une installation autorisée à recevoir des matières radioactives. Ils sont alors appelés « matériels dédiés ». Ces matériels doivent obligatoirement être emballés (caisse, housse, vinyle, emballage spécifique) avant de sortir de la zone contrôlée. En sortie de zone contrôlée, la contamination non fixée sur toutes les surfaces externes des emballages est systématiquement contrôlée et doit être inférieure à $0,4 \text{ Bq/cm}^2$. Ainsi, pendant la présence de ces matériels hors de la zone contrôlée, l'absence de contamination est garantie.

Des matériels peuvent retourner dans le domaine public après un séjour en zone contrôlée. Il s'agit par exemple d'outillages spéciaux, de bouteilles de gaz ou de documents. Ils sont appelés « matériels non dédiés ». Des précautions particulières sont prises pour éviter de mettre ces matériels en présence de contamination, dans la zone contrôlée. Les contrôles en sortie de zone contrôlée permettent de s'assurer que la contamination fixée et non fixée sur toutes les surfaces de ces matériels, est inférieure à $0,4 \text{ Bq/cm}^2$ et que la variation du débit de dose par rapport au bruit de fond de l'installation ne dépasse pas 50 nSv/h à 10 cm de ces matériels.

Les « matériels dédiés » quittant le site, doivent être emballés et contrôlés conformément à la réglementation des transports. Lors de la sortie de la zone contrôlée de ces matériels quittant le site, si la limite de $0,4 \text{ Bq/cm}^2$ de la contamination non fixée sur les surfaces externes de l'emballage ne peut pas être atteinte, la limite de la réglementation des transports, c'est à dire 4 Bq/cm^2 , est autorisée.

En sortie des limites du site, les véhicules sont contrôlés systématiquement (à l'exception de ceux chargés avec des « matériels dédiés ») pour détecter la présence éventuelle d'une source.

EXEMPLE D'IMPACT D'UNE SOURCE DE HAUTE ACTIVITÉ (SHA)



Signal vert : Le projecteur est en position de stockage, la source rentrée et l'appareil verrouillé



Signal jaune : le projecteur est sur le chantier, la source rentrée et l'appareil déverrouillé par sa clé de sécurité



Signal rouge : l'exposition peut être réalisée, l'obturateur est ouvert après action sur le loquet d'armement prévu à cet effet, la source est éjectée ou prête à être éjectée.



Signal rouge, point blanc : en phase d'incident, la rentrée du porte-source est incomplète.



8.6 CONTROLES RADIOGRAPHIQUES INDUSTRIELS

La radiographie industrielle nécessite d'utiliser des sources radioactives de haute activité afin de pouvoir réaliser une image (film) des défauts éventuels du matériel à contrôler.

L'exposition accidentelle d'une personne à 1 mètre de certaines des sources utilisées induirait une dose supérieure à la limite annuelle réglementaire « pour le public » en quelques secondes.

Une grande vigilance doit être observée vis-à-vis de ce risque. Les règles strictes à respecter pour éviter les incidents portent sur :

- une gestion rigoureuse des sources,
- une analyse des co-activités et une coordination permettant une planification judicieuse de toutes les activités afin de limiter les interférences,
- l'application stricte de procédures pour la mise en œuvre des appareils contenant les sources,
- un balisage des zones d'opération visible et bien respecté par toutes les personnes présentes dans l'installation.

8.6.1 GESTION DES SOURCES

Un local source conforme à la réglementation permet le stockage de toutes les sources sous contrôle du Service Compétent en Radioprotection.

Ce service contrôle les registres des mouvements de sources, s'assure de la conformité des conditions de stockage, de leur inventaire physique, établit tous les documents nécessaires aux transferts de sources intra et extra-muros et autorise les mouvements.

EXEMPLE DE PANNEAU, A L'ENTREE DE SITE, INFORMANT DU PROGRAMME DE TIRS



photos © EDF Gérard CORDIER

8.6.2 COORDINATION, PLANIFICATION, CELLULE «TIR RADIO»

Une **cellule « tir radio »** est mise en place sur les arrêts de tranches. Elle coordonne et supervise l'ensemble de l'activité de contrôle radiographique. Elle assure notamment l'interface entre les différents acteurs.

Outre le coordinateur, elle est composée d'un ou plusieurs superviseurs présents sur le terrain pour aider le radiologue en début de tir.

La préparation minutieuse des programmes de tir, notamment sur les risques de co-activités, débouche sur une planification fine de ces activités.

Chaque opération fait l'objet d'un permis de contrôle radiographique, validé et visé en réunion de tir, par les services concernés, a minima le service donneur d'ordre, le projet concerné, le Service Compétent en Radioprotection et le représentant de l'entreprise de radiographie. L'accord « Exploitant » est donné en début de poste après un dialogue avec le radiologue.

Les programmes de tir sont portés à la connaissance de toutes les personnes susceptibles d'intervenir dans cette zone par voie d'affichage.

8.6.3 MISE EN ŒUVRE DES APPAREILS CONTENANT DES SOURCES

La manipulation des sources, permettant d'effectuer les contrôles radiographiques, est réalisée par des professionnels qui doivent être titulaires d'un Certificat d'Aptitude à la Manipulation d'Appareils de Radioscopie et de radiographie Industrielle (CAMARI) et ayant réussi un examen des connaissances portant sur la maîtrise des risques liés à la mise en œuvre de sources radioactives.

Le projecteur (gammagraphe) contenant la source constitue un écran suffisant pour garantir la protection des intervenants pendant le transport de la source et toute la préparation du tir. La source est maintenue en position de sécurité à l'intérieur du projecteur avant et après le tir proprement dit.

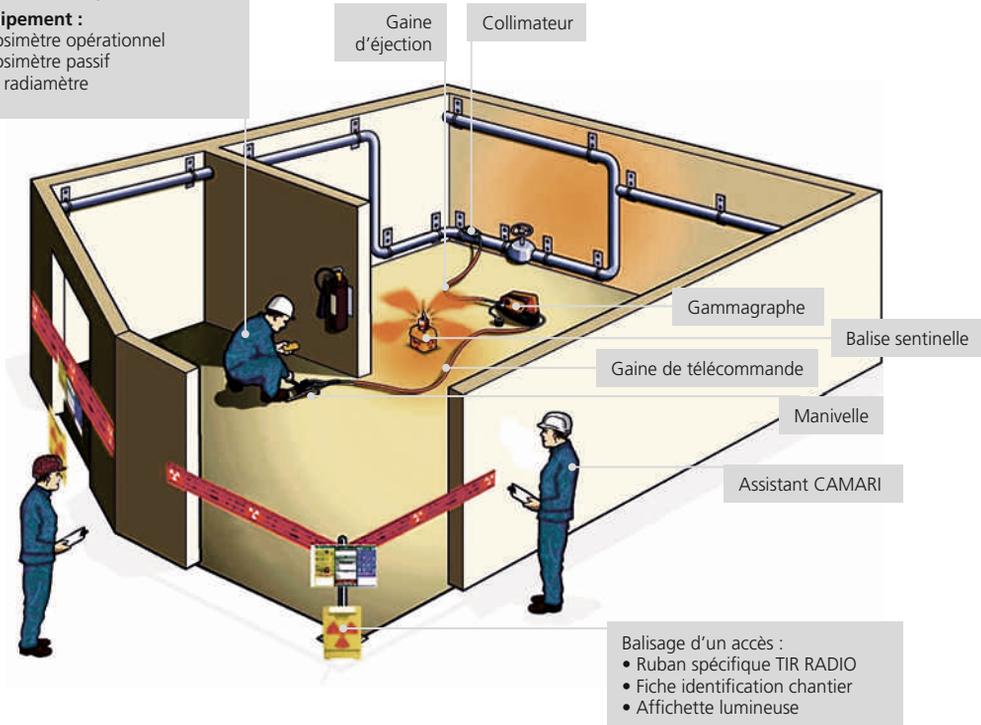
La mise en position de la source, pour effectuer le contrôle du matériel, ainsi que son retrait sont pilotés à distance (télécommande) par l'opérateur radiologue. Des mesures, avec un radiamètre, sont effectuées par le radiologue pour s'assurer que la source est bien à l'intérieur du projecteur avant que quiconque ne s'en approche, une fois le contrôle terminé.

BALISAGE DE LA ZONE D'OPÉRATION

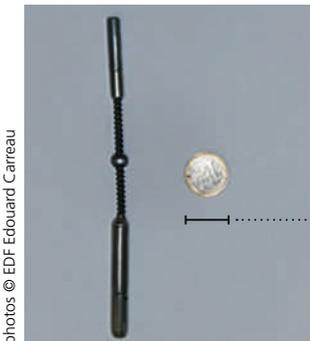
Personnel titulaire du CAMARI, effectuant une éjection de source.

Équipement :

1 dosimètre opérationnel
1 dosimètre passif
et 1 radiamètre



VUE D'UNE SOURCE DANS SON « PORTE SOURCE »



Si un tel objet, en tout ou partie, est aperçu, il est formellement interdit de le ramasser. L'objet doit être signalé et le service compétent en radioprotection doit immédiatement être informé.

Pièce de 1 euro

8.6.4 BALISAGE DE LA ZONE D'OPÉRATION

Selon les caractéristiques de la source utilisée, une zone d'opération (zone contrôlée) doit être délimitée et chacun des accès doit être balisé afin d'éviter tout franchissement par inadvertance :

- ruban spécifique « Contrôle radiographique Franchissement interdit »,
- affichettes lumineuses à éclat.

Une balise sentinelle (gyrophare), asservie au débit d'équivalent de dose, est positionnée à proximité de la pièce à contrôler. Elle signale l'émission des rayonnements ionisants lorsque la source est sortie en position de tir.

Ces moyens sont mis en place sur le terrain et retirés sous la responsabilité de l'opérateur radiologue.

Le franchissement de ce **balisage** est interdit à toute personne étrangère à l'équipe de tir.

Si un intervenant pénètre par mégarde à l'intérieur de la zone balisée, il doit :

- sortir immédiatement de la zone balisée en s'éloignant le plus possible de la pièce contrôlée, signalée par une balise sentinelle (gyrophare),
- informer l'opérateur radiologue qui prendra les mesures nécessaires en mettant son chantier en sécurité, préviendra la personne compétente en radioprotection (PCR) de son entreprise et le service compétent en radioprotection du site. La prise en charge de l'intervenant se fera en relation avec le médecin du travail.

Si une intervention d'urgence devait avoir lieu à l'intérieur de la zone d'opération, tout intervenant doit d'abord s'adresser à l'opérateur radiologue qui interrompra le tir et autorisera l'accès selon une procédure rigoureuse, notamment après avoir mis la source en sécurité dans le gammagraphe.

QUIZ

1 Qui est responsable de la surveillance de l'exposition interne ?

- a le médecin du travail
- b le Service Compétent en Radioprotection
- c la Personne Compétente en RP de l'entreprise prestataire

2 La responsabilité du Service Compétent en Radioprotection en matière de surveillance du maintien en conformité de l'installation avec le référentiel RP ne couvre pas :

- a la réalisation de cartographies,
- b la réalisation de contrôles périodiques de la contamination,
- c le tri des déchets en zone contrôlée.

3 En matière de radioprotection, le chargé de travaux n'est pas responsable :

- a du suivi des doses reçues par les intervenants sur son chantier,
- b de l'information des intervenants concernant les protections individuelles requises par le RTR,
- c de la redéfinition des conditions d'intervention lorsque le débit d'équivalent de dose ambiant est supérieur au débit de dose attendu.

4 Laquelle de ces exigences n'est pas nécessaire pour travailler régulièrement en ZC ?

- a être habilité RP 1
- b être habilité RP 2
- c être classé A ou B

5 A quelle périodicité faut-il suivre un recyclage en radioprotection ?

- a 1 an
- b 2 ans
- c 3 ans

6 L'optimisation de la radioprotection d'une activité consiste à :

- a réduire l'exposition externe, réduire le risque d'exposition interne et de dispersion de la contamination,
- b réduire le temps d'intervention sans se préoccuper de l'évaluation dosimétrique,
- c ajouter des matelas de plomb sur les tuyauteries irradiantes sans se préoccuper des doses prévisionnelles pour leur mise en place.

7 Pour toute activité en zone contrôlée, un document regroupera et présentera les résultats de l'analyse des risques en RP, quel est ce document ?

- a le Régime de Travail Radiologique (RTR)
- b le Plan de Prévention (PdP)
- c l'évaluation Dosimétrique Prévisionnelle (EDP)

8 Quelle fourchette de valeur de débit d'équivalent de dose est-on susceptible de rencontrer en zone jaune ?

- a entre 7, 5 et 25 $\mu\text{Sv/h}$
- b entre 25 et 2 000 $\mu\text{Sv/h}$
- c entre 2 et 100 mSv/h

9 Qu'est-ce qu'un « local NP » ?

- a un local Nucléaire Propre (< 0,4 Bq/cm²)
- b un local Non Propre (> 4Bq/cm²)
- c un local Nucléaire Permanent (entre 0,4 et 4 Bq /cm²)

10 Pour éviter les incidents d'irradiation lors des activités de contrôles radiographiques, l'opérateur radiologue titulaire du CAMARI doit :

- a limiter à 2 minutes la présence des intervenants près de la source nue,
- b ramener la source en zone contrôlée dès la fin du tir,
- c baliser la zone de tir avec du ruban de couleur et des signaux lumineux à écart.

Réponse : 1a 2c 3c 4b 5c 6a 7a 8b 9a 10c



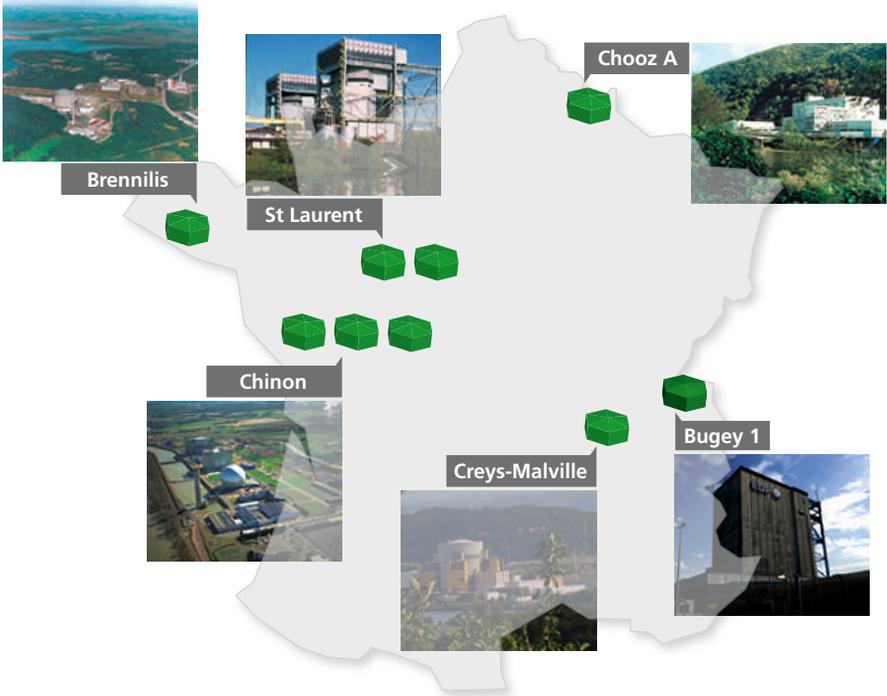
NORD

CHAPITRE 9

RADIOPROTECTION EN DÉCONSTRUCTION

9.1 Stratégie de déconstruction des réacteurs arrêtés	 265
9.2 Grandes phases techniques de la déconstruction	 267
9.3 Risques d'exposition aux rayonnements ionisants en phase de démantèlement	 267
9.3.1 La connaissance de l'état radiologique de l'installation	
9.3.2 La préparation des chantiers de démantèlement	
9.4 Utilisation de nouveaux équipements de protection individuelle (EPI)	 273
9.5 Nécessité de disposer de filières d'évacuation des déchets produits	 275

LES CENTRALES EN DÉCONSTRUCTION



PROGRAMME DE DÉCONSTRUCTION DES DIFFÉRENTES FILIÈRES DE RÉACTEURS

	Centrale	Filière	Combustible	Modérateur	Fluide Caloporteur
1 ^{re} vague du programme de déconstruction	Brennilis (ou Centrale des Monts d'Arrée ou EL4)	Eau lourde	Uranium légèrement enrichi	Eau lourde	CO ₂
	Chooz A (ou Centrale Nucléaire des Ardennes)	Eau pressurisée	Uranium enrichi ou Uranium + Plutonium	Eau	Eau
	Creys-Malville (ou Super-Phénix)	Neutrons Rapides (RNR)	Uranium naturel + Plutonium	Néant	Sodium liquide
	Bugey 1	Uranium Naturel à Graphite Gaz (UNGG)	Uranium Naturel	Graphite	CO ₂
2 ^e vague après REX Bugey 1	Saint-Laurent A1 et A2	Uranium Naturel à Graphite Gaz (UNGG)			
	Chinon A1, A2, et A3				

9.1 STRATÉGIE DE DÉCONSTRUCTION DES RÉACTEURS ARRÊTÉS

La politique d'EDF en matière de **déconstruction** était jusqu'en 2000 de réaliser, pour les centrales mises à l'arrêt, le **démantèlement** partiel et de différer le démantèlement complet à 40 ou 50 ans. Cette longue phase d'attente aurait permis de profiter de la décroissance radioactive des structures activées ou contaminées pour diminuer de manière importante la dosimétrie des opérations.

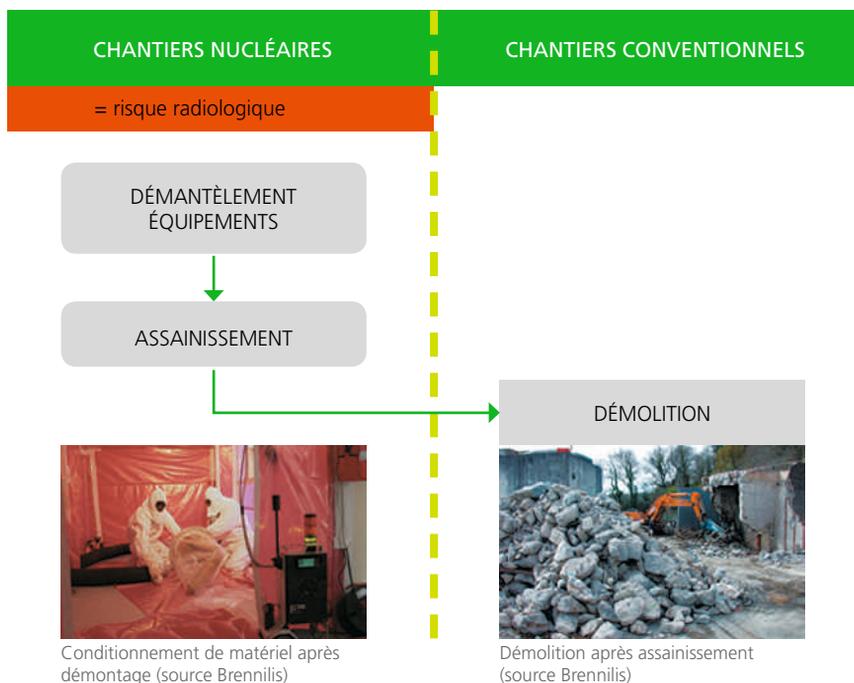
En contrepartie, cette stratégie comportait un certain nombre d'inconvénients, tels que la perte de mémoire des installations ou le vieillissement des équipements et structures, qui auraient annulé en grande partie les gains escomptés sur la dosimétrie liés à la décroissance radioactive.

Début 2001, EDF s'est donc engagé dans une nouvelle stratégie en décidant un programme de déconstruction sans phase d'attente longue avant démantèlement total. La déconstruction complète en deux vagues des centrales de première génération est prévue aux alentours de 2030. La 2^e vague est décalée de quelques années par rapport à la première afin de permettre un REX suffisant.

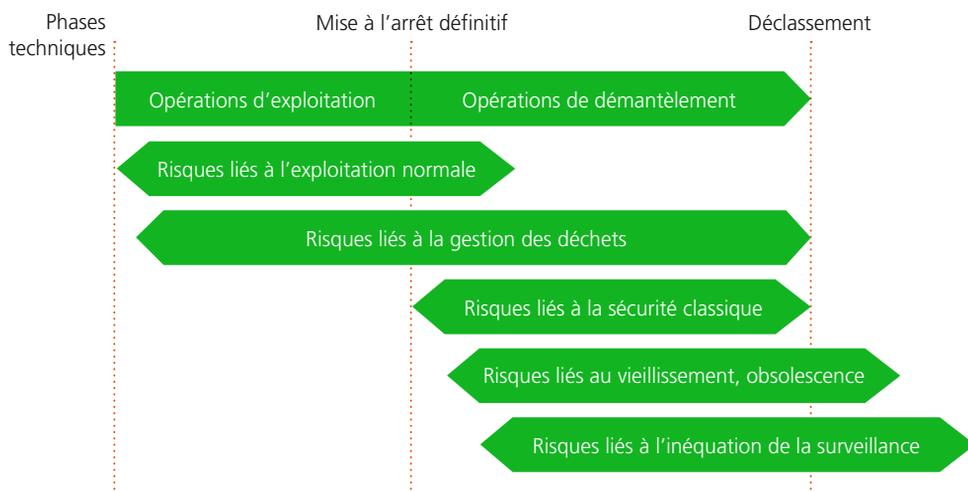
Outre la déconstruction des centrales de première génération, le programme prévoit également l'engagement du traitement des chemises graphite des combustibles UNGG actuellement entreposées dans un bâtiment spécifique à Saint-Laurent.

En adoptant cette stratégie, EDF fait le choix de démontrer sa capacité à déconstruire ses centrales nucléaires définitivement arrêtées en réalisant effectivement ce travail dans un délai raisonnable, facilement appréhendable par quiconque, à l'échelle d'une vie humaine, même si les enjeux de radioprotection sont plus importants compte tenu d'une plus faible décroissance radioactive.

PHASAGE DE PRINCIPE DE LA DÉCONSTRUCTION



ÉVOLUTION DES RISQUES EN DÉCONSTRUCTION (SOURCE ASN)



9.2 GRANDES PHASES TECHNIQUES DE LA DÉCONSTRUCTION

Une fois l'arrêt de production déclaré puis l'évacuation du combustible et des fluides radioactifs réalisée, les différentes grandes phases techniques de la déconstruction vont se succéder :

- démantèlement des matériels actifs,
- assainissement puis déclasserment des locaux,
- démolition des bâtiments.

Les risques radiologiques sont principalement rencontrés lors des chantiers de démantèlement des matériels et d'assainissement des locaux (murs et sols) ainsi que tout au long des opérations de gestion des déchets.

Après assainissement, des contrôles radiologiques sont réalisés pour vérifier le caractère conventionnel des parties restantes avant de procéder à leur déclasserment puis à leur démolition.

9.3 RISQUES D'EXPOSITION AUX RAYONNEMENTS IONISANTS EN PHASE DE DÉMANTÈLEMENT

La déconstruction d'une installation a pour objectif d'éliminer progressivement les équipements et structures présents afin d'atteindre un état final où le risque résiduel est le plus faible possible. L'installation est ainsi en évolution permanente et ce caractère évolutif nécessite une attention particulière lors de la préparation des chantiers.

Le combustible irradié et les fluides radioactifs ayant été évacués, un certain nombre de risques (neutrons, iode, ...) sont absents mais les enjeux liés à la radioprotection restent encore importants compte tenu :

- des structures activées par le flux neutronique en phase d'exploitation,
- des dépôts de produits radioactifs (produits de corrosion et d'activation, boues, ...) qui n'ont pu être éliminés lors de l'exploitation ou des opérations de mise à l'arrêt définitif,
- de la contamination des équipements et des locaux suite à des événements d'exploitation.

L'établissement d'un inventaire radiologique précis des équipements et circuits est donc une étape indispensable dans la déconstruction.

DÉMANTÈLEMENT ÉLECTROMÉCANIQUE



Source : Ciden



Démantèlement = risque d'exposition interne important pour de nombreux chantiers



Chantier de décontamination des générateurs de vapeur à Chooz-A

Source : Ciden

9.3.1 - Connaissance de l'état radiologique de l'installation

L'inventaire radiologique doit être engagé le plus tôt possible, idéalement dès la mise à l'arrêt définitif du réacteur, car les résultats de cette caractérisation :

- orientent de manière très importante la stratégie et les techniques de démantèlement à mettre en œuvre (en air, sous eau, manuel, automatique ou télé-opéré),
- permettent d'évaluer l'intérêt d'éventuelles décontaminations préalables des matériels et structures,
- permettent de définir les filières de traitement, d'évacuation et de stockage des déchets.

L'établissement de cet inventaire comprend 3 volets distincts :

- le premier est relatif à **la détermination de l'activité** des équipements et structures proches du cœur et ayant été activés par le flux neutronique ; l'utilisation de codes de calculs spécifiques est nécessaire,
- le second concerne **l'analyse d'échantillons** (carottes de béton, dépôts de produits de corrosion...) prélevés sur les structures activées ou les circuits. Les résultats obtenus (activité massique des composants ou activité déposée dans les circuits) permettent de disposer des données d'entrée nécessaires à la préparation des chantiers. Ils contribuent également soit à conforter les résultats des calculs d'activation précédents, soit à orienter de nouvelles campagnes de calculs ou de mesures,
- le troisième concerne **l'analyse de l'historique** d'exploitation des locaux pour déterminer la présence ou non de contamination (rupture de confinement, débordement, fuites...).

9.3.2 - Préparation des chantiers de démantèlement

Dans le cadre de la démarche d'optimisation et à l'instar de ce qui est réalisé en exploitation, des mesures de débit de dose et de contamination sont réalisées préalablement à chaque chantier de démantèlement afin de disposer d'un état des lieux.

Bien que les objectifs de radioprotection (minimiser la dose intégrée par les intervenants) et de propreté radiologique (garantir une non-dissémination de la contamination) soient identiques, la préparation des chantiers de démantèlement doit tenir compte de risques pouvant être différents :

A. Risque d'exposition interne plus fréquent qu'en exploitation dû à :

- des travaux (découpe, assainissement, meulage...) générant une remise en suspension importante de poussière et d'aérosols,
- la présence plus fréquente de contamination sèche car la majorité des circuits ou capacités ont été vidangés,



Découpe de tuyauteries à Chooz-A (Source : Ciden)



Extraction d'un échangeur de la cuve et sa découpe à Creys-Malville (Source : Ciden)

- une contamination en éléments émetteurs alpha parfois importante suite à des incidents sur le combustible en phase d'exploitation. Pour les tranches en démantèlement, l'arrêt depuis de nombreuses années des réacteurs conduit souvent à un rapport « émetteurs bêta-gamma/alpha » plus faible que ceux observés sur le parc REP en exploitation. La seule connaissance du niveau de contamination en éléments émetteurs bêta gamma ne permet donc pas toujours de se prémunir du risque alpha comme cela est la pratique en exploitation et l'analyse d'échantillons est souvent le seul moyen pour déterminer le niveau du risque alpha avant de débiter un chantier,
- des risques spécifiques liés à la filière du réacteur tels que la présence importante de tritium à Brennilis et Creys-Malville. Ce radionucléide, qui a la particularité de diffuser facilement à travers la peau lorsqu'il est sous forme de vapeur d'eau tritiée, peut nécessiter des protections complémentaires spécifiques (gants en néoprène-butyl...) en plus des protections habituelles (tenue ventilée) lorsque le niveau de contamination atmosphérique est très élevé comme cela a été le cas pour le démantèlement de certains circuits de la centrale de Brennilis.

B. Risque d'exposition externe de nature différente :

- un débit d'équivalent de dose très élevé, parfois supérieur au Sv/h, lorsqu'il s'agit de retirer les structures activées proches du cœur. Des techniques de démantèlement par télé-opération ou sous eau devront être mises en œuvre,
- les volumes de déchets produits sont très importants et les risques liés à leur gestion sont présents tout au long de la déconstruction. La dose collective liée à la gestion des déchets de démantèlement peut également constituer une part très importante de la dose collective,
- lorsque le débit d'équivalent de dose ambiant est faible, la durée très longue de certains chantiers (traitement de déchets, assainissement...) peut toutefois engendrer une dose collective importante qu'il est nécessaire d'optimiser,
- une dose aux extrémités qui peut être non négligeable pour certaines opérations (traitement de déchets, découpe manuelle...).

C. Dispositifs de surveillance de radioprotection (chaînes fixes) ou de protection collective (ventilation) prévus pour la phase d'exploitation peuvent avoir été modifiés ou supprimés ; la question de leur remplacement par d'autres moyens plus adaptés doit être posée avant chaque chantier.

D. Risques classiques susceptibles d'avoir des conséquences du point de vue de la radioprotection sont en permanence présents (manutention de gros composants, incendie...).

Les éléments précédents montrent que **l'analyse des risques** liés à la radioprotection et la préparation des chantiers de déconstruction doit être faite avec autant de soin qu'en exploitation.

ÉQUIPEMENT DE PROTECTION INDIVIDUELLE



TIVA®
(Source : Matisec)



Masque Phantom PPR2000®
(Source : Saint-Laurent et Brennilis)

Certains réacteurs ayant été arrêtés depuis de nombreuses années, le risque lié à la perte de mémoire de l'installation doit aussi être intégré dans l'analyse des risques. Pour les centrales les plus anciennes, des événements d'exploitation peuvent par exemple ne pas avoir été tracés.

9.4 UTILISATION DE NOUVEAUX ÉQUIPEMENTS DE PROTECTION INDIVIDUELLE (EPI)

Pour le choix des EPI il est tenu compte des contraintes et des risques classiques inhérents à leur port. Le retour d'expérience montre également que les dispositifs de prévention utilisés en sécurité classique et en radioprotection peuvent parfois être en contradiction. La prise en compte des risques classiques doit donc être intégrée dans la démarche d'optimisation de la radioprotection.

Les équipements de protection individuelle (EPI) qui peuvent être différents de ceux utilisés sur les chantiers des sites en exploitation, sont retenus après un examen objectif des avantages et inconvénients de leur mise en œuvre sur les chantiers de déconstruction. Comme pour les chantiers en exploitation, les risques d'anoxie ou de présence de gaz toxiques doivent toujours être intégrés dans l'analyse.

Afin de protéger les intervenants des risques de contamination interne, notamment en présence d'éléments émetteurs alpha, des EPI spécifiques au démantèlement ont été retenus :

- la Tenue d'Intervention Ventilée Adaptable (TIVA®). Elle permet notamment d'avoir un champ de vision élargi en phase de travail et une meilleure protection des voies respiratoires en phase de déshabillage grâce à la présence d'une cagoule à l'intérieur de la tenue,
- le masque à cartouche filtrante à ventilation assistée Phantom Protector PPR2000®. Ce masque comporte un moteur fonctionnant grâce à une batterie portée au niveau de la ceinture facilitant l'alimentation en air de l'intervenant.



Aire d'entreposage de déchets (Source : Ciden)



La gestion des déchets radioactifs = potentiellement une dose importante



Conditionnement de déchets (Source : Ciden)

9.5 NÉCESSITÉ DE DISPOSER DE FILIÈRES D'ÉVACUATION DES DÉCHETS PRODUITS

L'ampleur du programme conduira à la production de quantités importantes de déchets de divers types, et de nouvelles aires de transit sur les sites en déconstruction devront être créées afin de limiter une évacuation à flux tendu vers les centres de stockage de l'ANDRA.

De plus, il conviendra de disposer, en complément des centres existants de stockage FMA (faible et moyenne activité) et TFA (très faible activité), de filières complémentaires dont notamment :

- ↳ un stockage dédié pour le graphite,
- ↳ d'un entreposage des déchets MAVL (moyenne activité à vie longue) en attente du futur stockage profond.

Comme pour la préparation des chantiers de déconstruction, les risques liés à l'exposition aux rayonnements ionisants des opérations de traitement et d'entreposage des déchets devront être évalués avec précision et faire l'objet d'une démarche d'optimisation.

QUIZ

1 La déconstruction a pour objectif de :

- a décontaminer les circuits nucléaires,
- b d'évacuer le combustible irradié,
- c l'élimination totale d'une installation nucléaire et la complète réhabilitation du site.

2 La connaissance de l'état radiologique des installations consiste à :

- a réaliser les contrôles périodiques de zonage radiologique,
- b déterminer l'activité des structures, le niveau de contamination des circuits et locaux,
- c établir le zonage déchets.

3 L'inventaire radiologique doit être engagé :

- a au plus tôt,
- b au rayonnement neutronique provenant du réacteur,
- c aux matériaux activés et à la contamination présente dans les circuits.

4 Dans une centrale en déconstruction, le risque radiologique est dû :

- a au combustible irradié encore présent,
- b au rayonnement neutronique provenant du réacteur,
- c aux matériaux activés et à la contamination présente dans les circuits.

5 Sur les chantiers de déconstruction :

- a le risque d'exposition externe est absent car le combustible irradié a été évacué,
- b les débits de dose sont faibles et ne dépassent pas 1 mSv/h,
- c le risque d'exposition interne est fréquemment présent lors des travaux.

6 Le risque d'exposition interne en déconstruction est essentiellement dû :

- a au combustible irradié encore présent,
- b aux particules radioactives mises en suspension lors des travaux,
- c au risque iode.

7 Le risque d'exposition externe en déconstruction est présent :

- a uniquement durant les phases de travaux,
- b uniquement durant les phases de caractérisation radiologique,
- c pendant toutes les phases de démantèlement des équipements nucléaires.

8 En déconstruction, le risque d'exposition interne est dû :

- a principalement aux radionucléides émetteurs gamma,
- b au tritium,
- c à l'ensemble des radionucléides présents quel que soit le type de rayonnement.

9 Pour protéger les intervenants contre le risque d'exposition interne en déconstruction :

- a seule la tenue étanche ventilée « Mururoa » est autorisée,
- b des EPI autres que ceux utilisés sur le parc en exploitation peuvent être utilisés,
- c seul le masque à cartouche filtrant est autorisé.

10 Le risque radiologique est présent :

- a pendant toutes les phases de travaux y compris la démolition des bâtiments,
- b uniquement lors des prélèvements d'échantillons pour l'inventaire radiologique,
- c pendant les phases de démantèlement et d'assainissement radioactif.

Réponses : 1 c 2 b 3 a 4 c 5 c 6 b 7 c 8 a 9 a 10 c



CHAPITRE 10

ASPECTS RADIOPROTECTION DU TRANSPORT DE MATIÈRES ET OBJETS RADIOACTIFS

10.1 Règlements pour le transport de matières radioactives | 283

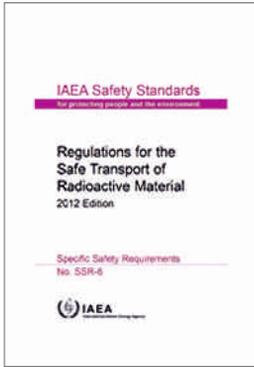
- 10.1.1 Les règlements selon le mode de transports
- 10.1.2 Matières radioactives

10.2 Les colis pour les transports des matières radioactives | 285**10.3 Contrôles radiologiques | 287**

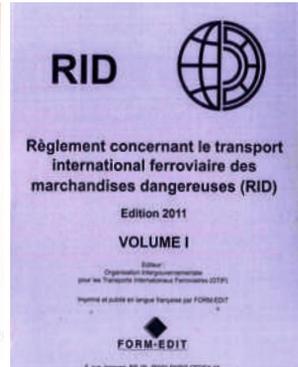
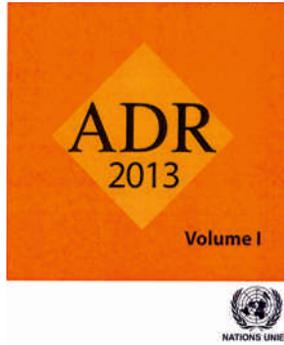
- 10.3.1 La contamination non fixée
- 10.3.2 L'intensité de rayonnement

10.4 Étiquettes de danger, placardage, signalisation | 287**10.5 DEMR | 289****10.6 Acheminement et stationnement des convois | 289****10.7 Programme de protection radiologique | 291****10.8 Transports internes | 293**

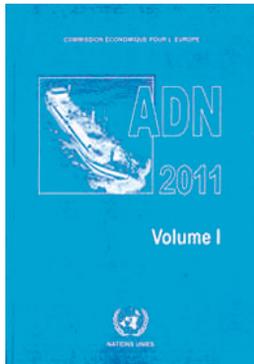
LES RÉGLEMENTATIONS POUR LES TRANSPORTS DES MATIÈRES RADIOACTIVES



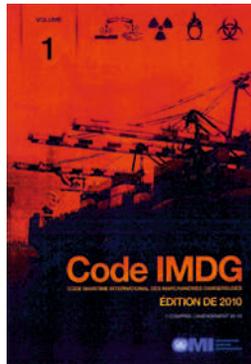
Route



Ferroviaire



Fluvial



Maritime



Aérien

10.1 RÉGLEMENTS POUR LE TRANSPORT DE MATIÈRES RADIOACTIVES

10.1.1 Les règlements selon le mode de transport

L'**annexe I** de l'arrêté français « Transports de marchandises dangereuses par voies terrestres » dit arrêté TMD du 29 mai 2009 modifié, comprend les annexes A et B de la réglementation européenne ADR « accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses **par route** ».

L'**annexe II** de l'arrêté français TMD, comprend la réglementation internationale RID « Règlement concernant le **transport international ferroviaire** des marchandises dangereuses ».

Pour mémoire, le règlement européen ADN pour le transport par **voies de navigation intérieure** correspond à l'**annexe III** de l'arrêté TMD.

Le code IMDG et les instructions techniques de l'OACI respectivement pour les transports maritimes et aériens ont été également repris en droit français.

Ces règlements détaillent les prescriptions et les contrôles qu'il est nécessaire de respecter pour maîtriser la sûreté des transports des marchandises dangereuses en particulier les matières radioactives.

Chaque marchandise dangereuse est identifiée par :

- un **numéro de codification de l'ONU**, par exemple « UN2913 » pour du matériel radioactif contaminé,
- une **désignation officielle de transport**, par exemple « matières radioactives, objets contaminés superficiellement (SCO-II) ».

Ces informations permettent à l'expéditeur, responsable du chargement :

- d'**appliquer les prescriptions** relatives au conditionnement, à l'étiquetage des colis, au marquage, à la signalisation des véhicules et à la déclaration de chargement de la matière transportée,
- d'**informer le transporteur** sur la nature exacte et des dangers qu'elle présente.

10.1.2 Matières radioactives

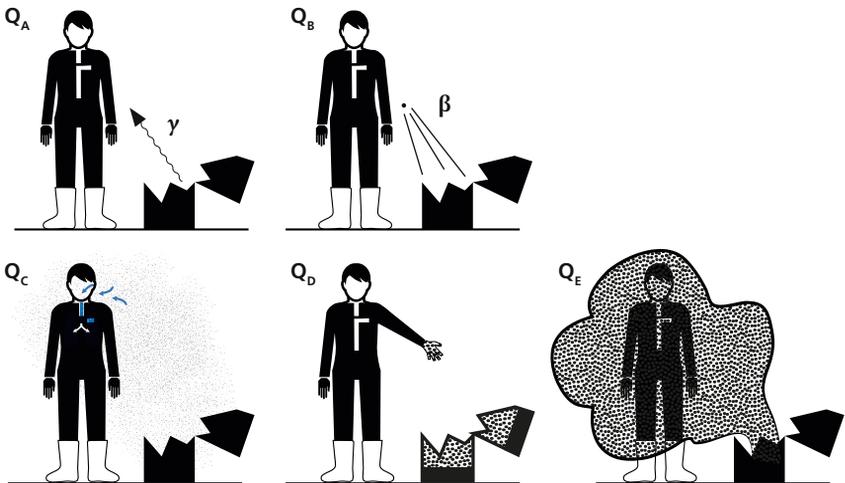
Les « matières radioactives » font l'objet de la classe 7 des règlements de transport.

Pour chaque mode de transport (route, fer, fluvial, air, mer) le règlement correspondant a intégré directement les dispositions issues des recommandations internationales de l'AIEA, SSR-6 « règlement pour la sûreté des transports des matières radioactives » en vigueur.

A1 ET A2 (TBq) VALEURS DE RÉFÉRENCE

Les valeurs A1 et A2 ont été calculées⁽¹⁾ pour chaque radionucléide. La réglementation des transports a défini le système Q qui prend en compte un certain nombre de voies d'exposition (voir schéma ci-dessous) chacune d'elles pouvant entraîner l'exposition externe ou la contamination interne de personnes placées au voisinage d'un colis **de Type A après un grave accident** de transport.

- ↘ Valeurs **Q** toutes basées sur ces hypothèses fondamentales :
 - a) La dose efficace engagée reste inférieure à 50 mSv,
 - b) Les équivalents de dose pour la peau ou les extrémités ne dépassent pas 500mSv et pour le cristallin 150 mSv,
 - c) La personne est exposée 30mn à une distance de 1m
- ↘ A2 déterminée pour chaque radionucléide pour les matières radioactives autres que sous forme spéciale (~ sources scellées = A1)
- ↘ Calculs des valeurs Q_A ; Q_B ; Q_C ; Q_D ; Q_E
- ↘ **A1** plus petite des valeurs Q_A et Q_B
- ↘ **A2** plus petite de la valeur **A1** et autres valeurs **Q**



⁽¹⁾ les recommandations de la CIPR 60 et les BSS de l'AIEA ont été utilisées

10.2 LES COLIS POUR LES TRANSPORTS DES MATIÈRES RADIOACTIVES

La sûreté des transports des matières radioactives repose essentiellement sur le **colis** (colis = emballage et son contenu tel qu'il est présenté pour le transport). Lors de la conception des colis, des épreuves réglementaires sont réalisées. Elles permettent de vérifier le maintien du confinement de la matière radioactive dans le colis et la tenue de l'arrimage pour respecter les limites réglementaires des **intensités de rayonnement** et de la **contamination** après un incident ou un accident sévère.

Pour **chaque radionucléide** contenu dans la matière transportée, un niveau d'activité de référence **A1** pour les matières «sous forme spéciale» et **A2** pour les autres matières est fixé par la réglementation (voir ci-contre).

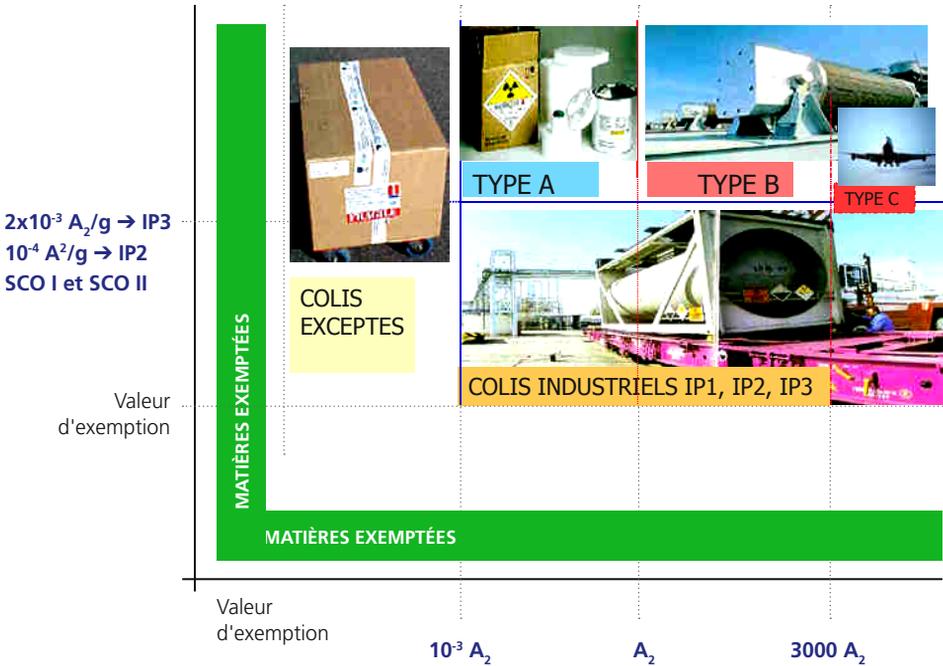
Le **type du colis** de transport est déterminé à partir de ces niveaux d'activité **A1** ou **A2** (voir page suivante).

Les **colis exceptés** respectent les spécifications générales de manutention et de robustesse.

Les colis Type IP2 ou A doivent pouvoir résister à certains incidents rencontrés pendant le transport et dans les opérations de manutention.

Les colis du Type B, Type C, Type IF, Type AF, Type BF, Type CF (F pour matières fissiles) résistent aux accidents sévères (chutes, incendie, immersion profonde, ...).

CLASSEMENT DES COLIS



CONTRÔLES RADIOLOGIQUES

COLIS

- Intensité de rayonnement au contact
 - $5 \mu\text{Sv/h}$ (colis exceptés)
 - 2 mSv/h (utilisation non exclusive)
 - 10 mSv/h (utilisation exclusive)
- Intensité de rayonnement à 1m
 - $0,1 \text{ mSv/h}$ (utilisation non exclusive)
- Contamination surfacique
 - 4 Bq/cm^2 *

VÉHICULE

- Intensité de rayonnement au contact
 - 2 mSv/h
- Intensité de rayonnement à 2m
 - $0,1 \text{ mSv/h}$
- Contamination surfacique
 - 4 Bq/cm^2 *

* émetteurs β , γ et α de faible toxicité, pour les autres émetteurs α , valeurs divisées par 10

10.3 CONTRÔLES RADIOLOGIQUES

10.3.1 La contamination non fixée sur toutes les surfaces externes de tous les colis de la classe 7 ne doit pas dépasser 4 Bq/cm^2 pour les émetteurs bêta et gamma et les émetteurs alpha de faible toxicité et $0,4 \text{ Bq/cm}^2$ pour les autres émetteurs alpha.

Les contrôles sont effectués par frottis sur une surface de 300 cm^2 .

Pour les transports des matières qui bien que radioactives, ne relèvent pas de la classe 7 (matières exemptées), i.e. les matières radioactives dont l'activité massique ou l'activité totale transportée est inférieure aux seuils d'exemption des BSS de l'AIEA, la contamination surfacique fixée et non fixée sur toutes les surfaces est inférieure à $0,4 \text{ Bq/cm}^2$ pour les émetteurs bêta et gamma et les émetteurs alpha de faible toxicité et $0,04 \text{ Bq/cm}^2$ pour les autres émetteurs alpha.

10.3.2 L'intensité de rayonnement au contact des colis Types IP2, A, B, IF, AF et BF doit rester inférieure à 2 mSv/h (10 mSv/h sous conditions). Pour les « colis exceptés » elle ne doit pas dépasser $5 \mu\text{Sv/h}$.

À un mètre du colis la limite est $0,1 \text{ mSv/h}$ sauf lorsque le convoi est en utilisation exclusive (transport réservé à un seul expéditeur).

Dans tous les cas l'intensité de rayonnement au contact des parois du véhicule ne doit pas dépasser 2 mSv/h et $0,1 \text{ mSv/h}$ à 2 m .

10.4 ÉTIQUETTES DE DANGER, PLACARDAGE, SIGNALISATION

Les étiquettes de danger collées sur le colis permettent de prévenir du danger induit par l'intensité de rayonnement du colis. La réglementation des transports classe en trois catégories les colis selon l'intensité de rayonnement au contact et l'indice de transport (voir page suivante).

Sur les parois du véhicule, des étiquettes jaunes (« placardage ») indiquent la présence de matières radioactives.

À l'avant et à l'arrière du véhicule un panneau orange (« signalisation ») indique la classe de danger (classe 7) et le numéro UN de la matière transportée.

LES CATÉGORIES DE TRANSPORT CLASSE 7

INDICE DE TRANSPORT DU COLIS	INTENSITÉ DE RAYONNEMENT AU CONTACT DU COLIS	CATÉGORIE (étiquette de danger)
< 0,05	< 0,005 mSv/h	I-Blanche (7A)
Entre 0 et 1	Entre 0,005 et 0,5 mSv/h	II-Jaune (7B)
Entre 1 et 10	Entre 0,5 et 2 mSv/h	III-Jaune (7C)
> 10	Entre 2 et 10 mSv/h	III-Jaune (7C) Transport réservé à un seul expéditeur (utilisation exclusive)

L'indice de transport (TI ou Transport Index) d'un colis est calculé par la formule : intensité de rayonnement mesurée à 1 m du colis en mSv/h x 100 x coefficient spécifique à certains types d'emballages (en particulier les conteneurs).

10.5 DEMR

C'est en signant le document de transport (DEMR : déclaration d'expédition de matières radioactives) qu'EDF s'engage sur la conformité de l'expédition. Le signataire de la DEMR doit avoir obtenu la délégation de signature du chef d'Unité après avoir reçu une formation adaptée.

Outre les adresses de l'expéditeur et du destinataire, la désignation officielle de la matière transportée et le type de colis, la DEMR comprend toutes les informations relevées lors des contrôles radiologiques (activité, contamination et intensité de rayonnement) sur les colis et le convoi en préparation avant expédition.

10.6 ACHÈMINEMENT ET STATIONNEMENT DES CONVOIS

Les opérations de mise en colis ou en conteneur des matières ou objets radioactifs sont considérées comme des opérations en amont de l'acheminement au sens de l'article 17 de l'arrêté «zonage». Il y a donc lieu de réaliser un zonage radiologique en appliquant les dispositions de l'arrêté.

Le chargement sur le véhicule ou le déchargement du véhicule des colis de transport et le transbordement du chargement d'un véhicule sur un wagon de la SNCF (et inversement) à l'intérieur du site EDF sont des opérations en amont et en aval de l'acheminement au sens de l'article précité et le convoi doit aussi faire l'objet d'une délimitation selon l'arrêté zonage.

Dans le cas d'un terminal ferroviaire, en cas de stationnement d'une durée significative (supérieure ou égale à une demi-journée) et si des interventions sont prévues sur le convoi, un zonage radiologique provisoire est mis en place.

Lorsque la DEMR est signée, c'est-à-dire que le convoi est prêt au départ ce n'est plus l'arrêté zonage mais l'ADR/RID qui s'applique, même en cas d'arrêts limités en temps et en nombre (par opposition à une durée de stationnement significative) comme par exemple les temps d'arrêt au poste de garde pour réaliser les formalités de départ.

Si un site EDF est amené **à héberger** (nuitée ou week-end) des véhicules routiers chargés de matières radioactives ou lorsque qu'un départ d'un véhicule routier ou wagon chargé de matières radioactives est retardé, il y a lieu de **délimiter une zone réglementée** autour du convoi selon les dispositions de l'arrêté zonage.

Tous les véhicules qui partent à vide du site EDF passent au contrôle des balises en sortie de site.



*Contrôle de l'intensité de rayonnement
au contact d'un fût de 200l*



Livraison de combustible neuf par camion



*Contrôle de radioprotection sur un convoi de
combustibles usés*



Transport de concentrats radioactifs vers CENTRACO

toutes les photos © EDF Thierry Miquel

10.7 PROGRAMME DE PROTECTION RADIOLOGIQUE

Le transport des matières radioactives est régi par un **programme de protection radiologique** dont le but est de s'assurer que les mesures de protection radiologique appropriées soient mises en œuvre en application des principes de limitation et d'optimisation des doses.

Les postes de travail doivent être optimisés de façon que les doses individuelles, le nombre de personnes exposées et la probabilité de subir une exposition soient maintenus aussi bas que raisonnablement possible, compte tenu des facteurs économiques et sociaux.

La nature et l'ampleur des mesures à mettre en œuvre doivent être en rapport avec la valeur et la probabilité des expositions aux rayonnements.

Chaque unité doit décrire les mesures qu'elle a mises en œuvre dans un document tenu à disposition de l'ASN.

Les dosimétries collectives et individuelles des intervenants lors des opérations de transport sont suivies périodiquement. Les évolutions sont intégrées au rapport d'activité du Conseiller à la Sécurité des Transports.

Pour les conducteurs des véhicules routiers, des dossiers sont tenus par leurs employeurs, même si la dose efficace annuelle de la plupart des conducteurs reste inférieure à 1mSv.

Dans la cabine du conducteur du véhicule routier, l'intensité de rayonnement n'est pas limitée par la réglementation des transports. Toutefois, EDF dans un souci de réduire les doses, fixe une limite de 0,02mSv/h (valeur non réglementaire) pour autoriser le transport.

La valeur mesurée est notée dans la DEMR.

Le dépassement de cette limite déclenche une étude de réaménagement du chargement.

DIVERS MOYENS DE TRANSPORT INTERNE



Transport interne d'un conteneur
Colis T10



Transport interne d'une citerne T10
Colis T11



Transport interne d'une boîte à joints de cuve
Colis T10



Transport interne d'une « cloche » pour une
coque qui contient des filtres d'eau très irradiants
Colis T12



Transport interne d'une MSDG
Colis T11

10.8 TRANSPORTS INTERNES

En application de l'**Arrêté INB du 7 février 2012** les opérations de transport interne doivent respecter soit les exigences réglementaires applicables aux transports sur la voie publique, soit les exigences figurant dans les RGE des INB.

La sûreté du transport interne (TI) repose sur le colis et sur un « **système de transport** » qui intègre le véhicule, des dispositions opérationnelles telles que le cheminement, la vitesse, l'accompagnement du convoi, et des éléments additionnels tels que les dispositifs spéciaux de manutention, les équipements de chargement/déchargement, les dispositifs d'arrimage, la documentation, la maintenance des emballages.

Les colis dont l'activité massique ou l'activité totale de l'envoi est inférieure aux seuils d'un transport en classe 7 ne sont pas concernés.

La DI127 définit les types de colis pour les transports internes (TI):

- ↘ Activité $\leq 10^{-3}$ A2 \rightarrow **colis excepté T10**
- ↘ Activité $> 10^{-3}$ A2 mais inférieure ou égale à A2 \rightarrow **colis T11**
- ↘ Activité $> A2$ mais inférieure ou égale à 100 A2 \rightarrow **colis T12**
- ↘ Activité > 100 A2 \rightarrow **colis T13** (dossiers de sûreté à présenter à l'ASN).

L'intensité de rayonnement au contact des colis T10 est $\leq 25 \mu\text{Sv/h}$

L'intensité de rayonnement au contact des colis T11 et T12 est $\leq 2 \text{ mSv/h}$

Si cette limite est dépassée, un périmètre d'exclusion est défini et garanti durant tout le transport.

La **contamination non fixée** sur les surfaces externes des colis et des véhicules est $\leq 4 \text{ Bq/cm}^2$ pour les émetteurs β , γ , et α de faible toxicité, $0,4 \text{ Bq/cm}^2$ pour les autres émetteurs.

La **vitesse de circulation** du véhicule sur le site est $\leq 30 \text{ km/h}$.

La zone est balisée lorsqu'un véhicule chargé est immobilisé hors d'un bâtiment.

Les **transports à pieds** par des personnes catégorie A ou B sont autorisés si le poids du colis est compatible avec les limites prescrites par le code du travail et si les limites à la contamination non fixée exprimées au § 10.3.1 sont respectées. Les transports à pied de matières fissiles ne sont pas autorisés.

Un **document de transport** simplifié indique le lieu du départ et de l'arrivée, l'identification de la matière transportée et le type de colis.

Les colis sont étiquetés pour identifier la matière radioactive (ne concerne pas les T10). Le site définit les modalités pratiques d'étiquetage en cohérence avec les pratiques de sécurité et du zonage (couleurs...). Le chargement ou le déchargement sont effectués dans des zones dédiées.

QUIZ

1 À quoi correspond le sigle ADR ?

- a c'est une Autorisation De Rouler délivrée au transporteur
- b c'est un Arrêté pour le transport de matières Dangereuses par la Route
- c c'est un Accord d'EDF pour Déplacer des matières Radioactives

2 À partir de quelle mesure obtient-on l'indice de transport ?

- a le débit de dose à 1 m
- b le débit de dose au contact
- c l'activité transportée

3 Citer une règle de base de chargement ?

- a mettre d'abord les gros colis et ensuite les petits colis
- b arrimer parfaitement tous les colis
- c coincer les petits colis entre les gros colis

4 Qu'appelle-t-on colis ?

- a l'emballage
- b l'emballage et le contenu
- c l'emballage, le contenu et le chariot transporteur

5 Un conteneur d'outillages contaminés est chargé sur un camion EDF à destination d'une autre centrale EDF, quelle est la contamination surfacique bêta-gamma autorisée réglementairement sur ce conteneur ?

- a 4 Bq/cm²
- b 0,4 Bq/cm²
- c pas de contrôle (interne EDF)

6 À quelle valeur faut-il, en général, limiter le débit de dose au contact d'un colis ?

- a 20 mSv/h
- b 2 mSv/h
- c 5 µSv/h

7 Que signifie l'étiquette de danger sur un colis ?

- a danger lié au poids du colis
- b danger lié à la manutention du colis
- c danger induit par le rayonnement du colis

8 Quelles précautions doit-on prendre pour le stationnement d'un camion de colis radioactifs sur un site ?

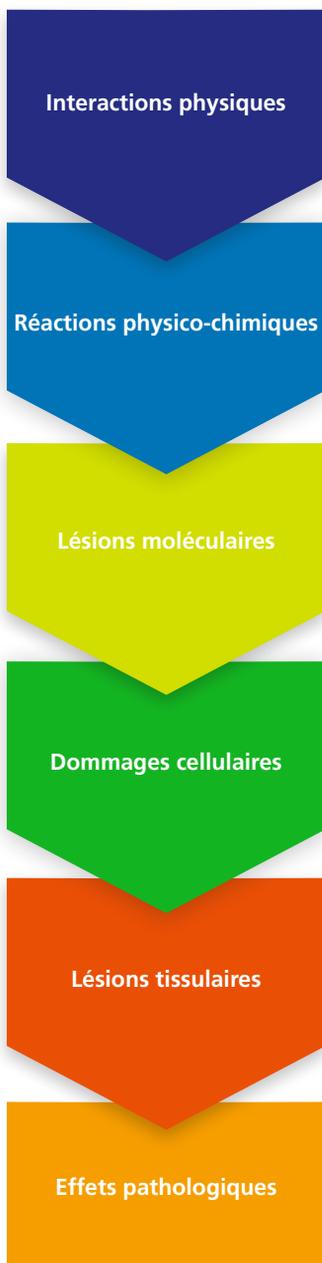
- a le camion doit stationner près des bureaux afin qu'il soit surveillé depuis les fenêtres
- b le camion doit être éloigné des zones fréquentées et des bureaux
- c le temps de stationnement prévu doit être indiqué sur le pare-brise

Réponses : 1b 2a 3b 4b 5a 6b 7c 8b

ANNEXES

MÉMENTO DE LA RADIOPROTECTION EN EXPLOITATION

LES EFFETS BIOLOGIQUES DES RAYONNEMENTS IONISANTS



ANNEXES 1

EFFETS BIOLOGIQUES DES RAYONNEMENTS IONISANTS

A1.1 MÉCANISMES D' ACTIONS DES RAYONNEMENTS IONISANTS

Les effets des rayonnements ionisants résultent d'un transfert d'énergie à la matière vivante. C'est un processus complexe que l'on peut décrire en plusieurs étapes :

↳ RÉACTIONS PHYSICOCHIMIQUES

Qu'il s'agisse de particules directement ionisantes (α , β) ou indirectement ionisantes (n, X, γ), l'interaction avec les électrons et les noyaux d'atomes du milieu se fait sur un temps très court (milliardième de seconde). Les rayonnements cèdent tout ou partie de leur énergie par ionisation, excitation ou transfert thermique.

Dans le cas d'une ionisation, il y a « arrachement » d'un électron d'un atome et formation d'une paire d'ions composée de l'électron expulsé chargé négativement et d'un ion positif.

Dans le cas de l'excitation, l'énergie communiquée à la matière est insuffisante pour l'ioniser mais suffisante pour la faire passer du niveau énergétique fondamental à un niveau supérieur. L'atome est dit « excité ».

On parlera de transfert thermique si l'énergie communiquée à un électron de la matière est insuffisante pour exciter l'atome auquel il est lié. Cette énergie sera néanmoins suffisante pour augmenter l'énergie cinétique de translation ou de rotation de la molécule à laquelle il est lié et augmenter sa température.

Ces ionisations, excitations ou transferts thermiques vont provoquer des lésions moléculaires.

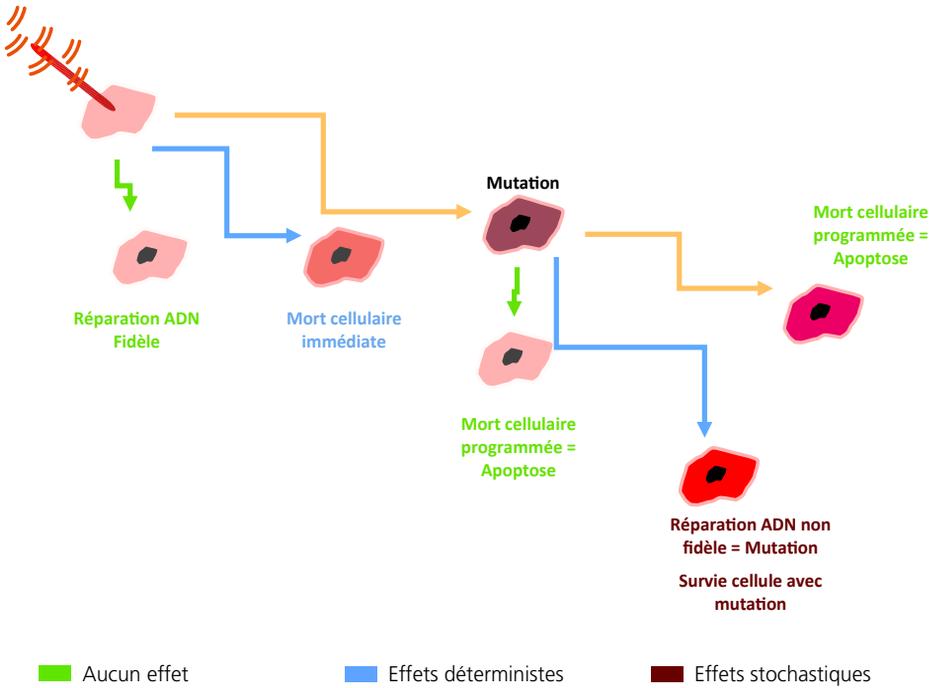
↳ LÉSIONS MOLÉCULAIRES

Les molécules présentes au sein des cellules peuvent être lésées de manière directe par action du rayonnement sur la dite molécule ou indirecte par action des radicaux libres issus de la radiolyse de l'eau.

Les lésions engendrées auront des conséquences différentes selon l'importance biologique de la molécule lésée (protéine, sucre, lipide, acide ribonucléique - ARN - ou désoxyribonucléique - ADN). L'atteinte de l'ADN, élément constitutif des chromosomes, est responsable des effets cellulaires.

Ces lésions sont très fréquentes en l'absence d'exposition aux radiations et la grande majorité est réparée.

MÉCANISMES DE RÉPARATION



RÉPONSES PRÉCOCES

minutes - heures

jours - mois

RÉPONSES TARDIVES

années - décennies

> Radiothérapie
> Accidents radiologiques

> Radioprotection

Mécanismes de réparation

- 1 > la cellule est réparée de façon fidèle
- 2 > la cellule meurt : mort immédiate ou différée
- 3 > la cellule est mutée : réparation non fidèle

↳ DOMMAGES CELLULAIRES

Le devenir d'une cellule exposée dépendra du nombre et de la nature des lésions moléculaires. Si celles-ci sont fidèlement réparées, l'effet de l'exposition est nul. Si les lésions sont non ou mal réparées, plusieurs situations peuvent se présenter, allant de la mort cellulaire (c'est le cas le plus fréquent) à la mutation cellulaire.

↳ LÉSIONS TISSULAIRES

La mort d'une ou de quelques cellules n'entraîne, dans la plupart des cas, aucune lésion tissulaire décelable et n'a donc aucune conséquence pour l'individu. Par contre, la mort d'un très grand nombre de cellules peut se traduire par des lésions tissulaires entraînant une expression pathologique.

Les tissus à renouvellement cellulaire rapide (intestins, moelle osseuse) sont plus radiosensibles que ceux à renouvellement cellulaire lent (tissu nerveux). Les tissus peuvent être classés en fonction de leur radiosensibilité intrinsèque (cf. chapitre 1).

↳ EFFETS PATHOLOGIQUES

Les manifestations pathologiques d'une radioexposition sont classées en effets déterministes (tissulaires) et/ou effets stochastiques.

L'ÉCHELLE DES RISQUES



2,4 mSv

DOSE-REPÈRE

dose efficace de la radioexposition naturelle (moyenne annuelle mondiale)

0,3 Sv

125 X



Pas d'expression du moindre signe clinique. Pour quelques personnes : des nausées

0,7 Sv

290 X



Apparition de nausées passagères pendant quelques heures ; parfois vomissements et un peu de fièvre. Aucun problème médical, tout rentre dans l'ordre même sans traitement

1,5 Sv

600 X



Début d'expression pathologique : vomissements puis risque d'infections, baisse de la tension artérielle, fatigue, fièvre, risque d'hémorragie. L'hospitalisation est nécessaire

4 Sv

1700 X



Vomissements précoces, fatigue importante, fièvre, troubles digestifs avec diarrhées graves, hémorragies, infections sérieuses, chute de cheveux. Issue fatale fréquente sans traitement

6 Sv

2500 X



Aux signes précédents s'ajoutent des signes neurologiques : vertiges, désorientation. Le risque de décès est très grand malgré le traitement (greffe de moelle).

8 Sv

3400 X



Le pronostic est très sombre quel que soit le traitement.

En cas d'exposition accidentelle aiguë, les signes biologiques et cliniques peuvent a posteriori être indicateurs des doses reçues.

La dosimétrie biologique est obtenue à partir d'une Numération Formule Sanguine (NFS) et d'un caryotype⁽¹⁾ pratiqués le plus tôt possible après l'exposition.

(1) Caryotype : analyse des chromosomes et de leurs anomalies.

NB : Les conséquences indiquées sont celles observées en l'absence de traitement.

Illustration : SFEN/Cailliscopie

Les effets précoces d'une dose globale instantanée

A1.2 EFFETS DÉTERMINISTES

Les **effets déterministes** (tissulaires ou à seuil) sont des effets qui apparaissent avec certitude dès le franchissement d'un seuil de dose. Leur gravité augmente avec la dose et dépend du débit de dose. Ils sont d'autant plus précoces que la vitesse de renouvellement cellulaire du tissu lésé est élevée et que la dose est élevée. Ils sont réversibles dans une large gamme de doses et ne sont pas spécifiques des rayonnements ionisants. Ils peuvent être suivis d'**effets aléatoires ou stochastiques** quelques années plus tard.

Les expressions pathologiques et leur gravité dépendent des organes irradiés. Les plus radiosensibles sont les tissus où la multiplication cellulaire est importante comme les tissus reproducteurs (ovaires, testicules), les cellules de la moelle osseuse qui fabriquent les globules rouges et les globules blancs ou encore les cellules intestinales.

ORGANE	SEUIL	EFFETS
Testicule	2 Gy 5 Gy	Stérilité transitoire Stérilité définitive
Ovaire	10 Gy	Stérilité et arrêt de la production hormonale
Peau	3 à 8 Gy 7 à 10 Gy + de 12 Gy	Rougeurs passagères Phlyctène (cloque) Ulcération nécrose
Œil	5 Gy	Cataracte (opacification du cristallin)

Pour mémoire, la limite réglementaire de dose annuelle pour un travailleur est fixée à 20 mSv. La **dose individuelle moyenne** des intervenants exposés (personnel EDF et prestataires) en centrale nucléaire **est de 0,95 mSv en 2012**.

Le respect des limites réglementaires « travailleurs » protège de la survenue des effets déterministes. Ceux-ci ne peuvent être observés que dans un contexte de situation accidentelle.

EXPOSITION GLOBALE À FORTE DOSE

Mise en jeu possible du pronostic vital



inférieure à
0,3 Gy

Pas d'effet visible



inférieure à
1 Gy

Pas
d'hospitalisation



4,5 Gy

50 % de chance de
survie en l'absence
de traitement

EXPOSITION LOCALE À FORTE DOSE

Risque fonctionnel au niveau de l'organe ou tissu irradié

Irradiation localisée Importance du débit de dose

Le port d'une montre
à cadran lumineux au radium
pendant 30 à 40 ans

➤ 4 Gy au poignet : pas d'effet clinique

A contrario, en dose flash

➤ 4 Gy au poignet : radiodermite

A1.3 EXPOSITION GLOBALE OU LOCALISÉE À FORTE DOSE ET FORT DÉBIT DE DOSE

Dans le cas d'une irradiation ou exposition globale, l'exposition concerne le corps en entier. Elle est considérée comme homogène.

Dans le cas d'une exposition partielle, seule une partie du corps est concernée (ex. main, tête, jambe...).

Ces expositions nécessitent une prise en charge médicale précoce et donc la connaissance précoce de l'évènement d'exposition.

Dans le cas d'une exposition globale à forte dose, le tissu biologique le plus sensible est la moelle osseuse suivie des muqueuses digestives. Les premiers signes cliniques sont des modifications de la formule sanguine, puis l'apparition de troubles digestifs (nausées, vomissements).

Pour des expositions globales à des doses supérieures à 1 Sv, la précocité et la gravité des manifestations pathologiques augmentent avec la dose.

Cela justifie l'hospitalisation afin de pouvoir mettre en œuvre des traitements préventifs vis-à-vis des infections et des hémorragies.

Une dose de 4.5 Gy est mortelle dans 50% des cas par destruction de la moelle osseuse et au-delà de 6 Gy, la dose est presque toujours mortelle.

Dans le cas d'une exposition partielle à forte dose, la précocité, la nature et la gravité des manifestations pathologiques dépendent directement des organes irradiés. Les plus radiosensibles sont les tissus reproducteurs, la peau, le cristallin, les poumons, la muqueuse gastrique...

Par exemple, au niveau cutané, une dose supérieure à 4 Sv en une fois est nécessaire pour entraîner un **érythème** (effet de type « coup de soleil »), 5 à 8 Sv pour une **épidermite sèche**, 12 à 20 Sv pour une **épidermite exsudative** et plus de 25 Sv pour une **nécrose**.

A noter le cas particulier d'une exposition à l'iode 131 qui est concentré par un mécanisme très efficace dans la thyroïde, et ainsi peut être responsable d'une exposition interne significative de la thyroïde même pour des expositions relativement faibles.

Pour une même dose, l'effet biologique potentiel est d'autant plus important que cette dose est reçue en un temps court (fort débit d'équivalent de dose).

Selon les régions du monde, la dose naturelle moyenne peut varier de 1 mSv par an à plus de 200 mSv par an (Iran). Aucune augmentation globale des cancers ni des malformations héréditaires n'a pu être mise en rapport avec les variations géographiques de l'exposition à la radioactivité naturelle dans cette gamme de doses.

Pour continuer à progresser dans la connaissance et la maîtrise de la radioprotection, EDF est très attentive aux résultats des études épidémiologiques internationales évaluant les effets des faibles doses sur les travailleurs de l'industrie nucléaire. L'entreprise soutient également la recherche fondamentale (études IRSN, CEA...).

L'intérêt d'étudier les travailleurs de l'industrie nucléaire est de se mettre dans les conditions réelles de l'exposition à de faibles doses et faibles débits de dose. Les études les plus importantes sont des études internationales réalisées par le CIRC (Centre International de Recherche sur le Cancer).

La première étude publiée en 1995 avait inclut 90 000 travailleurs et concernait 3 pays : USA, Canada et Royaume Uni.

La deuxième étude publiée en 2005 a porté sur 400 000 travailleurs de l'industrie nucléaire de 15 pays (dont 52 000 en France).

En conclusion, les études réalisées chez les travailleurs du nucléaire soulignent la bonne santé de cette population par rapport à la population générale et montrent de façon incertaine une légère augmentation du risque de cancer ou de leucémie pour des doses élevées.

Aucune de ces études n'a remis en cause les normes actuelles de radioprotection.

A1.4 EFFETS ALÉATOIRES OU STOCHASTIQUES

Les **effets aléatoires ou stochastiques** (encore dénommés effets probabilistes) sont les effets résultant de la transformation d'une cellule (modification de la molécule d'ADN).

La gravité de ces effets, s'ils surviennent, est indépendante de la dose reçue.

Seule, augmente avec la dose, la probabilité de survenue des effets, d'où le terme « stochastique » ou « probabiliste ».

Ces effets apparaissent tardivement, quelques années à quelques dizaines d'années après l'exposition. Il s'agit des cancers et des leucémies se développant chez l'individu exposé (effets somatiques). Ils ne sont pas spécifiques aux rayonnements ionisants.

L'étude du risque d'effets stochastiques repose sur les enquêtes épidémiologiques.

LIMITES DES ÉTUDES ÉPIDÉMIOLOGIQUES

L'**épidémiologie** est fondamentale dans l'étude du risque de cancer associé aux rayonnements ionisants, mais elle se heurte à plusieurs difficultés :

- ↘ Plus la dose est faible, plus le risque - s'il existe - est réduit et plus l'effectif de la population à étudier doit être important.
- ↘ La période de latence des cancers dus aux rayonnements ionisants est longue : au moins deux ans pour des leucémies, au moins cinq à dix ans pour les autres cancers.
- ↘ La mortalité naturelle par cancer est élevée (environ 28 % des causes de décès en France) et les cancers dus aux rayonnements ionisants ne se différencient en rien des cancers naturels.
- ↘ Il existe de nombreux autres agents cancérigènes (tabac, facteurs alimentaires, alcool, benzène et pesticides) dont l'influence est importante.
- ↘ La mise en évidence d'un effet des rayonnements ionisants nécessite donc une méthodologie très rigoureuse.
- ↘ Par ailleurs, une étude épidémiologique isolée n'est pas suffisante pour démontrer scientifiquement un fait. Il est nécessaire de croiser plusieurs études pour conclure.

En dessous de 100 mSv (doses uniques ou annuelles), aucun excès de cancer n'a pu être observé. En dépit de cette observation, l'utilisation d'une relation proportionnelle simple entre la dose et l'augmentation du risque dénommée relation linéaire sans seuil constitue une hypothèse scientifiquement plausible, bien que les incertitudes sur ce jugement soient reconnues.

Les études sur les survivants d'Hiroshima et Nagasaki ne montrent à ce jour aucune augmentation des maladies génétiques et héréditaires. Mais les lois de la génétique et les atteintes observées (mutations radio-induites) montrent qu'il faudrait attendre 5 à 10 générations, soit 150 à 300 ans, pour conclure de façon formelle.

Le développement de la biologie moléculaire au cours des dernières années ouvre de nouvelles perspectives permettant de mieux connaître les mécanismes biologiques à l'origine des cancers. La Radiation Effects Research Foundation (RERF) se lance dans ce nouveau champ d'action. Les études génétiques portant sur la banque d'ADN de plus de 1 000 familles aideront à la compréhension des effets à long terme des rayonnements ionisants sur la descendance.

A1.5 EFFETS GÉNÉTIQUES ET HÉRÉDITAIRES

Des modifications de l'ADN (cf. les gènes) peuvent se produire soit spontanément, sans action de facteur(s) extérieur(s), soit sous l'influence de causes externes diverses comme un toxique chimique (ex. benzène) ou physique (ex. rayonnements ionisants). Ces modifications portent le nom de **mutations** et englobent des atteintes de nature et de conséquence très différentes.

Les mutations concernent les chromosomes et peuvent modifier leur nombre ou leur structure, caractéristiques d'une espèce donnée. Dans l'espèce humaine par exemple, les noyaux des cellules sont constitués de 23 paires de chromosomes dont une paire de chromosomes sexuels (XX chez la femme et XY chez l'homme).

Si l'atteinte touche un gène, c'est-à-dire une partie du chromosome, elle touche directement la matrice de l'information génétique, l'acide désoxyribonucléique (ADN). Cette molécule est le support de la mémoire des informations utiles au fonctionnement de toute cellule quelle qu'elle soit.

Si l'atteinte intéresse les cellules somatiques, c'est-à-dire non reproductrices (ex. cellules thyroïdiennes, hépatiques, pulmonaires...), on parle de mutations somatiques correspondant à l'apparition de caractères génétiques nouveaux (**effet génétique**) qui peuvent jouer un rôle dans le vieillissement de l'organisme et/ou l'apparition de certains cancers.

Si l'atteinte touche les cellules reproductrices (ovules, spermatozoïdes) et que la lésion est compatible avec la survie cellulaire, les mutations induites sont des caractères génétiques nouveaux transmissibles de génération en génération (**effet héréditaire**).

LIMITES D'EXPOSITION PENDANT LA GROSSESSE ET L'ALLAITEMENT

Pour mémoire, les précautions suivantes sont prises en application de la réglementation pour l'exposition du personnel féminin :

- dès que la grossesse est déclarée, la limite de dose retenue pour le fœtus est de 1mSv pour la durée de la grossesse,
- pendant la durée de l'allaitement, tout risque d'exposition interne doit être écarté,
- les expositions exceptionnelles sont interdites.



Médiathèque EDF

Technicienne chimiste : CNPE de Golfech

A1.6 EFFETS SUR L'EMBRYON ET LE FŒTUS

↳ EXPOSITION PENDANT LA GROSSESSE

Les cellules de l'enfant à naître sont sensibles à l'action des rayonnements ionisants car elles se divisent rapidement. C'est pendant le premier trimestre de la grossesse que les cellules de celui-ci sont les plus radiosensibles. Les données humaines d'ordre épidémiologique ne montrent pas d'effet décelable sur le fœtus pour des doses inférieures à 100 mSv, quel que soit le moment de l'exposition.

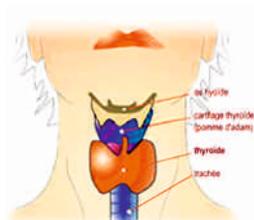
La prévention des expositions aux rayonnements ionisants pendant la grossesse a pour but de minimiser le risque d'effets sur l'embryon et le fœtus.

↳ EXPOSITION MÉDICALE : CONDUITE À TENIR

Le médecin du travail doit être prévenu le plus tôt possible d'une grossesse. Il est tout aussi important d'en informer son médecin traitant ou son radiologue avant la réalisation d'un examen radiologique ou de médecine nucléaire.

Tout examen radiologique pendant la grossesse doit être justifié, autrement dit, les bénéfices attendus (informations médicales) devraient être supérieurs aux risques encourus. « Un examen qui peut attendre doit attendre ».

L'iode stable administré par voie orale sature la thyroïde et empêche la fixation des iodes radioactifs.



Le **comprimé d'iode stable** est un moyen de protection simple et efficace pour protéger la thyroïde des iodes radioactifs qui pourraient être relâchés par les circuits en cas d'accident nucléaire majeur. C'est un médicament dosé à 65 mg d'iode de potassium. Fabriqué par la Pharmacie Centrale des Armées, il possède une Autorisation de Mise sur le Marché (AMM) comme tout médicament.

Il se présente en plaquette de 10 comprimés sécables en 4, administrés par voie orale et solubles dans l'eau.

Contre-indication : l'hypersensibilité (allergie) à l'iode est extrêmement rare et évaluée à moins d'un cas sur 10 millions de personnes.

Interactions médicamenteuses : aucun traitement ne contre-indique la prise d'iode de potassium.

Effets indésirables possibles : le risque d'effet indésirable consécutif à la prise d'un comprimé d'iode est très faible (< 3 %) et les contre-indications exceptionnelles.

En cas d'administration d'iode stable pendant la grossesse ou chez le nouveau-né, la fonction thyroïdienne du fœtus et du nouveau-né devra être surveillée.

POSOLOGIE RECOMMANDÉE

- Personne de **plus de 12 ans** : 2 comprimés à dissoudre dans une boisson (eau, lait)
- Enfant de **3 à 12 ans** : 1 comprimé à dissoudre dans une boisson (eau, lait)
- Enfant de **1 mois à 3 ans** : ½ comprimé à dissoudre dans une boisson (eau, lait)
- Enfant **jusqu'à 1 mois** : ¼ de comprimé à dissoudre dans une boisson (eau, lait)

A1.7 EFFETS DE L'IODE SUR LA GLANDE THYROÏDE

La thyroïde est une glande située sur la face antérieure du cou. Elle a pour fonction spécifique de synthétiser et de sécréter les hormones thyroïdiennes. Celles-ci sont nécessaires à la croissance et au développement du fœtus et de l'enfant ainsi qu'au contrôle du métabolisme de l'adulte. Pour cela un apport en iode (entre 150 et 200 µg par jour) par l'alimentation est nécessaire.

La thyroïde du fœtus, du nouveau-né ou du nourrisson est la plus sensible aux iodures radioactifs. La radiosensibilité chez les enfants âgés de 4 ans est 5 fois plus importante que celle des 10-14 ans. Le risque est de plus en plus faible après 20 ans.

Au-delà d'un certain niveau d'exposition de la thyroïde (100 mGy chez l'enfant et 500 mGy chez l'adulte) les iodures radioactifs qui se concentrent rapidement dans la thyroïde peuvent entraîner le développement de tumeurs de la thyroïde.

Les autorités françaises ont fixé le seuil de prise des comprimés d'iode stable à une dose prévisionnelle de 50 mSv à la thyroïde.

Dans le cadre du Plan Particulier d'Intervention (PPI), déclenché suite à un accident nucléaire, la prise de comprimé d'iode serait ordonnée par le Préfet.

Les personnes les plus concernées par la prise d'iode stable sont les enfants, les jeunes de moins de 20 ans et les femmes enceintes.

HIÉRARCHIE DES TEXTES RÉGLEMENTAIRES

↘ **TRAITÉ**

Accord conclu entre États (ou autres sujets de la société internationale), en vue de produire des effets de droit dans leurs relations mutuelles.

↘ **DIRECTIVE**

Dans le droit communautaire, acte liant les États membres destinataires quant au résultat à atteindre, tout en leur laissant le choix des moyens et de la forme. En général, les directives précisent le délai dans lequel l'Etat membre doit les transposer dans son droit interne.

↘ **LOI** : règle écrite, générale et permanente, élaborée par le parlement.

↘ **ORDONNANCE**

Acte élaboré par le Gouvernement, avec l'autorisation du Parlement, dans les matières qui sont du domaine de la loi. Le pouvoir de faire des ordonnances est limité dans sa durée et dans son objet. Avant sa ratification par le Parlement, l'ordonnance a valeur de règlement ; après sa ratification, elle prend valeur de loi.

↘ **DÉCRET**

Décision exécutoire à portée générale ou individuelle signée soit par le Président de la République (contresignée par le Premier Ministre), soit par le Premier Ministre. Dans les 2 cas, les décrets sont contresignés « le cas échéant, par les ministres chargés de leur exécution ».

↘ **ARRÊTÉ**

Décision exécutoire à portée générale ou individuelle émanant d'un ou de plusieurs ministres (arrêté ministériel ou interministériel) ou d'autres autorités administratives (arrêté préfectoral, municipal, etc.).

↘ **CIRCULAIRE**

Instruction de service écrite adressée par une autorité supérieure à des agents subordonnés en vertu de son pouvoir hiérarchique. Une circulaire n'est juridiquement pas contraignante (elle n'est pas opposable).

↘ **DÉCISIONS de l'ASN**

Décision exécutoire à portée générale ou individuelle signée par l'ASN. Les décisions à portée générale sont réglementaires à caractère technique pour l'application des décrets ou arrêtés pris en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection.

Source principale : Dalloz. Lexique des termes juridique

ANNEXES 2

PRINCIPAUX TEXTES RÉGLEMENTAIRES

A2.1 INTRODUCTION

La radioprotection repose sur des principes généraux et des règles de protection pour l'utilisation de la radioactivité et des rayonnements ionisants, définis par la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) sous la forme de recommandations.

Entre les grandes organisations internationales, Agence Internationale de l'Énergie Atomique (AIEA), Organisation Mondiale de la Santé (OMS), Commission Européenne... il existe un consensus pour prendre en compte les recommandations de la CIPR.

Ces recommandations sont régulièrement actualisées pour tenir compte des nouvelles données scientifiques disponibles. Leur publication entraîne au niveau de la communauté européenne l'écriture de nouvelles directives EURATOM à paraître en 2014 qui à leur tour sont transposées dans le droit de chacun des états membres.

La publication 60 de la CIPR en 1990 a entraîné l'écriture des directives EURATOM 96/29 et 97/43 ayant pour objet la protection de la population, des travailleurs et des patients. La directive 96/29 a notamment conduit à l'abaissement de la limite annuelle corps entier des travailleurs de 50 à 20 mSv.

La transposition de ces directives dans le droit français a été l'occasion d'une mise à jour complète des dispositions législatives et réglementaires concernant la radioprotection figurant dans le code de la santé publique et dans le code du travail avec un souci de simplification et de clarification.

Une nouvelle directive EURATOM 2013/59 du 5 décembre 2013 a été publiée en janvier 2014. Elle remplace les directives antérieures. Les états membres ont jusqu'au 6 février 2018 pour la transposer dans leur droit national. Il peut en résulter une modification sensible des textes cités dans cette annexe.

RECUEILS DE TEXTES RÉGLEMENTAIRES DE L'ASN

L'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) publie et tient à jour des recueils des textes réglementaires relatifs à la radioprotection. Ces publications sont téléchargeables sur le site internet de l'ASN.

↳ **PARTIE 1** : lois et décrets

Extraits du code de la santé publique et du code du travail concernant la protection de la population, des patients et des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants.

↳ **PARTIE 2** : arrêtés, décisions et décrets non codifiés

Arrêtés et décisions pris en application du Code de la Santé Publique et du Code du Travail concernant la protection de la population, des patients et des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants.

A2.2 TRANSPOSITION DES DIRECTIVES EURATOM

L'architecture des textes relatifs à la radioprotection suite à la transposition des directives EURATOM 90/641 et 96/29 est la suivante :

- l'**ordonnance n° 2001-270 du 28 mars 2001** qui permet les adaptations législatives nécessaires à la transposition des directives EURATOM 90/641 et 96/29.
- le **code de la santé publique** modifié notamment par :
 - le **décret n°2002-460 du 4 avril 2002**, relatif à la protection générale des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants, rédigé par le Ministère chargé de la Santé,
 - le **décret n° 2003-295 du 31 mars 2003**, relatif aux interventions en situation d'urgence radiologique et en cas d'exposition durable, rédigé par le Ministère de l'Intérieur,
 - le **décret n° 2007-1582 du 7 novembre 2007** relatif à la protection des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants, rédigé par le Ministère chargé de la Santé.
- le **code du travail** modifié notamment par :
 - le **décret n° 2003-296 du 31 mars 2003**, relatif à la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants, rédigé par le Ministère chargé du Travail,
 - le **décret n° 2007-1570 du 5 novembre 2007** relatif à la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants, rédigé par le Ministère chargé du Travail,
 - le **décret n° 2008-244 du 7 mars 2008**, relatif notamment aux travaux interdits aux salariés titulaires d'un contrat de travail à durée déterminée et aux salariés temporaires, rédigé par le Ministère chargé du Travail,
 - le **décret n° 2010-750 du 2 juillet 2010** relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux rayonnements optiques artificiels, rédigé par le Ministère chargé du Travail.

Nota En application de la directive EURATOM 97/43 du 30 juin 1997 relative à la protection des personnes exposées à des fins médicales, le code de santé publique est également modifié par le décret n° 2003-270 du 24 mars 2003 dit « décret patient » relatif à la protection des personnes exposées à des rayonnements ionisants à des fins médicales.

Ce décret précise les modalités d'application des principes de justification et d'optimisation énoncés à l'article L.1333-1 du code de la santé publique pour les applications médicales des rayonnements ionisants.

PROCÉDURES D'AUTORISATION ET DE DÉCLARATION DES SOURCES DE RAYONNEMENTS IONISANTS

Le régime d'autorisation ou de déclaration qui s'étend à toutes les sources de rayonnements ionisants est entièrement décrit dans le livre 3, titre 3, chapitre 3 du code de la santé publique.

Toutes les applications médicales, industrielles et de recherche sont concernées : fabrication, détention, distribution de sources, y compris importation et exportation, et utilisation de radionucléides, de produits ou dispositifs en contenant.

Le **régime d'autorisation** s'applique sans distinction aux entreprises ou établissements qui détiennent sur place des radionucléides, mais aussi à ceux qui en font le commerce sans les détenir directement.

Du point de vue de la sécurité sanitaire, cette obligation est nécessaire pour suivre au plus près les mouvements de sources et éviter l'accident résultant de sources en déshérence (perte, vol, utilisation non maîtrisée...).

Conformément à l'**article L.1333-4 du code de la santé publique**, les autorisations concernant les industries relevant du code minier, les installations nucléaires de base et les installations classées pour la protection de l'environnement tiennent lieu d'autorisation de détention des sources nécessaires au fonctionnement de l'installation.

A2.3. 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.

➤ **Dispositions relatives à la protection de la population qui modifient le code de la santé publique**

L'ordonnance introduit (article L.1333-1) les grands principes de radioprotection (justification, optimisation et limitation des doses) et, sur ces bases, met à jour (L.1333-4 à L.1333-9) le régime des interdictions et des autorisations pour l'utilisation des sources de rayonnements ionisants. Elle établit les fondements des règles de gestion des radioéléments artificiels en les étendant aux radioéléments naturels. Cette mise à jour a pour effet de soumettre tous les industriels ou exploitants au droit commun, en particulier le CEA qui bénéficiait jusqu'alors d'une dérogation permanente pour détenir des sources radioactives.

L'ordonnance introduit de plus des dispositions nouvelles (L.1333-10) pour évaluer et réduire l'exposition au rayonnement naturel, lorsque les activités humaines contribuent à son renforcement.

En outre, un nouveau régime de sanctions pénales accompagne les autorisations et les interdictions visant la détention et l'utilisation de sources de rayonnements ionisants (Articles L.1336-5 à L.1336-9).

➤ **Dispositions relatives à la protection des travailleurs qui modifient le code du travail**

L'article L. 4111-1 du code du travail prévoit l'extension des règles de radioprotection aux travailleurs non-salariés intervenant dans des entreprises.

La protection sanitaire et sociale est renforcée pour les travailleurs à statut précaire (travailleurs sous contrat de travail temporaire et travailleurs intérimaires) pour lesquels il convient d'éviter que de fortes expositions subies sur le lieu de travail ne conduisent à réduire leurs possibilités futures de retrouver un emploi.

Dans cette perspective, dérogeant au principe de la liberté contractuelle, l'article L. 1243-12 – pour les travailleurs sous contrat à durée déterminée – et l'article L. 1251-34 – pour les travailleurs sous contrat de travail temporaire – mettent en place un dispositif de *prorata temporis* en vertu duquel l'exposition pendant un contrat ne peut dépasser un seuil de dose égal à la valeur limite annuelle rapportée à la durée du contrat. Ces articles stipulent qu'à échéance du contrat et dans l'hypothèse où un dépassement de la dose initialement fixée est constaté, l'employeur doit proposer une prorogation du contrat (CDD) ou proposer un ou plusieurs contrats (intérim) jusqu'à ce que la dose redevienne conforme à la valeur limite calculée suivant le prorata temporis.

ÉTAT D'AVANCEMENT DU DÉPLOIEMENT DU RÉSEAU TÉLÉRAY EN 2012

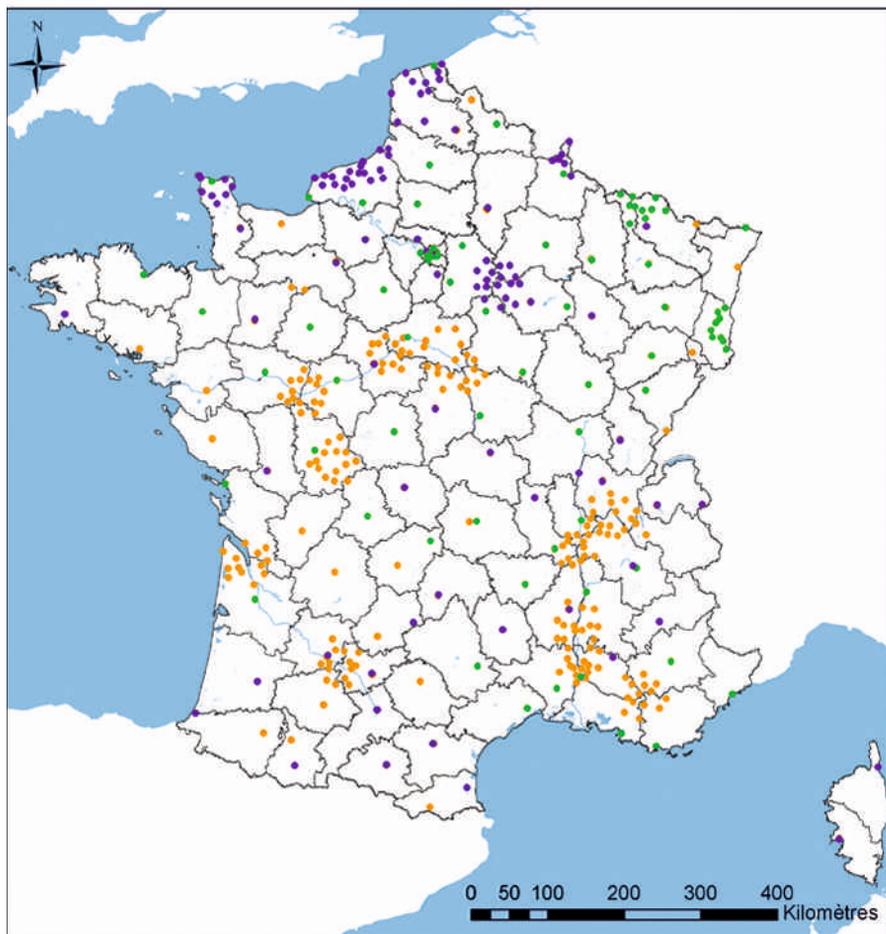
BALISES TÉLÉRAY

Année d'installation

• 2011

• 2012

• 2013 à 2015



La reproduction de ce document, quel qu'en soit le support est autorisée sous réserve du respect de l'intégrité de la reproduction, de la citation explicite de l'origine et de la gratuité de la diffusion



A2.4 CODE DE LA SANTE PUBLIQUE (PARTIE RELATIVE À LA PROTECTION GÉNÉRALE DES PERSONNES CONTRE LES DANGERS DES RAYONNEMENTS IONISANTS)

↳ PARTIE LÉGISLATIVE

Article fondamental

1^{ère} partie, Livre III, titre III, Chapitre III - Rayonnements ionisants

Article L. 1333-1 :

Cet article fixe les trois principes de base de la radioprotection :

1. « Une activité nucléaire ou une intervention ne peut être entreprise ou exercée que si elle est justifiée par les avantages qu'elle procure... »
2. « L'exposition des personnes aux rayonnements ionisants résultant d'une de ces activités ou interventions doit être maintenue au niveau le plus faible qu'il est raisonnablement possible d'atteindre... »
3. « L'exposition d'une personne aux rayonnements ionisants résultant d'une de ces activités ne peut porter la somme des doses reçues au-delà des limites fixées par voie réglementaire... »

↳ PARTIE RÉGLEMENTAIRE

Sections et articles fondamentaux :

1^{ère} partie, livre III, titre III, Chapitre III – Rayonnements ionisants

Section 1- Mesures générales de protection contre les rayonnements ionisants

Article R. 1333-8 :

« La somme des doses efficaces reçues par toute personne n'appartenant pas aux catégories mentionnées à l'article R. 1333-9, du fait des activités nucléaires, ne doit pas dépasser 1 mSv par an... »

Article R. 1333-9 :

« Les limites de dose définies à l'article R. 1333-8 ne sont pas applicables aux personnes soumises aux expositions suivantes :

- 1° Exposition des patients au titre d'un diagnostic ou d'un traitement médical dont ils bénéficient...
- 4° Exposition des personnes ou des intervenants en cas de situation d'urgence auxquels s'appliquent des dispositions particulières,
- 5° Exposition des travailleurs lorsque celle-ci résulte de leur activité professionnelle et auxquels s'appliquent des dispositions particulières... »

Article R. 1333-11 :

« Le réseau national de mesure de la radioactivité de l'environnement a pour mission de contribuer à l'estimation des doses dues aux rayonnements ionisants auxquels la population est exposée et à l'information du public... »

EXPOSITIONS EXCEPTIONNELLES

Deux situations sont à distinguer :

- Celles soumises à autorisation spéciale
- Celles en situation d'urgence radiologique



Pour obtenir ce document

Dr Michèle GONIN
Santé au Travail du Secteur Nucléaire
michele.gonin@edf.fr

Document d'information
pour les intervenants en CNPE

EDF—DPN 1 place Pleyel 93200 Saint-Denis
EDF SA au capital de 924 433 331 euros



**Surveillance Médicale des Personnels
exposés aux Rayonnements Ionisants**

Section 2 – Exposition aux rayonnements ionisants d'origine naturelle

Section 3 – Régime des autorisations et déclarations

Article R. 1333-17

« Sont soumises au régime d'autorisation ou de déclaration ... les activités nucléaires suivantes, sous réserve qu'elles ne bénéficient pas d'une exemption au titre de l'article R. 1333-18... »

Article R. 1333-18

Cet article fixe les conditions d'exemption de l'autorisation ou de la déclaration

Section 4 – Acquisition, distribution, importation, exportation, cession, reprise et élimination des sources radioactives

Section 5 – Protection des personnes exposées à des rayonnements ionisants à des fins médicales ou médico-légales

Section 6 – Situations d'urgence radiologique et d'exposition durable aux rayonnements ionisants

Article R. 1333-76

« Il y a situation d'urgence radiologique lorsqu'un évènement risque d'entraîner une émission de matières radioactives ou un niveau de radioactivité susceptible de porter atteinte à la santé publique, notamment en référence aux limites et niveaux d'intervention fixés respectivement en application des articles R. 1333-8 et R. 1333-80. »

Article R. 1333-84

« ... Les intervenants sont classés en deux groupes :

Le premier groupe est composé des personnels formant les équipes spéciales d'intervention technique, médicale ou sanitaire préalablement constituées pour faire face à une situation d'urgence radiologique ;

Le second groupe est constitué des personnes n'appartenant pas à des équipes spéciales mais intervenant au titre des missions relevant de leur compétence... »

Article R. 1333-86

« La dose efficace susceptible d'être reçue par les personnels du groupe 1, pendant la durée de leurs missions, est de 100 millisieverts. Elle est fixée à 300 millisieverts lorsque l'intervention est destinée à protéger des personnes. »

« La dose efficace susceptible d'être reçue par les personnels de groupe 2 est de 10 millisieverts. »

« Un dépassement des niveaux de référence peut être admis exceptionnellement, afin de sauver des vies humaines, pour des intervenants volontaires et informés du risque que comporte leur intervention. »

NIVEAUX DE RÉFÉRENCE D'EXPOSITION INDIVIDUELLE POUR LES ÉQUIPES D'INTERVENTION

	NIVEAU DE RÉFÉRENCE
1^{er} groupe équipes spéciales d'intervention technique ou médicale préalablement constituées pour faire face à une situation d'urgence radiologique	100 millisieverts 300 millisieverts* lorsque l'intervention est destinée à protéger des personnes.
2^e groupe personnels n'appartenant pas à des équipes spéciales mais intervenant au titre des missions relevant de leur compétence	10 millisieverts*

* Un dépassement des niveaux de référence pourra être admis exceptionnellement, afin de sauver des vies humaines, pour des intervenants volontaires et informés du risque que comporte leur intervention.

Section 7 – Contrôle

Sous-section 1 : contrôles par les organismes agréés

Sous-section 2 : inspecteurs de la radioprotection

Article R. 1333-99

« Les inspecteurs de la radioprotection peuvent se faire communiquer ... par le chef d'établissement ... toute information utile permettant de justifier les mesures prises pour l'application des dispositions du présent chapitre. Une décision de l'ASN, ... définit la nature des informations qui doivent être transmises aux inspecteurs ... »

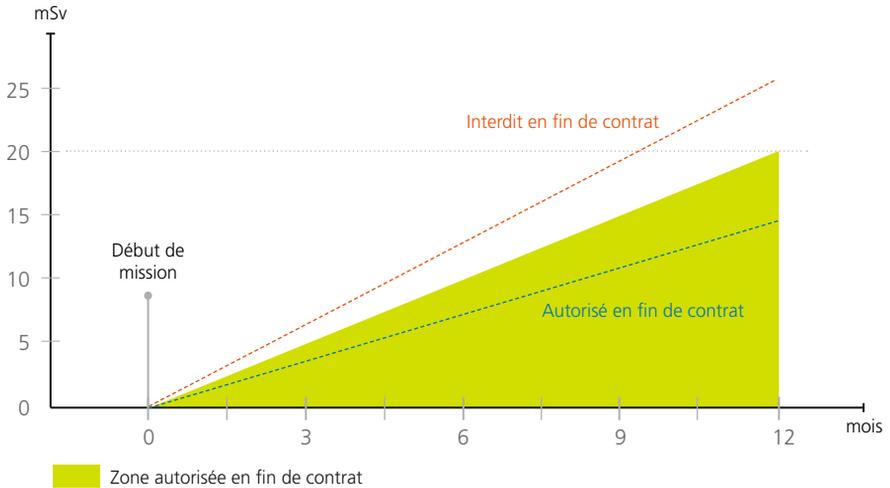
Sous-section 3 : évènements, incidents et accidents

Article R. 1333-109

« I.- ...la personne responsable d'une activité nucléaire déclare à l'ASN ainsi qu'au préfet tout incident ou accident ayant entraîné ou susceptible d'entraîner une exposition individuelle ou collective à des rayonnements ionisants supérieure aux limites prescrites par les dispositions du présent chapitre.

II.- Les évènements ou incidents mentionnés au I sont qualifiés d'évènements significatifs.

III.- La personne responsable d'une activité nucléaire fait procéder à l'analyse des évènements significatifs afin de prévenir de futurs évènements, incidents ou accidents. »



LES PRINCIPES DE BASE DE LA RADIOPROTECTION

PRINCIPE DE JUSTIFICATION

« Une activité ou une intervention nucléaire ne peut être entreprise ou exercée que si elle est justifiée par les avantages qu'elle procure, notamment en matière sanitaire, sociale, économique ou scientifique, rapportés aux risques inhérents à l'exposition aux rayonnements ionisants auxquels elle est susceptible de soumettre les personnes. »

PRINCIPE D'OPTIMISATION

« L'exposition des personnes aux rayonnements ionisants résultant d'une de ces activités ou interventions doit être maintenue au niveau le plus faible qu'il est raisonnablement possible d'atteindre, compte tenu de l'état des techniques, des facteurs économiques et sociaux. »

PRINCIPE DE LIMITATION

« L'exposition d'une personne aux rayonnements ionisants résultant d'une de ces activités ne peut porter la somme des doses reçues au-delà des limites fixées par voie réglementaire, sauf lorsque cette personne est l'objet d'une exposition à des fins médicales ou de recherche biomédicale. »

A2.5 CODE DU TRAVAIL (PARTIE RELATIVE À LA PROTECTION DES TRAVAILLEURS CONTRE LES DANGERS DES RAYONNEMENTS IONISANTS)

↳ PARTIE LÉGISLATIVE

Articles fondamentaux

Partie première, Livre II, Titre IV, Chapitre III

Article L. 1243-12

Cet article fixe le principe dit du *pro rata temporis* pour les salariés en CDD.

« Lorsqu'un salarié titulaire d'un contrat de travail à durée déterminée est exposé à des rayonnements ionisants et qu'au terme de son contrat cette exposition excède la valeur limite annuelle rapportée à la durée du contrat, l'employeur lui propose une prorogation du contrat pour une durée telle que l'exposition constatée à l'expiration de la prorogation soit au plus égale à la valeur limite annuelle rapportée à la durée totale du contrat... »

Partie première, Livre II, Titre V, Chapitre 1^{er}

Article L. 1251-34

Cet article fixe le principe dit du *pro rata temporis* pour les salariés temporaires.

« Lorsqu'un salarié temporaire ... exposition excède la valeur limite annuelle rapportée à la durée du contrat, l'entreprise temporaire lui propose, ..., un ou plusieurs contrats prenant effet dans un délai maximum de trois jours ouvrables après l'expiration du contrat précédent, pour une durée telle que l'exposition constatée à l'expiration du ou des nouveaux contrats soit au plus égale à la valeur limite annuelle rapportée à la durée totale des contrats... »

Partie IV, Livre IV, Titre V, Chapitre 1^{er}

Article L. 4451-1

« Les règles de prévention des risques pour la santé et la sécurité des travailleurs, y compris les travailleurs indépendants et les employeurs, exposés aux rayonnements ionisants sont fixées dans le respect des principes généraux de radioprotection des personnes énoncés à l'article L. 1333-1 du code de la santé publique ... » (NB : les trois principes de base de la RP).

↳ PARTIE RÉGLEMENTAIRE

Sections et articles fondamentaux :

Quatrième partie, Livre 1^{er}, Titre V, Chapitre II – Femmes enceintes, venant d'accoucher ou allaitant

Section 3 – Travaux exposant aux rayonnements ionisants

Article D. 4152-4

« Les travailleurs exposés à des rayonnements ionisants sont informés des effets potentiellement néfastes de l'exposition aux rayonnements sur l'embryon, en particulier au début de la grossesse, et sur le fœtus. ... »

TRAVAUX INTERDITS AUX SALARIÉS TITULAIRES D'UN CDD ET SALARIÉS TEMPORAIRES

L'article D. 4154-1 du code du travail interdit d'employer des salariés titulaires d'un contrat de travail à durée déterminée et des salariés temporaires pour l'exécution des travaux accomplis dans des zones où le débit de dose horaire est susceptible d'être supérieur à 2 millisieverts ;

Cette interdiction est aisément respectée dans le cadre d'activités exécutées dans les locaux ou portions de locaux délimitées en zone orange.

Par contre elle impose la plus grande vigilance lors de la préparation et de l'exécution des activités dites « activités à risque zone orange ». Ces activités sont situées dans des locaux classés en zone jaune (ou verte), mais l'ambiance radiologique de la zone de travail est susceptible d'évoluer et de devenir supérieure à 2mSv/h. Par exemple :

- ↘ les activités à proximité d'un point chaud,
- ↘ le transport de sacs déchets,
- ↘ la manutention d'éléments du circuit primaire (presse étoupe, joints,...),
- ↘ la manutention de calorifuges activés ou contaminés (LBM cuve,...),
- ↘ la pose / dépôt ou manutention de matelas de plomb.

Dans tous les cas, si l'ambiance radiologique de la zone de travail évolue vers 2mSv/h en phase de réalisation, l'exécution est interdite par des salariés titulaires d'un contrat de travail à durée déterminée ou des salariés temporaires.

En cas d'alarme « Débit d'équivalent de Dose » (visuelle et sonore) du dosimètre l'intervenant doit se retirer immédiatement de la zone d'exposition et prévenir son responsable.

LIMITES DE DOSE

Personnes exposées	Dose efficace/12 mois (exposition externe + interne)	Dose équivalente/12 mois (mains, avant-bras, pieds, chevilles)	Dose équivalente/12 mois (peau)*	Dose équivalente/12 mois (cristallin)**
Travailleurs «adultes»***	20 mSv	500 mSv	500 mSv	150 mSv
Étudiants, apprentis de 16 à 18 ans avec dérogation	6 mSv	150 mSv	150 mSv	45 mSv
Femmes allaitantes	6 mSv Pas d'exposition interne	—	—	—
Femmes enceintes	1 mSv	—	—	—
Personnes non classées ni A ni B	1 mSv	—	50 mSv	15 mSv

* en valeur moyenne pour toute surface de 1 cm² de peau, quelle que soit la surface exposée

** les limites pour le cristallin vont évoluer pour suivre les recommandations de la CIPR en 2011

*** les travailleurs exposés à une dose efficace supérieure à 6 mSv ou une dose équivalente supérieure aux 3/10^{ème} des limites annuelles doivent être classés en catégorie A

Article D. 4152-5

« Lorsque, dans son emploi, la femme enceinte est exposée à des rayonnements ionisants, l'exposition de l'enfant à naître est, pendant le temps qui s'écoule entre la déclaration de grossesse et l'accouchement, aussi faible que raisonnablement possible, et en tout état de cause inférieure à 1 mSv. »

Quatrième partie, Livre Ier, Titre V, Chapitre III – Jeunes travailleurs**Section 2 – Travaux interdits****Article D. 4153-33**

« Il est interdit d'employer les jeunes travailleurs de moins de dix-huit ans aux travaux susceptibles de les exposer à l'action des rayonnements ionisants ... »

Article D. 4153-34

« Les jeunes travailleurs âgés de seize à dix-huit ans autorisés lors de leur formation, ..., à être occupés à des travaux les exposant aux rayonnements ionisants ne peuvent recevoir au cours de douze mois consécutifs une dose efficace supérieure à 6 mSv ou des doses équivalentes supérieures aux valeurs suivantes :

150 mSv pour les mains...,

150 mSv pour la peau,

45 mSv pour le cristallin. ... »

Quatrième partie, Livre I^{er}, Titre V, Chapitre IV, Section 1 – Travaux interdits**Article D. 4154-1**

« Il est interdit d'employer des salariés titulaires d'un contrat de travail à durée déterminée et des salariés temporaires pour l'exécution des travaux les exposant ...

23° Rayonnements ionisants : travaux accomplis dans des zones où le débit de dose horaire est susceptible d'être supérieur à 2 millisieverts »

Quatrième partie, Livre IV, Titre V, Chapitre I^{er}**Section 1 – Principes et dispositions d'application****Article R. 4451-11**

« Dans le cadre de l'évaluation des risques, ..., l'employeur :

1° Fait procéder à une évaluation prévisionnelle de la dose collective et des doses individuelles que les travailleurs sont susceptibles de recevoir lors de l'opération ;

2° Fait définir par la personne compétente en radioprotection, ..., des objectifs de dose collective et individuelle pour l'opération fixés au niveau le plus bas possible compte tenu de l'état des techniques et de la nature de l'opération à réaliser, ... »

Article R. 4451-12

« La somme des doses efficaces reçues par l'exposition externe et interne ne doit pas dépasser 20 mSv sur douze mois consécutifs »

AUTORISATIONS SPÉCIALES ET URGENCES RADIOLOGIQUES

Situation	Niveau de référence
Exposition exceptionnelle concertée	40 mSv
Urgence radiologique*	↘ 100 mSv ↘ 300 mSv lorsque l'intervention est destinée à protéger des personnes

* Un dépassement des niveaux de référence pourra être admis exceptionnellement, afin de sauver des vies humaines, pour des intervenants volontaires et informés du risque que comporte leur intervention.

ARRÊTÉ DU 7 FÉVRIER 2012 FIXANT LES RÈGLES GÉNÉRALES RELATIVES AUX INB

- ↘ Les opérations de transport interne de marchandises dangereuses doivent respecter les exigences figurant dans les règles générales d'exploitation (exigences reprises par EDF dans la Directive DI 127).
- ↘ Les EIP font l'objet d'une qualification. Un EIP est un « Élément Important pour la Protection » de la sécurité, la santé et la salubrité publiques, la protection de la nature et de l'environnement (structure, équipement, système, matériel, composant, ou logiciel présent dans une INB).
- ↘ Chaque AIP fait l'objet d'un contrôle technique et de vérifications par sondage. Une AIP est une « Activité Importante pour la Protection » de la sécurité, la santé et la salubrité publiques, la protection de la nature et de l'environnement.
- ↘ Les AIP réalisées par un intervenant extérieur font l'objet d'une surveillance exercée par l'exploitant, qui ne peut la confier à un prestataire.
- ↘ EDF considère que les AIP/EIP concernent la radioprotection du public et non des travailleurs.

Article R. 4451-13

« Les **limites de doses** équivalentes pour les différentes parties du corps exposées ... :

- 1° Pour les mains, les avant-bras, les pieds et les chevilles, ... douze mois ... 500 mSv ;
- 2° Pour la peau, douze mois ... 500 mSv ... dose moyenne sur toute surface de 1 cm², ...
- 3° Pour le cristallin douze mois ... 150 mSv. » (NB : évoluera pour suivre les recommandations de la CIPR exprimées en 2011).

Article R. 4451-15

Il peut être dérogé aux valeurs limites d'exposition fixées aux articles R. 4451-12 et R. 4451-13 :

- 1° Au cours d'expositions exceptionnelles préalablement justifiées ... n'excédant pas deux fois la valeur limite annuelle ...
- 2° Au cours d'expositions professionnelles ... dans une situation d'urgence radiologique définie en application du 3° de l'article L. 1333-20 du code de la santé publique, ...

SECTION 2 – Aménagement technique des locaux de travail**Sous-section 1 – Zone surveillée et zone contrôlée****Article R. 4451-18**

« Après avoir procédé à une évaluation des risques et recueilli l'avis de la personne compétente en radioprotection ... l'employeur ... délimite ... :

- 1° **Une zone surveillée**, dès lors que les travailleurs sont susceptibles de recevoir... 1 mSv par an...
- 2° **Une zone contrôlée** dès lors que les travailleurs sont susceptibles de recevoir... 6 mSv par an... »

Article R. 4451-27

« Un arrêté... pris après avis de l'ASN, et de l'IRSN fixe pour les zones surveillées et contrôlées... »
NB : il s'agit de l'arrêté du 15 mai 2006 dit « arrêté zonage ».

Sous-section 2 – Contrôles techniques**Paragraphe 3 – Organisation des contrôles****Article R. 4451-34**

« Une décision de l'ASN ... précise les modalités techniques et la périodicité des contrôles ... »
NB : il s'agit de l'arrêté du 21 mai 2010 dit « arrêté contrôle ».

Sous-section 3 – Relevés des sources et appareils émetteurs de rayonnements ionisants**Article R. 4451-38**

« L'employeur transmet, au moins une fois par an, une copie du relevé actualisé des sources et des appareils émettant des rayonnements ionisants... à l'IRSN ... »

SECTION 3 – Conditions d'emploi et de suivi des travailleurs exposés**Sous-section 1 – Catégories de travailleurs****Article R. 4451-44**

« ...les travailleurs susceptibles de recevoir, dans les conditions habituelles de travail, une dose efficace supérieure à 6 mSv par an ou une dose équivalente supérieure aux trois dixièmes des limites annuelles d'exposition ... sont classées par l'employeur dans la catégorie A, après avis du médecin du travail. »

LES ÉCHELLES DE CLASSEMENT

des incidents et accidents nucléaires
et des événements en radioprotection dans le cadre de radiothérapies

La nécessité d'informer le public de la gravité des événements nucléaires, notamment après l'accident de Tchernobyl (1986), a fait naître le besoin de développer des échelles de classement. La première échelle a été mise en place en 1987 par le CSSIN¹. L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a joué un rôle essentiel dans la création, en 1991, de l'échelle internationale « INES² » de classement des événements nucléaires, publiée par l'AIEA. En 2002, l'ASN a proposé une nouvelle échelle, pour prendre en compte les événements de radioprotection (irradiation, contamination), notamment ceux touchant les travailleurs, quel que soit le lieu de l'incident. En juillet 2007, l'ASN a élaboré, en concertation avec la SFRO³, une échelle, destinée à classer les événements de radioprotection affectant les patients dans le cadre d'une procédure de radiothérapie, qui a été publiée en 2008. En juillet 2008, l'AIEA a publié une échelle INES révisée qui permet de mieux prendre en compte les événements survenant dans le domaine des transports ou entraînant l'exposition de personnes à des sources radioactives. En septembre 2008, l'ASN a proposé au HCTISN de s'associer aux travaux qu'elle a engagés depuis 2007 en vue de mettre en place un indice de mesure de la radioactivité dans l'environnement.

L'ÉCHELLE INES DE CLASSEMENT DES INCIDENTS ET ACCIDENTS NUCLÉAIRES

■ PRÉSENTATION ET OBJECTIFS

À l'instar du classement des phénomènes naturels comme les séismes, le vent ou les avalanches, la France a mis en place, dès 1987, une échelle de gravité des événements nucléaires, dont l'AIEA s'est largement inspirée pour concevoir l'échelle INES.

Cette échelle, utilisée au plan international depuis 1991, s'appuie à la fois sur des critères objectifs et des critères qualitatifs. Appliquée par soixante pays, elle est destinée à **faciliter la perception par les**

médias et le public de l'importance des incidents et des accidents nucléaires.

Elle ne constitue pas un outil d'évaluation ou de mesure de la sûreté nucléaire et de la radioprotection et ne peut servir de base ni à l'indemnisation ni à des sanctions. L'échelle INES n'est pas destinée à faire des comparaisons internationales et ne saurait en particulier établir de relation de cause à effet entre le nombre d'incidents déclarés et la probabilité que survienne un accident grave sur une installation.

APPLICATION DE L'ÉCHELLE INES

	CONSÉQUENCES À L'EXTÉRIEUR DU SITE	CONSÉQUENCES À L'INTÉRIEUR DU SITE	DÉGRADATION DE LA DÉFENSE EN PROFONDEUR
7 ACCIDENT MAJEUR	Rejet majeur : effets considérables sur la santé et l'environnement		
6 ACCIDENT GRAVE	Rejet important susceptible d'exiger l'application intégrale des contre-mesures prévues		
5 ACCIDENT	Rejet limité susceptible d'exiger l'application partielle des contre-mesures prévues	Endommagement grave du cœur du réacteur / des barrières radiologiques	
4 ACCIDENT	Rejet mineur : exposition du public de l'ordre des limites prescrites	Endommagement important du cœur du réacteur / des barrières radiologiques / exposition mortelle d'un travailleur	
3 INCIDENT GRAVE	Très faible rejet : exposition du public représentant au moins un pourcentage des limites fixé par le guide AIEA*	Contamination grave / effets aigus sur la santé d'un travailleur	Accident évité de peu / perte des barrières
2 INCIDENT		Contamination importante / surexposition d'un travailleur	Incident assorti de défaillances importantes des dispositions de sécurité
1 ANOMALIE			Anomalie sortant du régime de fonctionnement autorisé
0 ÉCART			
ÉVÉNEMENT HORS ÉCHELLE	Aucune importance du point de vue de la sûreté		

(1) CSSIN : Conseil Supérieur de la Sûreté et d'Information Nucléaires • (2) INES : International Nuclear Event Scale • (3) SFRO : Société Française de Radiothérapie Oncologique
* Guide consultable sur le site de l'AIEA : www-ns.iaea.org/tech/areas/emergencies/ines.htm

Article R. 4451-45

« Les femmes enceintes et les jeunes travailleurs mentionnés aux articles D. 4152-5 et D. 4153-34 ne peuvent être affectés à des travaux qui requièrent un classement en catégorie A. »

Article R. 4451-46

« Les travailleurs exposés ... ne relevant pas de la catégorie A sont classés en catégorie B dès lors qu'ils sont soumis ... doses supérieures à l'une des limites de dose fixées à l'article R. 1333-8 du code de la santé publique. »

Sous-section 2 – Formation

Sous-section 6 – Surveillance individuelle de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants

Paragraphe 1 – Suivi dosimétrique de référence

Article R. 4451-62

« 1° Lorsque l'exposition est externe, le suivi dosimétrique est assuré par des mesures individuelles, appelées dosimétrie passive ;
2° Lorsque l'exposition est interne, le suivi dosimétrique est assuré par des mesures d'anthroporadiométrie ou des analyses de radio-toxicologie ; ... »

Paragraphe 2 – Suivi dosimétrique opérationnel

Article R. 4451-67

« Tout travailleur appelé à exécuter une opération en zone contrôlée ou sur les lieux de travail ... fait l'objet, du fait de l'exposition externe, d'un suivi par dosimétrie opérationnelle. »

SECTION 4 – Surveillance médicale

SECTION 5 – Situations anormales de travail

Sous-section 1 – Autorisations spéciales et urgences radiologiques

Article R. 4451-93

« Les expositions soumises à autorisation spéciale en application de l'article R. 4451-15 ne peuvent intervenir qu'après accord de l'inspecteur du travail. »

Les demandes d'autorisation spéciale sont accompagnées :

- 1° Des justifications utiles ;
- 2° Des indications relatives à la programmation des plafonds de dose prévisibles et au calendrier des travaux ;
- 3° Des avis du médecin du travail, du CHSCT ... et de l'IRSN.

Sous-section 3 – Déclaration d'évènement significatif

Article R. 4451-99

Pour ce qui concerne les activités nucléaires soumises à un régime d'autorisation ou de déclaration ... l'employeur déclare tout évènement significatif ayant entraîné ou susceptible d'entraîner le dépassement d'une des valeurs limites fixées aux articles D. 4152-5, D. 4153-34, R. 4451-12 et R. 4451-13 à l'ASN.

PERSONNE COMPÉTENTE EN RADIOPROTECTION

PRINCIPALES MISSIONS

Une personne compétente au moins doit être désignée par l'employeur dès qu'il y a un risque d'exposition de salariés aux rayonnements ionisants. Dans les INB, ces personnes sont regroupées au sein d'un service compétent en radioprotection. La personne compétente agit sous la responsabilité de l'employeur :

- La personne compétente en radioprotection est consultée sur la délimitation des zones surveillées ou contrôlées et sur la définition des règles particulières qui s'y appliquent.
- La personne compétente en radioprotection participe à la définition et à la mise en œuvre de la formation à la sécurité des travailleurs exposés, organisée en application de l'article R. 4453-4.
- Sous la responsabilité de l'employeur et en liaison avec le comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail ou, à défaut, avec les délégués du personnel, la personne compétente en radioprotection :
 - 1° Participe à la constitution du dossier de déclaration ou de demande d'autorisation prévues à l'article L.1333-4 du code de la santé publique.
 - 2° Procède à une évaluation préalable permettant d'identifier la nature et l'ampleur du risque encouru par les travailleurs exposés. A cet effet, les personnes assurant l'encadrement des travaux ou des opérations lui apportent leur concours.
 - 3° Définit, après avoir procédé à cette évaluation, les mesures de protection adaptées à mettre en œuvre. Elle vérifie leur pertinence au vu des résultats des contrôles techniques et de la dosimétrie opérationnelle ainsi que des doses efficaces reçues.
 - 4° Recense les situations ou les modes de travail susceptibles de justifier une exposition subordonnée à la délivrance de l'autorisation spéciale requise en application de l'article R. 4451-15, définit les objectifs de dose collective et individuelle pour chaque opération et s'assure de leur mise en œuvre.
 - 5° Définit les moyens nécessaires requis en cas de situation anormale.
- Lorsqu'une opération comporte un risque d'exposition aux rayonnements ionisants pour des travailleurs relevant d'entreprises extérieures ou pour des travailleurs non salariés, le chef de l'entreprise utilisatrice associe la personne compétente en radioprotection à la définition et à la mise en œuvre de la coordination générale des mesures de prévention prévues à l'article R. 4451-8.

À ce titre, la personne compétente en radioprotection désignée par le chef de l'entreprise utilisatrice prend tous contacts utiles avec les personnes compétentes en radioprotection que les chefs d'entreprises extérieures sont tenus de désigner.

SECTION 6 – Organisation de la radioprotection**Sous-section 1** – Personne compétente en radioprotection (PCR)**Paragraphe 1** - Désignation**Article R. 4451-103**

« L'employeur désigne au moins une PCR lorsque la présence, la manipulation, l'utilisation ou le stockage d'une source radioactive scellée ou non scellée ou d'un générateur électrique de rayonnements ionisants entraîne un risque d'exposition pour les travailleurs de l'établissement ainsi que pour ceux des entreprises extérieures ou les travailleurs non salariés intervenant dans cet établissement. »

Paragraphe 2 – Missions**Article R. 4451-110**

« La PCR est consultée sur la délimitation des zones surveillées ou contrôlées et sur la définition des règles particulières qui s'y appliquent. »

Article R. 4451-111

« La PCR participe à la définition et à la mise en œuvre de la formation à la sécurité des travailleurs exposés... »

Article R. 4451-112

Sous la responsabilité de l'employeur et en liaison avec le CHSCT... la PCR :

- 1° Participe à la constitution du dossier de déclaration ou de demande d'autorisation ...
- 2° Procède à une évaluation préalable permettant d'identifier la nature et l'ampleur du risque ...
- 3° Définit ... les mesures de protection adaptées à mettre en œuvre. ...
- 4° ...définit les objectifs de dose collective et individuelle pour chaque opération ...
- 5° Définit les moyens nécessaires requis en cas de situation anormale ...

Article R. 4451-113

« Lorsqu'une opération comporte un risque d'exposition aux rayonnements ionisants ... le chef de l'entreprise utilisatrice associe la personne compétente en radioprotection à la définition et à la mise en œuvre de la coordination générale des mesures de prévention ... A ce titre, la PCR désignée par le chef de l'entreprise utilisatrice prend tous contacts utiles avec les PCR que les chefs d'entreprises extérieures sont tenus de désigner. »

Paragraphe 3 – Moyens**Sous-section 2** – Participation du médecin du travail**Article R. 4451-115**

« Le médecin du travail collabore à l'action de la PCR. »

Article R. 4451-117

« Le médecin du travail participe à l'information des travailleurs sur les risques ... »

Sous-section 3 – Information du comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail.

La Lettre du

Edition n° 30

Juin 2013

EDITO

Bonjour à tous !

Madame Anne-Caroline CAILLOUX et Docteur Catherine BALLOEUIL, membres de la Commission Technique nous ont fait savoir qu'elles quittaient leurs fonctions au sein de leur organisation et donc au CEFRI. Nous tenons à les remercier pour leur importante participation à l'élaboration des référentiels du CEFRI.

Monsieur CHAPOTOT, Directeur du CEFRI depuis 2009 a également fait valoir ses droits à la retraite.

Nous tenons à rendre hommage à sa participation à l'amélioration du CEFRI et à le remercier pour sa grande implication.

Au nom des instances, nous lui souhaitons une excellente retraite bien méritée.

Monsieur Pascal VAUCHERET prend la relève et du côté des permanents, l'été ne va pas être de tout repos.

Au programme : des Commissions Techniques supplémentaires, un volume important de dossiers de certification à traiter et la préparation de l'audit COFRAC prévu pour septembre 2013...

Nous vous souhaitons de bonnes vacances que nous espérons ensoleillées !

Bonne lecture.

Sidonie MIGNIEN

L'audit interne du CEFRI 2013

Cette année, l'audit interne du CEFRI revêtait une importance particulière compte tenu de l'application de la nouvelle version de la norme ISO 17024 relative à la certification de personnes.

Rappelons que lorsque le nouvel arrêté sur la formation des PCR sera publié, ce qui est annoncé comme très proche par la DGT, la certification des formateurs de PCR sera remplacée par la certification d'organismes de formation, ce qui amènera à supprimer la certification de personnes au CEFRI.

Cet audit interne s'est déroulé de façon satisfaisante avec seulement 1 remarque (facile à lever) et 4 axes d'amélioration. L'équipe de permanents du CEFRI a, une fois de plus, fait preuve de professionnalisme dans la gestion des dossiers.

A l'heure du départ en retraite, je tiens à remercier toutes celles et tous ceux qui ont contribué à faire du CEFRI un organisme reconnu par tous pour son expertise en matière de certification du management de la radioprotection.

Dans le nouveau contexte réglementaire issu des arrêtés annoncés, je fais toute confiance à M. Pascal VAUCHERET qui me succède à présent, pour que le CEFRI continue d'avancer sur la voie du progrès.

Henri CHAPOTOT
Directeur du CEFRI

Dans cette édition...

Edito.....	1
L'audit interne du CEFRI 2013	1
Les nouveaux textes	2
Les projets en cours	2
Réunions à venir	2
REX.....	3
Lisibilité des rapports d'audit.....	3
Bonnes et mauvaises pratiques	3
La vie du CEFRI	4
Réponses à vos questions.....	4
Vos relations avec les permanents, vos contacts.....	4
Le CEFRI en quelques chiffres.....	4

Les chantiers du CEFRI pour les mois à venir concernent la refonte des formations PR RN, l'Arrêté Formateur de PCR, puis l'Arrêté Certification. Je me réjouis donc de rejoindre le CEFRI à un moment où il doit confirmer son rôle, notamment au service d'EDF pour le "Grand Carénage".

Un enjeu va par ailleurs être de nous efforcer de maintenir une bonne cohésion du référentiel "F" pour la partie commune entre EDF et les autres exploitants.

Au niveau opérationnel quotidien de l'équipe du CEFRI, nous allons aussi nous employer à réduire le temps de traitement des demandes de certifications.

Je profite enfin de cette Lettre du CEFRI pour remercier pour leur accueil les personnes que j'ai rencontrées à ce jour.

Pascal VAUCHERET

Sous-section 4 – Travaux soumis à certificat de qualification

Article R. 4451-122

« Les entreprises qui assurent des travaux de maintenance, des travaux d'intervention ou mettent en œuvre des appareils émettant des rayonnements ionisants ne peuvent exercer les activités figurant sur une liste fixée par arrêté qu'après avoir obtenu un certificat de qualification justifiant de leur capacité à accomplir des travaux sous rayonnements ionisants. ... »

Sous-section 5 – Participation de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire

Article R. 4451-125

« Pour l'exécution de la mission ... de la gestion et de l'exploitation des données dosimétriques concernant les travailleurs, ..., l'IRSN :

1° Centralise, vérifie et conserve au moins cinquante ans l'ensemble des résultats ...

2° Reçoit les résultats ...

3° Tient à la disposition de l'inspecteur du travail ... l'ensemble des résultats des mesures individuelles de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants. »

NB : cette obligation est assurée par le système SISERI.

A2.6 ARRÊTÉ DU 7 FÉVRIER 2012 FIXANT LES RÈGLES GÉNÉRALES RELATIVES AUX INSTALLATIONS NUCLÉAIRES DE BASE

Cet arrêté, pris en application des articles L. 593-1 et suivants du code de l'environnement, concerne aussi la sécurité, la santé et la salubrité publique, donc la radioprotection du public mais pas des travailleurs (voir page 328).



Parlement européen de Bruxelles (Belgique)



Siège de l'AIEA

ANNEXES 3

ORGANISMES INTERNATIONAUX ET FRANÇAIS RELATIFS À LA RADIOPROTECTION

A3.1 ORGANISMES INTERNATIONAUX

A3.1.1 COMMISSION INTERNATIONALE DE PROTECTION RADIOLOGIQUE (CIPR)



www.icrp.org

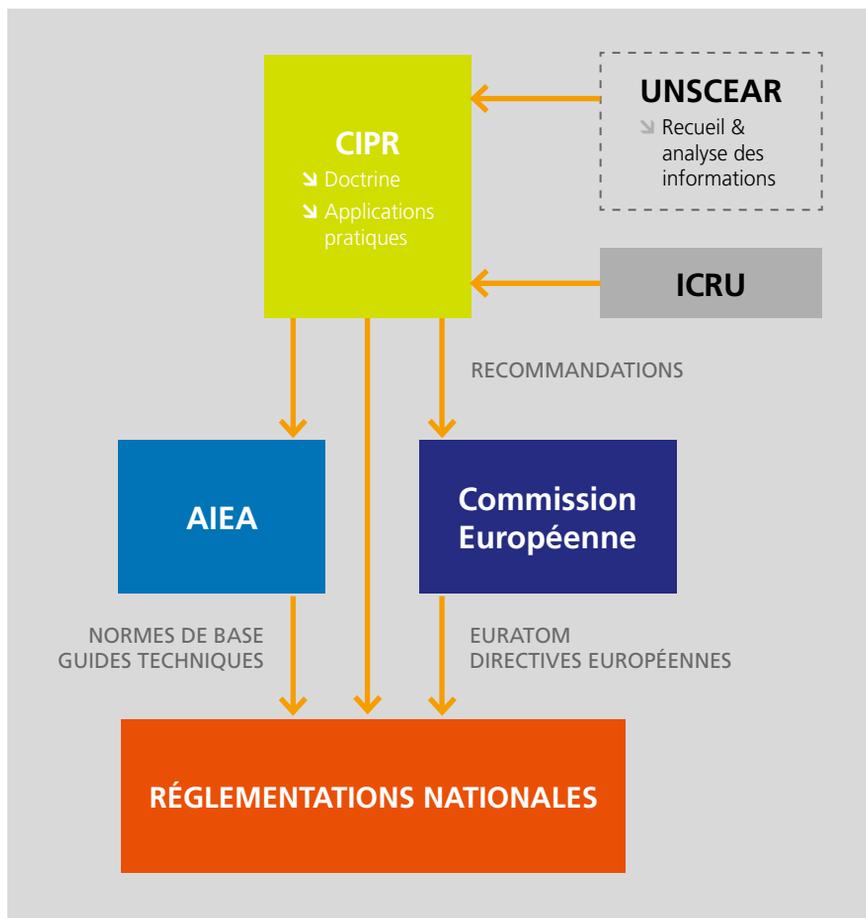
Créée en 1928, elle émet ses premières recommandations en 1934 en s'appuyant sur les résultats des expérimentations animales et médicales. Dès 1950, elle propose un système cohérent et complet de recommandations, établissant les principes fondamentaux de la radioprotection et les modalités pratiques de leur application. A cette époque, la limite annuelle de dose était déjà fixée à 50 mSv. Les recommandations de la CIPR sont édictées dans des publications numérotées qui sont ensuite complétées ou révisées.

La CIPR est une organisation non gouvernementale, aussi ses recommandations n'ont aucun caractère obligatoire. Néanmoins, ses textes servent de référence à de nombreuses autres organisations ou pays. Ce caractère international et reconnu permet une certaine homogénéisation des pratiques en radioprotection au niveau international.

La publication n° 60 (CIPR 60) de 1990 a par exemple été la source des Directives Euratom CE 96/29 et CE 97/43 qui ont ensuite été transposées en droit français, pour l'essentiel dans le Code du Travail et le Code de la Santé Publique.

Les dernières recommandations générales de la CIPR ont fait l'objet de la publication n° 103 (CIPR 103) en 2007. Elles considèrent toutes les situations d'exposition, indépendamment du fait que la source de rayonnements soit artificielle ou naturelle. Une nouvelle Directive Euratom a été publiée en janvier 2014 pour reprendre notamment les apports de la CIPR 103. Une transposition en droit français suivra.

ORIGINE DES RÉGLEMENTATIONS NATIONALES



A3.1.2 COMMISSION INTERNATIONALE DES UNITÉS ET MESURES RADIOLOGIQUES (ICRU)



www.icru.org

Cette commission est l'équivalent de la CIPR dans le domaine de la métrologie liée aux rayonnements ionisants. La CIPR définit le cadre de protection vis-à-vis des rayonnements ionisants (limite à respecter au niveau sanitaire). L'ICRU définit le cadre de conformité des mesures. Les normes qui en découlent sont appliquées pour réaliser les mesures, en particulier celles exigées par la réglementation.

A3.1.3 COMITÉ SCIENTIFIQUE DES NATIONS UNIES POUR L'ÉTUDE DES EFFETS DES RAYONNEMENTS IONISANTS (UNSCEAR)



www.unscear.org

Suite aux inquiétudes suscitées par l'élévation du niveau de radioactivité ambiant du fait des essais nucléaires, l'assemblée générale des Nations Unies a créé en 1955 un comité scientifique connu sous le nom d'UNSCEAR (United Nations Scientific Committee of the Effects of Atomic Radiations). Ce comité est chargé d'une mission complémentaire à celle de la CIPR : regrouper et analyser toutes les données concernant les niveaux de radioactivité ambiante, ainsi que les résultats des recherches sur les effets des rayonnements ionisants.

Les données relatives aux rejets liquides et gazeux des centrales nucléaires sont transmises annuellement à l'UNSCEAR.

L'UNSCEAR publie régulièrement des rapports détaillés qui sont utilisés en particulier par les experts de la CIPR.

LES DIFFÉRENTS TYPES DE FILIÈRES DE RÉACTEURS NUCLÉAIRES

GRAPHITE GAZ

- AGR (réacteur avancé refroidi au gaz)
- Magnox (réacteur refroidi au CO₂)

EAU LOURDE

- PHWR (dont CANDU filière canadienne)

EAU ORDINAIRE

- BWR (eau bouillante)
- PWR (eau pressurisée)
- VVER (eau pressurisée, filière russe)

NEUTRONS RAPIDE

- FBR (filière rapide)

EAU-GRAPHITE

- RBMK, GLWR

A3.1.4 AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE (AIEA)



www.iaea.org

Cette organisation internationale et autonome a été créée en 1957 sous l'égide de l'ONU. Elle est aussi connue sous le terme « Agence de Vienne », ville où est situé son siège. Elle a pour mission de favoriser l'échange de renseignements techniques et scientifiques dans ce domaine. Elle assure un contrôle sur les matières fissiles afin de veiller à la non prolifération des armes nucléaires.

Elle publie régulièrement des normes de base en radioprotection ainsi que des guides pratiques. Ces documents sont généralement basés sur les dernières recommandations de la CIPR et les déclinent de façon pratique.

Le règlement du transport des matières radioactives de l'AIEA est le document de référence dans la grande majorité des pays.

L'AIEA organise à la demande des autorités de sûreté des États membres, des missions d'évaluation de la sûreté des installations nucléaires comme par exemple celles connues sous le sigle « OSART » (Operating Safety Review Team).

L'AIEA fait appel aux différents exploitants mondiaux pour composer les équipes OSART qui traitent notamment du domaine de la radioprotection.

A3.1.5 COMMISSION EUROPÉENNE (CE)



www.europa.eu

L'Union européenne (UE) est constituée des pays européens décidés à œuvrer ensemble à la paix et à la prospérité. Elle est dotée de cinq institutions, qui jouent chacune un rôle spécifique : le Parlement européen, le Conseil de l'Union européenne, la Cour de justice, la Cour des comptes et la Commission européenne (le moteur de l'Union et son organe exécutif).

La Commission européenne (CE) élabore les propositions de nouvelles lois européennes qu'elle soumet au Parlement européen et au Conseil, veille à la bonne exécution des décisions de l'UE, supervise la manière dont les fonds européens sont dépensés et veille au respect des traités européens et du droit communautaire. Elle accomplit une grande partie du travail quotidien nécessaire au fonctionnement de l'UE et compte 24 000 fonctionnaires européens répartis entre 36 départements appelés « Directions Générales » (DG) ou « services ».

La DG TREN (Transport Énergie) traite les questions relatives au nucléaire : la sûreté, les déchets, le démantèlement, le transport et la radioprotection. Cette DG comporte également l'Agence



Conseil de l'Europe

EURATOM composée d'inspecteurs chargés de vérifier la comptabilisation des matières nucléaires dans les centrales européennes.

L'UE s'est fixée une politique de radioprotection fondée sur l'établissement et l'incorporation dans les législations nationales de normes de base uniformes. La CE est chargée de l'élaboration de ces normes de base et de la surveillance de leur application. Elle s'appuie sur le groupe d'experts « article 31 » (dont certains membres participent aussi à la CIPR). Les premières normes de base européennes ont été publiées en 1959 et ont été ensuite révisées par des Directives. La dernière révision des normes de base en radioprotection date de 1996 (Directive prenant en compte la CIPR 60). Les textes des Directives européennes sont juridiquement applicables dans les États Membres. Chaque État Membre doit intégrer la Directive européenne dans sa propre réglementation. Chaque exploitant veille ensuite à respecter sa réglementation nationale. En janvier 2014, une nouvelle Directive a été publiée pour notamment reprendre les dispositions de la CIPR 103.

A3.1.6 AGENCE EUROPÉENNE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE (AEN) DE L'ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE (OCDE)



www.oecd-nea.org

Cette agence a été créée en 1958 pour encourager l'harmonisation des pratiques réglementaires, notamment en ce qui concerne la sûreté et la radioprotection dans les installations nucléaires. Basée à Paris, cette agence favorise les échanges entre les différents pays membres.

En radioprotection, sur une initiative de l'AEN, fut créée en 1992 une base de données dosimétriques appelée ISOE (Information System on Occupational Exposure). Cet outil est accompagné par la programmation tous les deux ans d'un séminaire de radioprotection qui est l'occasion pour des radioprotectionnistes de différents pays d'échanger des bonnes pratiques. Le système ISOE est soutenu par l'AEN et par l'AIEA ; le programme de travail est géré par un comité directeur dont le président est un exploitant. L'AEN diffuse un rapport annuel centré sur les résultats tirés de la base de données ISOE.



inside WANO

THE MAGAZINE OF THE WORLD ASSOCIATION OF NUCLEAR OPERATORS



Volume 21 | Number 1 | 2013

A snapshot of WANO

6

EnKK Nuclear Power Generation

8

A3.1.7 ASSOCIATION MONDIALE DES EXPLOITANTS NUCLÉAIRES (WANO)



www.wano.info

Créée en 1989, cette association dont le centre coordonnateur est à Londres est gérée à travers 4 centres régionaux : Paris, Atlanta, Moscou et Tokyo. Comme l'AIEA, WANO (World Association of Nuclear Operators) organise chaque année un programme complet d'évaluations (Peer Reviews) par une équipe d'exploitants, portant sur les aspects techniques et managériaux, y compris la radioprotection. WANO organise également des réunions d'experts ou des ateliers sur les problématiques d'exploitation.

De plus, WANO favorise l'intercomparaison des performances de chaque centrale au travers d'indicateurs dont la dosimétrie collective.

A3.1.8 INSTITUT DES EXPLOITANTS NUCLÉAIRES (INPO)



www.inpo.info

Suite à l'incident de la centrale nucléaire américaine de Three Miles Island (TMI), l'INPO (Institute of Nuclear Power Operations) a été créé en 1980 pour favoriser le retour d'expérience et la recherche d'excellence dans les centrales nucléaires nord-américaines. EDF participe aux différents travaux de l'INPO qui concernent en particulier la radioprotection.

A3.1.9 ASSOCIATION INTERNATIONALE DES SOCIÉTÉS DE RADIOPROTECTION (IRPA)

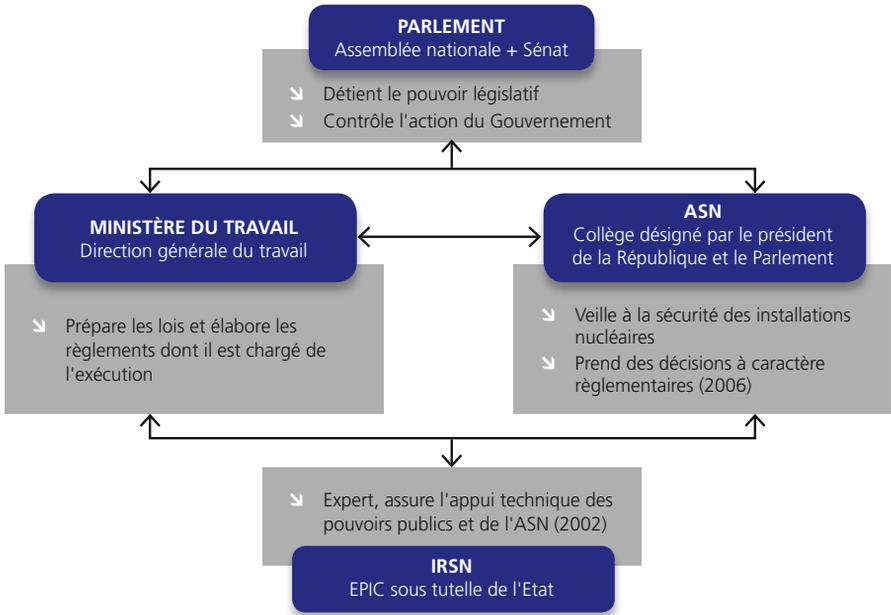


www.irpa.net

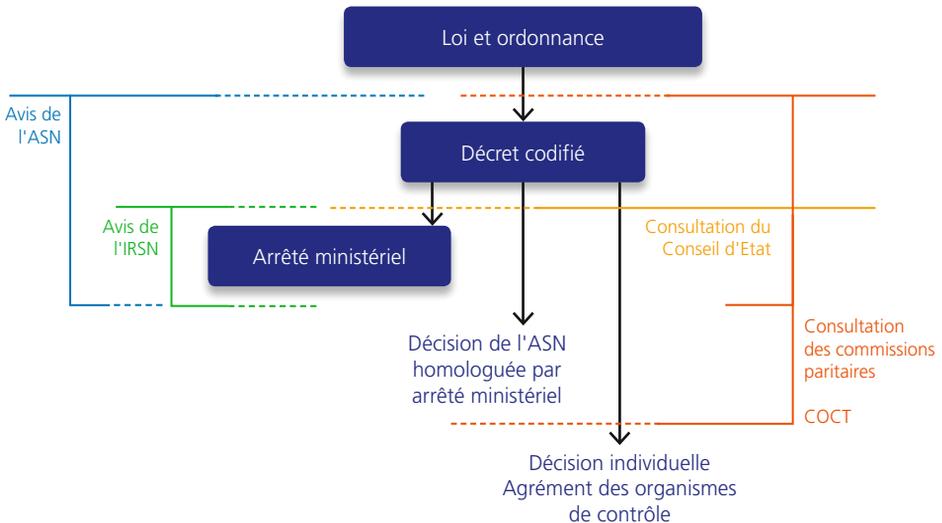
L'objectif premier de l'IRPA est de favoriser les échanges entre tous les professionnels de la radioprotection dans tous les pays. L'IRPA souhaite aussi promouvoir une protection optimale de l'homme et de l'environnement dans tous les domaines liés à la radioprotection comme la recherche, la médecine, l'industrie et le nucléaire.

Depuis 1966, l'IRPA organise tous les quatre ans un congrès international.

ORGANISATION DE LA RADIOPROTECTION EN FRANCE



MODALITÉS D'ÉLABORATION DES TEXTES RÉGLEMENTAIRES (RAYONNEMENTS IONISANTS)



A3.2 ORGANISMES FRANÇAIS

A3.2.1 ORGANISMES FRANÇAIS ÉLABORANT LA RÉGLEMENTATION

Ministère chargé du Travail

Au sein du Ministère du Travail, les textes réglementaires du domaine de la radioprotection des travailleurs sont rédigés par la Direction Générale du Travail (DGT).

Ministère chargé de l'Industrie

C'est un des ministères de tutelle de l'autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASN, voir paragraphe A3.2.2).

Ministère chargé de la Santé

C'est un des ministères de tutelle de l'ASN mais il ne s'implique plus dans la radioprotection des travailleurs depuis que l'ASN a été chargée de ce domaine. Il rédige le code de la santé publique.

Ministère chargé de l'Environnement

C'est un des ministères de tutelle de l'ASN.

Ministère chargé de l'Intérieur

La Mission nationale d'Appui à la gestion du Risque Nucléaire (MARN) est une équipe spécifique de la Direction de la Sécurité Civile qui, dans le cadre d'une convention avec l'exploitant nucléaire, a pour but d'aider les services préfectoraux en cas de crise. La MARN est également à l'origine du décret dit « interventions » qui précise les modalités d'intervention des personnels de secours en cas d'urgence radiologique.

A3.2.2 AUTORITÉ DE SÛRETÉ ET DE RADIOPROTECTION



www.asn.fr

L'ASN assure, au nom de l'État, le contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France pour protéger les travailleurs, les patients, le public et l'environnement des risques liés à l'utilisation du nucléaire. Elle contribue à l'information des citoyens.

L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), Autorité administrative indépendante créée par la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire (dite "loi TSN", désormais codifiée aux livres I^{er} et V du code de l'environnement), est chargée de contrôler les activités nucléaires civiles en France.

**NOMBRE DE TRAVAILLEURS EXPOSÉS EN FRANCE RÉPARTIS SUIVANT
LES LABORATOIRES DÉVELOPPANT LEUR FILM (DOSIMÉTRIE PASSIVE) EN 2012
(SOURCE IRSN)**

**POUR L'INDUSTRIE NUCLÉAIRE,
80 500 TRAVAILLEURS EXPOSÉS DONT :**

- ↘ 21 400 suivis par le LANDAUER EUROPE
- ↘ 17 100 suivis par l'IRSN
- ↘ 25 700 suivis par le CEA
- ↘ 14 000 suivis par COGEMA
- ↘ 2 300 suivis par le CERN

**POUR LE MÉDICAL ET L'INDUSTRIE HORS INB,
166 200 TRAVAILLEURS EXPOSÉS DONT :**

- ↘ 109 800 suivis par l'IRSN
- ↘ 33 300 suivis par le LANDAUER EUROPE
- ↘ 23 100 suivis par PHILIPS

Les activités contrôlées par l'ASN sont toutes celles qui comportent un risque d'exposition des personnes aux rayonnements ionisants, émanant soit d'une source artificielle, soit d'une source naturelle. Il s'agit notamment des centrales nucléaires d'EDF et du transport de matières radioactives.

L'ASN a développé une conception « élargie » de la sûreté nucléaire et de la radioprotection. Elle s'intéresse ainsi non seulement aux aspects techniques et matériels des domaines et activités qu'elle contrôle, mais également aux aspects organisationnels et humains. Cette conception conduit également l'ASN à assurer un contrôle approfondi pour protéger les personnes et l'environnement des risques et nuisances liés aux rayonnements ionisants.

Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN)



www.irsn.fr

Au titre de ses missions, l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire :

- a) Réalise des expertises, des recherches et des travaux, notamment d'analyses, de mesures ou de dosages, pour des organismes publics ou privés, français ou étrangers ;
- b) Définit des programmes de recherches, menés en son sein ou confiés à d'autres organismes de recherche français ou étrangers, en vue de maintenir et développer les compétences nécessaires à l'expertise dans ces domaines d'activité ;
- c) Contribue à la formation en radioprotection des professionnels de santé et des personnes professionnellement exposées ;
- d) Apporte un appui technique à l'ASN, et aux autorités et services de l'Etat qui en font la demande ;
- e) Propose à l'ASN, en cas d'incident ou d'accident impliquant des sources de rayonnements ionisants, des mesures d'ordre technique, sanitaire et médical propres à assurer la protection de la population, des travailleurs et de l'environnement et à rétablir la sécurité des installations ;
- f) Participe à la veille permanente en matière de radioprotection, notamment en concourant à la surveillance radiologique de l'environnement et en assurant la gestion et l'exploitation des données dosimétriques concernant les travailleurs exposés aux rayonnements ionisants et la gestion de l'inventaire des sources de rayonnements ionisants.

LES AGENCES RÉGIONALES DE SANTÉ (ARS)

Les ARS regroupent en une seule entité plusieurs organismes chargés des politiques de santé dans les régions et les départements notamment les directions régionales et départementales des affaires sanitaires et sociales (DRASS et DDASS).

Elles participent au contrôle de la radioprotection à la fois dans l'environnement et en milieu hospitalier :

- ↳ surveillance radiologique des eaux potables,
- ↳ surveillance du radon dans les établissements recevant du public et dans l'habitat,
- ↳ contrôle de la gestion des déchets et effluents des établissements de soin.

Elles participent également à la préparation et à la gestion des situations d'urgence radiologiques, notamment au travers de :

- ↳ l'appui au préfet en cas d'incident ou d'accident,
- ↳ la contribution à l'élaboration des plans d'urgence établis par les préfets,
- ↳ la constitution des stocks de comprimés d'iode et leur distribution,
- ↳ la participation aux exercices périodiques de crise.

Enfin, les ARS participent à l'instruction des procédures de déclaration pour la détention et l'utilisation de générateurs de rayons X à des fins radiologiques.

DIRECTION DES ÉQUIPEMENTS SOUS PRESSION NUCLÉAIRES

La direction des équipements sous pression nucléaires (Direction des Équipements sous Pression nucléaires (DEP), appartient à l'ASN et est basée à Dijon. Elle est chargée de contrôler la sûreté et la radioprotection dans le domaine des équipements sous pression nucléaires des installations nucléaires de base (INB), elle est plus particulièrement chargée :

- ↳ d'élaborer la réglementation applicable et sa doctrine d'application par l'ASN,
- ↳ de contrôler l'application de la réglementation relative à la construction d'équipements sous pression nucléaires,
- ↳ de vérifier la conformité réglementaire des dossiers génériques de maintenance des équipements en exploitation,
- ↳ d'encadrer l'action des délégations régionales en ce qui concerne les enceintes métalliques sous pression des principaux circuits importants pour la sûreté des centrales nucléaires, en particulier lors des arrêts de réacteurs,
- ↳ d'une manière générale, d'apporter un appui aux autres entités de l'ASN pour leurs missions de contrôle des équipements sous pression nucléaires.

A3.2.3 ORGANISMES FONDÉS À L'INITIATIVE DES EXPLOITANTS

Comité français de certification des Entreprises pour la Formation et le suivi du personnel travaillant sous Rayonnements Ionisants (CEFRI) et GIIN (Groupement Intersyndical des Industries du Nucléaire)



www.cefri.fr

Créé en 1990 à la fois par les exploitants et par les professions réunies au sein du Groupement Intersyndical des Industries du Nucléaire, le CEFRI contribue à l'amélioration de la prévention des risques liés au travail dans les installations nucléaires.

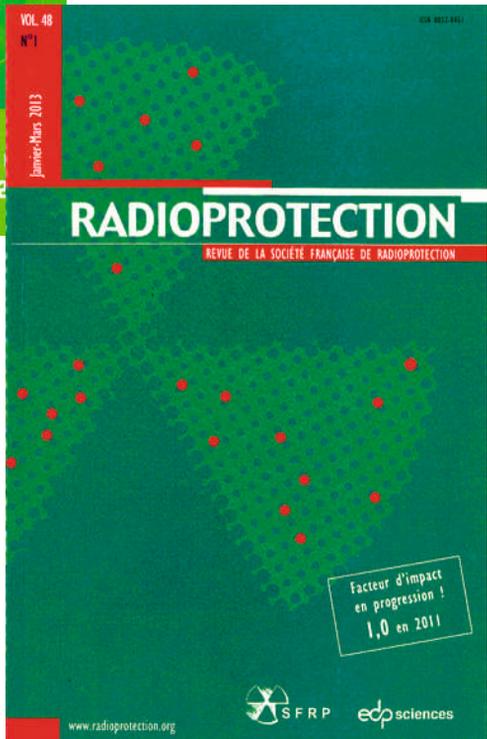
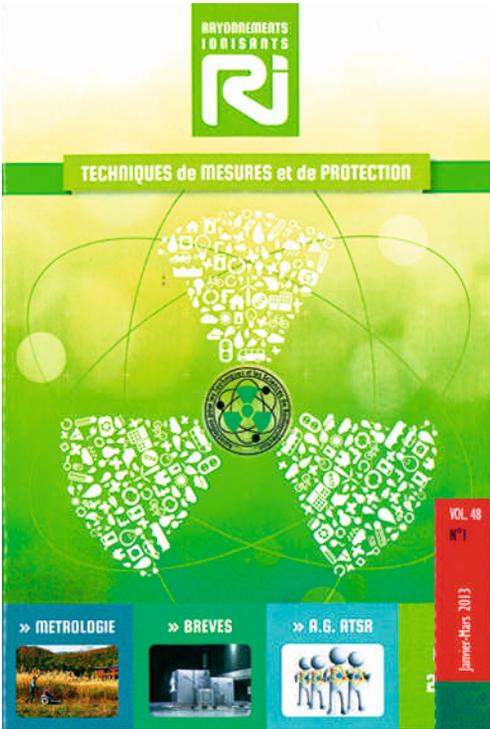
Il délivre des certifications, après audit des entreprises prestataires, des entreprises de travail temporaire, des organismes de formation et des formateurs de Personnes Compétentes en Radioprotection (PCR).

Il s'assure que l'organisation et les moyens mis en œuvre par les entreprises sont en conformité avec la réglementation. Le certificat CEFRI est exigé par EDF pour les entreprises de travail temporaire et pour les entreprises prestataires ayant des travailleurs exposés.

Les exploitants nucléaires français exigent de la part de leurs salariés prestataires la possession d'une attestation de formation conforme au référentiel du CEFRI et en cours de validité.

Un arrêté, publié en décembre 2013 et applicable au 1^{er} juillet 2015, portera désormais les modalités de certification des entreprises extérieures intervenants au sein d'installations nucléaires de base pour y effectuer certains travaux et les entreprises de travail temporaire mettant à disposition des travailleurs pour la réalisation de ces travaux. Dans les situations de coactivité, afin de s'assurer de la protection effective des travailleurs contre les risques radiologiques, l'arrêté fixe les exigences spécifiques relatives à l'organisation du travail et de la radioprotection des travailleurs. L'arrêté définit aussi la procédure de certification requise pour les entreprises concernées.

Un autre arrêté, publié en décembre 2013 et applicable au 1^{er} juillet 2014, transforme la certification des formateurs de PCR en une certification d'organismes de formation. Cet arrêté qui a pour vocation de remplacer un arrêté de 2005, impose aussi une durée de formation initiale des PCR de niveau 3 (secteur INB) de 90 heures au lieu de 60 heures précédemment.



Centre d'étude sur l'Évaluation de la Protection dans le domaine Nucléaire (CEPN)



www.cepn.asso.fr

www.isoe-network.net (accès limité)

Le CEPN, basé à Fontenay-aux-Roses, conduit des études et analyses dans le domaine de la radioprotection et principalement sur la déclinaison du principe ALARA dans les installations nucléaires, médicales ou industrielles. Le CEPN est également le Centre Technique Européen d'ISOE (AEN/OCDE et AIEA) et le coordinateur du réseau ALARA européen (EAN) pour le compte de la Commission européenne.

A3.2.4 ASSOCIATIONS ET « SOCIÉTÉS SAVANTES »

Société Française de RadioProtection (SFRP)



www.sfrp.asso.fr

La Société Française de Radioprotection est une société savante rassemblant de nombreux radioprotectionnistes, médecins et scientifiques. Elle organise des colloques et des séminaires à thème dans le domaine de la radioprotection. Elle diffuse également la revue « Radioprotection ».

Parmi l'ensemble de ses sections, la section de protection technique de la SFRP se focalise davantage sur les aspects pratiques de la protection radiologique des travailleurs exposés.

En particulier :

- les techniques de radioprotection sur les diverses installations,
- les méthodes et l'instrumentation de surveillance radiologique,
- les équipements individuels de protection,
- les moyens d'intervention en situation accidentelle,
- l'aide à la formation.



**ASSOCIATION
DES PERSONNES COMPÉTENTES EN RADIOPROTECTION
DE RHÔNE-ALPES**

Suivez, pas à pas, la naissance d'une association

Bravo madame, d'est une fille!

Comme elle est mignonne!!

Non, non, non, ça ne c'est pas passé comme ça, je vais vous raconter la véritable histoire...



ça commence comme ça...
Vivez comme il est fier et comme il bombe la torse, il ne suit pas ce qui l'intéresse!!



Et voilà, solitude, éprouvement, isolement, c'est là le quotidien de la PCR

Tout ça a fini !!

J'y arriverai jamais !!

ASSOCIATION DES PCR DE RHÔNE-ALPES

Enfin, 1^{ère} rencontre des PCR médicales de la Loire, le 5 juin 2009 au CH de Fleurbaey.
6 sites représentés, 7 PCR hospitalières plus 1 PCR externalisée.

Plusieurs après midi (étudiants) à Feurs:
• 2 octobre 2009
• 23 janvier 2009
• 30 avril 2009
• 24 septembre 2009



Voilà l'état de liaison, en faisant des conférences sur les sites, il collecte les bonnes idées

Et puis, ils se rendent compte que l'union fait la force



8èmes Journées PCR-SFRP-2007

à Durban: le réseau Grand Ouest...

Préparez vous !!

Où sont abordés les sujets suivants:
• Nouveautés réglementaires
• zonage
• Difficultés des uns et des autres
• Initiation d'un représentant ASN de Lyon pour une séance de questions/réponses



1^{ère} Journée à Lyon, le 9 mars 2010, matinée: réglementation et après midi sur les EPI



Contact téléphonique avec M. Juhel, SFRP, qui les conseille

Vous me n'irez y'tite réseaux, je vous héberge sur mon site!

Le forum du RP CIRKUS les accueille!



Ohay Gôh, c'est à ça!!



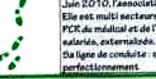
maintenant... c'est à vous!!



PROCHAINE JOURNÉE MARDI 23 MARS 2011 À SAINT-ETIENNE
Thème probable: les conseils techniques internes en radioprotection (réglementation, matériel, les sites, les CTExternes...)

Bien: 39 participants, PCR médical, PCR externalisé, PCR dentaire, PCR industrielle

2^{ème} Journée: 26 septembre 2010



Jun 2010, l'association existe!
Elle est multi secteurs, elle regroupe déjà des PCR du médical et de l'industrie, des PCR autorisés, externalisés, de ligne de conduite, solidarité, soutien, perfectionnement



ASSOCIATION DES PERSONNES COMPÉTENTES EN RADIOPROTECTION DE RHÔNE-ALPES
14 BARRAS CLEMENT ADRE
42160 ANDREZELUX MOUTHEON
asso.pcr.rhonealpes@gmail.com

<http://www.forum-rpcirkus.com/c17-pcr-rhone-alpes>

Association pour les Techniques et Sciences de Radioprotection (ATSR)



www.atsr-ri.com

L'ATSR, historiquement ancrée dans la vallée du Rhône, mais qui couvre aujourd'hui toute la France, rassemble de nombreux spécialistes de radioprotection. Elle a pour but de servir de lien entre les professionnels de la radioprotection, de contribuer à son développement, de diffuser un enseignement de qualité ainsi que d'informer le public.

RP Cirkus



www.rpcirkus.org

RadioProtection Cirkus est une association de type 1901, à but non-lucratif, créée en 2009. Son but est de développer la radioprotection, dans une démarche d'amélioration continue et en toute transparence. Par rapport à d'autres associations plus anciennes, elle revendique de développer « une petite touche d'innovation, d'impertinence et de culot ».

RP Cirkus se veut être un outil d'information fiable et précis de la radioprotection pratique et opérationnelle quel que soit le niveau des visiteurs qui entrent sous le « chapiteau ». Elle vise aussi à apporter un appui aux réseaux de RP et PCR existants en créant un outil de partage des connaissances.

Sur le site on peut trouver une abondante documentation, compilant des cours, des brochures fournisseurs, des documents d'aide élaborés par différentes institutions, des outils ou logiciel...

Coordination des réseaux PCR

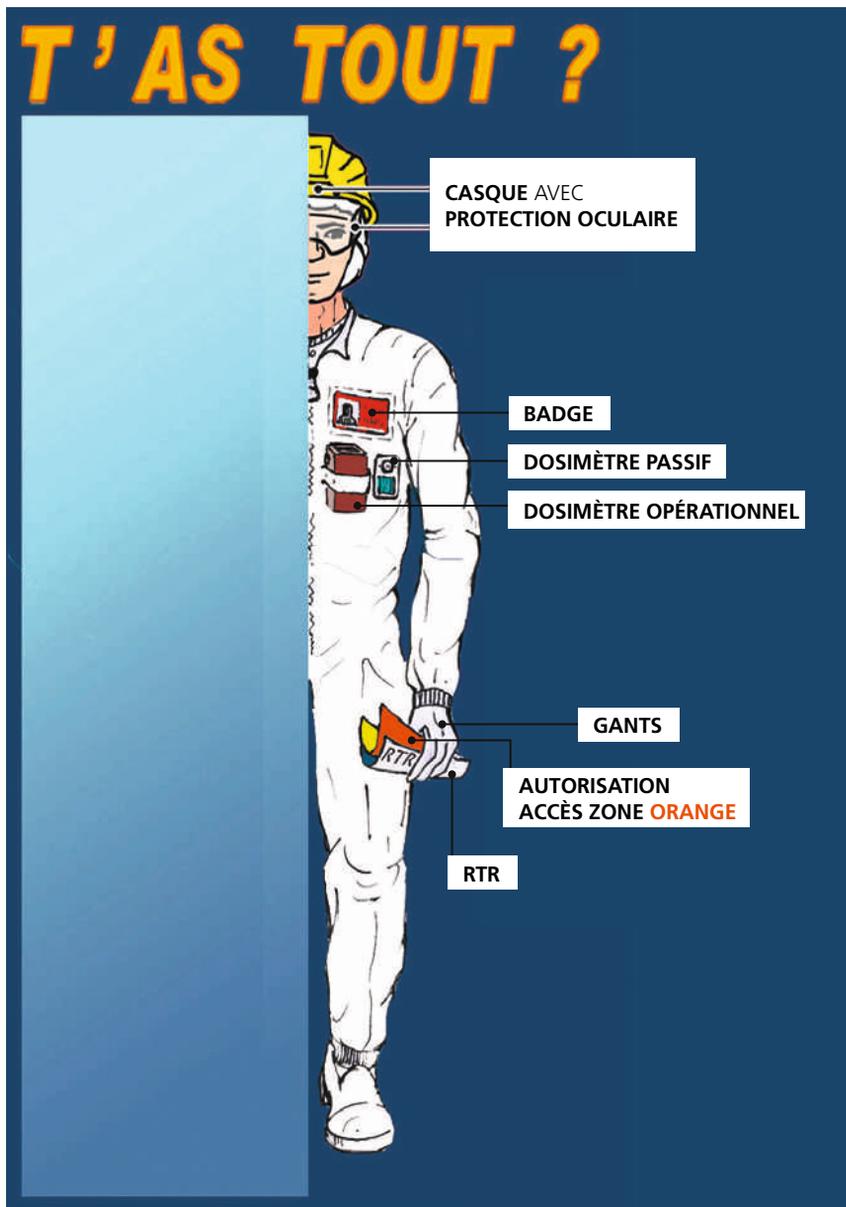


www.corpar.fr

En vue de faciliter les échanges de retour d'expérience, de se mettre à jour en matière de réglementation et de connaissances scientifiques, des PCR ont créé avec le soutien actif de l'ASN, des réseaux régionaux qui couvrent tous les secteurs d'activité où sont utilisés des rayonnements ionisants.

Les 14 réseaux régionaux existants fin janvier 2013 couvrent l'ensemble des régions françaises (métropolitaines et DOM TOM). Le nombre de participants atteint 1500. Près de 10% des participants sont des PCR externes isolées.

Ils sont assemblés au sein d'une coordination nationale, créée fin 2011, qui est reconnue comme force de proposition par les institutions et les organisations de la radioprotection sur des sujets aussi divers que l'accès aux données dosimétriques, le statut des PCR externes isolées...



RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

EFFETS BIOLOGIQUES ET SANTÉ

- CD ROM OMIRIS (Outil Multimédia d'Information sur Les Rayonnements Ionisants et la Santé), 2004.
- **Effets biologiques et sanitaires des rayonnements ionisants – Bilan Général des connaissances**, Thierry D., Paquet F., 2011, Techniques de l'Ingénieur, BN 3 903-1
- **Effets biologiques et sanitaires des rayonnements ionisants – Enseignements tirés des expositions humaines aux rayonnements ionisants**. Paquet F., Thierry D. 2011, Techniques de l'Ingénieur, BN 3 904-1

MANUELS DE RADIOPROTECTION

- **Manuel Pratique de Radioprotection**, Gambini D.J., Granier R. 2007, Lavoisier, 3^{ème} édition
- **Guide Pratique Radionucléides et Radioprotection**, Delacroix D., Guerre J.P., Leblanc P. 2006, EDP Sciences, 2^{ème} édition

OUVRAGES POUR PCR

- **PCR (Volume I) Principes de radioprotection-réglementation** - Jimonet C., Metivier H., coordonnateurs, 2010, EDP Sciences, 2^{ème} édition
- **PCR (Volume II) Radioprotection pratique pour les INB et ICPE** Pin A., Perez S., Videcocq J., Ammerich M. - 2008, EDP Sciences

DÉTECTION ET MESURES

- **Détection des rayonnements ionisants et instrumentation nucléaire** - Lyoussi A. et al. 2010, EDP Sciences

CALCULS DE RADIOPROTECTION

- **Calculs de doses générées par les rayonnements ionisants - Principes et utilitaires** Vivier A., Lopez G. - 2012, EDF Sciences

OUVRAGE POUR CONSEILLER SÉCURITÉ TRANSPORTS

- **Guide Pratique EDF « Transport des matières et objets radioactifs »**, janvier 2011

OUVRAGES DE VULGARISATION

- **La radioactivité sous surveillance et autres notions de radioprotection** - Ammerich M - 2013, EDP Sciences
- **DVD Vous avez dit Radioprotection ?** 2007, Coproduction Communauté d'Agglomération du Pays de Montbéliard, IRSN, Le Pavillon des Sciences - CCSTI de Franche-Comté

INDEX

A

Actinides	37, 39, 47
ADR	283, 289
AEN	345, 355
AIEA	253
ALARA	19, 145
Alpha	21, 47, 67, 73, 75, 105, 121 133, 239, 271, 273, 287
Analyse de risques	71, 75, 95, 105, 227
Analyses radiotoxicologiques	101
Anthropogammamètre	101, 222
ASN	261
Assainissement	64, 267, 269, 271
ATSR	357
Autorisation, autorisations	237, 239
Azote 16	18, 44, 45, 46, 77

B

Balisage	199, 227, 243, 253
Balises mobiles	71, 155
Balises gamma	121, 127
Becquerel	17, 23
Bêta	21, 28, 39, 67, 69, 73, 75, 121, 133, 135, 137, 227, 271, 287

C

Carnet d'accès	221
Cartographie	25, 65, 77, 127, 229, 235
Catégories a ou b	87, 89, 113, 211, 221, 245, 293
CEFRI	353
CEPN	355
Chaînes KRT	125
Chantier	51, 53, 57, 67, 69, 71, 73, 75, 95, 99, 105, 108, 127, 131, 135, 143, 151, 153, 155, 163, 165, 167, 179, 193, 195, 197, 215, 219, 223, 225, 227, 237, 238, 339, 241, 245, 267, 269, 271, 273, 275
Chargé de travaux	65, 151, 179, 221, 223, 233, 237, 239, 241
Chélation	107

CIPR	251
------	-----

Comité d'information des professions de santé	188, 189
Comité radioprotection de la DIN	187, 191
Comité de sûreté nucléaire	183, 190
Comité exécutif	183
Comité de prévention des risques en radioprotection	182, 189
Commission d'épidémiologie	189
Commission scientifique	189
Comprimé d'iode	312, 313
Confinement	26, 29, 53, 69, 75, 125, 153, 161, 195, 269, 285
Confinement dynamique	53, 69, 75, 152, 153, 231, 238
Confinement statique	53, 75, 153
Confinement statique ventilé	153
Conseil de radioprotection	183, 188, 189
Contamination	23, 25, 29, 39, 47, 53, 55, 64, 68, 69, 73, 75, 91, 93, 99, 101, 104, 107, 108, 109, 125, 131-37, 153-171, 178, 184, 195, 196, 197, 211, 215, 217, 221, 226, 229, 231, 236, 237, 239, 241, 243, 249, 251, 267, 269, 271, 273, 285, 287, 289, 293
Contamination atmosphérique	53, 73, 133, 153, 184, 271
Contamination externe	29, 91, 93, 101, 109, 167, 217
Contamination surfacique	64, 69, 72, 75, 131, 153, 165, 232, 237, 239, 241, 243, 287
Contrôle radiologique	134, 135, 222
Contrôles techniques	331, 334

D

Débit d'équivalent de dose	67, 77, 125, 127, 129, 141, 151, 199, 201, 229, 230, 235, 237, 239, 243, 245, 247, 257, 271, 306, 328
Débitmètres neutron	121
Déchets	67, 75, 95, 124, 156, 169, 199, 230, 231, 239, 241, 248, 249, 267, 269, 271, 275, 328, 343, 352
Déclaration	72, 283, 289, 318, 323, 329, 333, 335, 352

Déclassement 64, 199, 267
 Déconstruction 183, 187, 264-275
 Démantèlement 46, 104, 265-273, 343
 Détecteurs 121, 123, 127, 135, 137, 212
 Diéthylène triamine penta acétique (DTPA) 107
 Dilution isotopique 107
 Directives Euratom 315, 317, 339
 Dispersion 19, 68, 69, 93, 227, 231
 Dispersion de la contamination 69, 181, 211, 229, 241, 249, 251
 Distance 16, 26, 27, 29, 51, 67, 93, 131, 143, 155, 231, 239, 240, 255
 Dose absorbée 23, 29
 Dose collective 7, 25, 193, 194, 227, 229, 233, 238, 271, 329, 335
 Dose cumulée 65, 91
 Dose efficace 25, 90, 91, 92, 97, 101, 102, 103, 107, 112, 243, 284, 291, 302, 323, 329, 331
 Dose engagée 25, 91
 Dose équivalente 23, 91, 229, 243, 328, 331
 Doses individuelles 7, 27, 143, 155, 193, 195, 291, 329
 Dosimètre opérationnel 76, 93, 95, 97, 156, 198, 256, 358
 Dosimètre passif 76, 95, 97, 143, 156, 221, 243, 256, 358
 Dosimètres cristallin 95
 Dosimètres extrémités 94, 95, 142
 Dosimètre neutrons 139
 Dosimétrie opérationnelle 86, 91, 141, 333
 Dose aux extrémités 271
 Dosimétrie passive 86, 91, 139, 217, 333

E

Écran 26, 29, 48, 49, 50, 51, 67, 73, 141, 150, 151, 155, 255
 Effet génétique 309
 Effet héréditaire 309
 Effets des rayonnements ionisants 181, 188, 299, 341
 Effets déterministes 300, 301, 303
 Effets stochastiques 300, 301, 307
 Enquêtes épidémiologiques 307

Évaluation dosimétrique prévisionnelle
 initiale 226, 229, 231
 Évaluations dosimétriques prévisionnelles
 optimisées 226, 233, 239
 Évènement significatif 333
 EVEREST 135, 157, 169, 170, 171, 197
 Exposition externe 27, 29, 45, 51, 65, 67, 68, 77, 92, 93, 95, 103, 108, 221, 227, 229, 231, 243, 271, 284, 329, 333
 Exposition globale 27, 304, 305
 Exposition interne 25, 26, 27, 29, 53, 68, 69, 73, 75, 86, 89, 91, 92, 93, 98, 99, 101, 103, 105, 108, 110, 133, 153, 210, 217, 227, 229, 231, 243, 269, 305, 310
 Exposition partielle 27, 305
 Exposition sous autorisation spéciale 113

F

Formation 41, 43, 86, 131, 155, 181, 190, 211, 212, 219, 221, 223, 225, 289, 299, 329, 335, 353, 355
 Fragments de fission 39

G

Gamma 21, 23, 28, 37, 39, 45, 49, 65, 67, 73, 75, 76, 77, 95, 101, 121, 123, 125, 126, 127, 133, 137, 139, 141, 151, 227, 240, 271, 287
 Gants 26, 49, 69, 95, 156, 157, 159, 162, 164, 171, 220, 271, 358
 Gestion des sources radioactives 212, 213
 Grossesse 110, 111, 311, 312, 327, 329
 Groupe prévention des risques et Environnement 182, 184, 185

H

Habilitation 211, 223, 225
 Heaume ventilé 158, 161, 162, 167, 224
 Hiérarchie opérationnelle 211

I

ICRU 341
 Indice de tranche 65
 Indice du bâtiment réacteur 65

Indicateur de caractérisation radiologique des circuits	65
INPO	347
Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire	91, 113, 337, 351
Interdictions	319
Inventaire radiologique	267, 268
lode	16, 39, 46, 53, 68, 71, 104, 105, 107, 125, 133, 159, 240, 267, 305, 313, 352
lode radioactif	105, 106
Ionisation	19, 120, 121, 123, 212, 299
IRPA	347
ISOE	345, 355
Isotopes	17, 37, 39, 45

J

Justification	27, 317, 319, 326, 333
---------------	------------------------

L

Limitation	27, 29, 55, 67, 112, 195, 215, 291, 319, 326
Limite de dose	27, 319

M

Médecin du travail	86, 89, 95, 97, 99, 101, 103, 111, 112, 113, 157, 216, 217, 219, 222, 257, 311, 331, 333, 335
Mission nationale d'appui à la gestion du risque nucléaire (MARN)	349
Mouchages	104, 105
Mutations	300, 301, 309

N

Neutrons	17, 19, 21, 23, 28, 29, 37, 41, 43, 44, 46, 49, 50, 77, 95, 121, 129, 139, 156, 212, 264, 267, 342
----------	--

O

Objectif de dose	226, 227
Optimisation	25, 27, 55, 68, 179, 192, 195, 213, 215, 226, 227, 228, 231, 233, 235, 237, 238, 269, 273, 275, 291, 317, 319, 326
Oxygénation	55, 64

P

Période	19, 38, 40, 44, 45, 77, 90, 91, 97, 307
Permis de contrôle radiographique	255
Personnel féminin	110, 111, 310
Personnes compétentes en radioprotection	99, 213, 334, 353
Points chauds	56, 57, 65, 66, 67, 201, 243
Portique de contrôle	135, 137
Prélèvements biologiques	93, 101
Produits d'activation	37, 41-46, 54-56
Produits de corrosion	40, 43, 45, 47, 53, 55, 267, 269
Produits de fission	37, 39, 45, 46, 54
Programme de protection radiologique	291
Propreté	29, 57, 68, 131, 169, 171, 181, 184, 191, 192, 195, 197, 221, 231, 238, 241, 243, 248, 249, 251, 269
Propreté radiologique	29, 169, 171, 181, 184, 191, 192, 195, 197, 221, 241, 243, 251, 269
Protections biologiques	151, 195, 230, 231, 232, 237, 240

R

Radiamètres	126, 127, 129, 184
Radioactivité	17-26, 69, 71, 103, 135, 227, 307, 315, 321, 323, 341
Radiochimie	55
Radiographie industrielle	7, 95, 253, 255
Réduction des sources	67
Référentiel de radioprotection	191-193
Régime de travail radiologique (RTR)	179, 226, 233, 237, 358
Responsabilité	101, 179, 181, 183, 190, 193, 209, 211, 216, 225, 228, 257, 335

S

Saturation	107
Seuils d'alerte	235, 237
Sievert	23, 25, 112
Situation d'urgence radiologique	86, 113, 317, 323, 324, 331
Société française de radioprotection	355

Source, sources 19, 23-29, 37, 49-51, 57, 65, 67, 93, 129, 153, 184, 192, 197, 209, 212, 213, 215, 225, 231, 249, 251-257, 319, 323, 331, 335, 351

Sources radioactives 23, 27, 192, 212, 213, 253, 255, 319, 323, 335

Suivi de l'état de santé 89

Surtenue non tissée 69, 156, 157

Surveillance dosimétrique 219

Surveillance médicale renforcée 86-88, 216

T

Télédosimétrie 142, 143

Temps d'intervention 67

Temps d'exposition 29, 51, 79, 109

Tenue de circulation 156, 157, 169

Tenue étanche ventilée (TEV) 161-169

Terme source 37, 40, 41, 43, 46, 55, 215

Thyroïde 104, 107, 305, 312, 313

Traitements spécifiques 107

Transports 181, 195, 197, 241, 251, 282, 283, 285, 287, 291, 293

Tritium 18, 45, 271

U

Unscar 341

W

Wano 347

Z

Zonage 26, 68, 169, 197, 208, 210, 213, 242, 243, 245, 249, 289, 293, 331

Zone contrôlée 65, 69, 71, 86, 91, 95, 127, 135, 141, 157, 159, 193, 195, 197, 210, 220-229, 233-237, 242, 245, 249, 251, 257, 331, 333, 358

Zone surveillée 65, 210, 243, 244, 331

Zones à déchets conventionnels 249

Zones à déchets nucléaires 249

Cet ouvrage a été conçu et réalisé sous la Direction de Yves GARCIER,
Directeur Délégué à la radioprotection de la Division Production Nucléaire, par :
René GUERS, Pilote de l'élaboration du mémento, Attaché au Délégué d'État Major
Radioprotection de la Division Production Nucléaire,

Françoise BIDARD, Chargée de communication à la Branche Production Ingénierie,
et Philippe COLSON, Ingénieur au Groupe Prévention des Risques du Centre d'Appui
au Parc en Exploitation ;

Ont également contribué à cet ouvrage :

Dr Michèle GONIN du Service Central d'Appui en Santé au Travail,
Hervé DELABRE de l'État Major Radioprotection
Pierre-Yves HEMIDY du Service de Radioprotection,
Bruno CORGNET et Marie-Claire PERRIN du SEPTEN,
Long PHAN HOANG du Centre d'Ingénierie Déconstruction et Environnement,
Gonzague ABELA, Virginie CREPIEUX, Pierre GUYOT, Didier HARANGER
et Philippe WAREMBOURG du Groupe Prévention des Risques du Centre d'Appui au Parc en
Exploitation.

La relecture a été assurée par :

Dr Catherine BAILLOEUIL, Yves-Hervé BOUGET, Yves CHELET, Bruno CORAÇA, Xavier DELERUE, Anne-Marie
DUMONT, Philippe GAGNEUX, Dr Michèle GONIN, Pierre-Yves HEMIDY, Dr Jeannine LALLEMAND, Jacques
MICHARD, Dominique MINIÈRE, Laurent STRICKER, Pr Constantin VROUSOS, des ingénieurs des services de
prévention des risques des CNPE de NOGENT, BELLEVILLE, CRUAS, et FESSENHEIM et des formateurs du Service
de la Formation Professionnelle.

Il a été révisé et remanié en 2012-2013, sous la Direction de Bernard LE GUEN, Directeur Délégué Radioprotec-
tion et Sécurité de la Division Production Nucléaire,
par Gérard CORDIER, Conseil en Radioprotection de la Division Production Ingénierie.

Ont contribué à la révision de cet ouvrage des ingénieurs du Groupe Prévention des Risques et environnement
de DPN/UNIE, de DPN/UTO, DIN/CIDEN et Charles PAURON.

La relecture a été assurée par Dr Michèle GONIN, Gonzague ABELA, Georges FERRY, Philippe TRANCHANT,
Sylvain BERARD, Damien GOUSY, Alain LAUMOND, Philippe WEICKEIRT,
Long PHAN-HOANG, Serge BLOND.



EDF
Cap Ampère – 1, place Pleyel
93282 Saint-Denis cedex

SA au capital de 924 433 331euros
55208131R.C.C Paris

www.edf.com