

Sensibilisation à la Radioprotection



Version du 11/2011

Pourquoi cette sensibilisation

- Informer les personnes potentiellement exposées aux RI -> obligation
- Sensibilités et attitudes « extrêmes » vis à vis de la radioactivité

- Ceux qui imaginent systématiquement ça:
(signalisation de sources
extrêmement actives)



- Les "Homer Simpson":
(c'est zéro danger, les sources
j'en mange au ptit dèj)



-> 2 attitudes qui peuvent être dangereuses...

- But:
 - Informer des dangers réels liés aux rayonnements ionisants (RI)
 - Donner le cadre réglementaire dans lequel on doit travailler
 - Informer sur les risques liés aux RI au LPC

Sommaire

- 1) Définitions générales, rappels de Physique
- 2) Grandeurs utilisées en Radioprotection
- 3) Effets biologiques des RI
- 4) L'exposition moyenne des Français aux RI
- 5) Principes généraux de Radioprotection
- 6) La radioprotection au LPC

Définitions générales

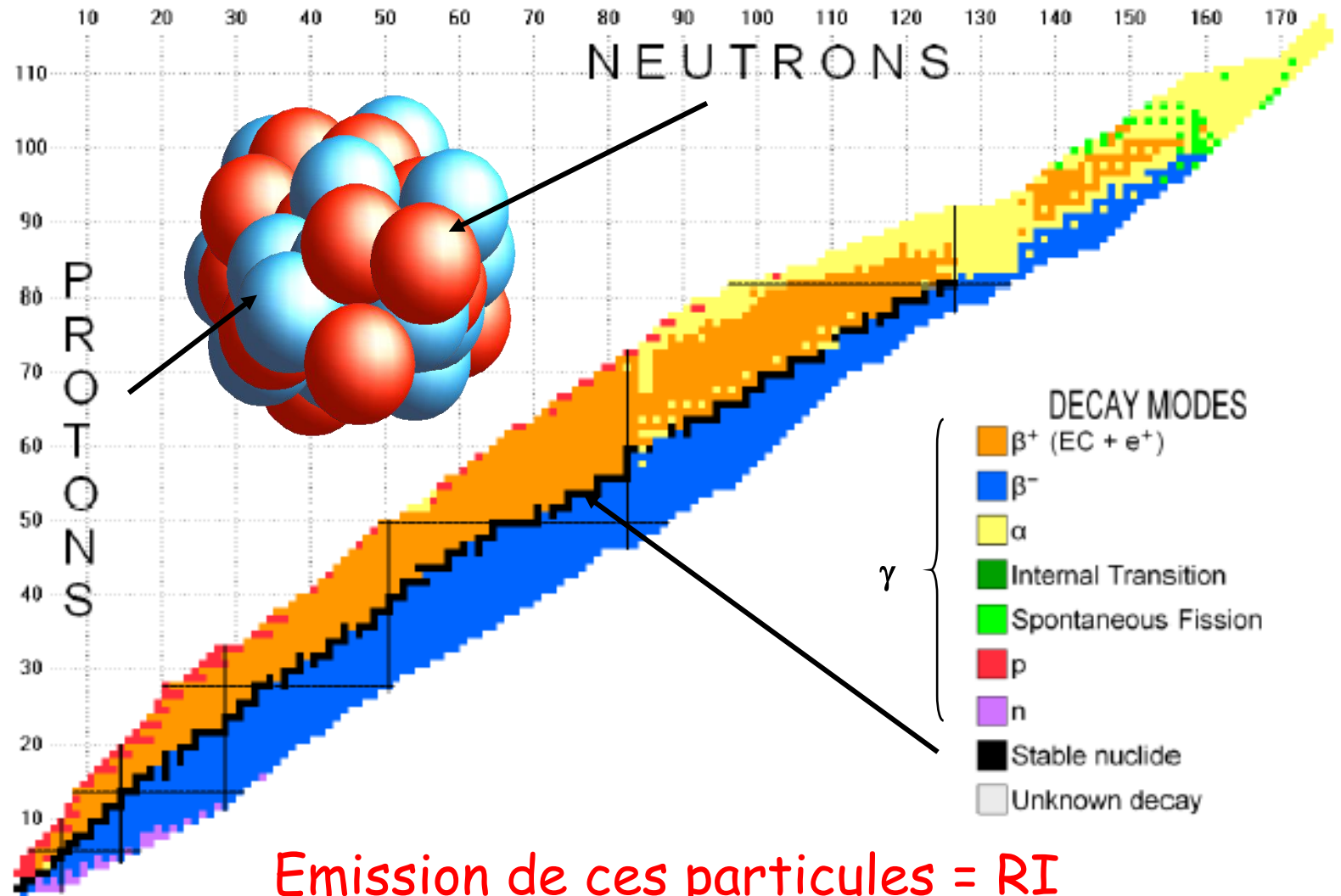
- Radioprotection : Ensemble des moyens utilisés pour se protéger des rayonnements ionisants (RI)
- Rayonnement : Mode de propagation de l'énergie sous forme d'onde ou de particules (ex : chaleur rayonnée par le soleil)
- Ionisant - Ionisation : Transformation d'un atome ou d'une molécule neutre en ion
- Un rayonnement est dit ionisant s'il est susceptible d'arracher des électrons à la matière

Les sources « artificielles » de rayonnements ionisants

- Générateurs de rayons X
 - Produisent un faisceau de rayons X en accélérant des électrons vers une cathode
- Accélérateurs (ex: GANIL)
 - Source d'ions de haute énergie
 - Collisions des ions avec cible ou parois
 - > Production de Rayons X, neutrons
 - > Production de noyaux radioactifs (parle d'activation)
- Sources radioactives
 - Source de calibration (Recherche)
 - Cœur d'un réacteur (ILL = source de neutrons)



Les noyaux radioactifs

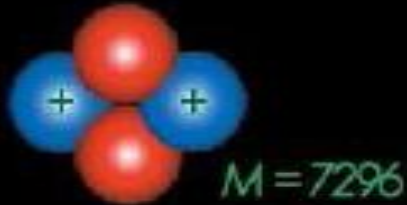


Les particules ionisantes

Particules
directement ionisantes

Particules
indirectement ionisantes

P, α , fragments



β



rayonnements
chargés

neutrons



γ , χ

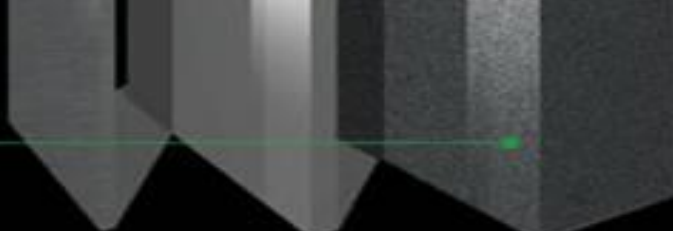


rayonnements
neutres

Interaction
neutron-noyau
- Collisions
- Capture

Interaction
photon-électron
- Compton
- Photoélectrique
- ...

Les particules ionisantes

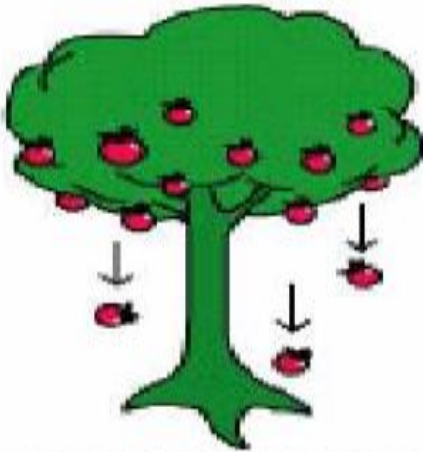
α 	Très faible pouvoir de pénétration dans l'air. Une simple feuille de papier est suffisante pour arrêter les noyaux d'hélium.	
β 	Faible pouvoir de pénétration. Parcourt quelques mètres dans l'air. Une feuille d'aluminium de quelques millimètres peut arrêter les électrons.	
γ 	Grand pouvoir de pénétration, fonction de l'énergie du rayonnement: plusieurs centaines de mètres dans l'air. Une forte épaisseur de béton ou de plomb permet de s'en protéger.	
Neutrons 	Pénétration dépendante de leur énergie. Une forte épaisseur de béton, d'eau ou de paraffine arrête les neutrons.	

- Source radioactive:
 - Activité
 - Période radioactive
- Effets du rayonnement:
 - Dose absorbée (grandeur « physique »)
 - Dose équivalente (grandeur « biologique »)
 - Dose efficace (grandeur « biologique »)

Grandeurs utilisées en radioprotection

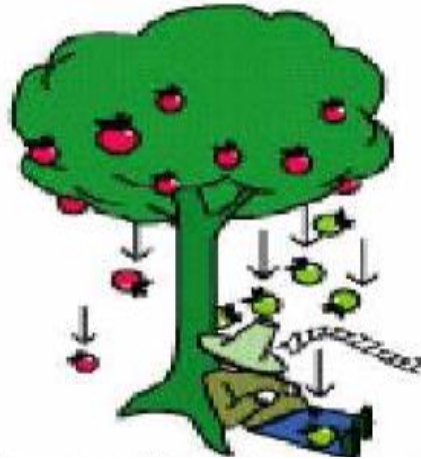
Grandeur	Unité	Signification
Activité	Becquerel (Bq)	Nombre de décroissances par seconde
Période	Années, jours, heures ...	Temps nécessaire à la désintégration de la moitié des noyaux
Dose absorbée	Gray (Gy)	Energie reçue par unité de masse
Dose équivalente	Sievert (Sv)	Effets sur l'homme (nature du RI)
Dose efficace	Sievert (Sv)	Effets sur l'homme (RI + organe touché)

Une image (très) simple...

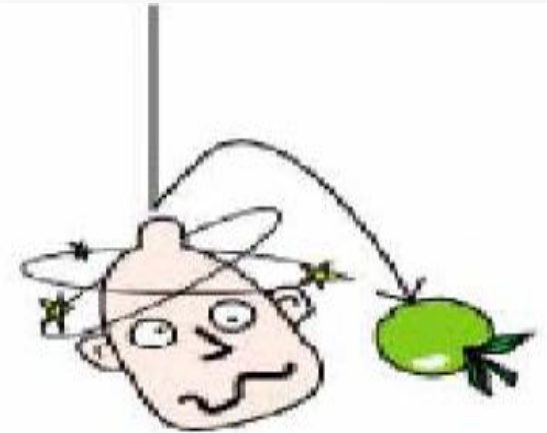


Le nombre de pommes qui tombent chaque seconde peut se comparer à l'activité.

Au bout d'une période radioactive, la moitié des pommes sont tombées



Le nombre de pommes recues par le dormeur peut se comparer à la dose (Gray)



L'effet laissé sur le dormeur selon la taille et le poids des pommes est alors la dose équivalente (Sv). Si l'on tient compte des parties du corps touchées, on a la dose efficace (toujours en Sv)

Dose absorbée (D):

unité: 1 Gray = 1 Joule / Kg

Petit calcul (pour avoir des ordres de grandeur)...

- 5 Gray corps entier $\Rightarrow 5 \times 80 \text{ kg} = 400 \text{ Joules}$
c'est la Dose létale (à 50%)
- 1 pierre de 10 kg qui tombe de 4m = 400 joules
Dose létale à 100 % (sur le crâne) ?
- énergie contenue dans un Tic Tac = 2 kcalories = 8300 Joules...

Conclusion

- Les RI sont beaucoup plus néfastes que Les sucreries...
- Les effets ne sont pas seulement corrélés à l'énergie, il faut tenir compte d'autres facteurs:
pour les RI: nature du rayonnement, organe touché

Grandeurs utilisées en radioprotection

Dose équivalente (H):

unité: Sievert

Rend compte de la nocivité des rayonnements:

$$H = \omega_r \times D$$

ω_r est le facteur de pondération Radiologique

Types de rayonnements et énergies		ω_r
X, γ (toutes énergies)		1
β^- , β^+ et électrons		1
Neutrons	< 10 keV	5
	10 à 100 keV	10
	100 keV à 2 MeV	20
	2 MeV à 20 MeV	10
	> 20 MeV	5
Protons > 2 MeV		5
α , fragments fission, noyaux lourds		20

La dose équivalente, c'est ce qui est mesuré par un bon détecteur utilisé en radioprotection -> débit de dose en $\mu\text{Sv/h}$

Grandeurs utilisées en radioprotection

Dose efficace (E):

unité: Sievert

Rend compte de la radiosensibilité des organes touchés:

$$E = \omega_t \times H_t$$

ω_t est le facteur de pondération tissulaire

Expo locale -> risque global
(Expo corps entier: $E = H$)

La dose efficace, c'est ce qui est utilisé pour estimer précisément l'exposition d'un travailleur / patient

Tissu ou organe	ω_t
Gonades	0,2
Moelle osseuse	0,12
Colon	0,12
Poumons	0,12
Estomac	0,12
Vessie	0,05
Sein	0,05
Foie	0,05
Œsophage	0,05
Thyroïde	0,05
Peau	0,01
Surface des os	0,01
Autres	0,05

Les effets biologiques

- Les Rayonnements Ionisants sont invisibles, inodores, et indolores, mais induisent des phénomènes chimiques et biologiques dommageables pour la cellule:
 - Mort de la cellule
 - Incapacité de la cellule à se reproduire
 - Mutation -> tumeur
- Pour une personne irradiée on distingue généralement:
 - Effets déterministes (systématiques: par ex. brulures)
 - Effets stochastiques (aléatoires: par ex. cancer)

Les effets déterministes

- Résultent d'une forte dose (accident grave)
- Impliquent la mort d'un grand nombre de cellules
- Sont obligatoirement présents au dessus d'un certain seuil
- Sont proportionnels à la dose
- Peuvent être réversibles
- Peuvent être accompagnés d'effets stochastiques...

Accidents de Goïana et San Salvador



29. Bulla completely broken down and injury extended to index and middle fingers.

Goïana, Brésil, 1987
Source médicale de Cs137

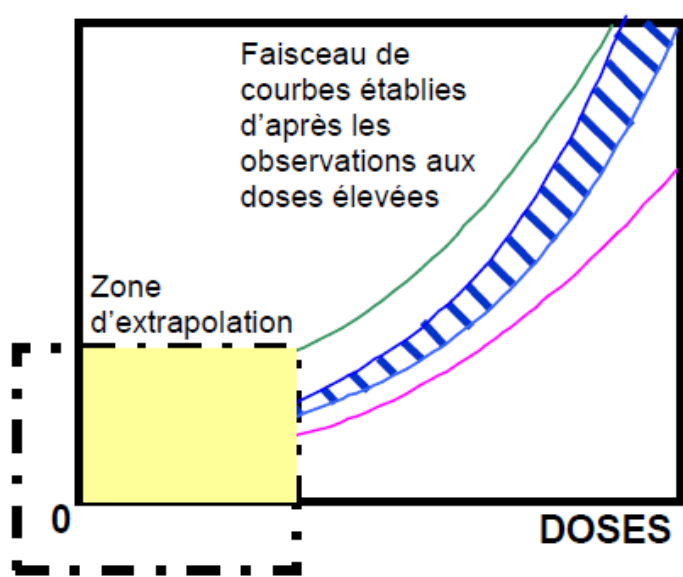


San Salvador, 1989, source de
Co60 de 66 PBq (Usine de stérilisation)

Les effets stochastiques

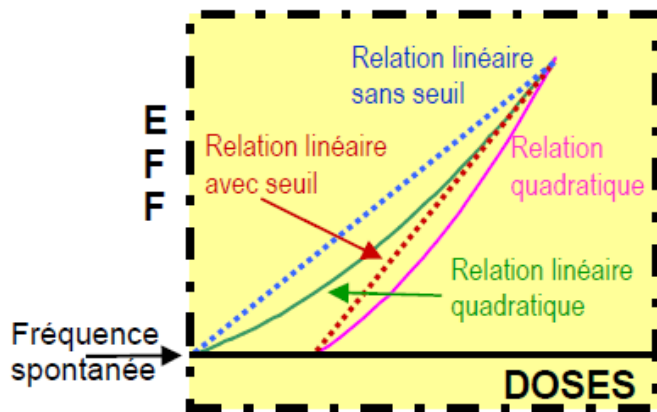
- Résultent de mutations cellulaires, il s'agit de **cancers et des risques génétiques**.
- Ne présentent **pas de seuil**.
- Ne sont **pas spécifiques de l'irradiation**, s'ajoutent aux cas naturellement constatés dans une population dont ils ne se distinguent en rien.
- Toujours **graves**, pas spontanément réversibles.
- Apparaissent après un **long temps de latence** (quelques années à quelques dizaines d'années).

“Estimation “ du risque (exposition aux faibles doses)



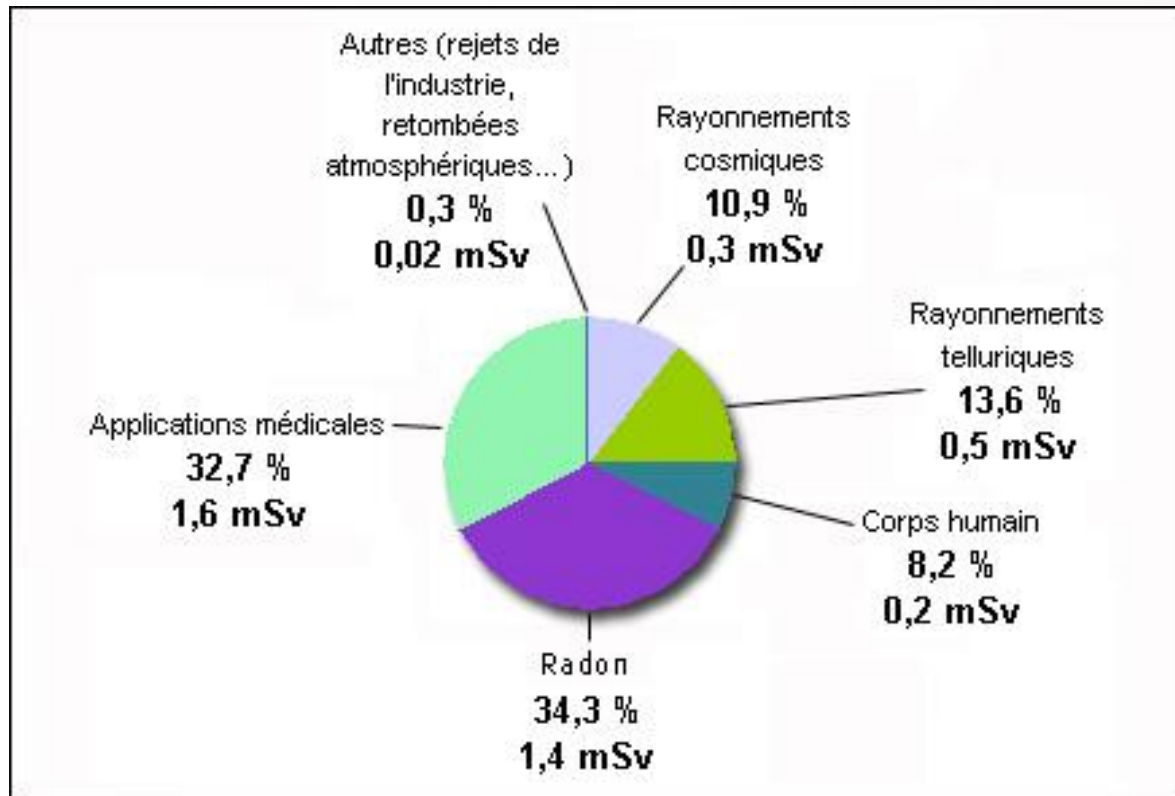
- On retient la relation linéaire sans seuil
- Facteur de risque: 4.8% / Sv

Exemple: 6 mSv/an pendant 10 ans
→ risque augmenté de 0.28%



L'exposition aux RI en France

- Exposition moyenne totale : $\sim 4,0$ mSv/an
 - L'exposition naturelle: $\sim 2,4$ mSv/an (1,5 à 6 mSv/an)
 - L'exposition artificielle: $\sim 1,6$ mSv/an



Les inégalités...

- Carte du Radon:

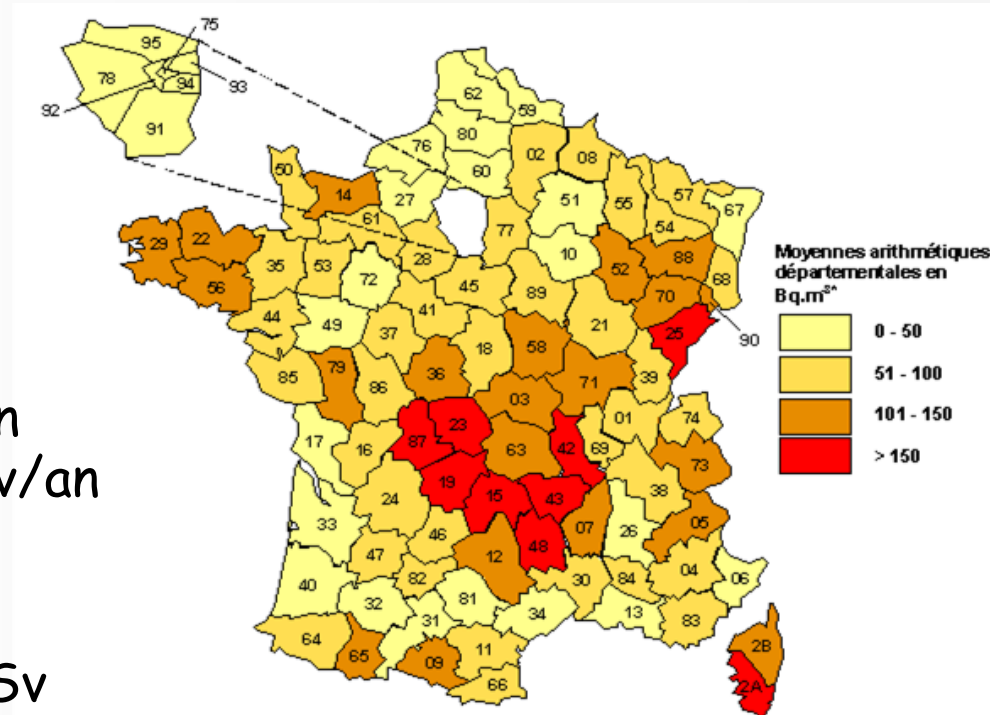
Dose annuelle varie de
0,3 à 5 mSv/an

- Rayonnement cosmique:

Dose à altitude nulle = 0,3 mSv/an
Dose à 2200m (Mexico) = 0,8 mSv/an

- Examens médicaux:

1 radio pulmonaire, environ 0,3 mSv
1 radio crâne, 2 mSv
1 scanner abdomen, 3 mSv
1 scanner crâne, 27 mSv



Récapitulons...

- Les rayonnements ionisants sont des **particules α , β , γ , x , n** pouvant être émises par des noyaux radioactifs, des accélérateurs, ou des générateurs X
- Ils sont invisibles et indolores mais peuvent **endommager les cellules**
- On mesure leur effet sur l'homme avec **le Sievert** (doses annuelles en mSv, débit en $\mu\text{Sv/h}$)
- Une exposition à de **fortes doses** (accident radiologique) peut avoir de **graves conséquences**
- Nous sommes tous exposés aux **rayonnements d'origine naturelle** (de 1,5 à 6 mSv/an)

- Objectif de la Radioprotection :

Se protéger contre les risques d'expositions

- La radioactivité à dose significative présente un danger pour l'homme, en France l'utilisation des RI est donc **soumise à autorisation**
 - La radioprotection est une **obligation**
 - Elle s'exerce dans un **cadre réglementaire strict défini par:**
 - Code du travail
 - Code de la Santé Publique
 - Code de l'environnement

Principes généraux de radioprotection

- Principes fondamentaux :
justification, optimisation, limitation
- Le confinement de la source et des rayonnements :
signaler zones réglementées, définir, organiser, entreposage, transport, modalités d'accès, traitement des déchets et objets potentiellement contaminés.
- La mise en œuvre des moyens de protection adaptés :
écrans, boîtes à gants, hottes, EPI (gants, dosimètres), formation et information des personnels, connaissances des règles et consignes.
- La surveillance de l'efficacité des mesures prises :
Connaissances de références et valeurs guides, surveillance dosimétrique et médicale des personnels, contrôle des lieux, ambiance, non contamination, vérification des appareils de mesures.

- 1er point: respect des limites d'exposition réglementaires
(Dose équivalente sur 1 an)

	TRAVAILLEURS (décret 2003-296)		PUBLIC (décret 2002-460)
	Catégorie A	Catégorie B	
Organisme entier	20 mSv	6 mSv	1 mSv
Cristallin	150 mSv	45 mSv	15 mSv
Peau	500 mSv	150 mSv	50 mSv
Extrémités	500 mSv	150 mSv	-

• 2eme point: zonage

-> délimiter des zones réglementées

Arrêté du 15 Mai 2006		
ZONE SPÉCIALEMENT RÉGLEMENTÉE	Zone non réglementée	
	E < 80 μ Sv en 1 mois	
	Zone Surveillée	
	E < 7,5 μ Sv en 1 heure He < 0,2 mSv en 1 heure	
	ZONE CONTRÔLÉE	Zone Verte
		7,5 < E < 25 μ Sv en 1 heure 0,2 < He < 0,65 mSv en 1 heure
		Zone Jaune
		E < 2 mSv en 1 heure He < 50 mSv en 1 heure H' < 2 mSv / h
		Zone Orange
		E < 100 mSv en 1 heure He < 2,5 Sv en 1 heure H' < 100 mSv / h
		Zone Rouge

E = dose efficace

He = dose équivalente extrémités (mains, avant-bras, pieds, chevilles)

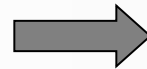
H' = débit d'équivalent de dose maximal

Principes généraux de radioprotection

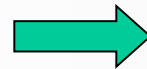
- Signaler les zones, le plan des installations au sein des zones
- Afficher les consignes en cas d'incident

Dose efficace mSv / an		1		6		20		
Type de zone	Zone publique		Zone surveillée		Zone contrôlée		Zone spécialement réglementée	Zone interdite
Travailleurs autorisés (en pratique)			A et B		A → B		A	

• 3eme point: la dosimétrie et le suivi médical



Dosimétrie
passive
(1 - 3 mois)



Dosimétrie
active
(temps réel)

- Examen médical annuel
-> certificat d'aptitude à travailler sous RI
- Fiche annuelle d'exposition

- 4eme point: la formation des personnels
 - Les utilisateurs
 - Les personnes indirectement exposées

Renouvellement tous les 3 ans...

• 5eme point: les contrôles

- Contrôle d'ambiance continu
- Contrôle interne périodique (mensuel)
 - Systèmes de sécurité (accès...)
 - Appareils de mesure
 - Contrôle d'ambiance et de contamination
 - Inventaire des sources
- Contrôle interne annuel
 - Verif. de la situation réglementaire de l'installation
 - Verif. de l'organisation de la radioprotection
 - Contrôle de l'intégrité des sources radioactives
- Contrôle annuel par un organisme agréé



La Radioprotection au LPC

• Les sources de rayonnements ionisants au LPC

- 1 salle Générateur X



- 27 sources scellées



- 4 sources non scellées
(que l'on a scellées)



La Radioprotection au LPC

- Pour cela nous sommes soumis à autorisation

(délivrée par l'Autorité de Sûreté Nucléaire)

Ce qui impose:

- 1 service de radioprotection (bureau de JL Gabriel)
avec 2 personnes compétentes en radioprotection
- Obligation de démontrer que l'on se conforme à la réglementation:
 - Limites d'exposition réglementaires
 - Zonage et signalisation appropriée
 - Suivi dosimétrique et médical, formation
 - Contrôles

La Radioprotection au LPC

• 1^{er} travail: les études de poste

-> classification des travailleurs

- But : estimer la dose reçue par chacun dans des conditions normales de travail

Pour le générateur X: dose nulle (salle blindée)

Pour les sources :

Pb : ici personne ne fait vraiment la même chose d'une manip à l'autre, d'une année à l'autre...

-> on considère:

- Cas de la personne la plus exposée : le manipulateur
- Protocole de manipulation « standard »
 - Transport (source au contact, qq minutes)
 - Mise en place, réglages (source à 30 cm, 1 heure)
 - Acquisition (source à 1 m, 2 heures)
- 10 utilisations par an pour chaque source

La Radioprotection au LPC

Doses reçues pour 10 utilisations:

Radionucléide	Activité max détenue (MBq)	Activité max utilisée (MBq)	Activité détenue (MBq)	Dose équivalente annuelle extrémités / peau (mSv)	Dose efficace annuelle (mSv)
241 Am	1	1	0.021	0.001	0.00003
207 Bi	1	0.037	0.037	0.040	0.0012
90 Sr	0.1	0.1	0.042	0.660	0
152 Eu	1	0.016	0.039	0.080	0.001
252 Cf	1	1	0.925	1.100	0.200
241 Am-Be	370	370	370	15	0.032
22 Na	1	1	-	7.3	0.044
55 Fe	1	1	-	0	0
60 Co	3.7	3.7	-	5.3	0.173
241Am/244Pm/239 Pu	0.01	0.005	-	0	0
Total				30	0.45
Lim. Public				50	1.00
Lim. Cat. B				150	6.00

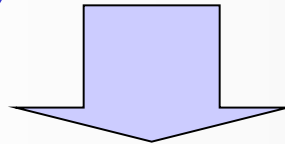
La Radioprotection au LPC

• 2^{ème} travail: la définition des zones réglementées

-> Assurer le respect des limites d'exposition réglementaires

- Pb : ici personne ne fait vraiment la même chose d'une manip à l'autre, d'une année à l'autre...

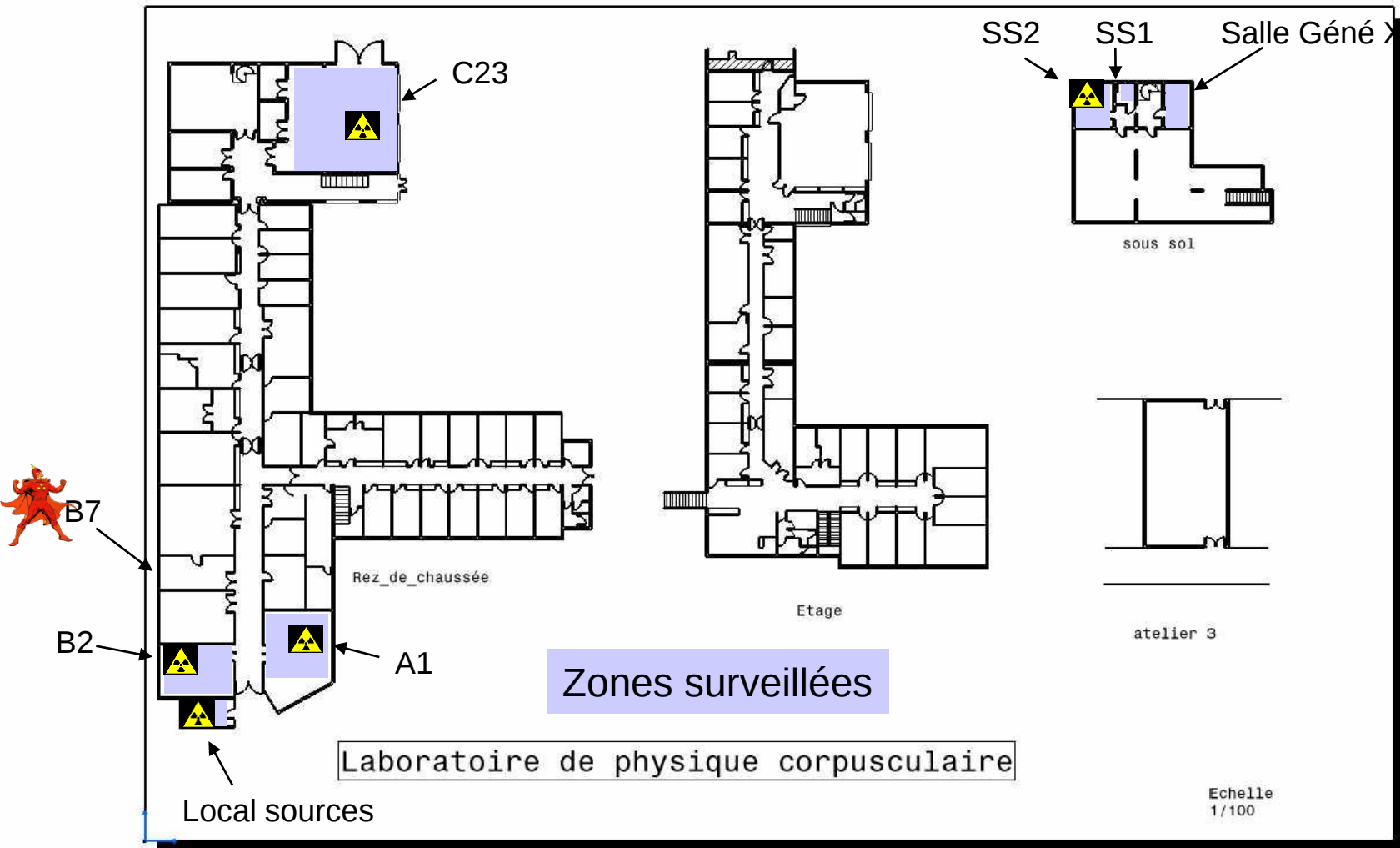
-> Chaque source est susceptible d'être utilisée dans différentes salles (INO, Hall de montage...)



- Toutes ces salles doivent être classées Zones surveillées, même si dans la plupart des cas, les sources présentes ne le nécessitent pas, où mieux, s'il n'y a pas de sources du tout...



La Radioprotection au LPC



Sur la porte d'entrée:



**CONSIGNES DE SÉCURITÉ
CONCERNANT LA MANIPULATION DES SOURCES SCÉLÉES
AU LPC CAEN**

SOURCES SCÉLÉES : Définition

Source constituée par des substances radioactives solidement incorporées dans des matières solides et effectivement inactives ou scellées dans une enveloppe inactive présentant une résistance suffisante pour éviter, dans les conditions normales d'emploi, toute dispersion de substances radioactives.

LA MANIPULATION des sources scellées, même de faible activité, doit être réalisée avec un minimum de précautions, certaines enveloppes étant relativement fragiles.

- En particulier, il ne faut jamais toucher, avec les doigts, la surface active ou la partie déstructrice des sources, ni les porter à la bouche.
- Les saisir à l'aide de pincettes ou par l'organe de préhension naturellement prévu à cet effet.
- Ne jamais frotter, gratter ou rayer les sources avec un objet quelconque (crayon, scalpel).
- Ne rien écrire ni sur les sources, ni sur le porte-source ou le conteneur.
- Respecter l'étiquetage, ne pas l'effacer ou le détériorer.
- Ne jamais permettre les sources par rapport à leur conteneur ou aux dispositifs dans lesquels elles sont utilisées.
- Après utilisation, les ranger soigneusement dans leur coffret ou leur emballage et les stocker dans l'enceinte réservée à cet effet.
- En cas d'incendie à proximité, intervenir rapidement sur le début du sinistre avec l'extincteur le plus proche.

Alertez ou faire alerter le Directeur du laboratoire et/ou la personne responsable de la sécurité:

J. LELANDAIS poste : 25 37 pièce : B2

- Si cela est possible, rapidement et sans risque, soustraire la ou les sources à l'action des flammes et de la chaleur.
- En cas de bris de l'enveloppe de confinement ou de perte d'intégrité de la source:

Ne jamais essayer de désambrer tout ou partie de la source, ne pas la toucher.

- Prévenir éventuellement les personnes présentes.
- Évacuer en fermant la porte.
- Englober les collages de pénétrer dans la pièce.

Alertez immédiatement

le Directeur du laboratoire: J. C. STECKMEYER poste : 29 66 pièce: C1

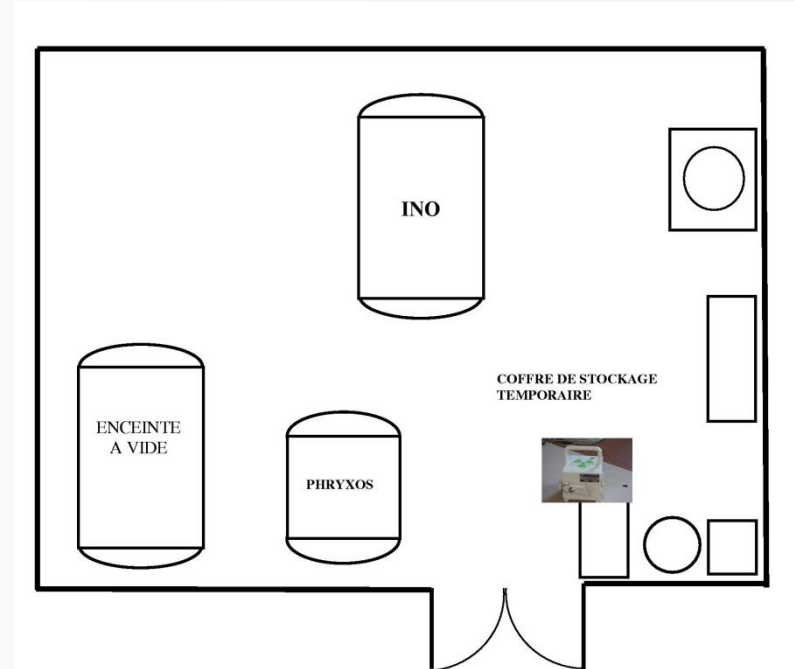
la personne compétente : X. FLECHARD poste : 25 42 pièce: C3 mobile: 0607054864

ou le service de radioprotection: J. L. GABRIEL poste: 24 32 pièce: B2

Coordonnées importantes:

Institut de Radioprotection Nucléaire	Direction Générale de la Sécurité
et de la Santé Nucléaire	et de la Radioprotection
31, rue de l'École - BP 35 -	30, rue du Parcours - BP 83
73116 LE VESINET CEDEX	92286 - FONTENAY-AUX-ROSES Cedex
Tél. 06 07 31 86 63	Tél. 01 43 19 70 90

NUMERO VERT (situation d'urgence et incidents de radioprotection)
0 800 804 135



A l'intérieur:



N°33
241Am
30 kBq



La Radioprotection au LPC

3ème point: Suivi médical et dosimétrique

- Examen médical annuel spécifique
→ certificat d'aptitude à travailler sous RI
- Fiche annuelle d'exposition
- Dosimètre passif
→ (lecture trimestrielle, sensibilité 0,1 mSv)



4ème point: La formation

- Celle que vous suivez en ce moment
- Pour les nouveaux entrants et les utilisateurs:
→ Un document ppt sur le site du labo
- Ces formations sont consignées dans un registre
- La formation **est obligatoire** pour la sortie des sources

La Radioprotection au LPC

Rappels réglementaires (Code du travail)

Formation et information

(art. R.4453-6 et 7, D.4152-4)

Sensibilisant les femmes aux effets potentiellement néfastes de l'exposition aux rayonnements sur l'embryon et sur le fœtus.

Non affectation à certains postes

(art. L.1225-7, R.4453-2, D.4152-6)

Affectation temporaire possible de la salariée enceinte dans un autre emploi, à son initiative ou à celle de l'employeur, si son état de santé médicalement constaté l'exige. Le changement d'affectation n'entraîne aucune diminution de rémunération.

Les femmes en état de grossesse ne peuvent être affectées à des travaux requérant un classement en catégorie A.

Précautions

(art. D.4152-5, R.4152-1 et R.4624-19)

En cas de grossesse, les dispositions sont prises pour que :

- l'exposition de la femme enceinte, dans son emploi, soit telle que, l'exposition de l'enfant à naître, pendant le temps qui s'écoule entre la déclaration de grossesse et l'accouchement, soit aussi faible que raisonnablement possible, et en tout état de cause inférieur à 1 mSv ;
- les femmes enceintes ainsi que les mères dans les six mois qui suivent leur accouchement et pendant la durée de leur allaitement bénéficient d'une surveillance médicale renforcée.

En savoir +

Institut national de recherche et de sécurité
pour la prévention des accidents du travail
et des maladies professionnelles

Site : <http://www.inrs.fr>

Dossier web

- « Prévention des risques liés à l'exposition professionnelle aux rayonnements ionisants »

Brochures

- TJ 14 « Aide-mémoire juridique : salariées en état de grossesse »
- ED 932 « Les rayonnements ionisants. Paysage institutionnel et réglementation applicable »
- ED 958 « Les rayonnements ionisants. Prévention et maîtrise du risque »
- ED 5027 « Le point des connaissances sur les rayonnements ionisants »

Autorité de sûreté nucléaire

Site : <http://www.asn.fr>

Rubrique publications > Fiches d'information du public

- Fiche « Grandeurs et unités en radioprotection »
- Fiche « Les principes en radioprotection »

Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire

Site : <http://www.irsn.fr>

Rubrique Professionnel de santé > Radioprotection des patients

- Fiche « L'exposition médicale aux rayonnements ionisants : diagnostic de la situation »
- Fiche « Réglementation et radioprotection des patients »
- Fiche « Petite typologie des pratiques médicales à base de rayonnements ionisants »
- Fiche « Les doses et leurs effets sur la santé »
- Fiche « Grossesse et exposition aux rayonnements ionisants »

GROSSESSE & Rayonnements ionisants au travail

« Parlons-en »



La Radioprotection au LPC

• 5^{ème} point: les contrôles

- Contrôle d'ambiance continu
- Contrôle interne périodique (mensuel)
 - Systèmes de sécurité (Gene X)
 - Appareils de mesure
 - Contrôle d'ambiance et de contamination
 - Inventaire des sources
- Contrôle interne annuel
 - Verif. de la situation réglementaire de l'installation
 - Verif. de l'organisation de la radioprotection
 - Contrôle de l'intégrité des sources radioactives
- Contrôle annuel par un organisme agréé



La Radioprotection au LPC

• Bilan actuel:

- Derniers contrôles annuels externes 100%
- Renouvellement d'autorisation en cours

• Problèmes:

- Manque de sources radioactives indispensables...
→ Sources exemptées venant de l'extérieur → OK
- Zonage souvent « surdimensionné »
→ port du dosimètre pas toujours respecté → pas OK

• Améliorations récentes ou à venir:

- Achat de nouvelles sources radioactives → OK
- Meilleure signalisation des sources en utilisation → OK
- Formation sur une journée des utilisateurs → pas encore OK
- Affichage de données explicites sur les fiches des sources → OK

La Radioprotection au LPC

Fiches source (à l'entrée des salles)

- N° source
- Radioélément, activité, période
- Caractéristiques des RI (α , β , γ , x , n)
- Précautions à prendre (gants, zonage...)
- Débit de dose à 30 cm
- Débit de dose à 1 m
- Durée d'exposition à 1m pour atteindre limite annuelle
 - limite public
 - limite Catégorie b

En conclusion

- Même si les risques vous semblent faibles, restez attentifs à l'affichage présent à l'entrée des salles (port du dosimètre)
- N'hésitez pas à demander des informations ou précisions concernant la radioprotection
- N'hésitez pas à signaler des erreurs ou dysfonctionnements
- Vos suggestions pour améliorer la radioprotection au labo sont les bienvenues