

Formation en radioprotection

Version 2020 junior

T. Mayenne, O. Donnez
Cellule de Radioprotection

radioprotection@unamur.be

Ext. 5349, 5340



Sommaire



www.unamur.be

Sommaire

1. La matière.
2. La radioactivité.
3. Le type de désintégration.
4. Effets biologiques des rayonnements ionisants.
5. Limite de doses : Aspect législatif.
6. Principe de précaution & ALARA.
7. Les moyens de détection.
8. La dosimétrie.
9. Les bonnes pratiques en laboratoire.
10. Le risque de contamination.
11. Législation.
12. L'état des procédures à l'UNamur.
13. Procédure pour les déchets.

www.unamur.be

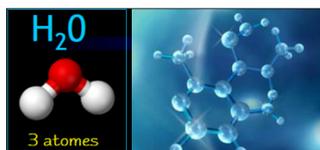
La matière

www.unamur.be

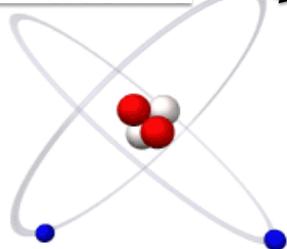


Les constituants de la matière

Molécule



Atome



Electron : particule chargée (-)
de masse = $9,109 \cdot 10^{-31}$ kg

Proton : particule chargée (+)
de masse = $1,6726 \cdot 10^{-27}$ kg

Neutron : particule neutre de
masse = $1,6750 \cdot 10^{-27}$ kg

Noyau

www.unamur.be

Le noyau de l'atome

Nombre de masse atomique
=> Nucléons p & n

A
 Z **X** Symbole chimique

Numéro atomique = p (e^-)

$A - Z =$ nombre de neutrons (N)

$Z = 1$ → H Hydrogène 1_1H

$Z = 6$ → C Carbone $^{12}_6C$

$Z = 92$ → U Uranium $^{238}_{92}U$

www.unamur.be



Qu'est ce que la radioactivité ?

Radioactivité: C'est la transformation (désintégration) des noyaux. Elle peut se produire de diverses manières (spontanée, induite).

On distingue :

- La radioactivité naturelle : désintégration de noyaux existants sur terre (dans l'écorce terrestre ou l'atmosphère terrestre).
- La radioactivité artificielle : désintégration de noyaux fabriqués par l'homme.

La ligne de stabilité

Relation entre nombre de neutrons et de protons :

- Il existe une relation de stabilité entre le nombre de protons et le nombre de neutrons ; la force nucléaire peut surmonter la répulsion coulombienne entre les protons dans le noyaux.
- Les éléments qui satisfont à cette relation sont stables.
- Les éléments qui possèdent trop ou trop peu de neutrons ou de protons sont instables et tendent à revenir vers un état plus stable, moins énergétique.



Radioactivité

www.unamur.be

La ligne de stabilité

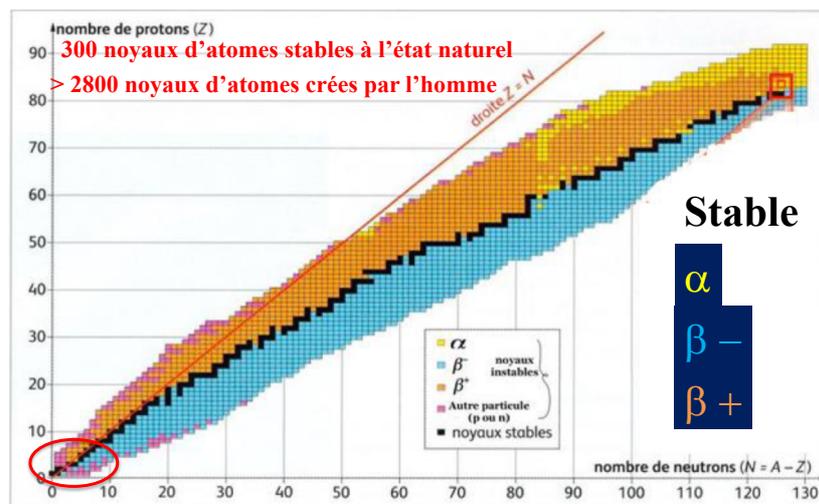
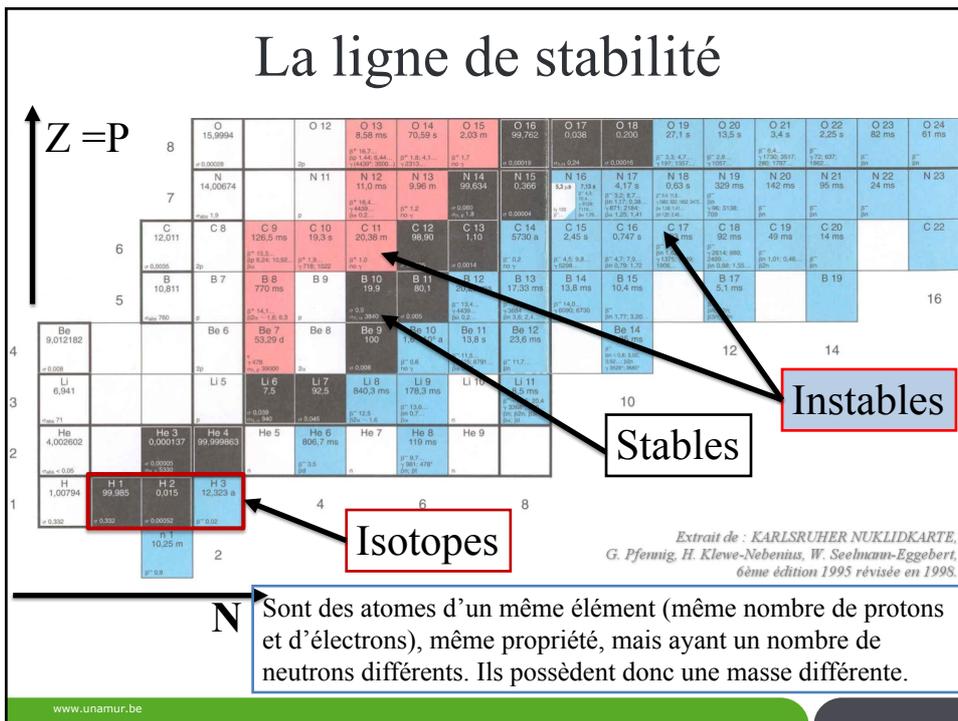


Diagramme de Segré : le nombre de neutrons ($N = A - Z$) est porté en abscisse et le nombre de protons (Z) en ordonnée. Chaque case correspond à un noyau A_ZX . L'ensemble des noyaux stables est appelé « la vallée de la stabilité ».

www.unamur.be

La ligne de stabilité



Le type de désintégration



UNIVERSITÉ DE NAMUR

La désintégration

- Un noyau radioactif est un noyau instable subissant spontanément une transformation appelée **désintégration** permettant un retour à la stabilité
- Pour un noyau donné, le phénomène de désintégration est donc aléatoire et imprévisible. Par contre, l'évolution statistique d'une population de noyaux répond à une loi de probabilité bien déterminée : **La loi de décroissance radioactive**

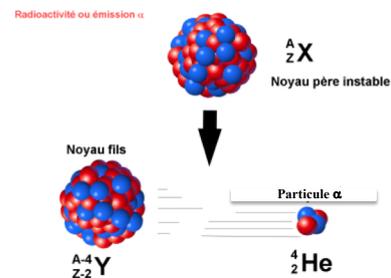
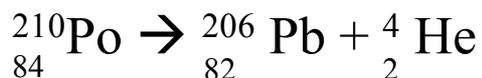
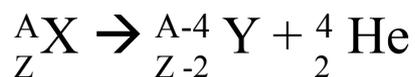
$$N(t) = N(0) e^{-\lambda t}$$

$N(t)$ nombre de noyaux à l'instant t
 $N(0)$ nombre de noyaux de départ
 t : le temps [s]
 λ : constante radioactive [s⁻¹]

www.unamur.be

La désintégration α

- $A \geq 200$
- Emission d'un noyau d'hélium
- Particule lourde
- Faible pouvoir de pénétration, arrêtée par une feuille de papier
- **Pouvoir ionisant élevé**

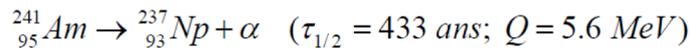


www.unamur.be

La désintégration α

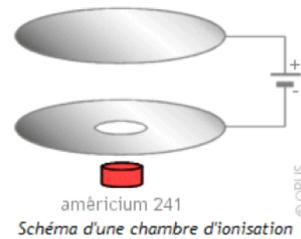
Quelques applications :

- Source d'énergie (pacemaker, satellites 1^{er} génération)
- Détecteur de fumée



Principe :

- o conditions normales : particules α ($m = 0,25 \text{ ug}$) ionisent l'air du détecteur => les ions voyagent entre les électrodes (ddp) => courant. Ce courant est \sim constant vu grande stabilité de la source.
- o si fumée => présence éléments ionisés dans les produits de la combustion. Ils vont capturer une partie des particules α => diminution du courant => BIP, BIP, BIP,...
- o Ces détecteurs sont interdits dans certains pays et autorisés dans d'autres (Canada).

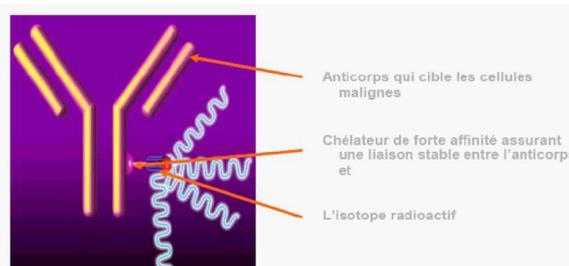


www.unamur.be

La désintégration α

Quelques applications :

- Application médicale : alpha-radioimmunothérapie (traitement de certains cancers)



Principe :

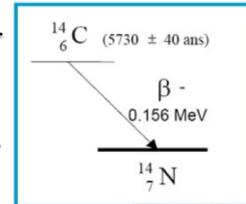
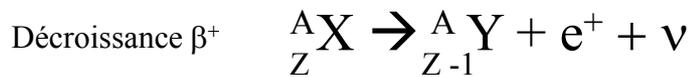
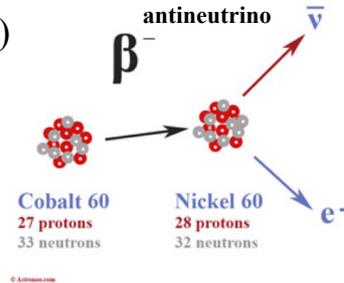
- o Des anticorps spécifiques sont fonctionnalisés en laboratoire par un isotope radioactif émetteur alpha (astate 211 et bismuth 213)
- o Ils se fixent spécifiquement sur la tumeur
- o La désintégration émet une particule α qui va « détruire » ce qui est à proximité => essentiellement les cellules cancéreuses

www.unamur.be

La désintégration β

- Emission d'un électron ou (positron)
- Particule légère
- Parcours faible dans les tissus
- Arrêtée par des matériaux de faibles densités

- **Pouvoir ionisant intermédiaire**



www.unamur.be

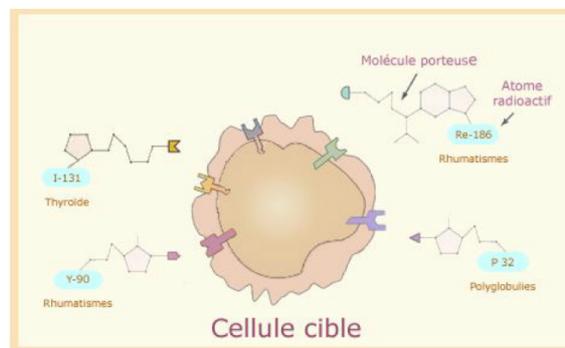
La désintégration β

Quelques applications :

- Médicale :

1. Radiothérapie métabolique

➤ **Principe** : un isotope radioactif est fixé sur une molécule ayant une affinité particulière pour les cellules cibles (tumorales). Quand la molécule est assimilée, l'atome radioactif se trouve directement au contact de la cellule. Quand il se désintègre, les e^- émis (faible parcours) déposent leur énergie par ionisation à l'intérieur de l'organe à traiter ou de la tumeur à soigner



www.unamur.be

La désintégration β

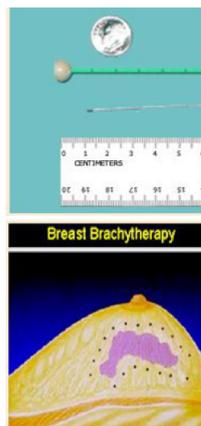
Quelques applications :

- Médicale :
 2. Curiethérapie

Traitement du cancer du sein (forte dose pdt 10 min)



Curiethérapie à haut débit du sein dans un hôpital de l'Arizona aux USA. L'agrandissement montre des cathéters creux dans lesquels des sources d'iridium sont insérées. Les cathéters sont maintenus en place aux deux extrémités par des boutons. La machine télécommandée à droite délivre et positionne les sources radioactives dans les cathéters. Le traitement qui dure une dizaine de minutes a lieu dans une chambre blindée. Le protocole prévoit deux séances séparées d'au moins six heures, entre lesquelles la patiente peut quitter la clinique. Une dose fractionnée est plus efficace et plus sûre qu'une dose délivrée en une seule fois.

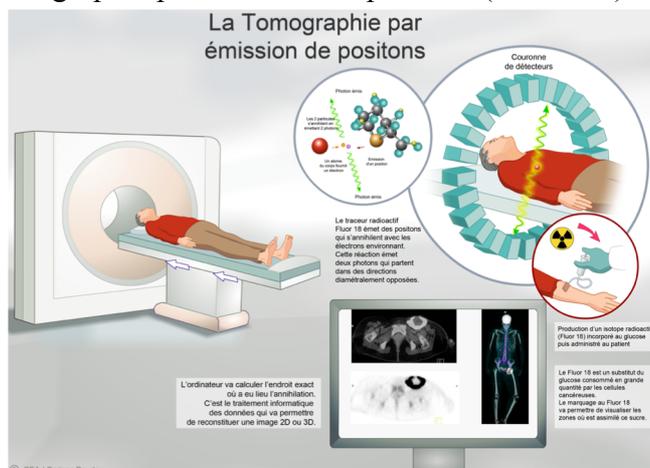


www.unamur.be

La désintégration β

Quelques applications :

- Médicale :
 3. Tomographie par émission de positons (PET scan)



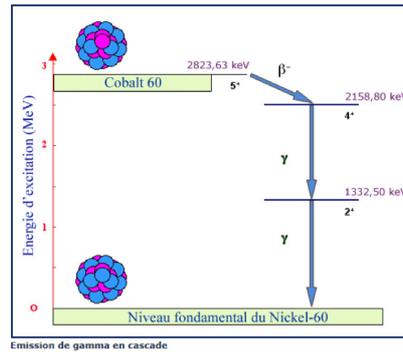
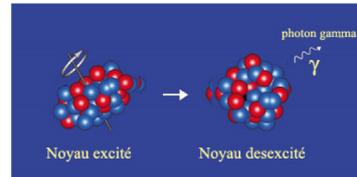
www.unamur.be

La désintégration γ

- Emission d'un photon de radiation électromagnétique
- Particule légère
- Pouvoir de pénétration très élevé
- Arrêtée par matériaux denses, ex : plomb
- **Pouvoir ionisant faible**



- Si la particule (α , β) n'emporte pas la totalité de l'énergie, le noyau résiduel reste dans un état excité et peut émettre des γ .



www.unamur.be

La désintégration γ

Quelques applications :

1. Consolidation d'objets anciens, polymérisation de résine

➤ Principe : les 2 rayons γ émis par cobalt 60 n'ont pas assez d'énergie pour provoquer des réactions nucléaires mais en ont suffisamment pour rompre des liaisons et former des radicaux libres dans le matériau

- ⇒ résine liquide injectée dans le matériau (bois par ex)
- ⇒ irradiation γ
- ⇒ radicaux libres qui vont servir de ponts entre les macromolécules
- ⇒ la résine polymérise (durcis)



Ange de Venosc
Ange de Venosc après irradiation gamma pour durcir in situ la résine d'imprégnation. Cette statue dont le bois était très altéré a ainsi pu subir des travaux de restauration.
© Art-Nucléart

www.unamur.be

La désintégration γ

Quelques applications :

2. Désinfection des objets anciens

➤ Principe : rayons γ émis éliminent les champignons, les larves, les insectes et les bactéries sans endommager le matériau (si doses appropriées)

⇒ traitement bien adapté aux objets anciens (peintures, statues, mobilier...)



Momie de Ramsès II
La momie du pharaon Ramsès II était infestée de larves et de champignons. Son irradiation fut précédée de nombreux essais, en particulier sur d'autres momies, pour vérifier son innocuité. L'opération, maintenant ancienne, eut lieu en 1977. Elle nécessita le transport aller et retour du musée du Caire à Saclay, dans une bulle stérile, de la momie, du sarcophage et de son socle.
©Art Nucléaire

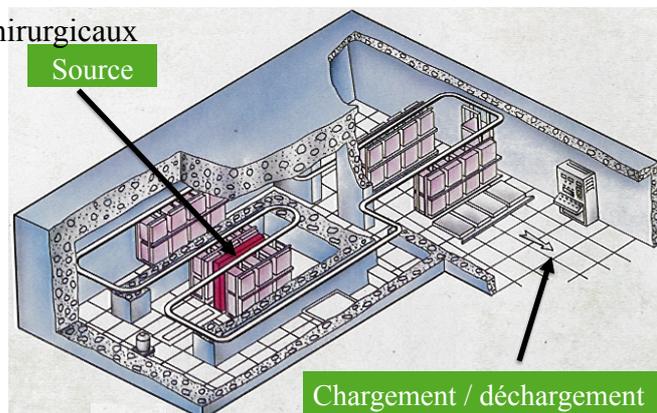
www.unamur.be

La désintégration γ

Quelques applications :

3. Stérilisation

- Matériels chirurgicaux
- Fraises
- Litières
- Épices
-



SCHEMA D'UNE INSTALLATION GAMMA DE STERILISATION D'ALIMENTS,

www.unamur.be

La désintégration γ

Applications médicales:

1. Radiothérapie

➤ Principe : exposition des cellules altérées à un faisceau de γ => ionisation => modification de la structure des cellules (ADN) => cellules meurent quand elles entrent en division afin de se multiplier. Cellules d'une tumeur cancéreuse sont jeunes => elles se reproduisent facilement => elles sont plus sensibles aux γ que les tissus voisins.



➤ La radiothérapie est un traitement local : les rayons sont délivrés sur une zone bien précise. Les tissus sains sont quand même légèrement lésés => risques de complication => importance du choix des doses.

➤ Les tissus sains sont ~ abîmés. Pourquoi alors utiliser cette technique ?

Leur taux de réparation est supérieur à celui des cellules cancéreuses. Cet « effet différentiel » explique le bénéfice de la radiothérapie. Cependant, la limite est parfois si fine que ces traitements sont bien souvent accompagnés de nombreux effets secondaires.

www.unamur.be

La désintégration γ

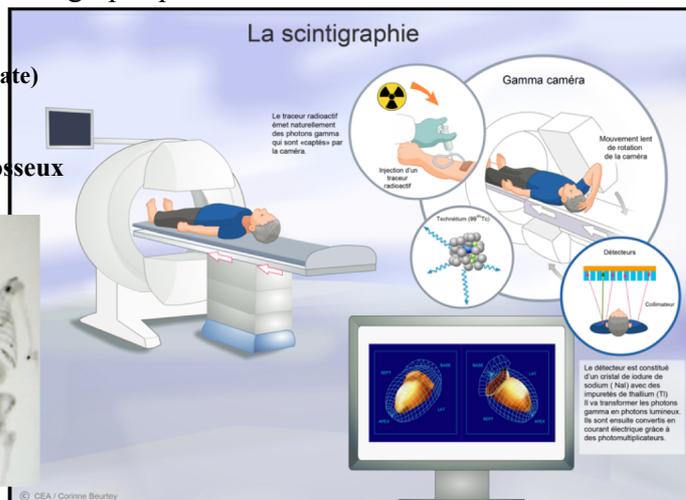
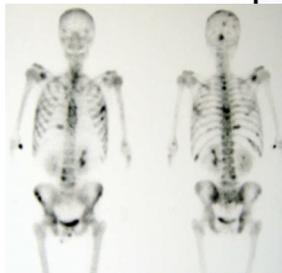
Applications médicales:

2. Examens scintigraphiques

^{99m}Tc + MDP
(Méthylène diphosphonate)



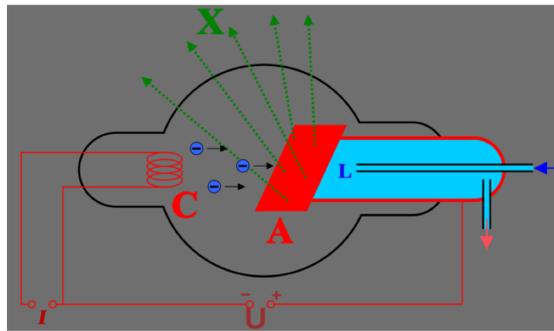
Détection problèmes osseux



www.unamur.be

Emission de RX

- Emission d'un photon de radiation électromagnétique
- Particule légère
- Pouvoir de pénétration très élevé, arrêtée par matériaux denses, ex : plomb
- **Pouvoir ionisant faible**

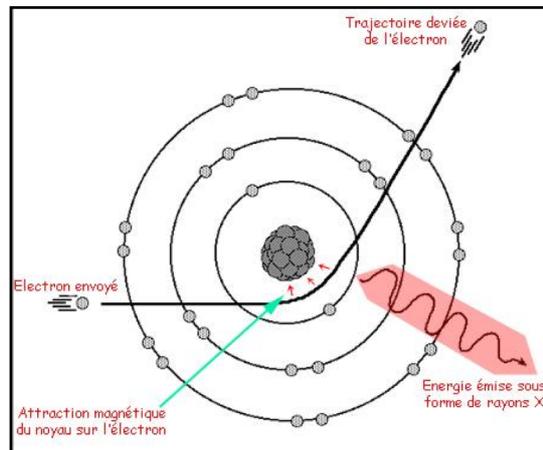


X : émission de rayons X
L : Liquide de refroidissement
C : Cathode
I : Intensité
A : Anode
U : Tension

www.unamur.be

Emission de RX

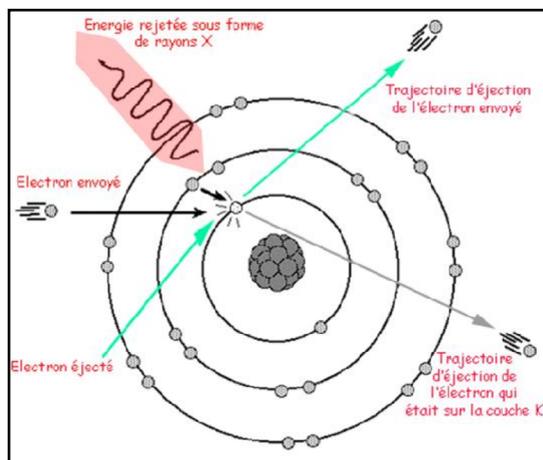
Emission générale (Bremsstrahlung ou rayonnement de freinage)



www.unamur.be

Emission de RX

Emission caractéristique.



www.unamur.be

Emission de RX

Quelques applications :

- Industrielle
 1. Tube RX
- Médicales :
 1. Examen radiologique
 2. Examen d'angiographie, coronarographie



www.unamur.be

Effets biologiques des rayonnements ionisants



UNIVERSITÉ
DE NAMUR

www.unamur.be

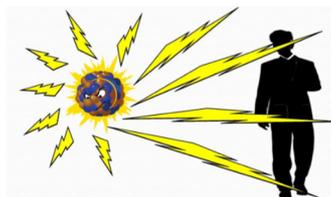
La mesure de la radioactivité

Caractérisation du rayonnement

Pour caractériser correctement un rayonnement et son effet, il faut connaître:

La source :

- Activité (Nombre de désintégration/seconde)
- La demi-vie de la source ($T_{1/2}$)
- L'énergie du rayonnement émis (keV)



La dose :

- Reçue (Dose absorbée)
- L'effet (Equivalent de dose)
- Le débit d'équivalent de dose

www.unamur.be

La mesure de la radioactivité

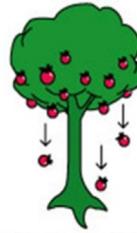
La source :

1) Activité

Nombre de désintégrations par unité de temps : **Becquerel (Bq)**
ou Curie (Ci)

1 Bq = 1 désintégration par seconde, 1 Ci = 37×10^9 Bq

Grandeur Physique



Le nombre de pommes qui tombent peut se comparer au **Becquerel** (nombre de désintégrations par seconde)

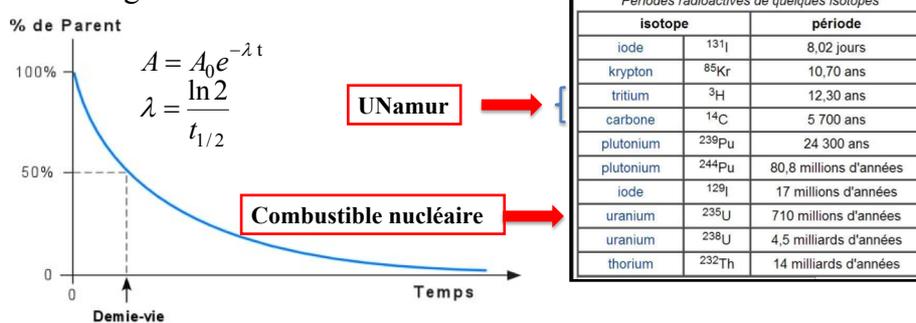
www.unamur.be

La mesure de la radioactivité

La source:

2. Demi-vie physique

Temps nécessaire pour que la moitié des atomes radioactifs soit désintégrés



!! La radioactivité diminue mais ne disparaît jamais. !!

www.unamur.be

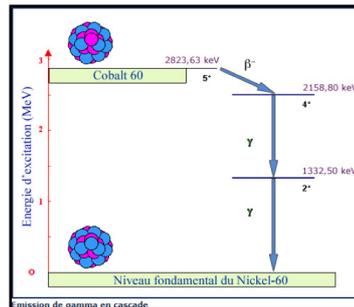
La mesure de la radioactivité

La source :

3) Energie du rayonnement émis (eV)

C'est l'**énergie** acquise par un **électron** soumis à un potentiel électrique de 1V.

Ainsi, on a $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$, c'est donc une unité très faible. Les multiples sont le $\text{keV} = 10^3 \text{ eV}$, le $\text{MeV} = 10^6 \text{ eV}$, le $\text{GeV} = 10^9 \text{ eV}$...



www.unamur.be

La mesure de la radioactivité

La dose :

Dose absorbée (D) : Représente l'énergie cédée par le rayonnement ionisant à l'organisme ou à un objet qu'il rencontre. Unité : Gray (Gy)

1 Gray = 1 J/Kg, 1 Gray = 100 rad (dépôt d'énergie)

Grandeur Physique

Schéma 1 : Effets d'une irradiation aiguë selon l'organe exposé

Dose (en Gy)	1	5	10	20	50
Atteinte de la peau	ROUGEURS BRULURES NECROSE				



Le nombre de pommes reçues par le dormeur peut se comparer au Gray (dose absorbée)

www.unamur.be

La mesure de la radioactivité

La dose :

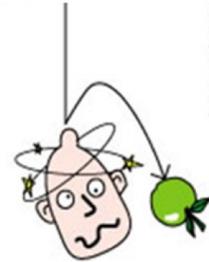
Dose équivalente (H) : Est le produit de la dose absorbée (D) par le facteur de pondération (W_r) qui dépend des propriétés des radiations ionisantes. Unité Sievert (Sv)

Dose équivalente = dose absorbée x facteur de pondération W_r

Type de radiation	W_r
X, γ , β	1
α , n	20
P	5

**A l'UNamur, Sievert = Gray
Sauf au LARN**

Grandeur biologique



L'effet laissé sur son corps selon le poids ou la taille des pommes peut se comparer au Sievert (effet produit)

Source : C.E.A.

www.unamur.be

La mesure de la radioactivité

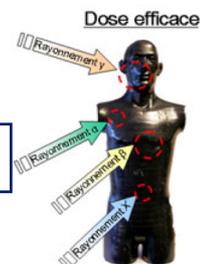
La dose :

Dose efficace (E) : Est le produit de dose équivalente (H) par le facteur de sensibilité du tissu affecté (W_t). Unité Sievert (Sv)

Dose efficace (E) = Dose équivalente (H) x facteur de pondération W_t

Organes	W_t
Gonades	0.2
Moelle osseuse rouge	0.12
Colon	0.12
Poumons	0.12
Estomac	0.12
Vessie	0.05
Seins	0.05
Foie	0.05
Œsophage	0.05
Thyroïde	0.05
Peau	0.01
Surface des os	0.01
Autres	0.05

$$\sum W_t = 1$$



Grandeur biologique

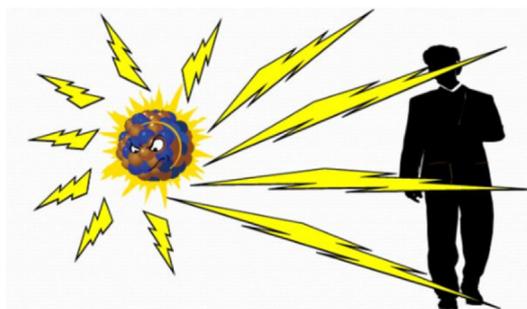
www.unamur.be

La mesure de la radioactivité

La dose :

Débite de dose : Permet d'estimer l'équivalent de dose obtenu après un certain temps dans un champs d'irradiation constant.

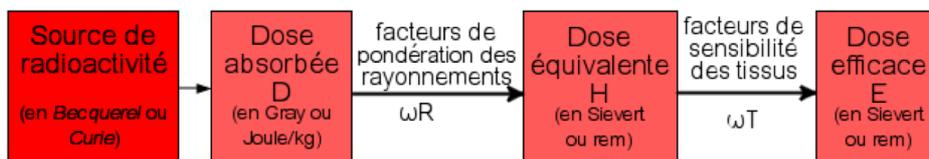
Unité : Sievert par heure (Sv/h)



www.unamur.be

La mesure de la radioactivité

La dose, résumé :

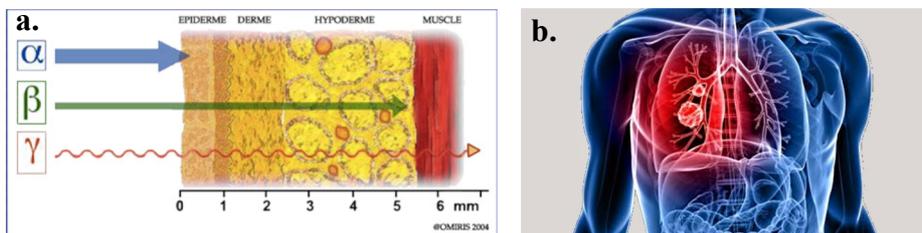


www.unamur.be

Irradiation

1) **Irradiation** : Une personne est soumise au risque d'**irradiation** dès que son organisme est susceptible d'intercepter des **rayonnements ionisants** émis par une source **radioactive**

- a. **Externe**: la source se trouve à l'extérieur du corps humain (Radio-isotope, accélérateur)
- b. **Interne**: ingestion ou inhalation d'un radio-isotope.

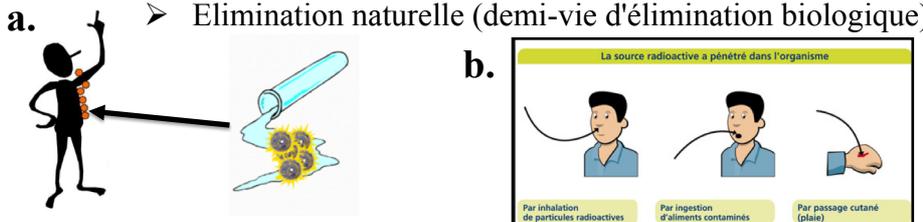


www.unamur.be

Contamination

2) **La contamination** : Une personne est soumise au risque de contamination dès que son organisme est susceptible d'entrer en **contact direct** avec une source radioactive.

- a. **Externe**: substance radioactive se trouve à l'extérieur du corps humain (liquide)
- b. **Interne**: substance radioactive se trouve à l'intérieur du corps humain (liquide & gaz)
 - Une contamination interne diminue suivant deux voies:
 - Décroissance de la source (demi-vie physique)
 - Elimination naturelle (demi-vie d'élimination biologique)



www.unamur.be

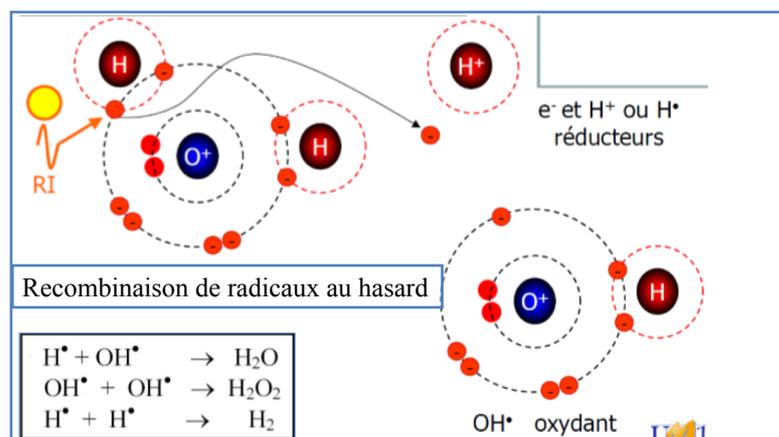
Les effets des radiations ionisantes

1. Sur les molécules
2. Sur l'ADN
3. Sur les chromosomes
4. Sur les cellules
5. Sur les organes
6. Sur les organismes

www.unamur.be

Les effets des radiations ionisantes

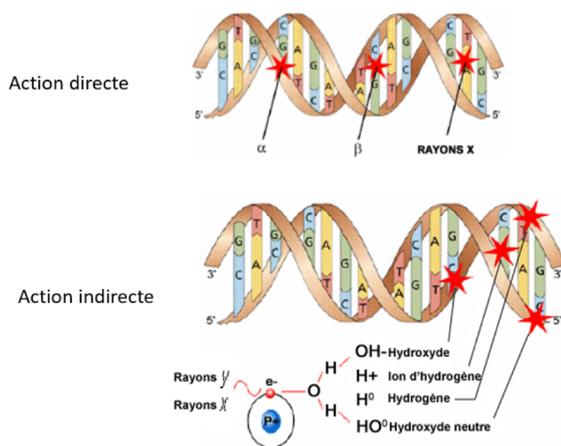
1. Sur les molécules



www.unamur.be

Les effets des radiations ionisantes

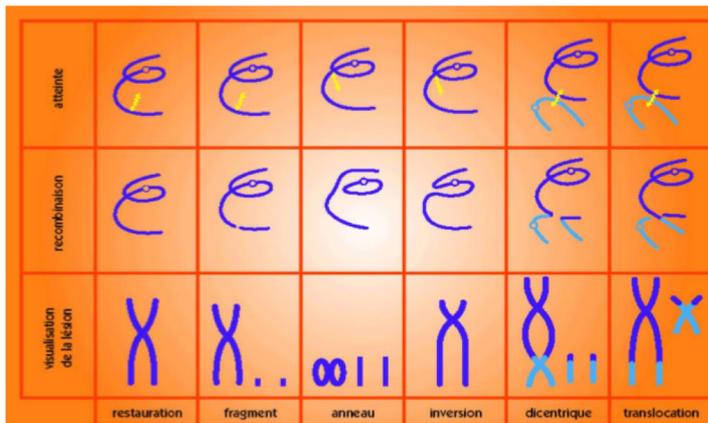
2. Sur l'ADN



www.unamur.be

Les effets des radiations ionisantes

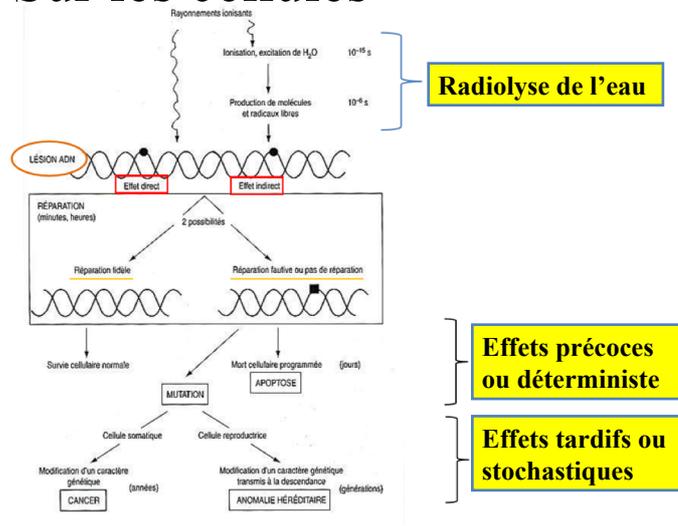
3. Sur les chromosomes



www.unamur.be

Les effets des radiations ionisantes

4. Sur les cellules



Les effets des radiations ionisantes

5. Sur les organes γ

Perte d'une source de gammagraphie : dose estimée à 30 – 40 grays



Les effets des radiations ionisantes

6. Sur les organismes α

Intoxication au ^{210}Po de Alexander Litvinenko, ex agent des services secrets russe. Décédé le 23 novembre 2006



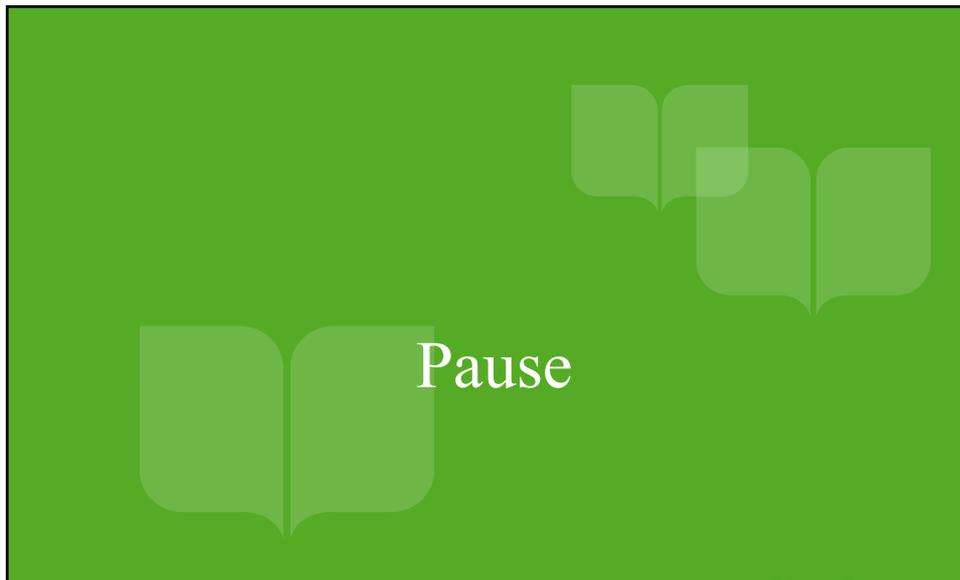
www.unamur.be

Les effets des radiations ionisantes

Effets déterministes : Quelques valeurs

<i>Exposition</i>	<i>Effets</i>
0,25 à 1 gray	Quelques nausées, légère chute du nombre de globules blancs
1 à 2,5 grays	Vomissements, modification nette de la formule sanguine
2,5 à 5 grays	Dose mortelle une fois sur deux, hospitalisation obligatoire
Au delà de 5 grays	Décès presque certain

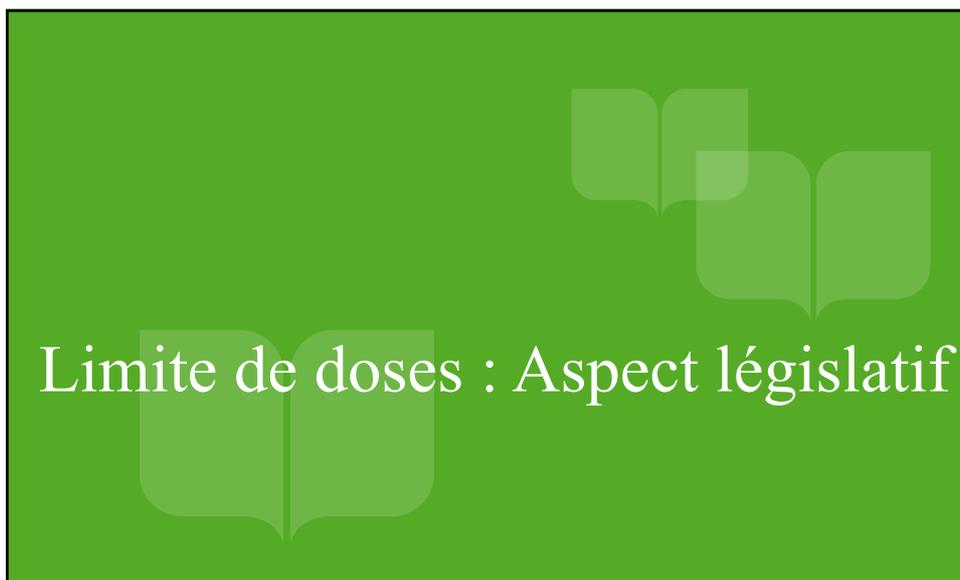
www.unamur.be



Pause



www.unamur.be



Limite de doses : Aspect législatif



www.unamur.be

Les limites de doses

Dose reçue par la population belge dans le cadre de son exposition aux rayonnements ionisants d'origine naturelle et artificielle

Tableau 15 : Dose population par habitant exprimée en mSv/an.

Dose population par habitant en mSv/an	2001 (5)	2006 (37)	2010 (1)	2015
Exposition naturelle				
Rayonnement cosmique	0,4	0,4	0,3	0,3
Rayonnement terrestre	0,4	0,4	0,4	0,4
Inhalation de radionucléides naturels (radon et thoron)	1,5	1,5	1,7	1,4
Ingestion de radionucléides naturels	0,3	0,3	0,3	0,3
Total rayonnement naturel	2,5	2,5	2,8	2,4
Expositions artificielles				
Expositions médicales	2,0	2,1	2,3	1,5
Autres expositions artificielles	< 0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,01
Total rayonnement artificiel	2,0	2,1	2,3	1,5
Total	4,5	4,6	5,1	4,0

Source AFCN

www.unamur.be

Les limites de doses

Norme belge - AR 20/07/01 (art. 20)

Dose efficace

1. Public : **1 mSv/an**
2. Travailleur professionnellement exposé (PPE) :

20 mSv/ 12 mois consécutifs glissant

www.unamur.be

Les limites de doses

Norme belge - AR 20/07/01 (art. 20)

Dose équivalente

Organe ou tissus	PPE	Public
Cristallin	150 mSv/an -> 20 mSv/an	15 mSv/an
Peau (par cm ²)	500 mSv/an	50 mSv/an
Mains, doigts, pieds	500 mSv/an	

www.unamur.be

Les limites de doses

Norme belge (AR 20/07/01 (art. 20))

Protection de la femme enceinte

Irradiation



Dose efficace > 1 mSv/an



Contamination



ou



Liquide

Gaz

Ecartement/travail adapté



Ecartement/travail adapté

www.unamur.be



Les 3 principes de base de la radioprotection

La radioprotection : c'est ensemble des dispositions prises pour protéger les travailleurs et le public

1. Justification

L'utilisation d'une pratique doit être justifiée par le fait que l'on ne pourrait pas atteindre le même but sans son utilisation.

BÉNÉFICES ATTENDUS > DÉTRIMENT SANITAIRE

2. ALARA : As Low As Reasonably Achievable

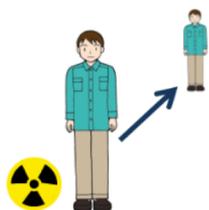
La dose reçue par chacun du fait de la pratique doit rester aussi faible qu'il est raisonnablement possible.

3. Limite de dose

Elle ne peut être dépassée.

Protection contre l'irradiation Art 27 AR

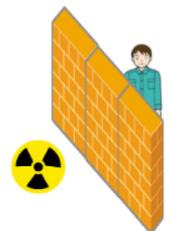
Principe ALARA : As Low As Reasonably Achievable



Distance



Temps



Blindage

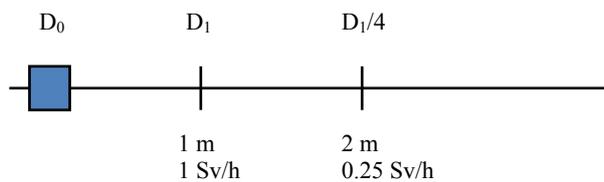
www.unamur.be

Protection contre l'irradiation Art 27 AR

Principe ALARA : As Low As Reasonably Achievable

1. Distance

Le débit de dose est inversement proportionnel au carré de la distance ($1/d^2$)



www.unamur.be

Protection contre l'irradiation Art 27 AR

Principe ALARA : As Low As Reasonably Achievable

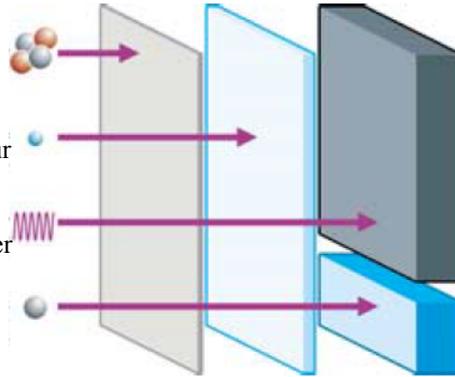
2. Blindage

Particules α : noyaux d'hélium
Feuille d'aluminium ou de papier

Particules β : électrons, positons
Verre, plexiglas de quelques mm d'épaisseur

Rayonnement x & γ :
Forte épaisseur de béton de plomb ou d'acier

Neutrons : Eau, paraffine ou matériau adapté à l'énergie des neutrons



www.unamur.be

Protection contre l'irradiation Art 27 AR

Principe ALARA : As Low As Reasonably Achievable

2. Blindage

β , α : parcours dans la matière

Isotope	Energie (MeV)	Eau (cm)	Air (cm)	Plexiglass (cm)
^{32}P (β)	1.7 Max	0.8	603	0.61 (! B)
^{33}P (β)	0.249 Max		89	0.89
^{35}S (β)	0.167 (Max)		26	0.85
^3H (β)	0.0186 Max	0.0006	0.6	
^{14}C (β)	0.056	0.3	24	0.25
α	5	0.04	5	

Pas de Pb pour le ^{32}P

www.unamur.be

Protection contre l'irradiation Art 27 AR

2. Blindage

écran de protection β page 1765

protection radiation gamma
résine acrylique imprégnée de plomb
épaisseur 12 mm

Caractéristiques équivalentes à une feuille de plomb d'épaisseur 0,5 mm arrêtant les émissions radioactives de ^{132}I . Une source de 74 MBq placée à 20 cm d'un écran de protection voit son activité chuter de 5000 à 4 cps.

attention
Les écrans ne doivent pas être utilisés en présence de rayonnements β car il y a production de rayons X (Brennstrahlung).
Les écrans de protections γ , épaisseur 12 mm, ne doivent pas être utilisés avec des isotopes d'énergie supérieure à celle de ^{132}I . Une épaisseur de 35 mm est nécessaire pour arrêter les émissions des sources ^{137}Cs , ^{60}Co et ^{67}Ga .

critères de choix
Plus la surface de l'écran est importante, plus votre sécurité est assurée.
Un écran à bords incurvés facilite l'accès à l'aire de travail.

Ecran incliné à 15° pour travail en position assise.
Ecran incliné à 45° en partie haute, pour travail en position debout.

1768 • protection radiation

Attention aux effets non désirés des écrans de protection

www.unamur.be

Protection contre l'irradiation Art 27 AR

Principe ALARA : As Low As Reasonably Achievable

3. Temps

La dose prise est proportionnelle au temps d'exposition

Réflexions, discussions, doivent se passer à l'écart de toute source de radiation.

Les moyens de détection



www.unamur.be

Protection contre l'irradiation

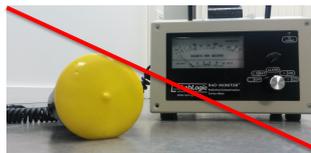
Comment estimer l'irradiation ?

Utiliser le détecteur adéquat



Pas en labo

- Comprendre les unités (Rem, Sv) et son fonctionnement (β ?).
- Vérifier son état de fonctionnement (batterie).
- Mettre sur la plus petite échelle.
- Evaluer le débit de dose à bout de bras.
- Si signal est saturé, changer d'échelle.
- Noter et améliorer la protection le cas échéant.



**Pas en Cp/s ou Bq
Mais en Sv/h !!**

www.unamur.be

Protection contre la contamination

Comment estimer une contamination ?

Utiliser le détecteur adéquat



**Pas en Sv/h
Mais en Cp/s ou Bq !!**

www.unamur.be

La dosimétrie



UNIVERSITÉ
DE NAMUR

www.unamur.be

Dosimétrie

Dosimètre personnel

Dosimètre thermoluminescent (TLD)

- Pastilles de Borate de Lithium ou de Sulfate de Calcium de densités différentes placées derrière différents types d'écrans.
- **L'énergie déposée** est emmagasinée dans les différentes pastilles.
- Analyse via un système de chauffe.
- Plus l'énergie emmagasinée est importante plus l'intensité lumineuse émise sera importante lors de la chauffe.



**!!! Ce ne sont pas des dosimètres à lecture directe
Ils ne mesurent pas un débit de dose !!!
Ils peuvent se porter à la poitrine ou au doigts**



www.unamur.be

Dosimétrie

Dosimètre électronique

- Cristal semi-conducteur sensible aux radiations ionisantes
- Lecture de la dosimétrie en temps réel
- Equipé de seuils d'alarmes (dose, débit de dose)
- Gamme de dose 1 μSv à 10 Sv
- Gamme d'énergie 50 KeV à 6 MeV

~~Utiliser par :~~

- Visiteur extérieur (Professeur, Chercheur, Stagiaire)
- Le personnel de maintenance UNamur
- Le personnel des firmes extérieures
- Le personnel SCP en cas d'accident ou incident

Remplir le registre dosimètre avec :

1. Nom
2. Date
3. Dose début
4. Dose fin
5. Raison



www.unamur.be

Les bonnes pratique en laboratoire



www.unamur.be

Les bonnes pratiques en laboratoire

Signaux d'avertissements

Sur la porte de la zone (extérieur):



+

- Intensité de radiation très élevée (si $H > 1000 \mu\text{Sv/h}$)
- Intensité de radiation élevée (si $H > 200 \mu\text{Sv/h}$)
- Radiations ionisantes (si $H > 20 \mu\text{Sv/h}$)
- Danger de contamination radioactive



www.unamur.be

Les bonnes pratiques en laboratoire

Avant d'entrer en zone contrôlée

- Porter un tablier fermé A TOUT MOMENT.
- Mettre son dosimètre au niveau de la poitrine.
- Noter dans un registre nom, date, isotope, expérience.



Avant l'expérience

- Porter DEUX paires de gants.
- Vérifier avec le compteur adéquat, si il y a une **contamination** sur la paillasse....
- Protéger les surfaces avec du papier plastifiée (Benchcoat), plastique contre la paillasse.
- Coller le papier avec des adhésifs « logo radioactif »
- Préparer le matériel nécessaire pour l'expérience à porter de main.
- Eloigner ou ranger la source mère de la zone d'expérimentation.



Moyens de protection

- Réduire le temps
- Augmenter la distance
- S'abriter derrière des écrans

www.unamur.be

Les bonnes pratiques en laboratoire

Pendant l'expérience

- Changer sa première paire de gants régulièrement.
- Vérifier les bouts des doigts après ouverture de tubes pour éviter la contamination.
- Utiliser **un écran à bon escient**, il n'est utile que si on se trouve derrière.

Récipients contenant des substances radioactives

- Ne concerne pas les récipients de labo pendant leur utilisation et lors de la présence de la personne.



+

- Quantité, nature chimique
- Nature des rayonnements
- Débit de dose (ou Activité) au contact + date

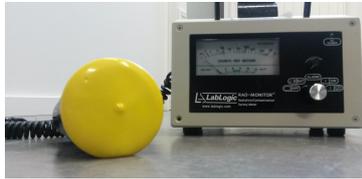
!!!! A faire !!!!

www.unamur.be

Les bonnes pratiques en laboratoire

Après l'expérience

- Vérifier avec le compteur adéquat.
 - Les racks pour les tubes, la paillasse, écran de protection.
 - Soi-même.
- Jeter les déchets dans les récipients appropriés.
- Se laver les mains.



www.unamur.be

Le risque de contamination

www.unamur.be

Le risque de contamination

Comment vérifier la contamination de manière directe ?

Utiliser le détecteur adéquat

!! CPS !!



- Vérifier son état de fonctionnement (batterie)
- Mettre sur la plus petite échelle, option audible « On » et enlever l'écran de blindage des béta.
- Passez la sonde lentement au dessus de la zone de travail/corps
- Si signal est saturé, changer d'échelle.
- Noter et décontaminer le cas échéant.

www.unamur.be

Le risque de contamination

Comment vérifier la contamination de manière indirecte ?

Efficacité = 50 % (nécessite un transfert de matière)

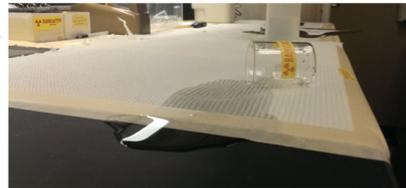
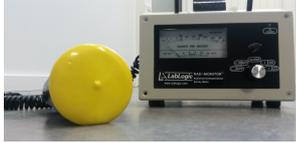


- Prendre appareil de mesure adéquat, vérifier son état de fonctionnement et sa configuration (blindage β).
- A l'aide d'un papier absorbant, frotter la zone de travail.
- S'éloigner de la zone de travail (rester dans le local!!) et vérifier la contamination du papier.
- Noter et décontaminer le cas échéant.

www.unamur.be

Le risque de contamination

Que faire quand on a renversé un liquide radioactif ?



D'une manière générale:

- Ne pas s'enfuir !!!
- Absorbé un maximum de liquide avec du papier absorbant qui se trouve dans le kit de décontamination.
- Si possible, mettre matériel contaminé dans un sac avec autocollant « radioactif ».
- Délimiter la zone et au besoin fermer le local si grande surface impactée.
- Se tester et empêcher la dissémination (!!! chaussures)
- Les personnes contaminées restent dans le local ou a proximité.
- Prévenir le préposé permanent à la surveillance de l'unité.
- Prévenir le service de contrôle physique en précisant l'étendue du problème si incident de grande importance.

www.unamur.be

Le risque de contamination

Décontamination de matériel/plans de travail

- Préparer des sacs, un marqueur et du papier absorbant.
- Mettre des doubles gants.
- A l'aide de papier absorbant et de détergent de décontamination (RBS-35 dilué 50 fois), pratiquer la décontamination.
- Répéter jusque disparition complète, en changeant de papier.
- Vérifier avec les papiers tests de contamination.
- Traiter les déchets comme déchets radioactifs.
- Recommander le kit de décontamination.
- S'il subsiste une contamination malgré les efforts :
 - Prévenir la Cellule de Radioprotection.
 - Bien délimiter pour prévenir accès.



www.unamur.be

Le risque de contamination

Décontamination de matériel/plans de travail

- Laver la surface du corps contaminée au-dessus d'un récipient étanche.
- Vérifier et recommencer le lavage si nécessaire.
- Traiter le liquide de lavage comme déchet radioactif.
- Vérifier savon, robinet, poignées,
- Prévenir Cellule de Radioprotection.

www.unamur.be

Législation

www.unamur.be



Législation

Le Règlement général de la protection contre les radiations ionisantes – RGPRI – 20 juillet 2001

Un nouvel arrêté royal modifiant l'actuel RGPRI a été publié au Moniteur belge le 21 décembre 2018.

Champs d'application:

S'applique à toutes pratiques impliquant un risque suite à l'exposition à des rayonnements ionisants pour des sources

- Naturelles
- Artificielles

Pour des actions de détentions, stockage, transit, achat, vente, cession gratuite, importation et exportation

Peut être téléchargé sur le site de AFCN

www.unamur.be

Législation

Zone contrôlée

Zone dans laquelle on est susceptible de recevoir plus de 6 mSv/an

- Accessible uniquement sous autorisation du responsable contrôle physique.
- Port obligatoire du dosimètre.
- Signalisation obligatoire des risques.
- Interdiction de boire, manger, fumer.
- Port d'une tenue de travail adaptée.
- Surveillance par un relais radioprotection qui est chargé en outre de rappeler les consignes.



www.unamur.be

Législation

Zone surveillée

- Une **surveillance radiologique** du lieu de travail est organisée.
- Indications sur la **nature des sources et les risques** inhérents qu'elles comportent sont affichées;
- Des **consignes de travail** adaptées au risque radiologique lié aux sources et aux opérations effectuées sont établies.

Accès réglementé



www.unamur.be

Législation

Protection individuelle dans la zone contrôlée

- Préposé à la surveillance (Art 30.4)
 - Pour chaque zone contrôlée
 - Respect des mesures sécurité et fonctionnement des appareils de protection
 - Lien avec le service de radioprotection
- Mesure de sécurité (Art 30.5):
 - Toute personne qui ne satisfait pas aux règles doit être écartée de la zone: utilisation des moyens de protection, dosimétrie + port dosimètre, ...
- Mesure de doses (Art 30.6)
 - Port du dosimètre au niveau de la poitrine.
 - Visiteurs aussi :
 - Interdiction accès
 - Dosimètre lecture directe (1 suffit)

www.unamur.be

Législation

Mesures pour empêcher la perte ou le vol

Stockage en lieu sûr

En dehors des moments de leur utilisation, les sources sont enfermées en lieu sûr (art 66), dans la zone.

Le frigo est dans la zone

Inventaire permanent (art 37.4)

Procédure d'achat (Via les étiquettes).

Stockés

Obligation de noter dans un registre, les quantités de matériel radioactif utilisées pour l'expérience.

www.unamur.be

Législation

Obligations liées au traitement des déchets

Déchets liquides (art 34)

- Le rejet des déchets radioactifs liquides dans les eaux de surface ou les égouts est interdit.
- Des mesures sont prises pour éviter tout risque de dispersion de substances radioactives (bac de rétention).

Déchets solides (art 35)

- Les déchets radioactifs solides doivent être conservés dans des récipients étanches assurant une protection suffisante.

Inventaire permanent (art 37.4)

www.unamur.be



Procédure

Traçabilité des commandes.

Commande de produits

Les Unités sont libres de commander les produits radioactifs suivant leurs propres bons de commandes. Cependant, elles ont l'obligation d'exiger la livraison au 61 rue de Bruxelles.

Réception

Les produits seront réceptionnés et entreposés dans une armoire dans un local à côté de l'accueil.

www.unamur.be

Procédure

Traçabilité des commandes.

Libération

Lorsque le colis réceptionné, seul le relais radioprotection est habilité à prendre le colis contre remise à l'accueil de la copie du bon de commande. Le personnel de l'accueil remet alors au préposé, en échange, deux autocollants pré-imprimés d'identification de la source. Le préposé à la surveillance devra alors en coller un sur le flacon et un autre sur le container. Ce numéro servira de numéro d'identification de la source jusqu'à son déclassement.

Un troisième autocollant sera apposé par le personnel de l'accueil au bon de livraison ou bon de commande qui sera remis au à la Cellule de radioprotection (un autocollant par poste).

www.unamur.be

Procédure

Nettoyage

La société de nettoyage passe le premier lundi de chaque mois pour nettoyer les locaux.

- Seul le sol est nettoyé avec des lingettes humides.
- Le local doit être préalablement rangé.



www.unamur.be

PROCEDURES POUR LES DECHETS

www.unamur.be

Procédure déchet

Gestion des déchets à l'UNamur

Récolte, traitement et élimination des déchets radioactifs

:

- **Déchets solides et liquides:**
 - Eviter risques de dispersion et fermentation (liquide)
 - Doivent être stockés ($10 \times T_{1/2}$) et ensuite évacués si concentration inférieure aux normes fixées dans AR.

- **Déchets gazeux :**
 - Rejet autorisé si concentration inférieure à la limite fixée par AR (dilution possible).

La procédure se trouve sur l'intranet

www.unamur.be

Procédure déchet

Gestion des déchets à l'UNamur

- 1) Stockage dans unités dans des *réipients appropriés*
- 2) Enlèvement:
 - Par la Cellule de Radioprotection :
 - lors du passage du responsable déchets dans les différentes unités
 - sur demande : bureau (5349) ou GSM (0476/27.59.69)
 - par mail radioprotection@unamur.be
 - Si et Seulement Si:
 - conditionnement et étiquetage appropriés
- 3) Local déchets
 - Dans des récipients fermés,
 - A l'épreuve du feu, fermé à clé et efficacement ventilé,
 - Inventaire permanent des déchets radioactifs.
- 4) Evacuation via transporteur vers LLN

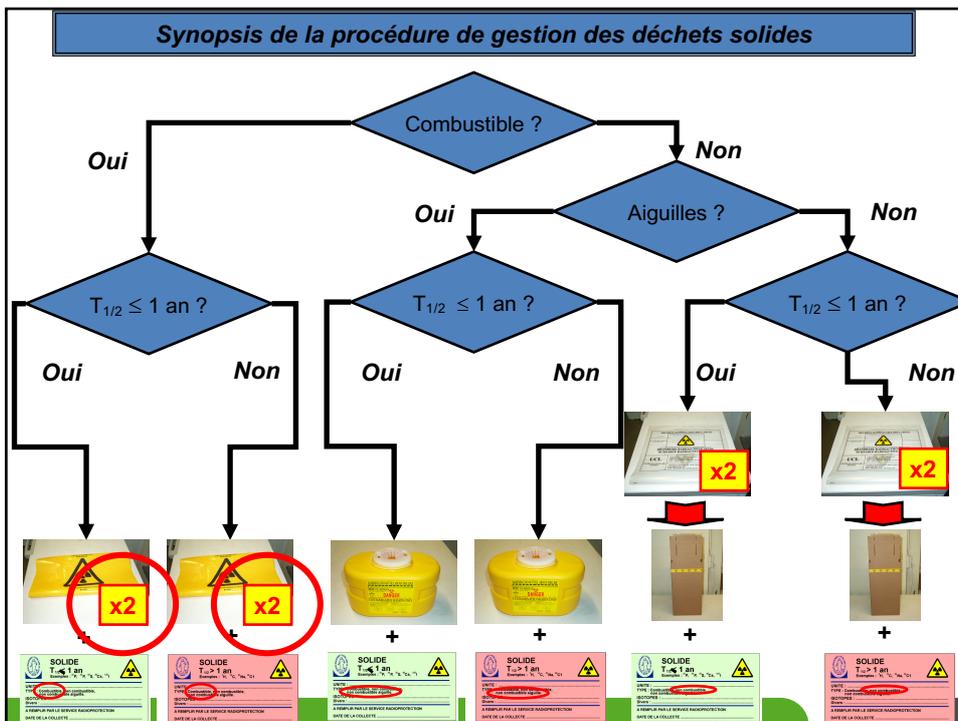
L'UNamur évacue tous ses déchets

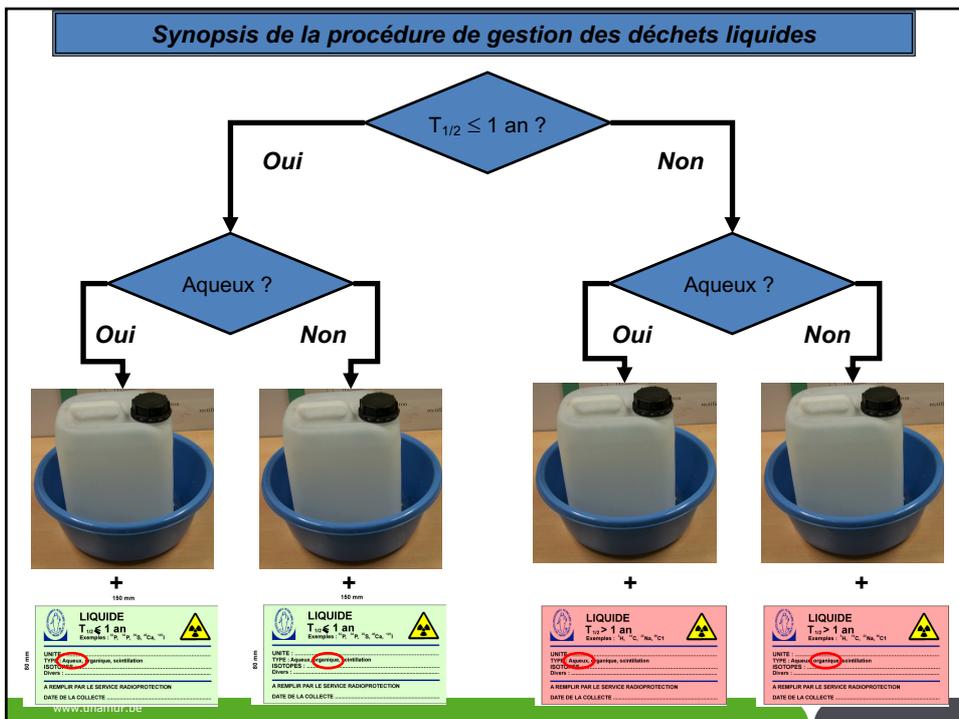
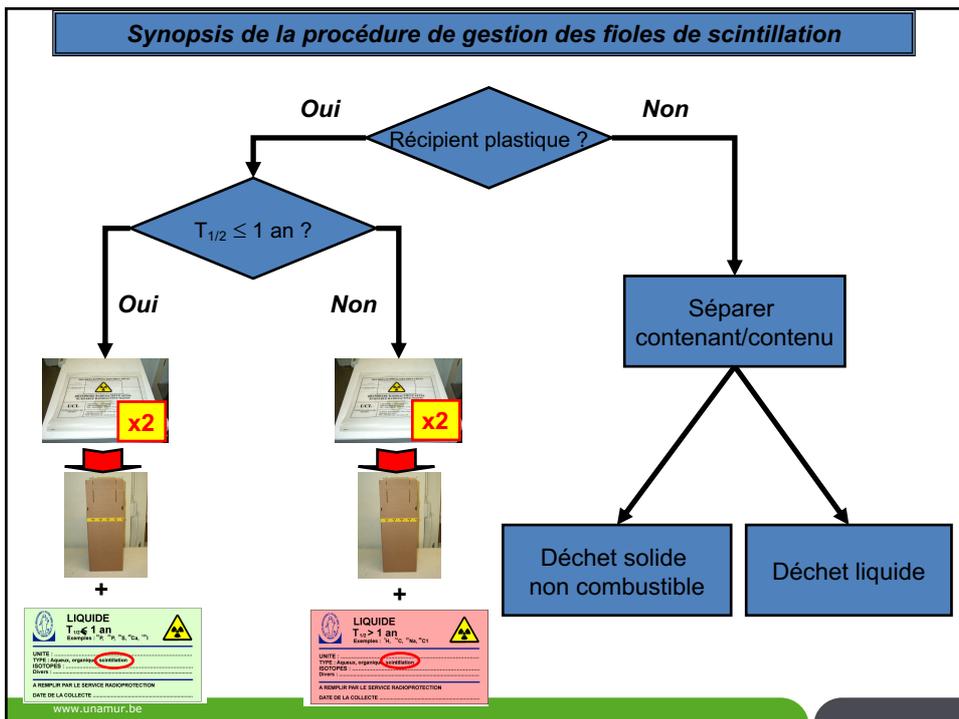
www.unamur.be

Procédure déchet

Gestion des déchets à l'UNamur

Element	Emetteur	Type	Label	Date	Actif	Actif	Actif
32P	14,200	Marsage	Liquide Non scellée	2007039	2010007	2,5E-01	9,25
32P	14,200	Marsage	Liquide Non scellée	2007041	2011007	2,5E-01	9,25
32P	14,200	Marsage	Liquide Non scellée	2007043	1010007	1,0E+01	370
32P	14,200	Marsage	Liquide Non scellée	200801	180501H	2,40E+00	9,25
32P	14,200	Marsage	Liquide Non scellée	200802	2401008	2,40E+01	9,25
32P	14,200	Marsage	Liquide Non scellée	200803	3101008	7,0E+00	259
32P	14,200	Marsage	Liquide Non scellée	200804	10002008	2,5E-01	9,25





Bon week end