

Rayonnements ionisants & Radioprotection

Pr: BOUKRAA

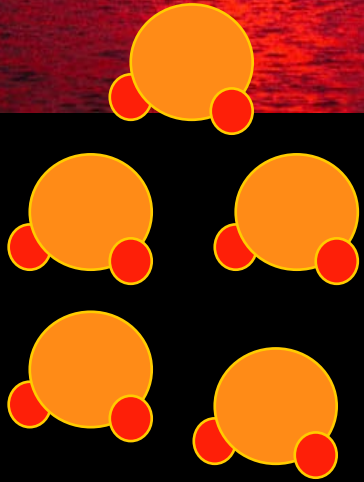
Objectifs d'apprentissage



- - **Classer les RI**
- - **Citer les sources d'exposition aux RI médicales et industrielles**
- - **Reconnaitre les effets sur la santé**
- - **Citer les principes de la radioprotection**

matière

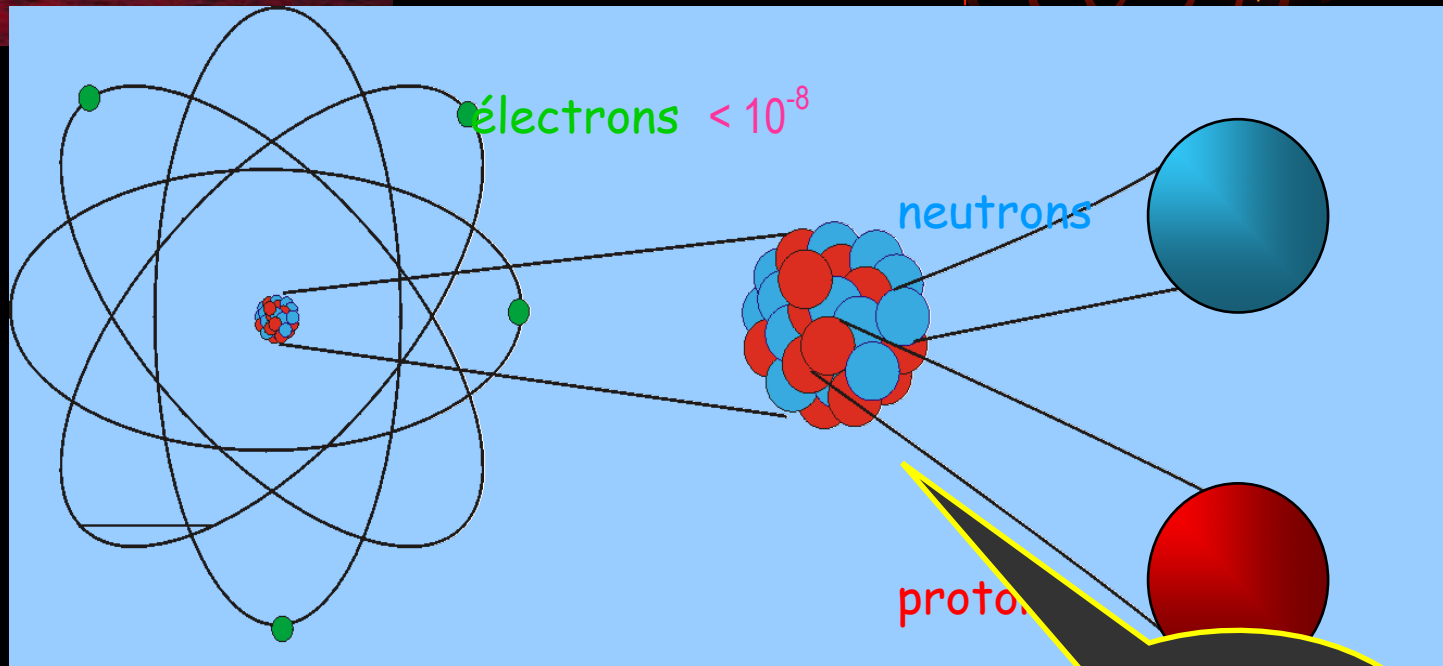
Les molécules



H2O

L'atome

1

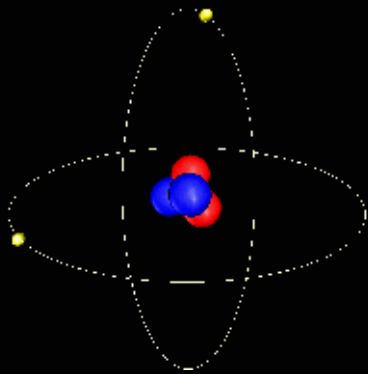


noyau
 10^{-4}

nucléons
 10^{-5}

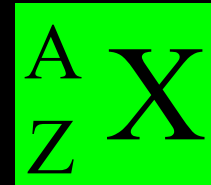
Physique
nucléaire

Le noyau de l'atome



Nombre de masse
nucléons : $p + n$

Nombre atomique
protons (ou e^-)



élément

$$N = A - Z$$

neutrons

$Z = 1 \Rightarrow H$ hydrogène

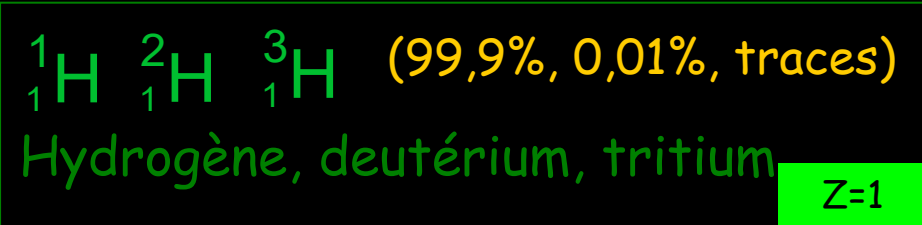
$Z = 6 \Rightarrow C$ carbone

$Z = 92 \Rightarrow U$ uranium

Les isotopes



isos (égal) - topos (lieu)



Z=1

$$Z = A \neq$$



Z=6

Uranium
isotopes radioactifs

${}^{234}\text{U}$ (99,275 %)

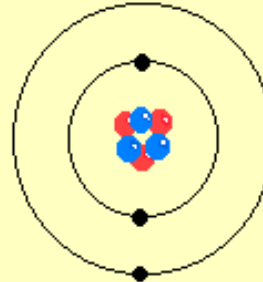
${}^{235}\text{U}$ (0,720 %)

${}^{238}\text{U}$ (0,005 %)

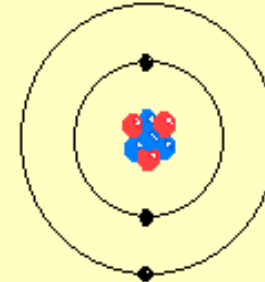
Z=92

Three isotopes of lithium

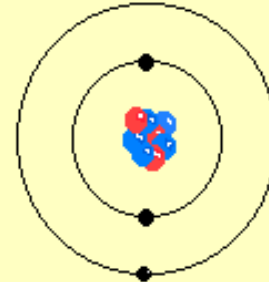
LITHIUM-6



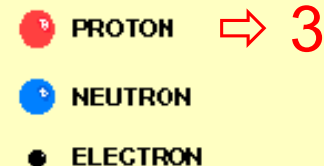
LITHIUM-7



LITHIUM-8



Z=3

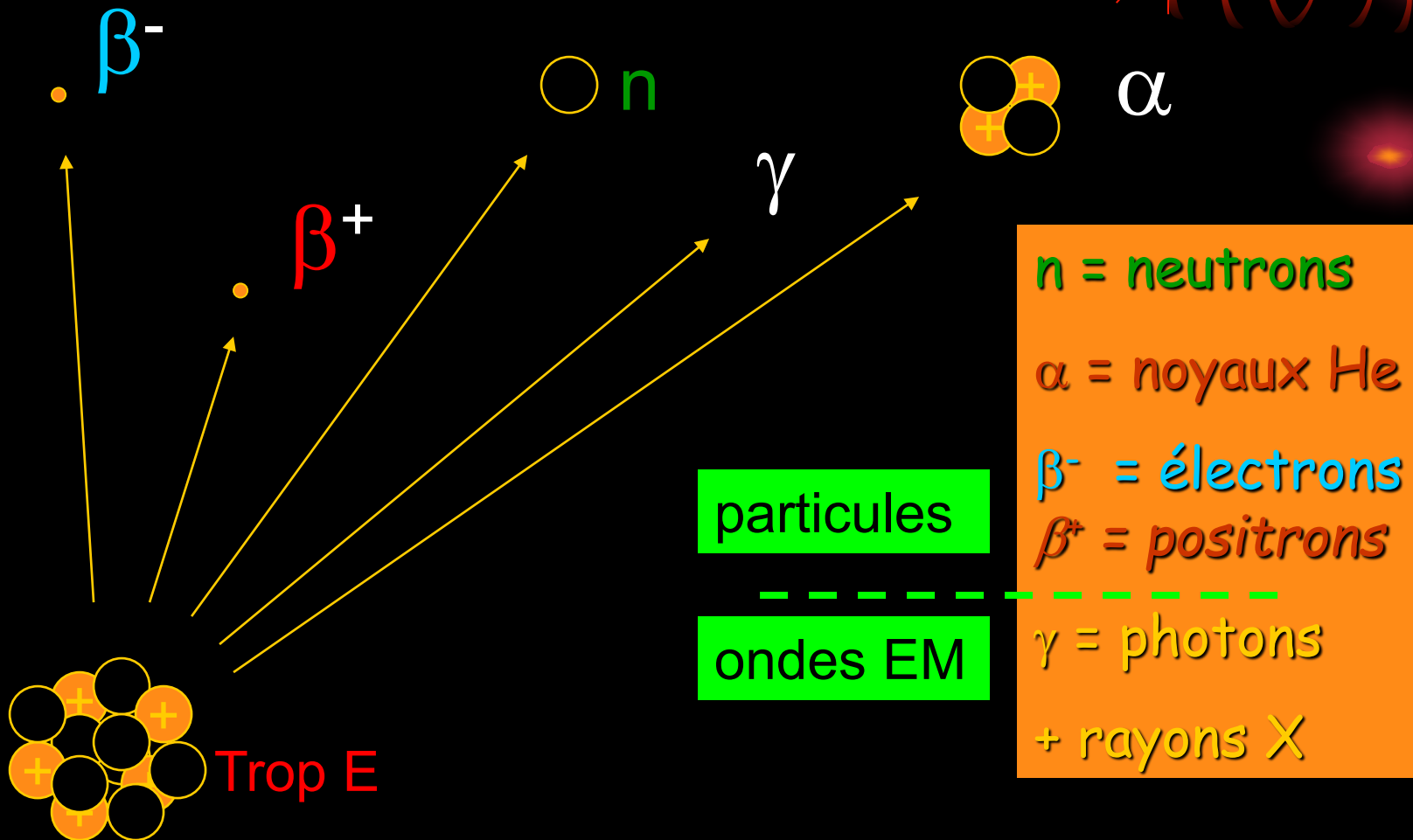


I. DEFINITION :

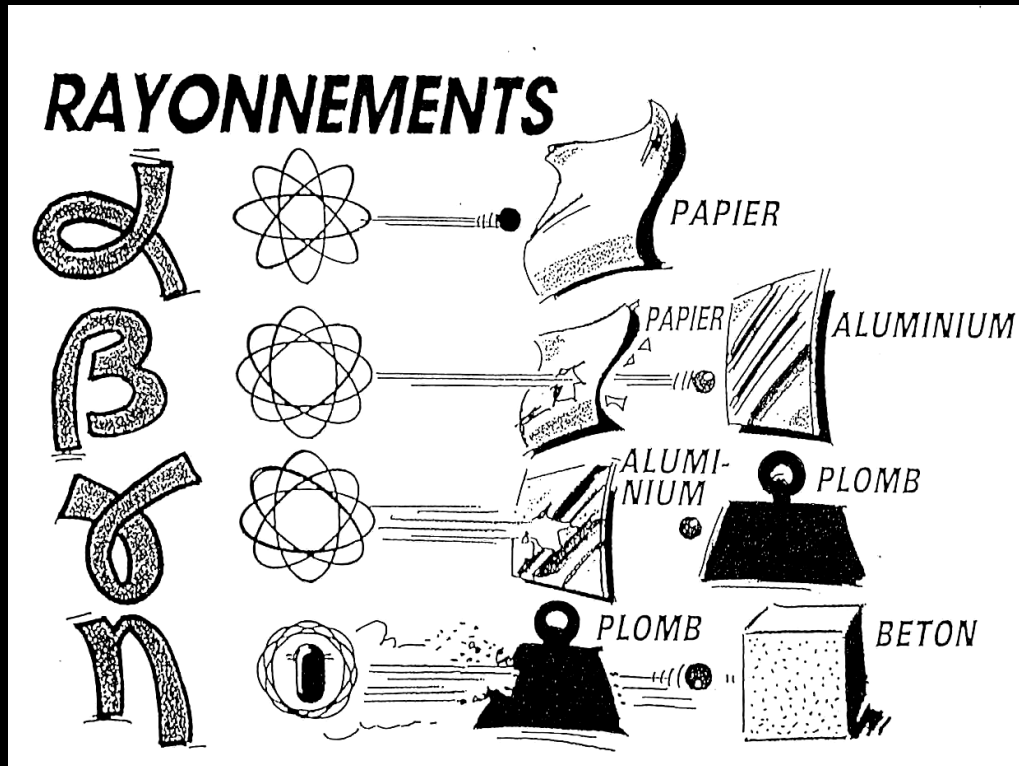
Les rayonnements ionisants sont des rayonnements électromagnétiques ou corpusculaires suffisamment énergétiques pour ioniser sur leur passage certains atomes de la matière traversée, en leur arrachant des électrons. Ils peuvent être directement ionisants(rayons alpha) ou indirectement ionisants(rayons gamma et neutrons).



Les rayonnements émis



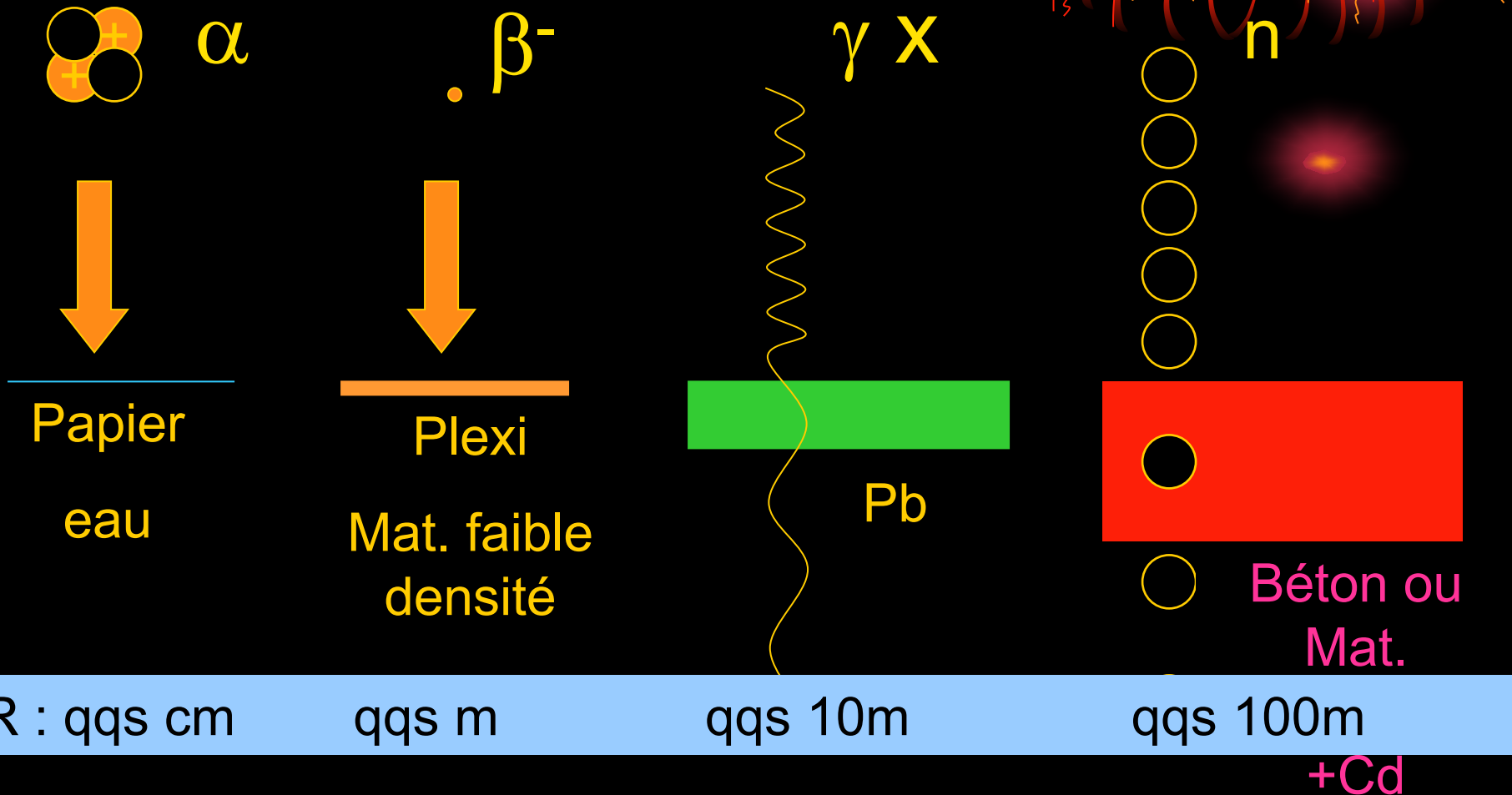
2. Les rayonnements ionisants



interactions
avec la
matière

En résumé:

les écrans de protection



II. NOTIONS DE PHYSIQUE



- **La radioactivité : c'est le nombre de désintégrations spontanée par unité de temps(seconde), avec dégagement d'énergie , de certains nucléotides naturels ou artificiels, ce phénomène s'accompagne démission d'un ou plusieurs rayonnements ionisants et/ corpusculaires, elle s'exprime en Becquerel(Bq).**
- **La dose absorbée : c'est la quantité d'énergie communiquée par le rayonnement à la matière traversée par unité de masse, elle s'exprime en Gray(Gy) : c'est l'équivalent d'énergie absorbée de un joule par kilogramme , $1\text{Gy} = 100 \text{ rad}$.**

NOTIONS DE PHYSIQUE

- **La dose équivalente : c'est la dose absorbée x un facteur de pondération radiologique (1 pour rayons X, Gama, et bêta , 20 pour les rayons alpha).elle s'exprime en Sievert (Sv).**
- **La dose efficace : c'est la somme des doses équivalentes pondérés, délivrées aux différents organes et tissus, elle s'exprime en Sievert, $1\text{Sv} = 100\text{rem}$**
- **Débit de dose : c'est la dose reçue par unité de temps : Gr/s ou Sv/s.**

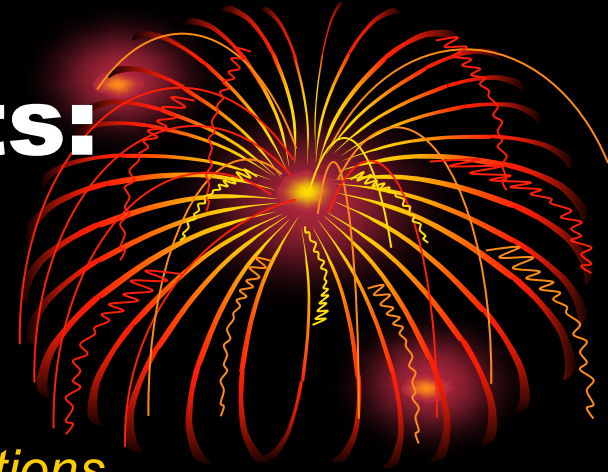


III. DIFFERENTS SOURCES D'EXPOSITION AUX RI



- 1) sources scellées : les substances radioactives y sont solidement incorporées dans des matières solides ou inactives ou scellées dans une enveloppe inactive présentant une résistance suffisante pour éviter , dans les conditions normales d'emploi, toute déperdition de substance radioactive.**
- 2) sources non scellées : leurs présentation et leurs conditions d'emploi ne permettent pas de prévenir toute dispersion de substance radioactive.**

Rayonnements ionisants: applications



Les sources utilisées dans l'industrie

Sources radioactives
scellées.

Générateurs de rayons X.

Sources radioactives non
scellées.

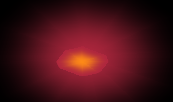
Principales applications

Radiographie - analyse, détection, dosage
de molécules - jauges radiométriques -
éliminateurs d'électricité statique -
détecteurs de fumée - radiotraitements
chimiques - radiotraitements biologiques

Utilisation de radionucléides comme
traceurs : recherche biomédicale - études
hydrologiques - tests de ventilation -
détection de fuites gazeuses.
Fabrication d'objets luminescents.

IV. MODES D'EXPOSITION

- **Exposition externe sans contact cutané**
- **exposition externe avec contact cutané**
- **exposition interne : contamination ;**



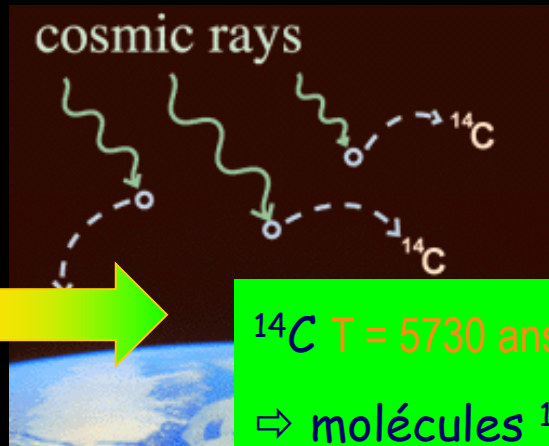
V- SOURCES D'EXPOSITION AUX RI



**1. Exposition naturelle : 85,5%
de radioactivité totale,**

- Origine tellurique : 71%**
- Origine cosmique : 14,5%**

La radioactivité naturelle



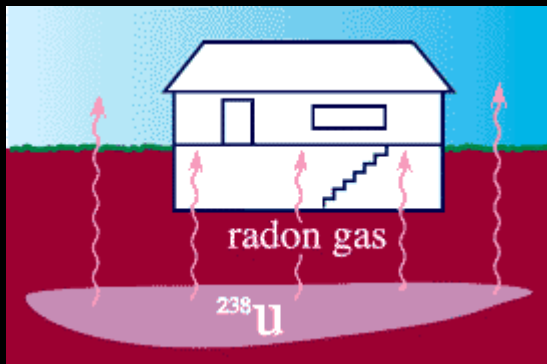
atmosphère

rayonnements cosmiques

Photons, muons, neutrons, ... +

^{14}C $T = 5730$ ans s'échange avec ^{12}C stable

⇒ molécules $^{14}\text{CO}_2$ absorbées par plantes ⇒ animaux ⇒ nous ..



écorce terrestre

rayonnements telluriques

radio-elements ^{40}K , ^{32}P , ... +

familles U, Ra, Rn, Th, Tn

granit maisons : alimente air en ^{222}Rn particulièrement nocif
car inhalé → fixé dans les poumons !

2. Exposition artificielle :

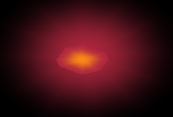
- **exposition médicale : radiodiagnostics et radiothérapie, plus élevées mais plus surveillées et contrôlées ;**
- **retombées des essais nucléaires aériens depuis 1954 jusqu'au 1963**
- **exposition domestique : due aux objets luminescents avec des peintures de tritium, anciens récepteurs de TV, certains céramiques dentaires et isolation accrue des bâtiments**



3. Exposition professionnelle :

**elle est surtout externe, rarement interne,
parmi les travailleurs exposés on peut
citer :**

- **professions médicales et paramédicales ;**
- **travailleurs des centres de recherches ;**
- **travailleurs de l'industrie nucléaire ;**
- **travailleurs des mines d'uranium (exposition interne) ;**
- **travailleurs du secteur industriel et du commerce.**





VI- EFFETS BIOLOGIQUES DES RI :

Rayonnements ionisants effets biologiques



- **Ionisation d 'atomes ou molécules**



cascade d 'événements dans les cellules

effets immédiats



destruction des
tissus

effet



cancers

maladies
héréditaires

À creuser ...
Pas spécialiste ...

Rayonnements ionisants

effets biologiques



Effets déterministes

- **Fortes doses**
- **Délai d'apparition court**
- **Effets à seuil**
- **Gravité ↑ avec la dose**

Tremper main dans eau chaude (T° seuil)

Effets aléatoires (stochastiques)

- **Faibles doses**
- **Délai d'apparition long**
- **Pas de seuil**
- **Chez les individus atteints : effets identiques quelle que soit la dose**
- **Probabilité d'apparition ↑ avec la dose**

Proba accident en roulant en voiture

1. effets moléculaires



la molécule ionisée, excitée, expulse son excédé d'énergie par émission de photons de fluorescence ou par rupture de liaisons chimiques : la cellule vivante contient deux molécules qui peuvent être touchés :

l'eau par son abondance : radiolyse de l'eau avec naissance de deux radicaux libres, très réactifs, provoquant des lésions sur les molécules voisines.

L'ADN avec apparition de phénomène de mortalité ou de mutations

2. effets cellulaires :



- **mort cellulaire : doses très élevées (centaines de Gy), avec perte de capacité de division cellulaires (effets déterministes).**
- **Mutation : doses faibles, les cellules peuvent garder leur pouvoir de division et transmettent à leur descendance des anomalies : cancer (cellules somatiques), et anomalies héréditaires (cellules germinales) : effets aléatoires.**
- **Mitoses :**

3. effets tissulaires

ils sont la conséquence d'effets cellulaires, ne s'expriment que lorsqu'un nombre suffisant de cellules est détruit, ou apparaissant au-delà d'un seuil. Les tissus les plus radiosensibles sont : tissus hématopoïétiques, gonades, poumons ; tube digestif, yeux et la peau



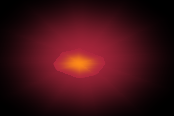
4. EFFETS SUR L'HOMME



**ils apparaissent dès que
la dose reçue dépasse
une valeur seuil, différent
que l'irradiation est
globale ou partielle, que
la dose reçue l'a était
aigue ou chronique**



A- Effets déterministes (non aléatoires)





1. Exposition externe globale

plus que la dose reçue est élevée, plus la symptomatologie est précoce, riche et prolongée:

- inférieure à 0,3 Gy : aucune symptomatologie ;**
- 0,3 à 1 Gy : asthénie, céphalée et nausée, chute du nombre des lymphocytes spontanément réversible ;**
- 1 à 2 Gy : N, V, C (6h à 48h), chute précoce du nombre de lymphocytes qui ne dépasse pas 50% du taux initial généralement supérieur à 1000 lymphocytes/ mm³, hospitalisation pour surveillance, guérison sans aucun trt ;**

-

Exposition externe globale

- 2à 5Gy : nausée, vomissement et céphalée, puis asthénie intense et hyperthermie (2h) , chute rapide du taux de lymphocytes, inférieure à 50%, l'évolution est dominée par l'aplasie médullaire, hospitalisation : guérison sous réserve d'un trt hématologique bien conduit ;
- 5à 15Gy : syndrome prodromique et hématologique, s'ajoute un syndrome viscéral gastro-intestinal (N,V,diarrhée hémorragique) ; en absence de greffe de moelle, la mort est quasi-certaine ;
- dose supérieure à 15Gy : s'ajoute des troubles cardiaques, neurologiques et des réactions cutanées précoces, aucun trt n'est possible et la mort survient dans 48h ;



2- exposition externe partielle

les effets dépendent de la dose reçue, et le tissu irradié :

❖ Effets cutanés :

a) radiodermites précoces :

- 1° degré : radioépidermite érythémateuse : s'observe pour des doses supérieures à 5Gy ; il s'agit d'un érythème plus ou moins foncé, prurigineux, dépilation temporaire,
- 2° degré : radiodermite bulleuse : s'observe pour des doses entre 12 et 20 Gy, donnant un érythème intense, prurigineux avec des bulles qui s'ulcèrent rapidement et surtout apparition d'une dépigmentation et dépilation définitive ;
- 3° degré : radiodermite ulcéreuse : s'observe pour des doses supérieures à 25 Gy : érythème œdémateux intense, avec apparition de bulles qui s'ulcèrent rapidement, profondément, laissant des séquelles (téléangiectasies, dyschromie, atrophie cutanée et sclérose cutanée) ;




❖ Effets cutanés :

b) Radiodermites tardives : apparaissent après plusieurs années, ne disparaissent pas ;

- **stade atrophique : peau sèche, pigmentée et amincie avec dépilation et télangiectasies, atrophie cutanée et télangiectasies est pathognomonique ; l'évolution se fait vers l'apparition d'une hyperkératose et verricosités dures et douloureuses et surtout récidivantes, responsables de l'apparition des taches hémorragiques ;**
- **stade ulcéreux : ulcérations atones et douloureuse, déclenchées par les traumatismes ou par des infections (radionécrose) ;**
- **stade cancéreux : dégénérescence cancéreuse possibles des ulcérations**



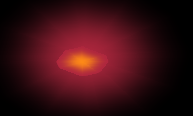
- 
- ❖ **Effets sur les gonades les cellules germinales testiculaires sont très radiosensibles, une dose de 4Gy est responsable d'une stérilité définitive, une hypospermie s'observe pour une dose de 0,2 Gy ; la radiosensibilité des ovaires est inférieure à celles des testicules, elle varie en fonction de l'age(ménopause).**



❖ Effets sur l'œil

cataracte +++

**radiodermites des paupières,
blépharites,
conjonctivites traînantes et
kératites ;**





❖ **Effets sur les organes
hématopoïétiques :**
**l'aplasie médullaire et les
leucémies sont les risques
majeurs . (exp : leucémies des
radiologistes morts entre 1929
et 1957) ;**



❖ Effets sur la thyroïde

**surtout la thyroïde de l'enfant :
hypothyroïdie et risque accrue de
KC ;**

B. effets aléatoires (stochastiques)

ne concernant que certains individus au hasard, ils sont indépendants des doses(sujets eux même ou leur descendance) ; latence de plusieurs années . il s'agit :

1)Des effets cancérigènes : tout tissu irradié est susceptible de donner un KC : exp KC de la thyroïde(l'iode radioactif), leucémie, KC du poumon, de l'os.....

Par prudence, on considère que toute dose aussi faible soit telle, peut entraîner un risque accru de KC. ; c'est l'hypothèse d'absence de seuil.

2) Des effets génétiques: sont aussi possibles, (mutations génétiques et/ou chromosomiques), compatibles ou non avec la vie.



C. EFFETS TERATOGENES

ils varient en fonction de la dose reçue, l'âge de l'embryon, l'âge de la mère, nulli- ou multipare et les habitudes toxiques (tabac+++).

- **période de pré- implantation (6 à 9j) :** destruction totale de l'œuf, ou destruction de quelques cellules qui seront remplacées ; une seule cellule survivante suffit pour assurer le développement de l'embryon.
- **l'embryogenèse : jusqu'au 60j :** c'est la période la plus radiosensible, risque de malformation
- **stade foetal : au-delà de 60j :** le risque de malformation diminue mais le risque cancérigène qui se révélera après la naissance.



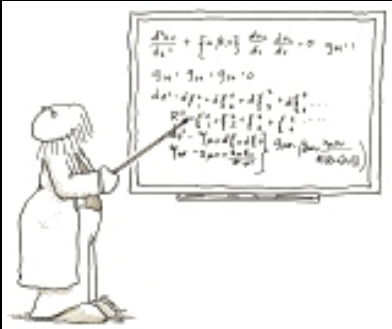
CAT en cas d'une grossesse méconnue :

les conséquences seront en fonction de la dose reçue :

- **Dose inférieure à 0,1Gy : aucune mesure, ce n'est qu'éviter une irradiation ultérieure.**
- **Dose entre 0,1 et 0,2 Gy : interruption de grossesse est discutée avec les parents en fonction du contexte clinique et familial ;**
- **Dose supérieure à 0,2 Gy : interruption de grossesse est conseillée.**



La radio-protection : une compétence interdisciplinaire



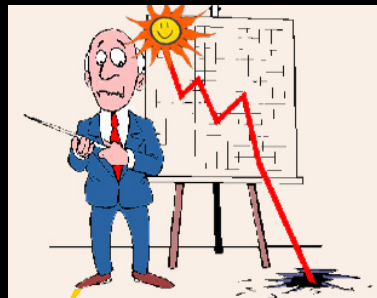
Physicien



Legislateur



Biologiste



Economiste,
Sociologue

médecins qualifiés ,
radiopathologistes ,
hygiénistes, ...

Les 3 principes fondamentaux suivant recommandations CIPR



- ***Justification* de l'utilisation des RI**
toute activité humaine susceptible d'entraîner une exposition aux RI doit être justifiée par les avantages qu'elle procure pour la société (bénéfices > inconvénients)
- ***Limitation* des doses individuelles**
les limites sont choisies suffisamment basses pour qu'aucun effet déterministe n'apparaisse, et que la probabilité d'effets stochastiques soit « tolérable ou acceptable »
- ***Optimisation* de la radioprotection : ALARA**
l'exposition des individus et des populations doit être maintenue au niveau le plus bas que l'on puisse atteindre compte tenu des facteurs économiques et sociaux

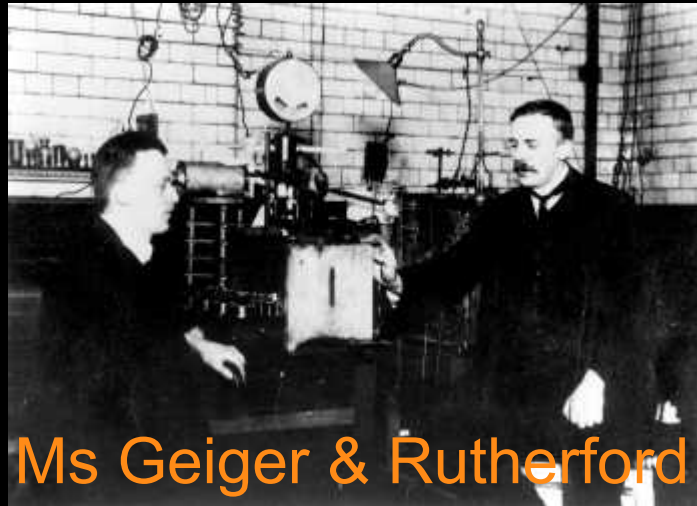
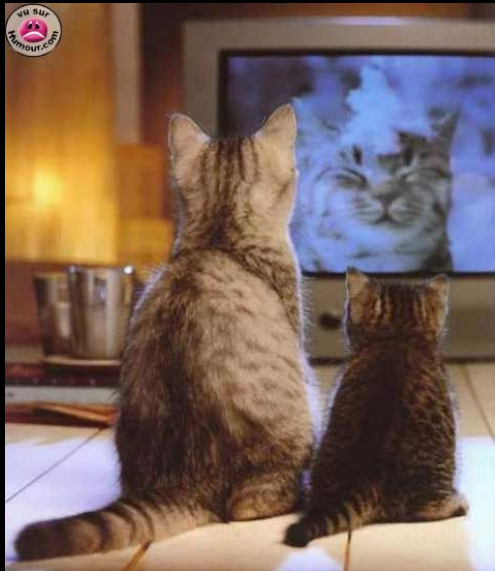
7. Limites de doses



acceptables

tolérables

inacceptables



Ms Geiger & Rutherford



le public

≠

personnes
professionnellement
exposées

Avril 1986 : explosion et feu
réacteur 4 de la centrale
nucléaire de Chernobyl

Limites de dose



- ***Personnel professionnellement exposé***
(catégorie A)
dose efficace : 20 mSv / an
- **Apprentis / étudiants** **> 18 ans : 20 mSv/an**
 de 16 à 18 ans : 6 mSv/an
 < 16 ans : 1 mSv/an (comme public)
- **Femmes enceintes**
- **Irradiation : ≤ 1 mSv pdt grossesse (si dose dépassée au moment déclaration ⇒ écartée)**
- **Contamination : aucune femme enceinte ou en période d'allaitement ne peut être affectée à un risque professionnel de contamination radioactive**

Radioprotection

En pratique: la radioprotection est mise en œuvre par des mesures techniques collectives et individuelles :

- **confinement des matières radioactives ;**
- **assainissement des locaux du travail ;**
- **blindage de la source radioactive ;**
- **limitation de l'exposition aux RI : en maîtrisant la durée de l'exposition, en travaillant le plus possible à distance de la source, et en utilisant des barrières adaptés.**
- **EPI en complément (port de gants plombés, tabliers plombés avec cache thyroïde, gants jetables ,) ;**



Radioprotection

- **Mesures organisationnelles : délimitation des zones de travail (zones contrôlées et surveillées).**
- **Signalisation de la source ;**
- **information, formation et classement du personnel ;**
- **port de dosimètres individuels ;**
- **La surveillance médicale des personnes potentiellement exposées ;**
- **Control régulier des sources, ambiances et les appareils de mesures ;**
- **Maîtrise des rejets des déchets radioactifs (problème environnemental) ;**



Zones de travail : contrôlées



Seuls les travailleurs autorisés ont accès aux zones à risques :

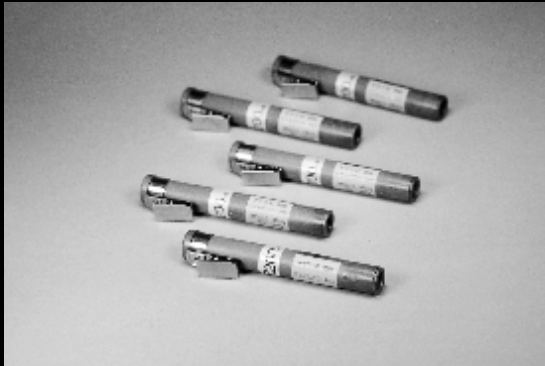
- signalées par sigle (trèfle) radioactif sur portes



- contrôlées par

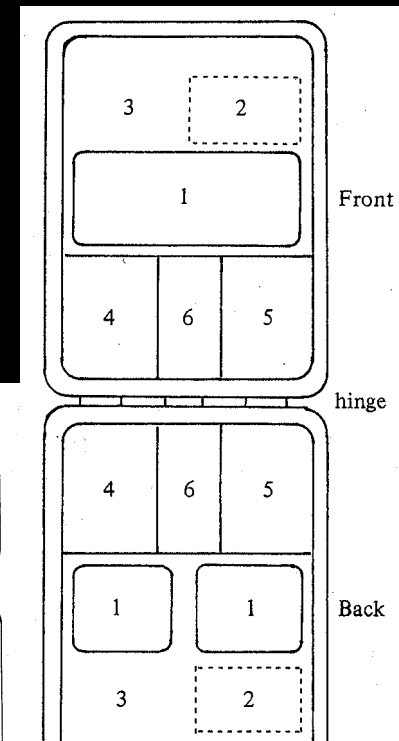
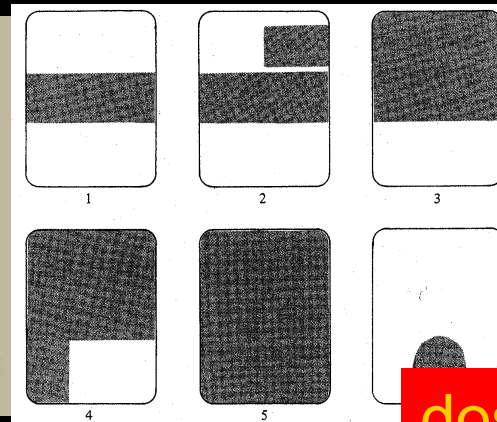


Port de dosimètres



Étudiants : stylo-dosimètres *Direct Reading Dosimeter*

pour personnes dans zones à risque :
dosimètre – plaque photo



doses : 0,1 mSv → 1 Sv

Zone de stockage des sources radioactives & déchets radioactifs

En lieu sûr !!!



- en dehors des moments d'utilisation : sources enfermées dans châteaux de Pb étiquetés
- inventaire détaillé permanent

VI. REPARATION

- **tab n° 6 des MPI.**

- **Anémie, thrombopénie, ou syndrome hémorragique consécutifs à une irradiation aigue ou chronique ;**
- **Blépharite ou conjonctivite ;**
- **Kératite ;**
- **Cataracte ;**
- **Radiodermites aigues et chroniques ;**
- **Radionécroses osseuses ;**
- **Leucémies ;**
- **KC broncho-pulmonaire primitif par inhalation ;**
- **Sarcome osseux ;**

