

JOURNEE DE FORMATION RADIOPROTECTION DES PATIENTS

POURQUOI CETTE FORMATION

Art L1333-11 du code de la santé publique

« ...Les professionnels pratiquant des actes **de radiodiagnostic**, de radiothérapie ou de médecine nucléaire à des fins **de diagnostic**, de traitement ou de recherche biomédicale exposant **les personnes à des rayonnements ionisants** et les professionnels participant à la réalisation de ces actes et à la maintenance et au contrôle de qualité des dispositifs médicaux doivent bénéficier, **dans leur domaine de compétence**, d'une formation théorique et pratique, **initiale et continue**, relative à la protection des personnes exposées à des fins médicales relevant, s'il y a lieu, des dispositions de l'article L. 900-2 du code du travail... »

Programme de la journée

1. Bases physiques des rayonnements ionisants
2. Pause
3. Les effets biologiques des rayonnements ionisants
4. Déjeuner
5. La protection des travailleurs
6. Les aspects réglementaires
7. Les aspects pratiques
8. Pause
9. QCM et bilan de la journée

Bases physiques de l'imagerie médicale

Bases physiques de l'imagerie médicale

1. Les sources de rayonnements ionisants
2. Rayonnements et interactions avec la matière
3. Grandeurs et unités en radioprotection
4. Assurance qualité
5. Moyens de protection contre l'exposition aux rayonnements ionisants

1- Les sources de rayonnements ionisants

Les sources de rayonnements ionisants

• Les rayons X sont découverts en 1895 par W. Röntgen. Il baptise les rayons qu'il a découverts "Rayons X" avec le "X" comme l'inconnue en Mathématiques. Les propriétés physiques des rayons X de traverser des parois opaques et de révéler l'intérieur du corps humain a immédiatement donné un grand retentissement populaire à cette découverte scientifique.

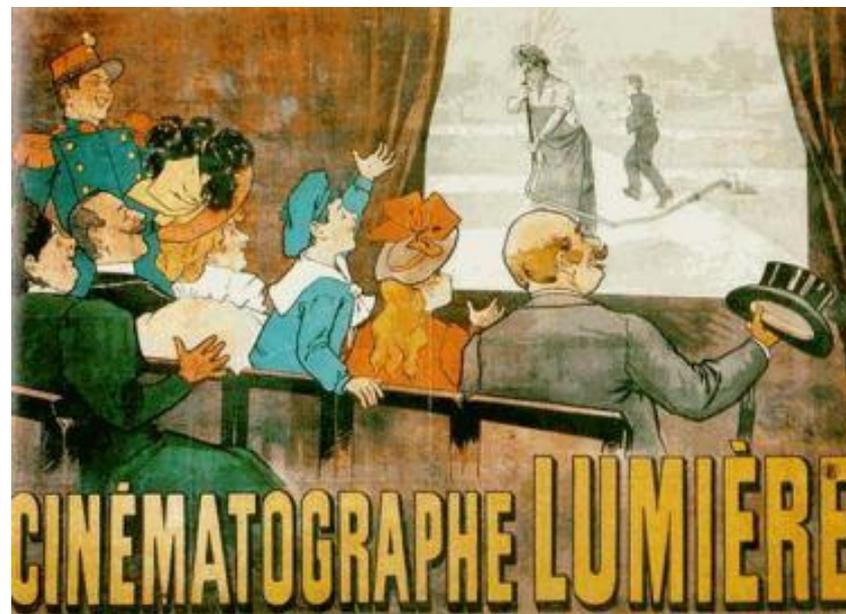


Les sources de rayonnements ionisants



Les sources de rayonnements ionisants

**28 Décembre 1895 : le même jour :
première projection publique
du cinématographe Lumière à Paris**



Les sources de rayonnements ionisants

- En 1896, Becquerel découvrit la radioactivité.



- À cette époque, une étudiante, Marie Curie, choisit comme sujet de thèse l'étude de ce nouveau type de rayonnement. Elle confirme en quelques mois que ce rayonnement est une propriété de plusieurs éléments chimiques, et baptise cette propriété « radioactivité ».



Les sources de rayonnements ionisants



Elle découvre le radium



Les sources de rayonnements ionisants

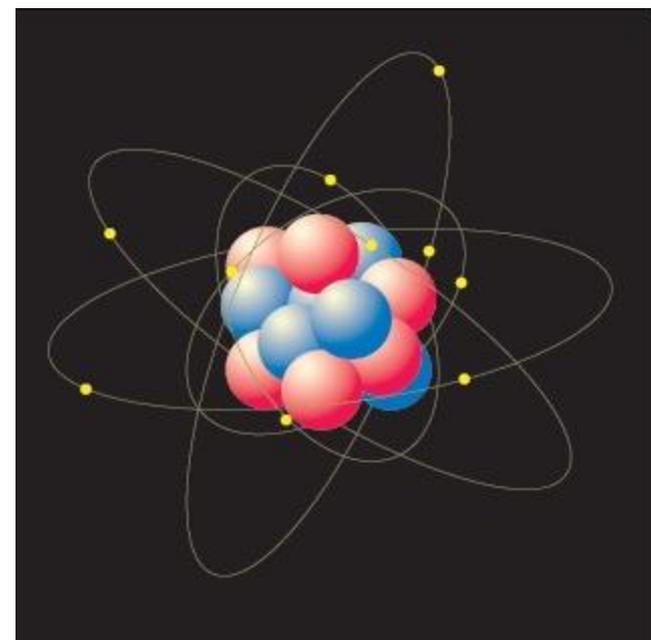
Irène Joliot - Curie et Frédéric Joliot

Ils travaillent ensemble sur la radioactivité naturelle et découvrent la radioactivité artificielle, phénomène qui consiste à transformer un élément stable en élément radioactif.



Les sources de rayonnements ionisants

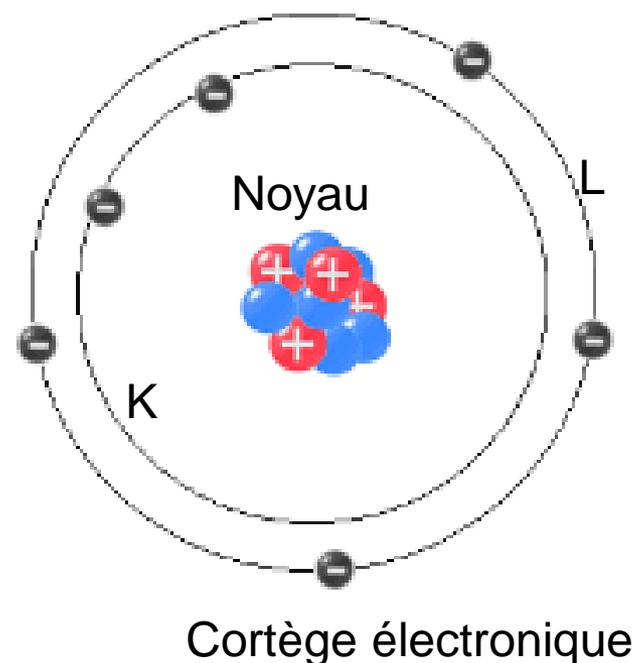
- Tous les éléments chimiques sont constitués d'atomes avec un nombre spécifique de Protons.
- Le nombre de Neutrons est variable.
- Il y a autant d'électrons que de Protons.
- On appelle isotopes les atomes constitués du même nombre de Protons mais avec une quantité différente de neutrons.



Les sources de rayonnements ionisants

Structure atomique

L'atome comprend deux parties : un noyau et des électrons en mouvement rapide autour de ce noyau. Cette représentation ressemble aux planètes du système solaire en mouvement autour du Soleil.



● Neutron

⊕ Proton

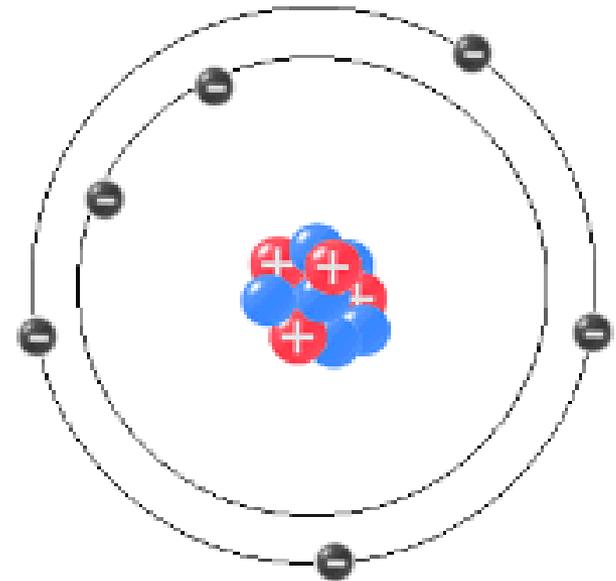
⊖ Electron

Les sources de rayonnements ionisants

- *Le noyau*

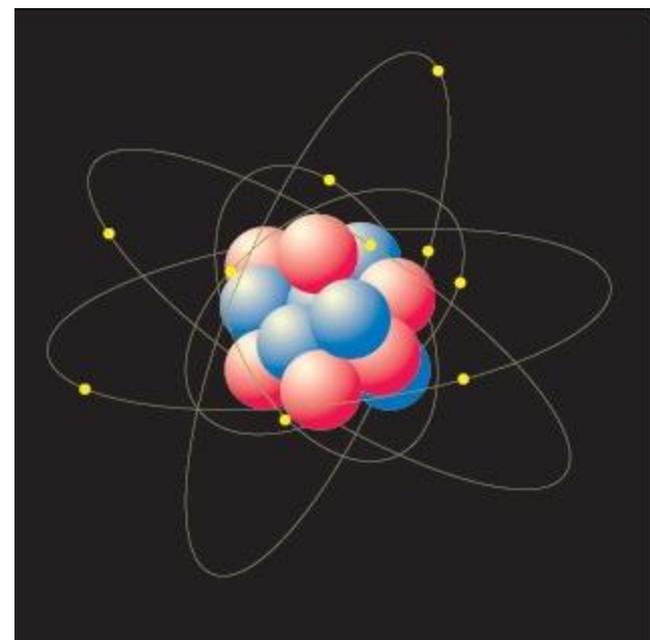
Il est constitué de protons de charge électrique positive, et de neutrons de charge électrique nulle.

Ces particules qui constituent le noyau sont également appelées nucléons.



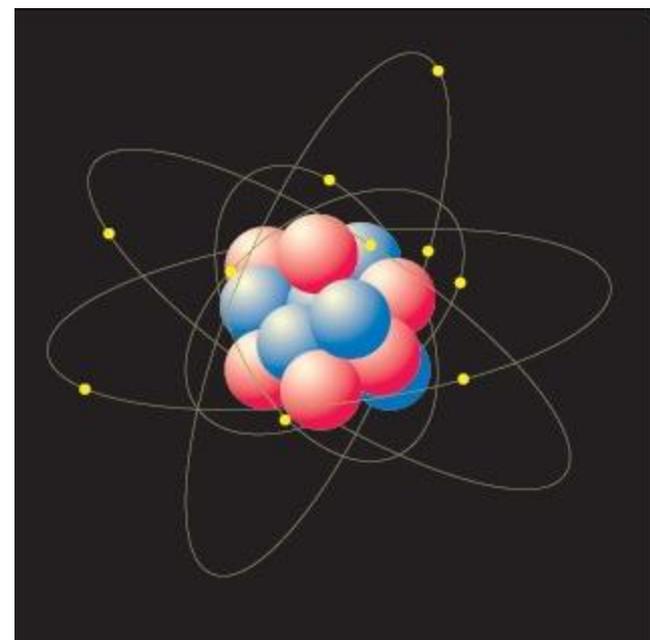
Les sources de rayonnements ionisants

- Les protons se repoussent dans le noyau.
- La présence de neutrons permet de maintenir une cohésion grâce à l'interaction nucléaire.
- Quand la cohésion est suffisante le noyau est stable.



Les sources de rayonnements ionisants

- Si un noyau contient trop de nucléons ou renferme trop d'énergie et que la force de cohésion est insuffisante le noyau est instable.
- La libération du trop d'énergie se fait par émission de rayonnements α , β ou gamma



Les sources de rayonnements ionisants

X est le symbole de l'élément chimique

Z le numéro atomique d'un noyau, c'est le nombre de protons (électrons) qu'il contient. (cf classification de Mandeleiev)

A le nombre de masse d'un noyau, c'est le nombre de nucléons (protons+neutrons) qu'il contient.

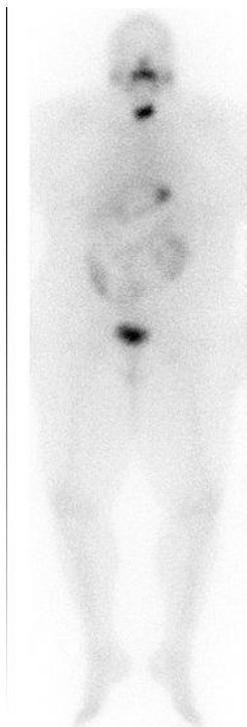
$N=A-Z$ est le nombre de neutrons



Les sources de rayonnements ionisants

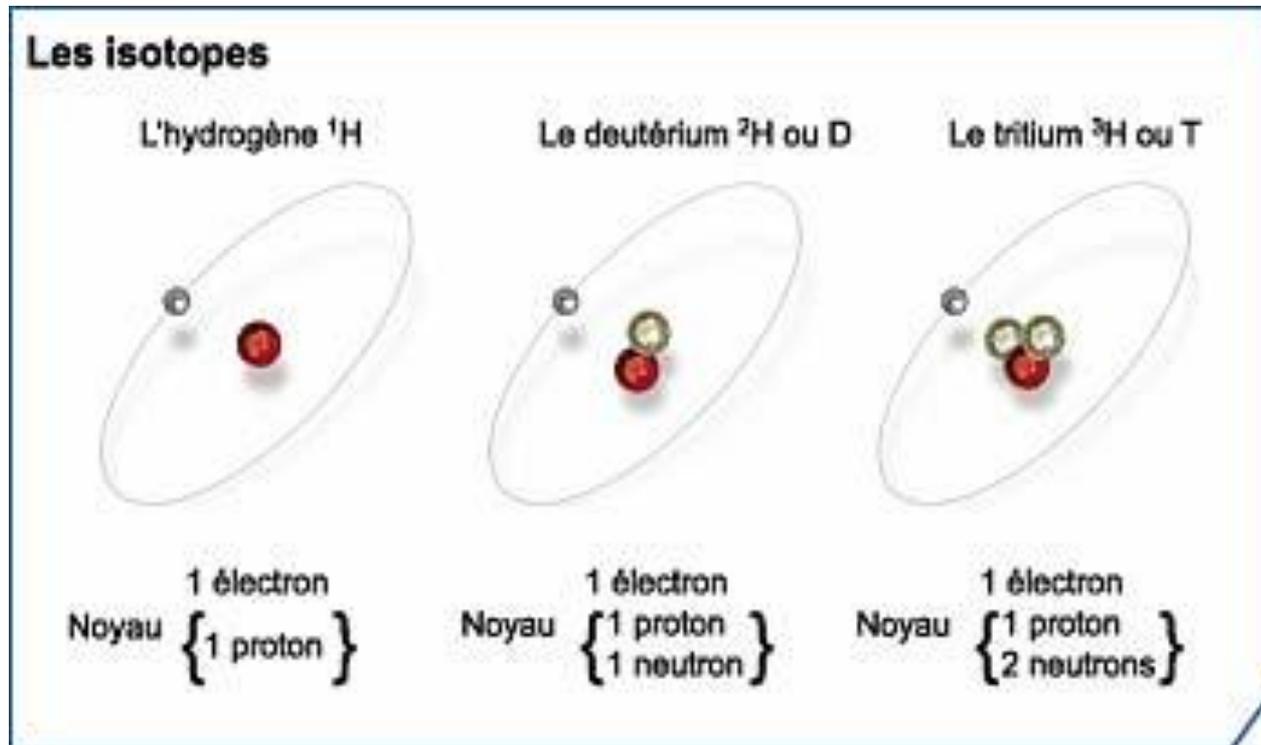
ISOTOPES

Z identique mais A # Ex : Iode Z=53 (^{123}I - ^{125}I - ^{131}I)



RVL 2970K Duration:2881sec 256x1024
Ptc:2.4mm 131-Iodine

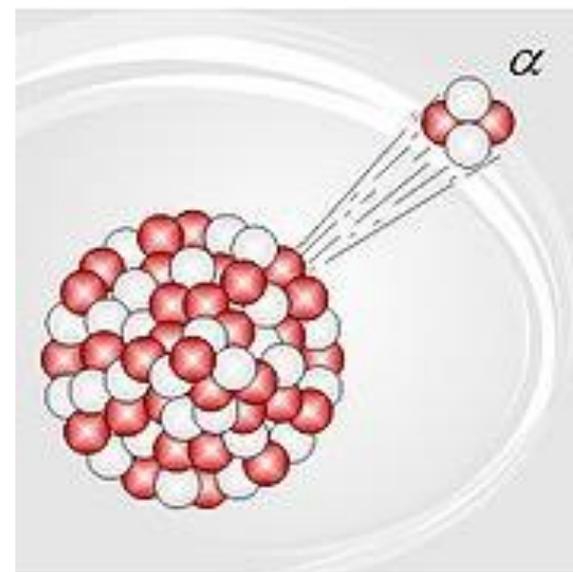
Les sources de rayonnements ionisants



Les sources de rayonnements ionisants

Les éléments radioactifs

- Les **particules alpha** ou **rayons alpha** sont une forme de rayonnement émis par des particules hautement ionisées et peu pénétrantes. Elles sont constituées de deux **protons** et deux **neutrons** combinés en une particule identique au noyau d'**hélium**. (noyau avec $A > 200$ et $Z > 82$)
- il ne parcourt qq cm dans l'air et de l'ordre du micron dans les tissus et l'eau.
- il a une faible pénétration mais est très ionisant il peut être arrêté par une feuille de papier.



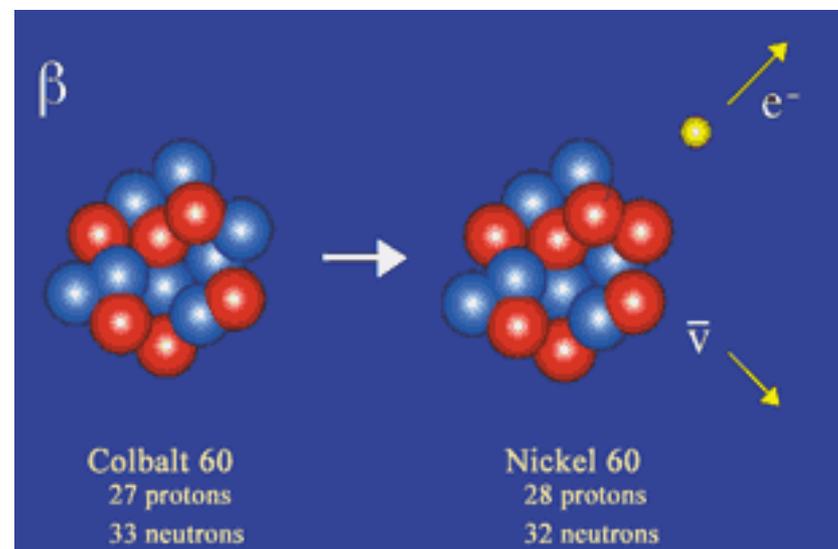
Ionisations

Les sources de rayonnements ionisants

Les éléments radioactifs

Le rayonnement β^-

- Forme de radioactivité dans laquelle un noyau émet un électron. Un neutron se transforme en proton par émission d'un électron.
- Noyau ($A \ll 200$) ayant un excès de neutrons



Parcours qq m dans l'air, qq mm dans l'eau

β mous ($E < 150 \text{ Kev}$) écran : gants

β durs ($E > 150 \text{ Kev}$) écran : Z légers
(verre, plexiglas, Al)

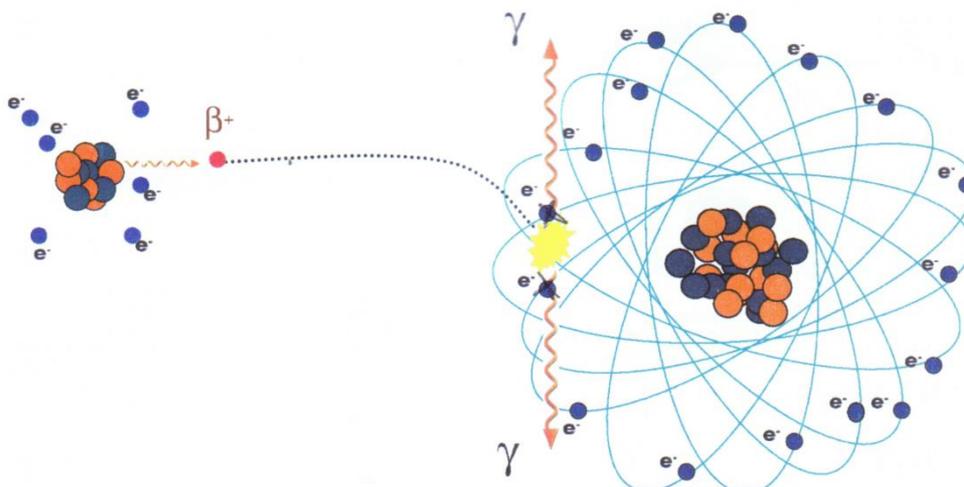
Ionisations – excitations –
rayonnement de freinage

Les sources de rayonnements ionisants

Le rayonnement β^+

- Forme de radioactivité dans laquelle un noyau émet un e^+ . Un proton se transforme en neutron par émission d'un e^+ .
- ou un positon (rayon bêta plus quand $A \ll 200$ avec un excès de protons) ex ^{18}F

Le e^+ a une durée de vie très courte et s'annihile avec un électron en émettant 2 rayons γ opposés de 511Kev.

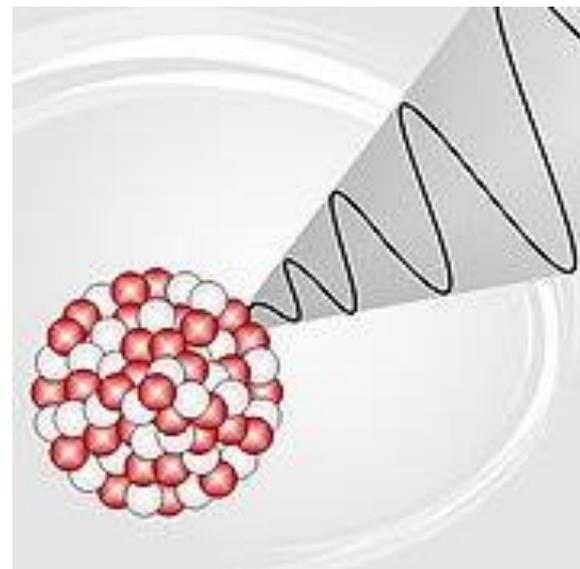


Les sources de rayonnements ionisants

• Les **rayons γ** est une forme de rayonnement électromagnétique issu du noyau.

Parcours +100m dans l'air, qq m dans l'eau

Écran: eau - béton - acier - Pb
- uranium (Z lourds)



Effets photoélectrique,
Compton, et de matérialisation

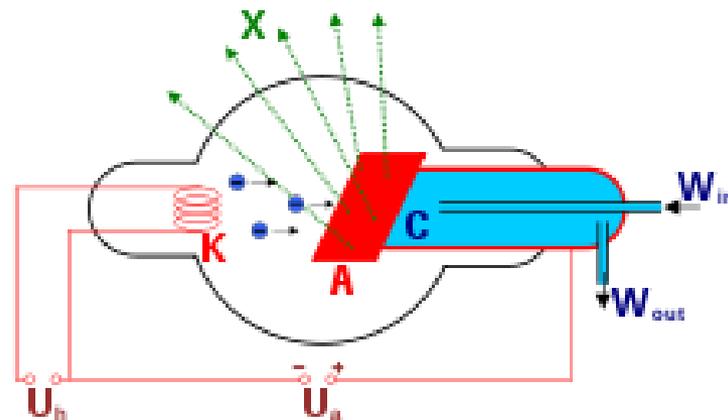
Les sources de rayonnements ionisants

- Les **rayons X** est une forme de rayonnement électromagnétique issu du cortège électronique.

Parcours +100m dans l'air, qq m dans l'eau
 Écran: eau - béton - acier - Pb - uranium (Z lourds)

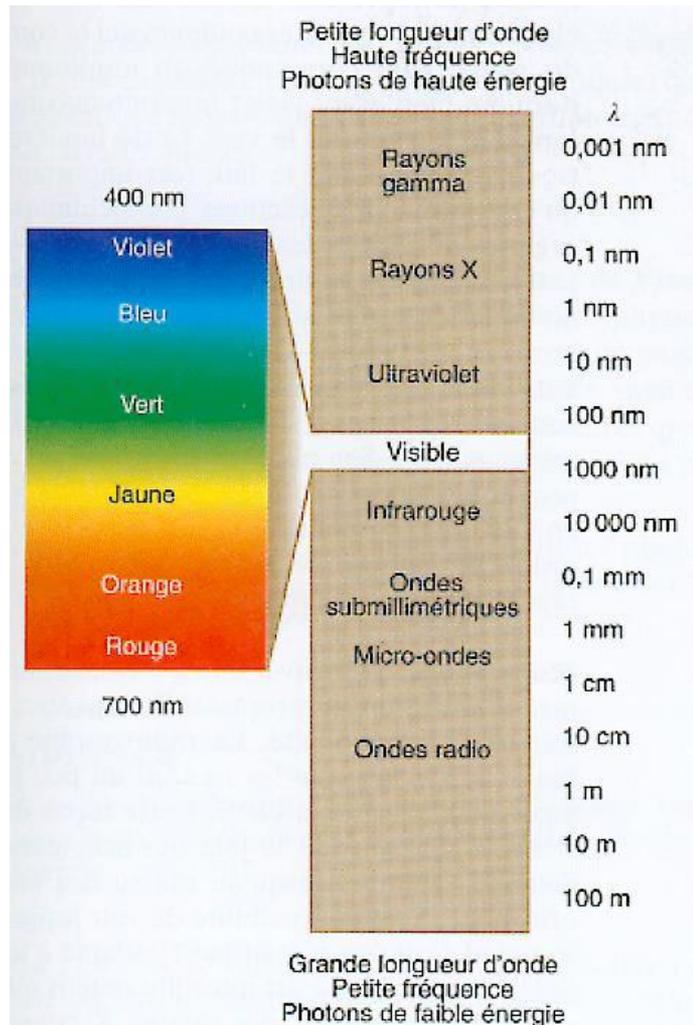
Fluorescence X réaménagement du cortège électronique (^{109}Cd pour détecteur de plomb)

Rayonnement de freinage



Effets photoélectrique, Compton, et de matérialisation

Les sources de rayonnements ionisants



Spectre du rayonnement électromagnétique.

Les sources de rayonnements ionisants: Les générateurs électriques

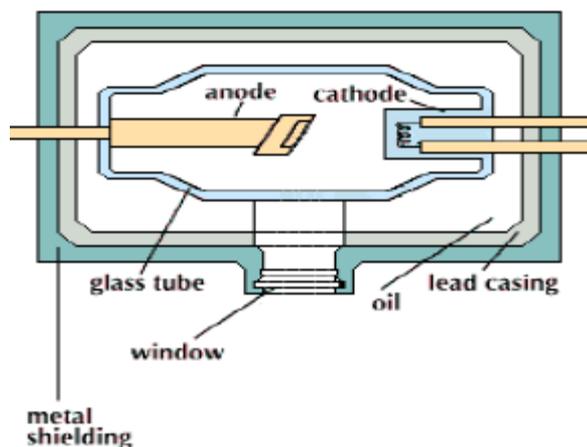


LE TUBE RADIOGENE



Les sources de rayonnements ionisants

Principe du tube radiogène



- 1°) Production d'électrons(cathode)
- Filament chauffé, mA
- 2°) Accélération des électrons
- Différence de potentiel entre l'anode et la cathode, kV
- 3°) Freinage des électrons accélérés, dans la matière (anode)
- 4°) Production de RX

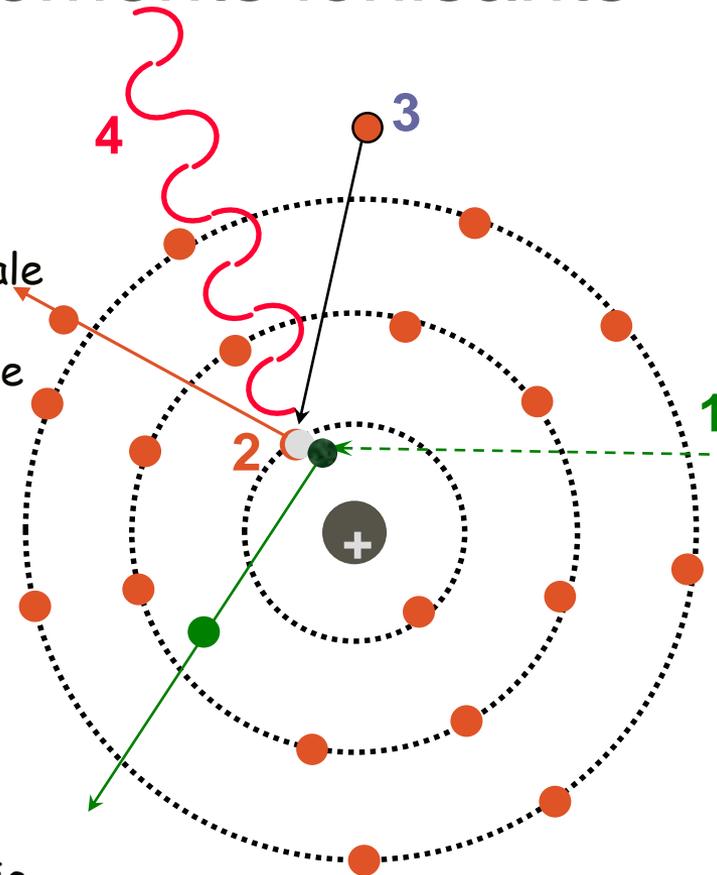
Les sources de rayonnements ionisants

Création du spectre de raie.

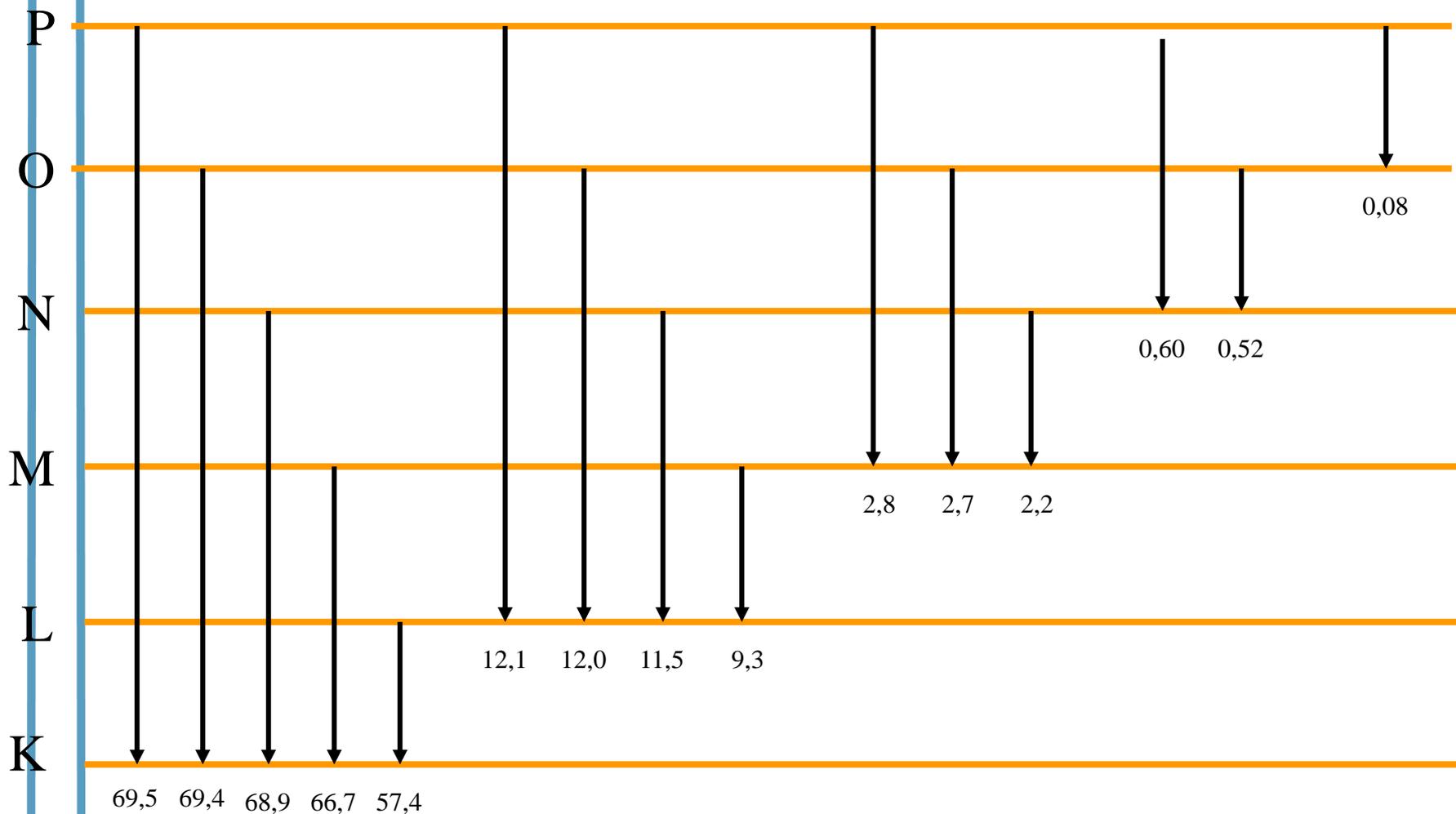
Il arrive qu'un électron du faisceau (1) entre en collision avec un électron de l'orbite fondamentale K d'un atome de tungstène (2). Les 2 électrons s'éjectent hors de l'atome créant alors un espace disponible pour qu'un électron d'une orbite supérieure (3), puisse y tomber, ce qui a pour effet de libérer de l'énergie sous forme d'un rayon X (4).

Tout électron tombant au niveau K et provenant de n'importe quel niveau supérieur (L, M, N, O, P) libère une énergie comprise entre 57,4 keV et 69,5 keV.

Ce sont les seules *transitions* importantes produisant des rayons X utiles en radiodiagnostic. Les énergies libérées par les autres transitions ne sont pas suffisamment grandes.



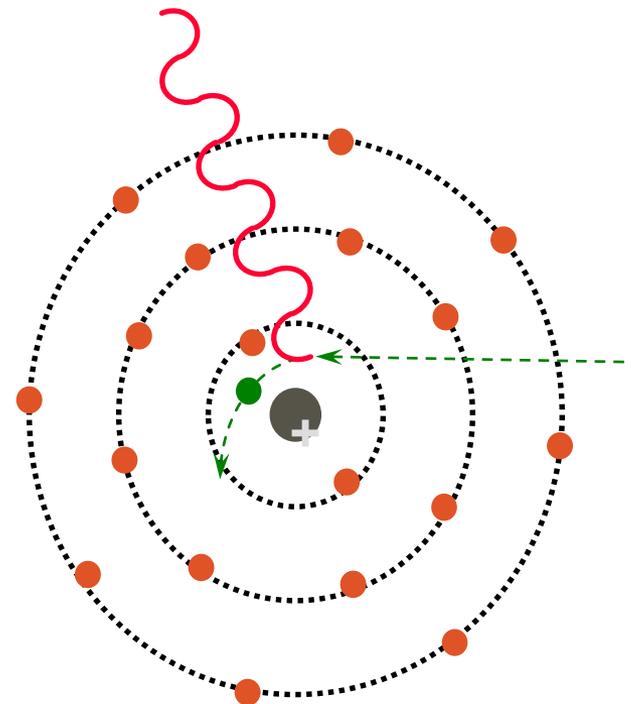
Énergie libérée (en KeV) pour chaque transition électronique de l'atome de tungstène



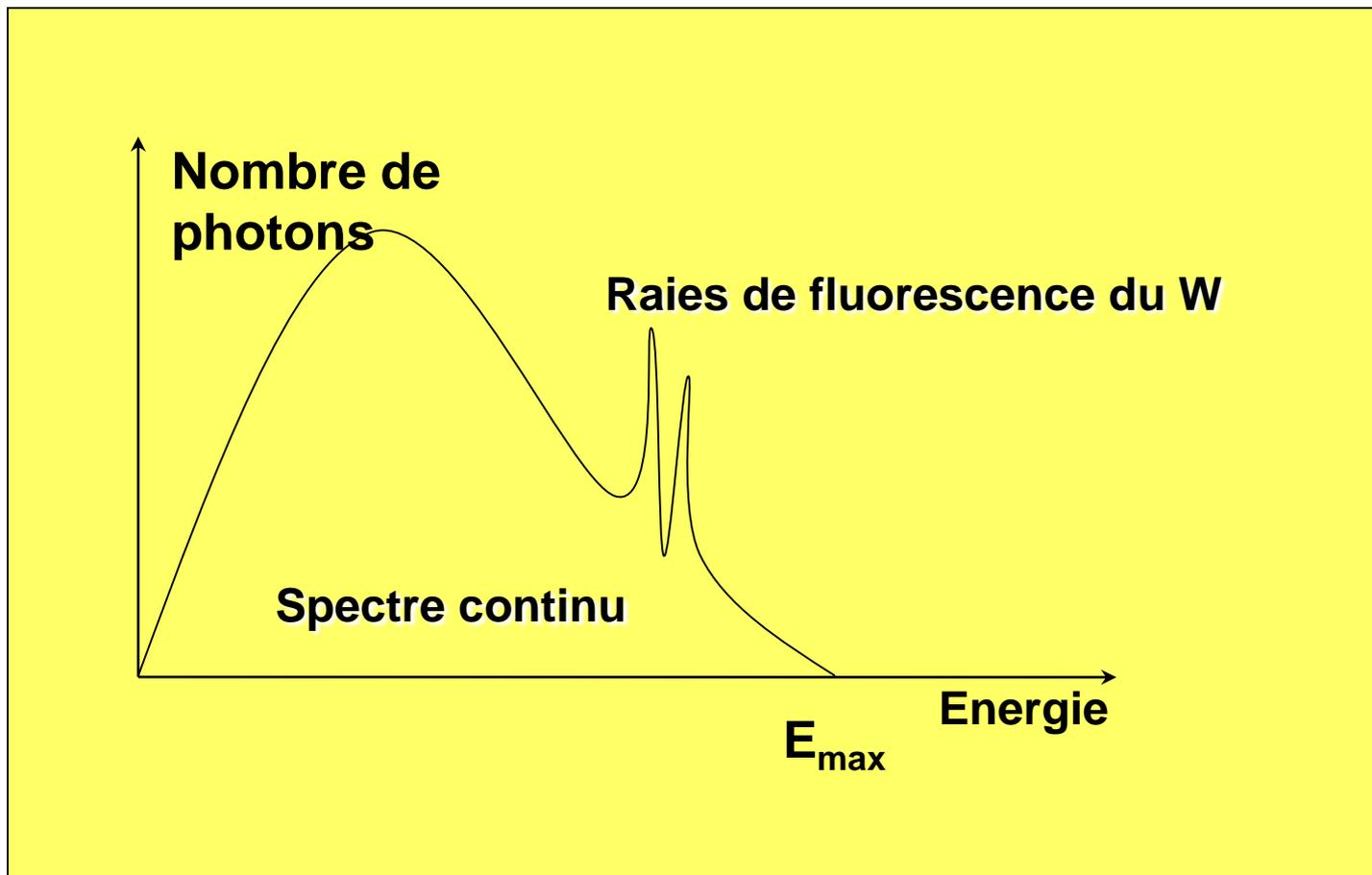
Les sources de rayonnements ionisants

Rayonnements de freinage

- On observe un phénomène lors du bombardement de l'anode: un **électron** pénètre dans un atome, et, à cause du champ électrique attractif très intense, dévie et freine en se débarrassant de la majeure partie de son énergie cinétique sous forme de **rayons X**.
- **Les rayons X** obtenus par le freinage des électrons du faisceau est appelé *rayonnement de freinage* ou *bremsstrahlung*.



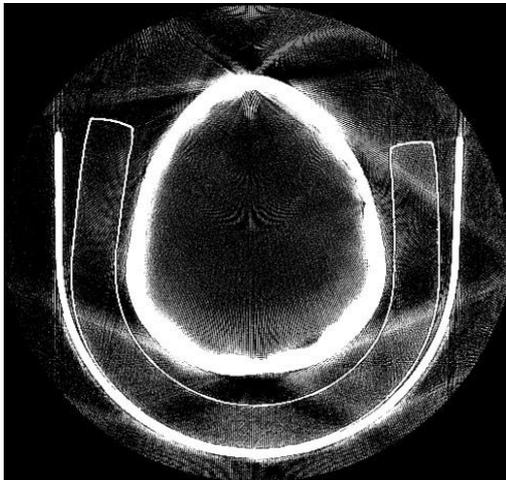
Les sources de rayonnements ionisants



Spectre continu de rayons X du tungstène (W).

Le Scanner

Projection de radon



HOUSFIELD



Les Beatles



Allan Mac Leod Cormack publie en 1963 et 1964 la reconstruction tridimensionnelle à partir d'images radiographiques obtenues sur des fantômes expérimentaux.

Les sources de rayonnements ionisants

Principe du scanner

Le principe de la tomодensitométrie repose sur le théorème de radon (1917) qui décrit comment il est possible de reconstruire la géométrie bidimensionnelle d'un objet à partir d'une série de projections mesurées autour de celui-ci. Cette méthode peut être étendue à la reconstruction de la tomographie interne d'un objet à partir de la façon dont les rayons traversant celui-ci sont absorbés suivant leurs angles de pénétration. Toutefois, les calculs nécessaires à cette technique la rendaient impraticable avant l'avènement des ordinateurs.

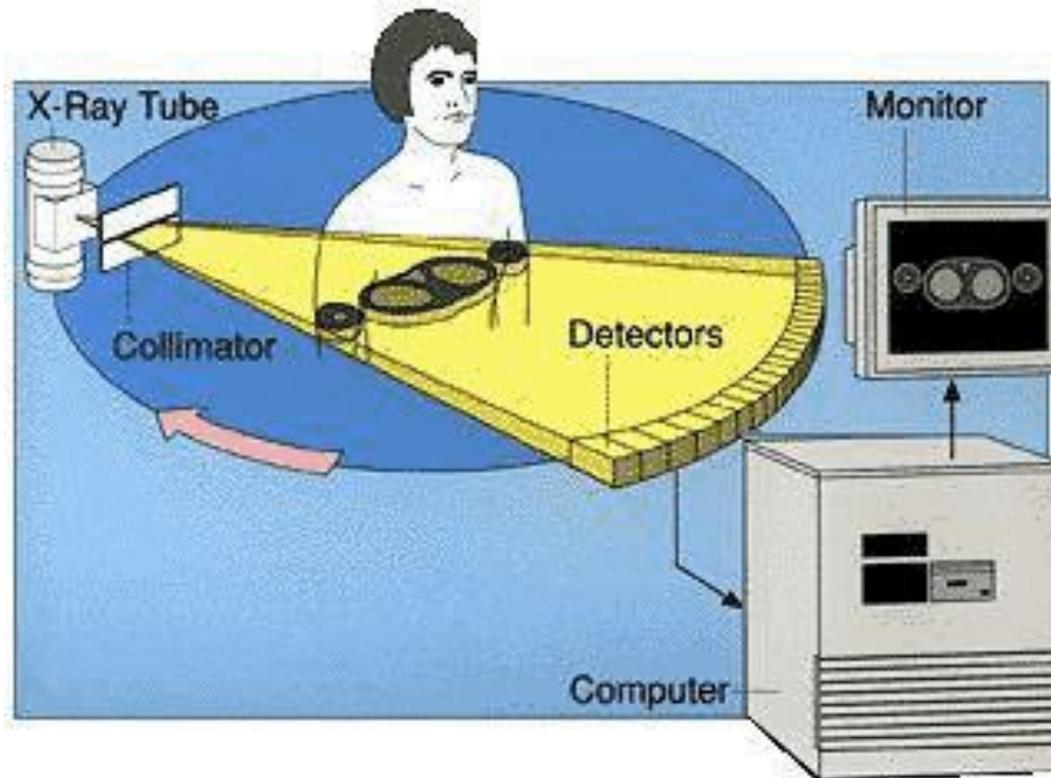
Le premier scanner à rayons X a été mis au point en 1972 par un ingénieur britannique travaillant dans un laboratoire financé par EMI, Godfrey Newbold Hounsfield, d'après les travaux publiés quelques années auparavant par un physicien américain, Allan MacLeod Cormack.

Les sources de rayonnements ionisants

Principe du scanner



Principe du scanner



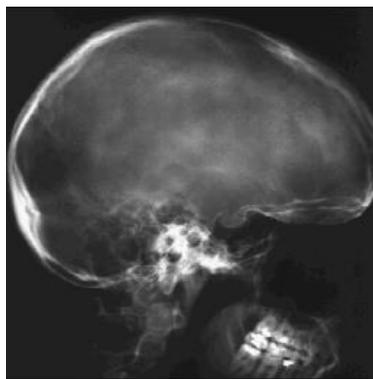
Les rayons captés sont transmis à une chaîne informatique qui reconstruit une image en coupes tomographiques : calcul dans un plan de la distribution des coefficients d'atténuation des tissus rencontrés.

Les sources de rayonnements ionisants

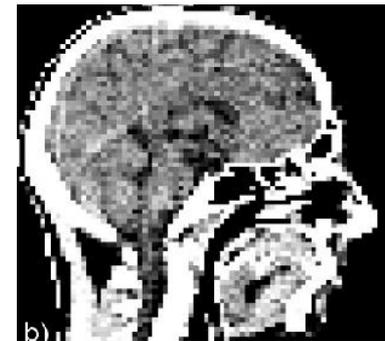
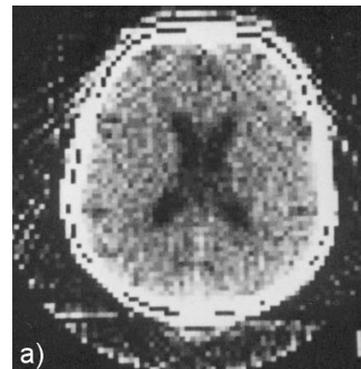
Le scanner

Avant Hounsfield et
Cormack

radiographie par
projection, crâne

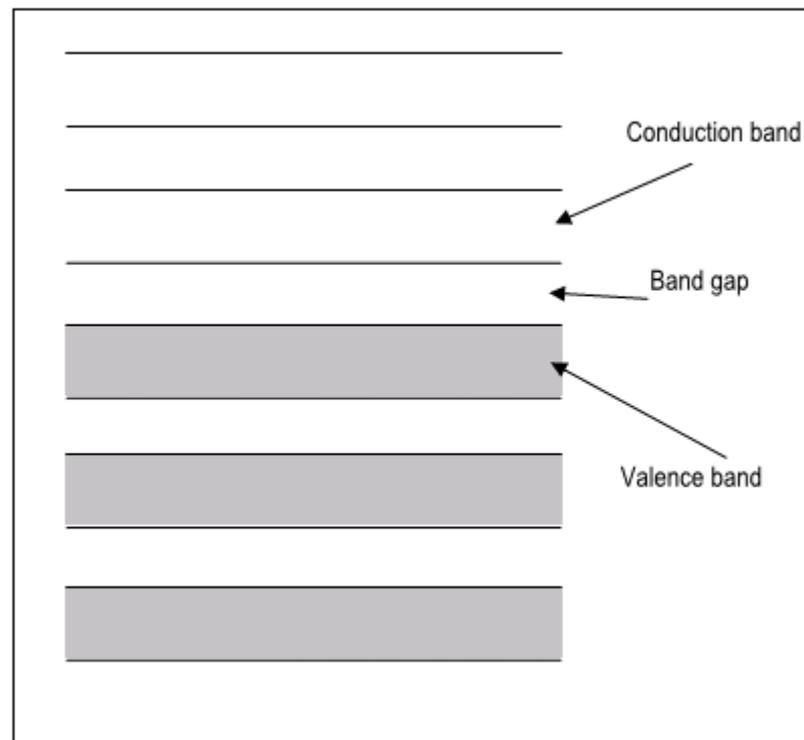
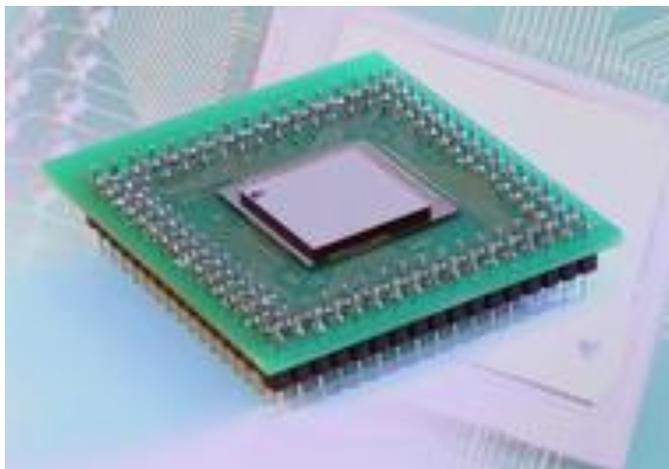


Hounsfield: scanner du cerveau
produit en 1974 (a) et une
reconstruction saggitale (b) obtenue à
partir de coupes espacées de 13 mm



Principe du scanner

Les scanners sont dorénavant équipés de détecteurs à semi conducteurs. Plus sensibles (3ev). Sensibilité des gaz (30ev).



Les sources de rayonnements ionisants

Principe du scanner 1^{ère} génération

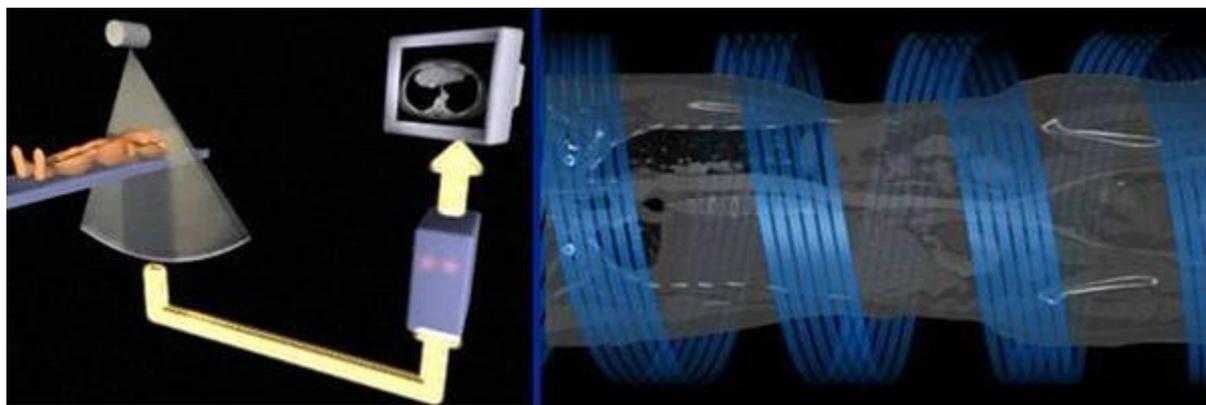
- La première génération ne permettait d'acquérir que des coupes isolées : le patient était placé sur une table mobile, déplacée sous l'anneau circulaire et immobilisée pour chaque niveau d'acquisition (coupe).



Les sources de rayonnements ionisants

Principe du scanner 2^{ème} génération

Dans les *Scanners spiralés* (ou hélicoïdaux), l'émission des rayons X et l'acquisition est continue, la table avançant dans l'anneau circulaire à une vitesse fixée (*pitch*). La réalisation de l'examen est beaucoup plus rapide (quelques secondes), et plus facile dans beaucoup de cas (apnée de quelques secondes pour les examens thoraciques, au lieu de plusieurs apnées correspondant à chaque coupe). La rotation du (ou des) capteur(s) est passée de 500 ms à 280 ms sur les appareils de dernière génération.



Les sources de rayonnements ionisants

Principe du scanner 3^{ème} génération

Le *Scanner multi barrettes* associe, à la technique hélicoïdale, un nombre de capteurs plus importants (de 4 barrettes sur le premier modèle datant de 1999, jusqu'à 128 barrettes en 2008), permettant des coupes plus fines et l'accession à la reconstruction tridimensionnelle de structures de taille réduite (artères coronaires par exemple). L'irradiation est cependant nettement supérieure aux premières générations.



Les sources de rayonnements ionisants

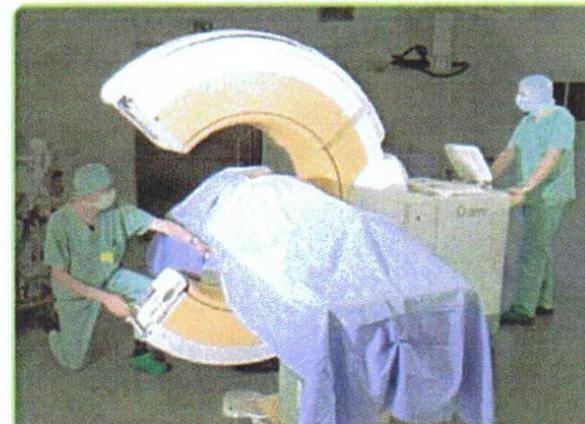
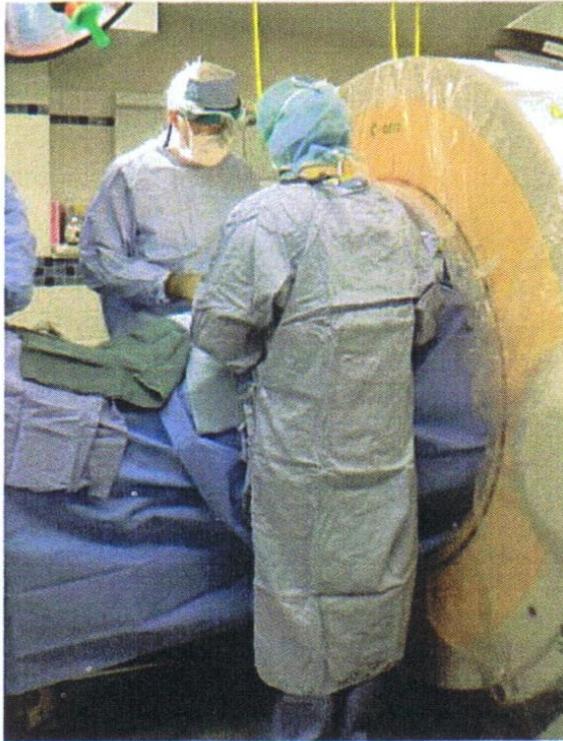
Principe du scanner nouvelle génération

Le scanner à double source.
Deux sources de RX placées à angle droit permettent de diviser par deux la résolution temporelle. Cela entraîne une diminution du flou cinétique présent sur les CT-scan 64 coupes et permet soit une acquisition deux fois plus rapide, soit une acquisition deux fois plus dosée (patient obèse), soit une acquisition avec deux énergies différentes.

(Pitch 3,2)



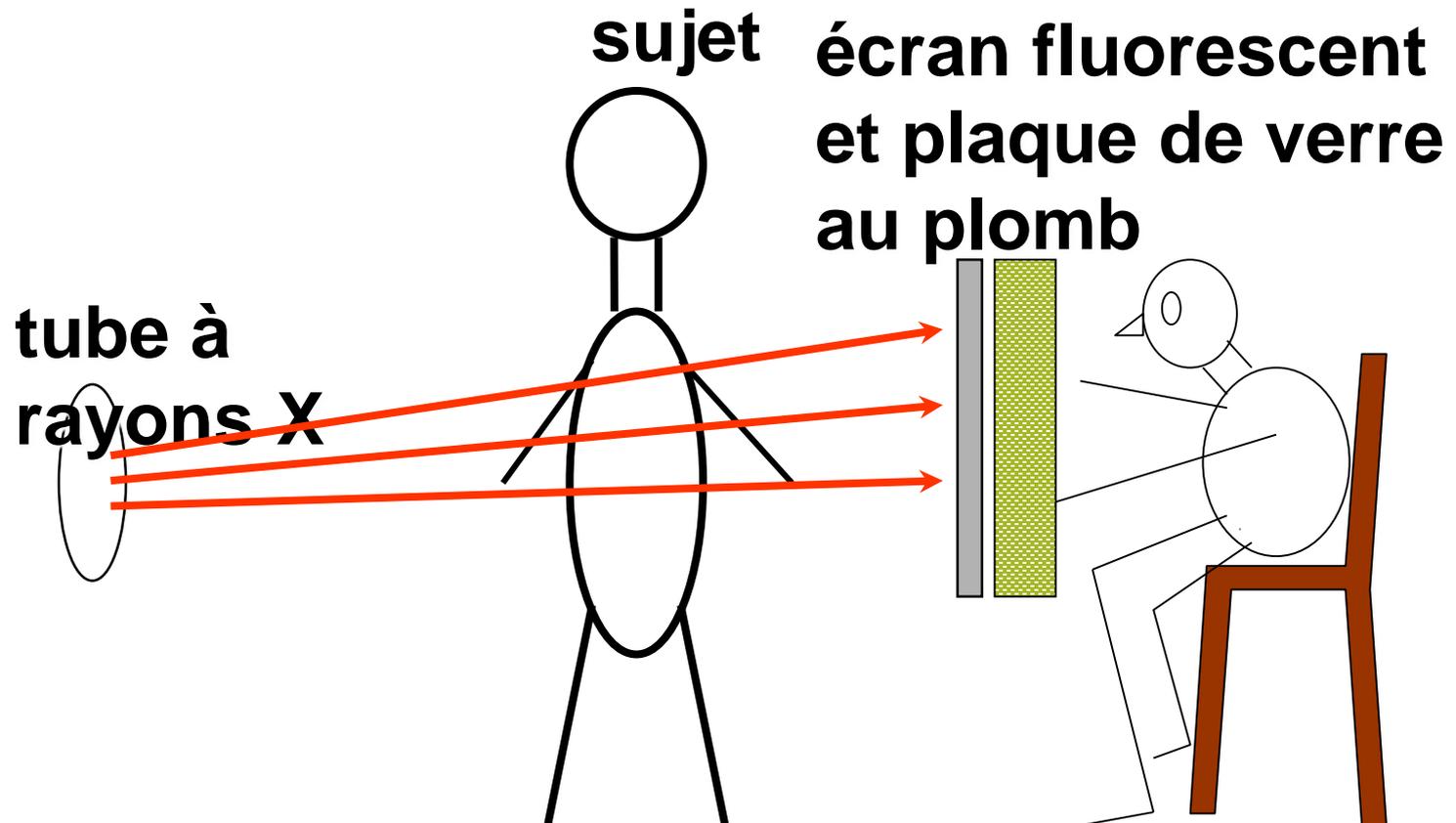
Scanner dédié au bloc opératoire

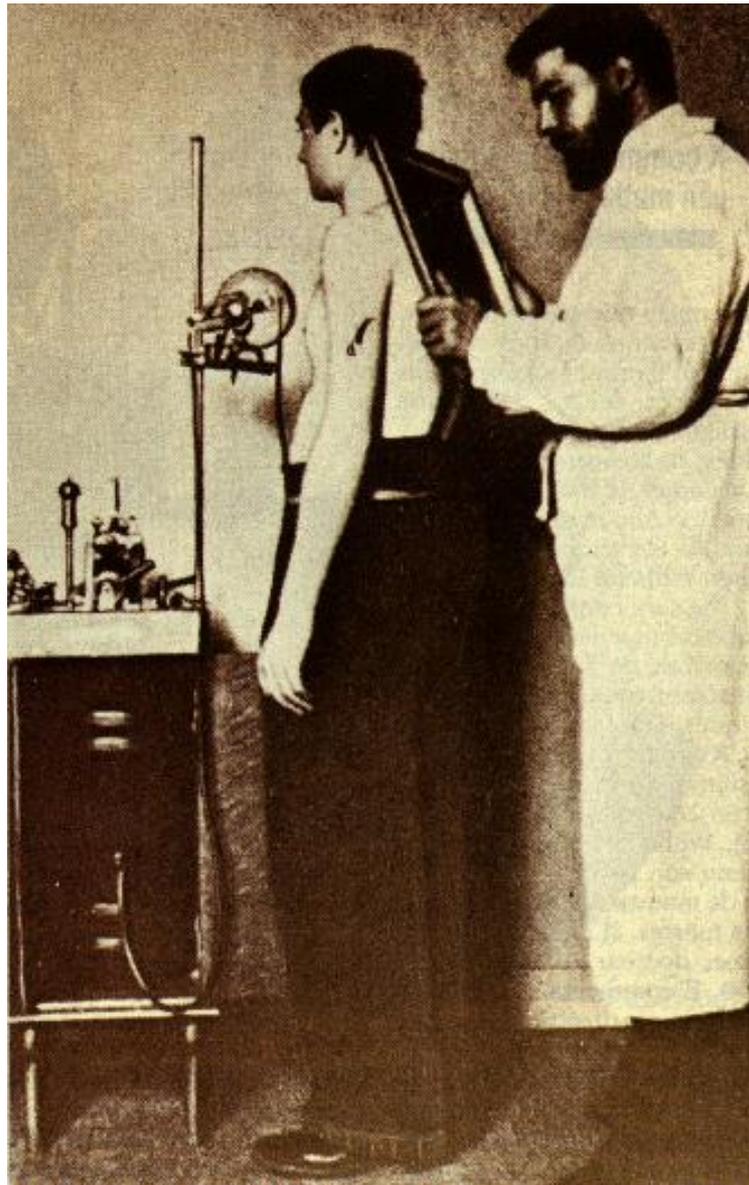


Le tube amplificateur de luminance

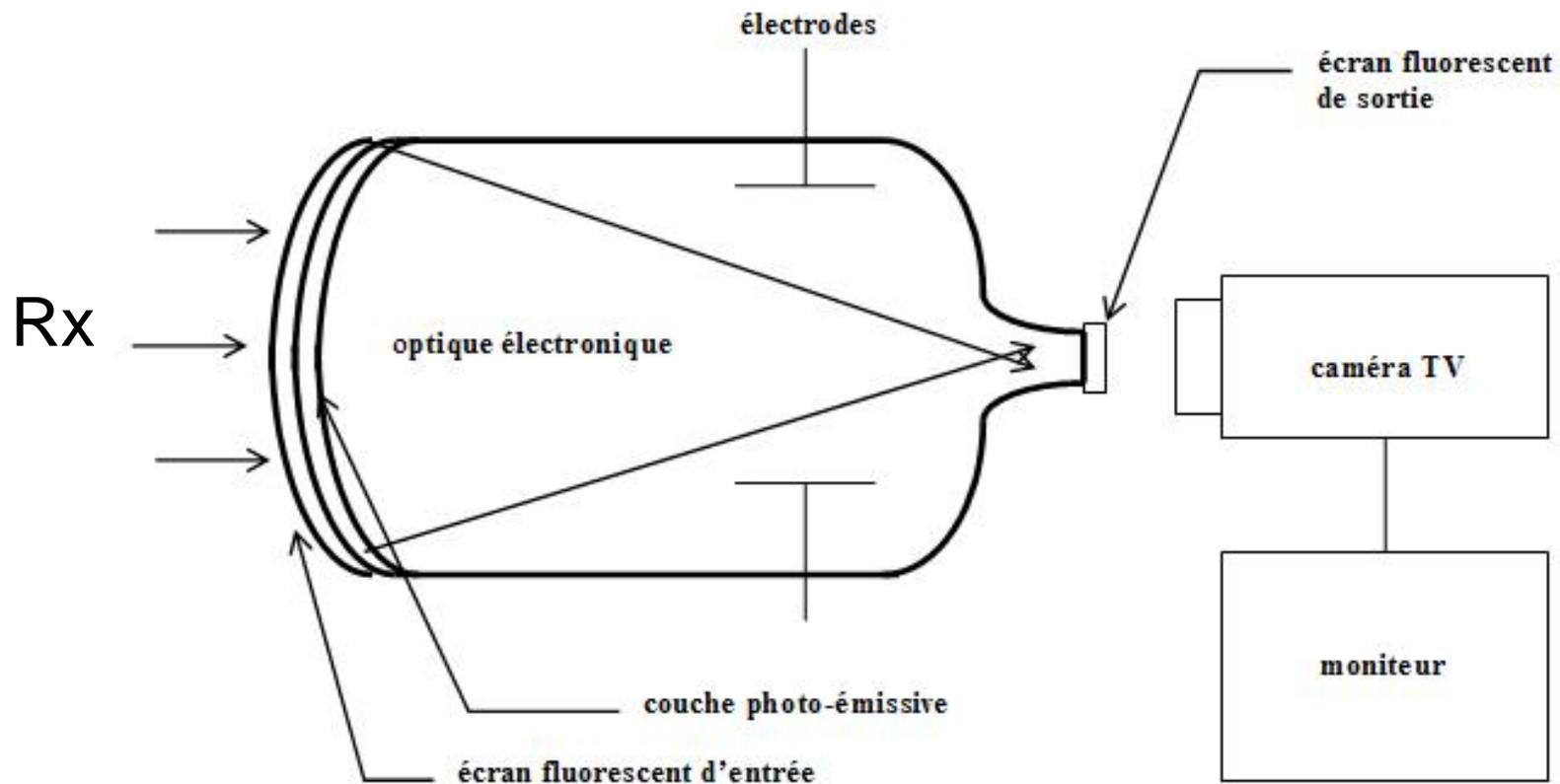


Certaines substances, lorsqu'elles sont irradiées par les rayons X, émettent de la lumière dans le domaine de la lumière visible : par exemple le **sulfure de zinc** donne une luminescence correspondant à une longueur d'onde de 555 nm, qui se situe au voisinage du maximum de sensibilité de l'œil





Principe de l'Intensificateur d'image Radiologique (IIR)



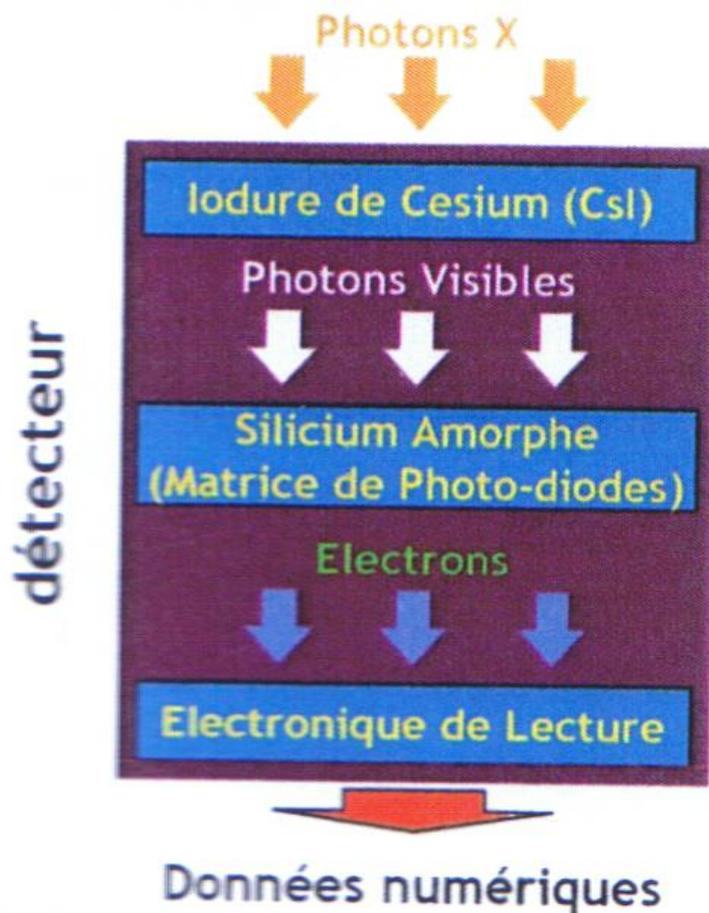
Défaut de l'Intensificateur d'image Radiologique (IIR)

Ce dispositif contient 2 éléments importants sensibles à l'usure :

1. L'écran primaire exposé aux rayons X ;
2. L'écran de sortie (ou secondaire) exposé aux électrons ;

Les expositions entraînent une diminution progressive des performances du tube qui sera compensée par l'automatisme de régulation de la courbe de régulation.

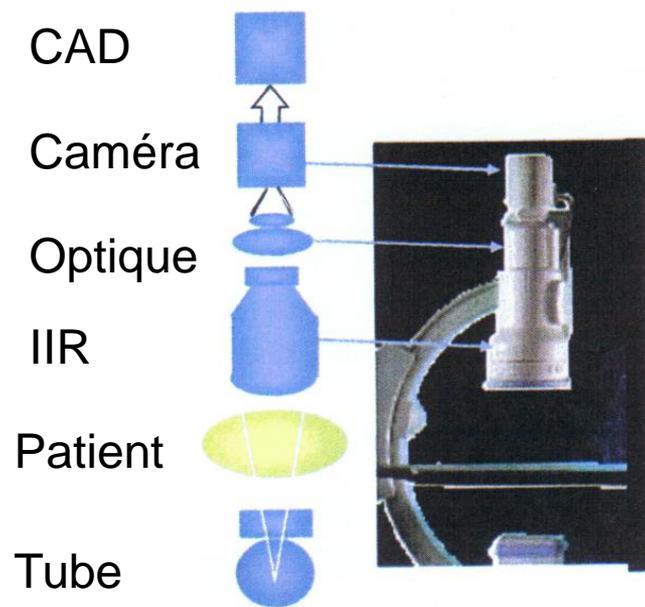
Les détecteurs Numériques à conversion indirecte



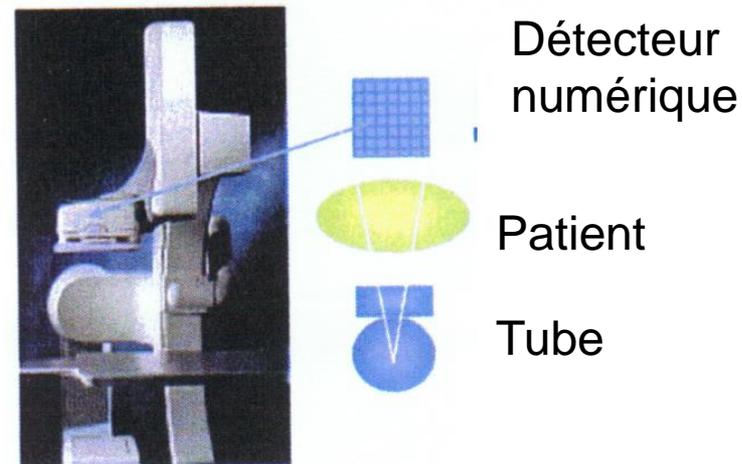
Un scintillateur émet de la lumière par absorption des rayons X.

Une matrice de photo diodes absorbe la lumière et la convertit en charge électrique. Chaque photo diode représente un pixel. La charge de chaque pixel est convertie numériquement et transmise au processeur d'image.

Evolution des technologies



Chaîne IIR



Chaîne avec intensificateur numérique

- Pas de distorsion spatiale ;
- Plus grande dynamique ;
- Potentiellement moins de dose ;
- Numérisation directe ;
- Meilleure ergonomie ;

Les sources de rayonnements ionisants

Dans un tube à rayons X, on contrôle:

- 1- la haute tension entre la cathode et l'anode, responsable de l'accélération et de l'énergie cinétique des électrons du faisceau;
- 2- le courant déterminant le nombre d'électrons du faisceau.
- En doublant le courant du faisceau, on produit deux fois plus d'électrons pour bombarder la cible de tungstène d'où 2 fois plus de photons X à toutes les énergies.
- L'énergie maximale des rayons X n'a pas changé, car la tension maximale appliquée est la même.

Les sources de rayonnements ionisants

- Si l'on augmente la haute tension, l'effet sur le spectre est plus complexe; le nombre de photons émis devient plus élevé et leur énergie est surtout plus grande. Cela n'affecte pas la position des raies spectrales des transitions électroniques. Le nombre de photons à faible énergie n'augmente pas mais ceux d'énergie supérieure augmentent leur nombre et l'énergie maximale est plus grande. Les rayons X sont plus nombreux et de meilleure qualité.

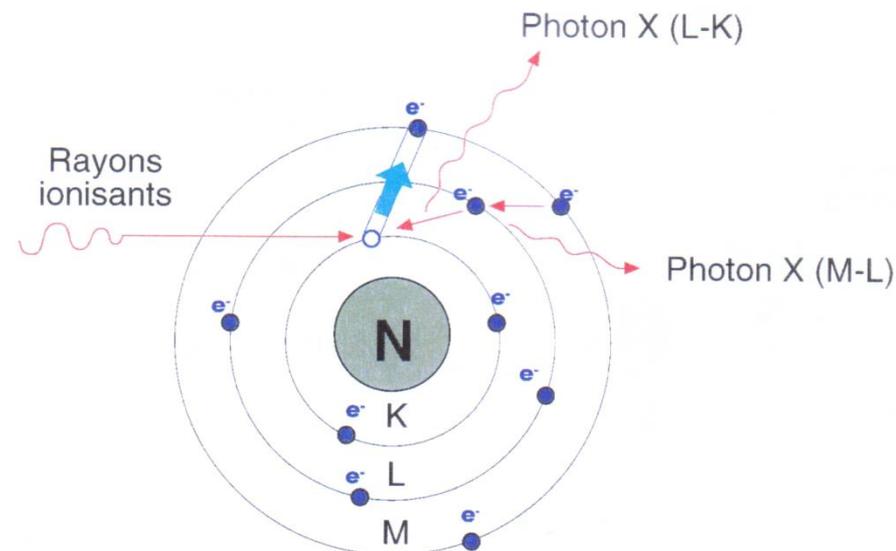
Le nombre de photons augmente avec le carré de la tension maximale

2- Rayonnements et interactions avec la matière

Rayonnements et interactions avec la matière

L'excitation

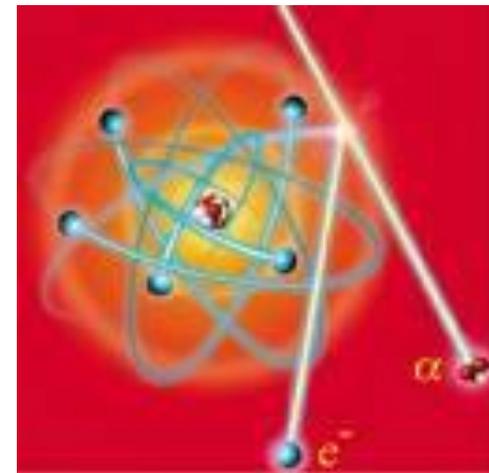
Lorsqu'un électron gagne de l'énergie, en absorbant l'énergie d'un rayonnement, il peut sauter de son orbite à une orbite possédant une énergie potentielle supérieure. Un électron dans cet état est appelé électron **excité**. Cet état d'excitation n'est pas un état stable pour un électron et ne peut donc pas durer longtemps : puisqu'une orbite inférieure est disponible, il se produit un réaménagement électronique.



Rayonnements et interactions avec la matière

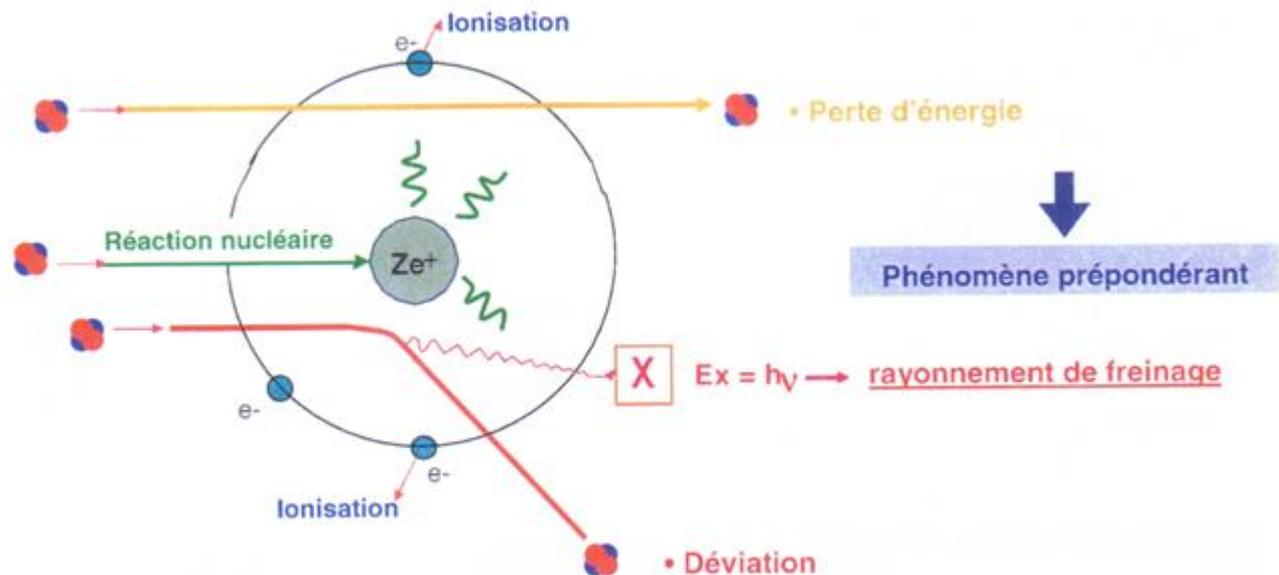
L'ionisation

L'**ionisation** est l'action qui consiste à enlever ou ajouter des charges à un atome. L'atome en perdant ou en gagnant des charges n'est plus neutre électriquement. Il est alors appelé ion.



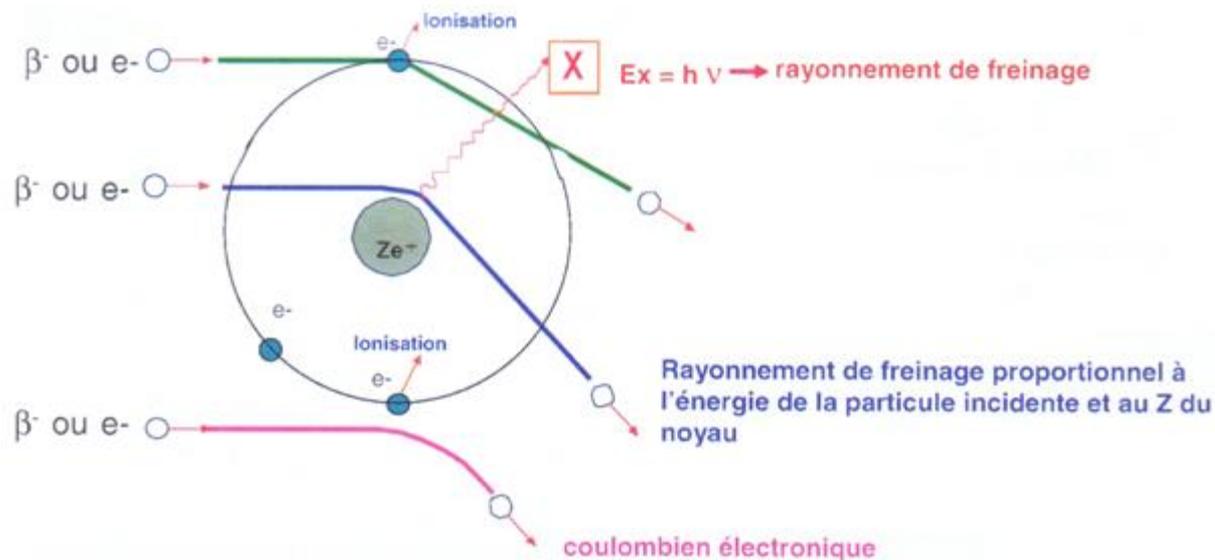
Rayonnements et interactions avec la matière

Interaction des particules chargées lourdes α



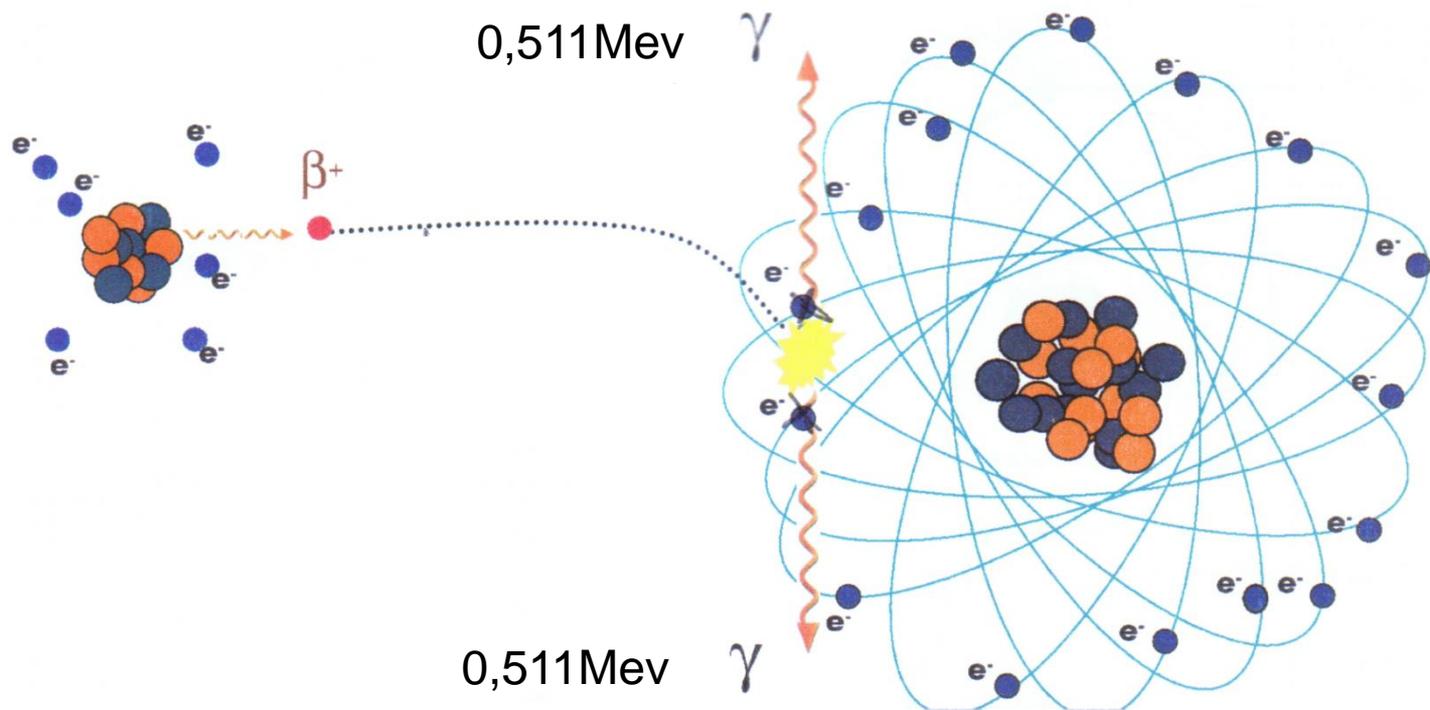
Rayonnements et interactions avec la matière

Interaction des particules chargées légères β^- ou e^-



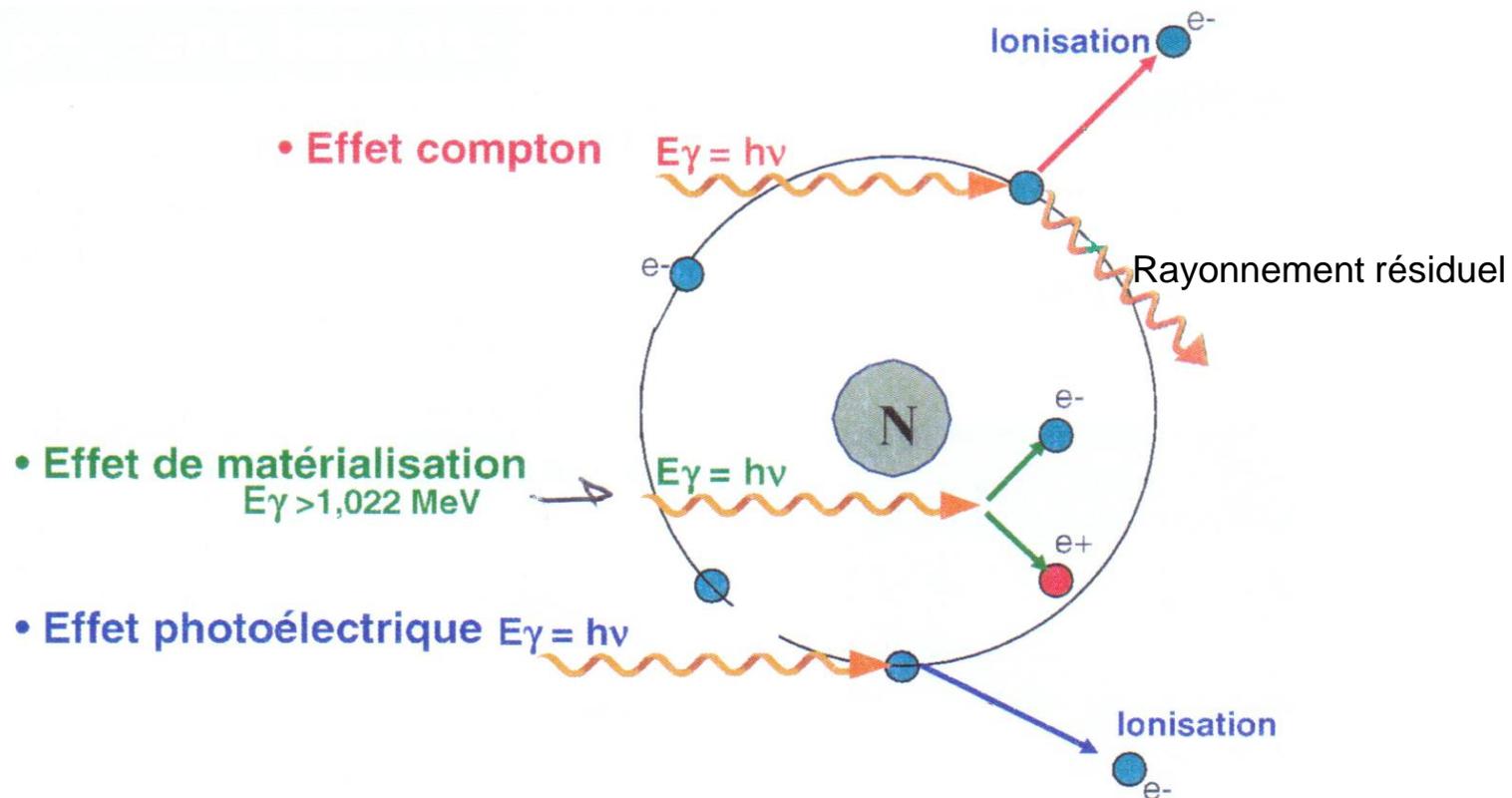
Rayonnements et interactions avec la matière

Interaction des particules chargées légères β^+ ou e^+ . (Cas du ^{18}F)



Rayonnements et interactions avec la matière

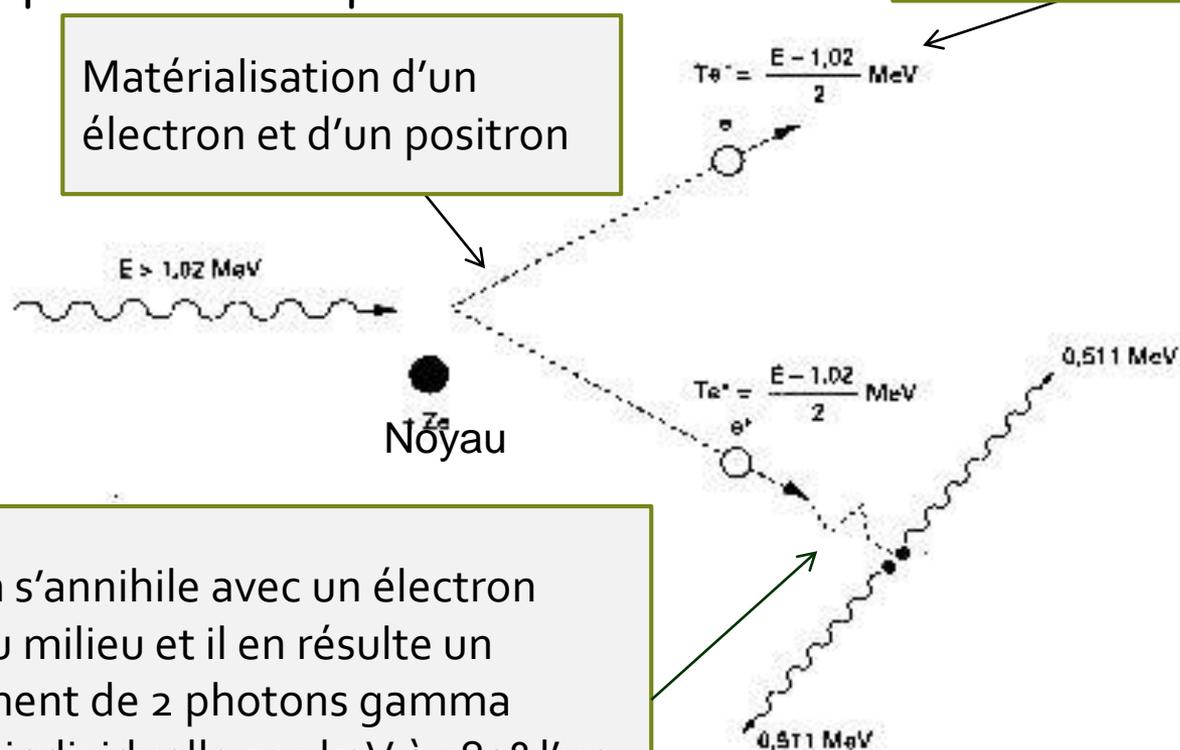
Interaction prépondérantes des photons X ou γ



Rayonnements et interactions avec la matière

Effet de production de paires

Matérialisation d'un électron et d'un positron

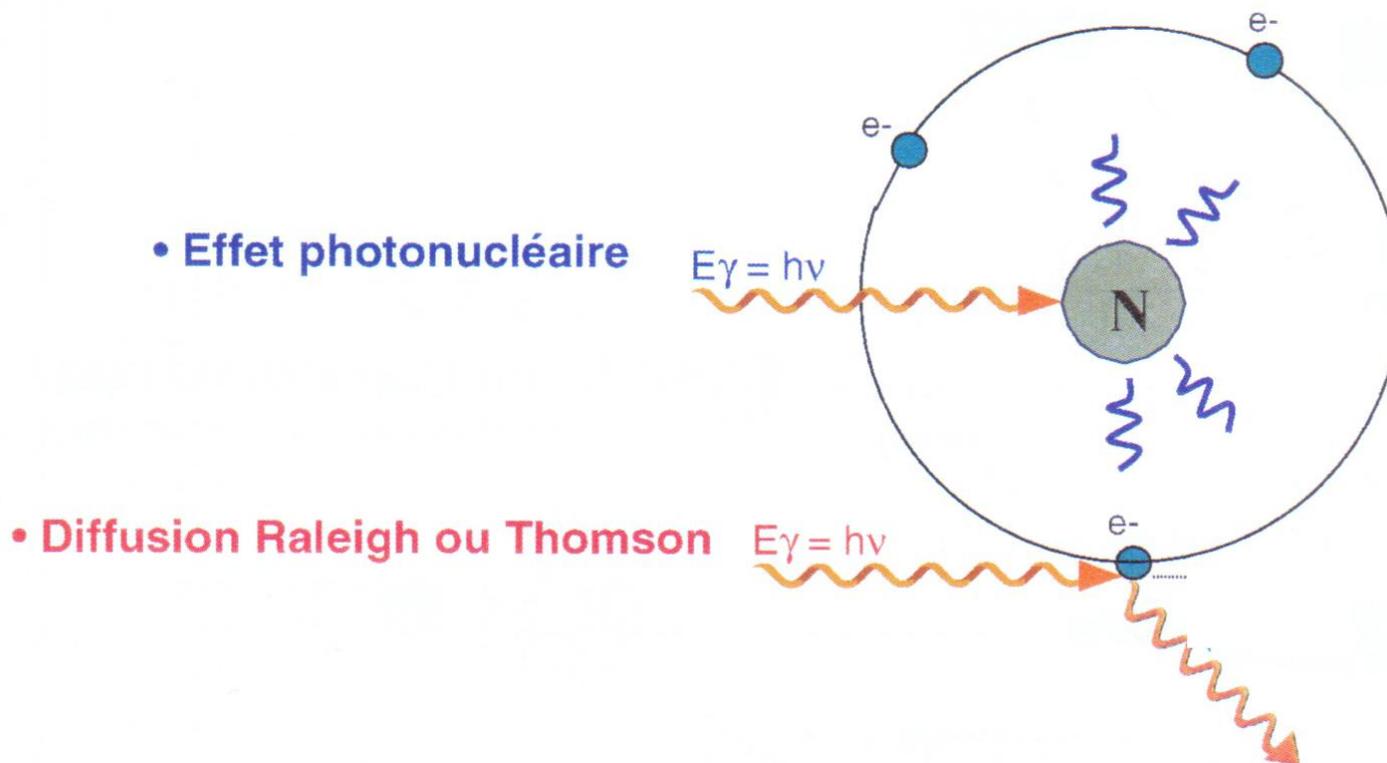


L'électron perd son énergie par phénomène d'ionisation du milieu

le positron s'annihile avec un électron négatif du milieu et il en résulte un rayonnement de 2 photons gamma d'énergie individuelle 511 keV à 180° l'un de l'autre.

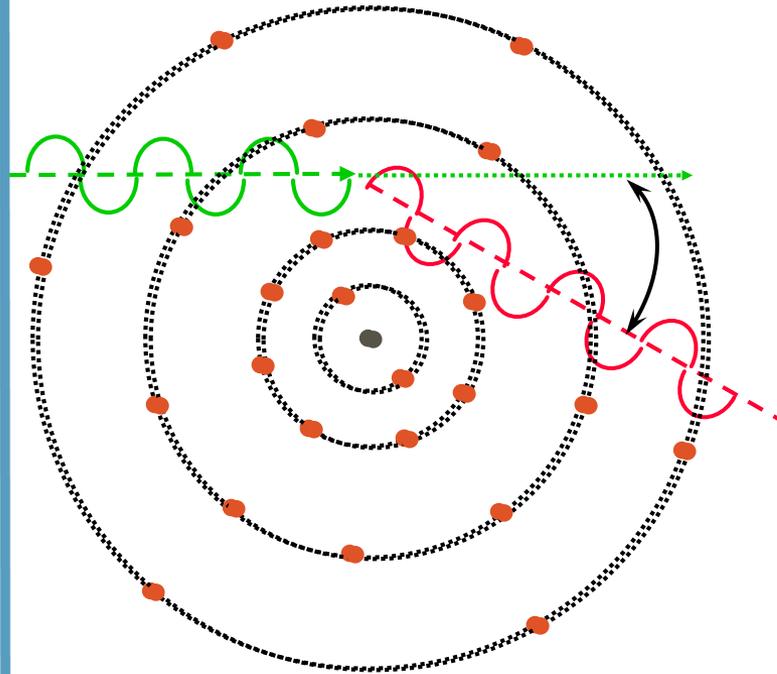
Rayonnements et interactions avec la matière

Interaction des photons X ou γ (Plus rare)



Rayonnements et interactions avec la matière

La diffusion classique



- **photons** de faible énergie (< 10 keV) traversent la matière;
- les atomes de la matière deviennent excités;
- désexcitation et émission d'un **photon** de même énergie ;
- **l'orientation du nouveau photon** est généralement différente de celle du **photon incident**;
- apparition d'un voile gris sur le film.

Rayonnements et interactions avec la matière

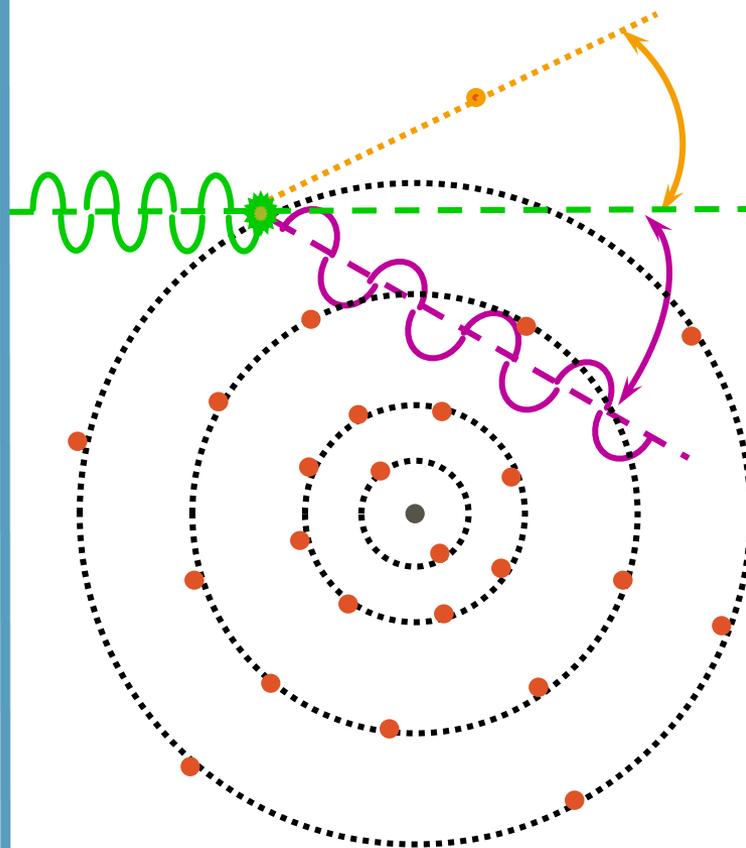
La diffusion classique

Un filtre composé de plaques d'aluminium est utilisé pour stopper les rayons X d'énergie inférieures à 10keV.



Rayonnements et interactions avec la matière

Effet Compton



- le photon interagit avec un électron d'une couche électronique externe;
- Éjection de l'électron avec une quantité d'énergie cinétique K ;
- Perte d'énergie du photon
 $E_{\text{finale}} = E_{\text{initiale}} - [W + K]$

Atome ionisé

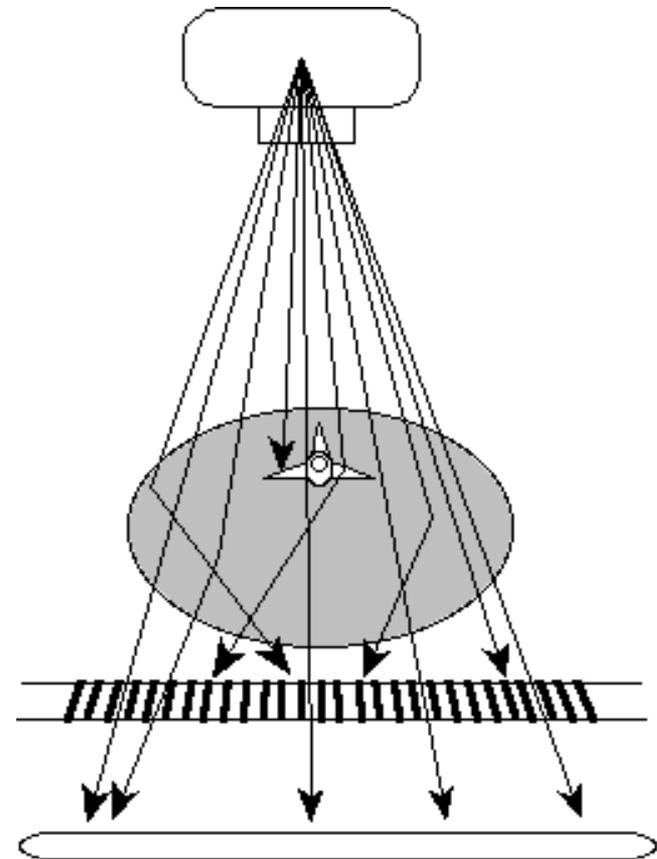
Rayonnements et interactions avec la matière

Conséquences de l'effet Compton

- ionisation de l'atome;
- voile sur le film (\downarrow contraste)

Rayonnements et interactions avec la matière

Le fonctionnement de la grille anti-diffusante est basé sur la sélection du rayonnement diffusé par la **direction des rayons x**. Le rayonnement diffusé présente 2 différences fondamentales par rapport au rayonnement primaire : l'énergie moyenne des rayons x est inférieure, et la direction des rayons x est quasiment aléatoire.



Rayonnements et interactions avec la matière

Implications pratiques du diffusé Compton

- Fausse information dans l'image (voile sur l'image et diminution du contraste)
- Utilisation d'une grille anti-diffusion

Avantage de la grille anti-diffusion:

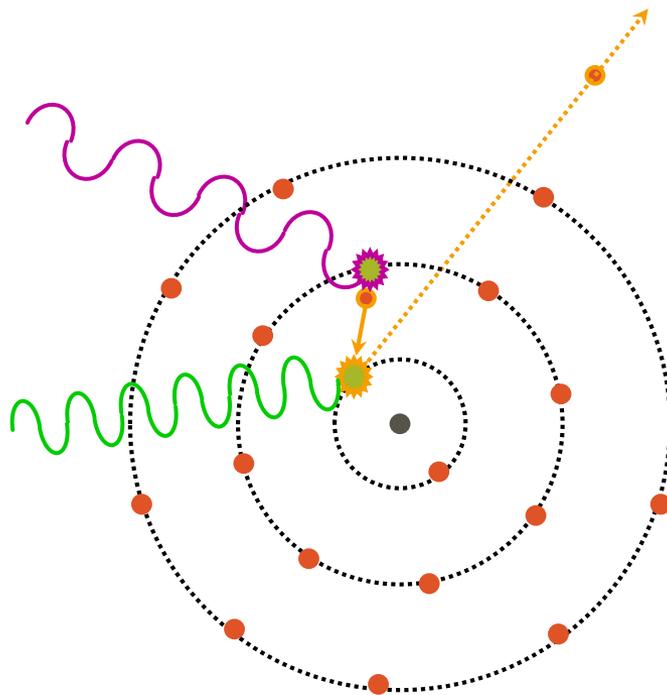
- Réduction du rayonnement diffusé atteignant le récepteur.

Elle est à supprimée dans certains cas :

- Pédiatrie
- Distance patient-amplificateur de luminance assez grande (peu de diffusé dans l'air).
- Scopie

Rayonnements et interactions avec la matière

Effet photoélectrique



- Les rayons X de 40 keV et plus ont assez d'énergie pour produire l'effet photoélectrique en s'attaquant aux électrons des couches internes des atomes. Si les nombres atomiques des atomes sont petits, les énergies de liaisons sont relativement faibles et les électrons libérés s'éjectent avec une grande énergie cinétique.

Rayonnements et interactions avec la matière

Conséquence de l'effet photoélectrique

Disparition du **photon incident**

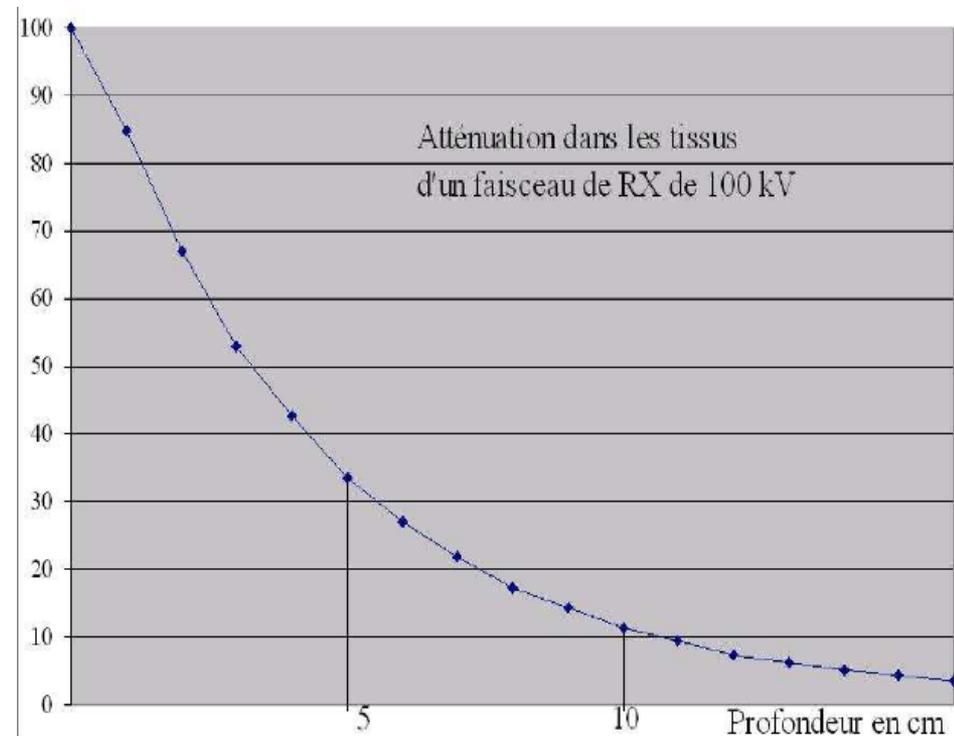
Les rayons X absorbés par les substances denses provenant directement du tube produisent *une ombre blanche* sur la pellicule et dessinent ainsi un contour des os ayant absorbé ces radiations.

Ionisation de l'atome

Rayonnements et interactions avec la matière

Effet Photo-électrique + Effet Compton

L'interaction des RX avec la matière entraîne une atténuation du faisceau de rayonnement selon une loi à peu près exponentielle.



Atténuation = disparition des photons absorbés (\Rightarrow électrons) et diffusés

3- Grandeurs et unités en radioprotection

Grandeurs et unités en radioprotection

Le becquerel (Bq)

Un échantillon radioactif se caractérise par son activité qui est le nombre de **désintégrations de noyaux radioactifs par seconde**.

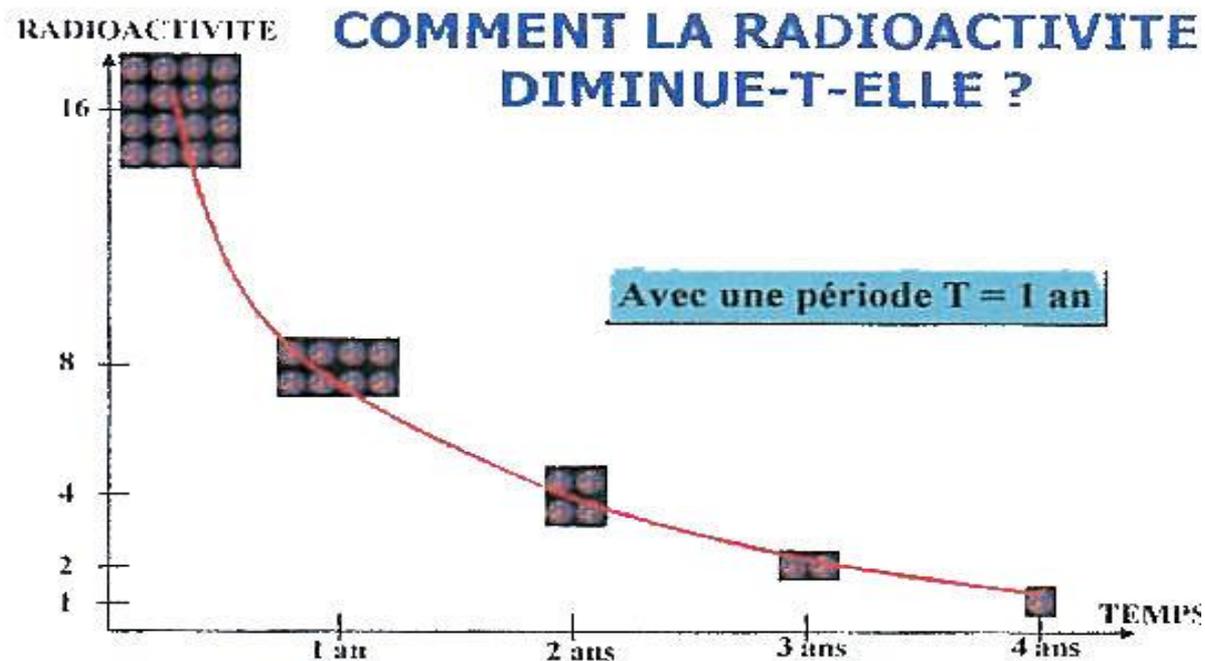
L'unité d'activité est le becquerel, de symbole Bq.

1 Bq = 1 désintégration par seconde.
(Cette unité est très petite)

L'ancienne unité de mesure de la radioactivité est le curie.
Le curie avait été défini comme l'activité de 1 gramme de radium, élément naturel que l'on trouve dans les sols avec l'uranium. Cette unité est beaucoup plus grande que le becquerel car, dans un gramme de radium, il se produit 37 milliards de désintégrations par seconde. Donc un curie est égal à 37 milliards de becquerels.

Grandeurs et unités en radioprotection

La période est le temps nécessaire afin que la radioactivité diminue de moitié



Grandeurs et unités en radioprotection

Période des radionucléides d'origine terrestre		
Radionucléide	Energie	Demi-vie
Krypton 81	190 Kev	13 secondes (gamma pur)
Technétium 99	141 Kev	6 heures (émission de γ)
Fluor-18	511 Kev	1,83heures (Béta+ et photons d'annihilation)
Iode 131	971 Kev	8 jours (Béta moins)
Iode 123	159 Kev	13 heures (Gamma)
Thallium 201	70 Kev / 135 Kev	73 heures (X / Gamma)
Uranium 235	4200 Kev	4,5 milliards d'année (alpha)

Grandeurs et unités en radioprotection

La dose absorbée

#Des rayonnements ionisants qui cèdent une énergie de 1 Joule dans 1 kilogramme de matière délivrent une dose de 1 Gray

Le gray (Gy)

Cette unité permet de mesurer la quantité de rayonnements absorbés - ou dose absorbée - par un organisme ou un objet exposé aux rayonnements.

Le gray a remplacé le rad en 1986.

(Une énergie de 1 joule correspond à la chute d'un marteau de 0,250 Kg d'une hauteur de 20cm)

Grandeurs et unités en radioprotection

La débit de dose absorbée

Il s'agit de l'énergie cédée à la matière par unité de temps.

Unité légale : le gray par seconde Gy/s
On utilise mGy/h ou le $\mu\text{Gy/h}$

Grandeurs et unités en radioprotection

La dose équivalente (H)

■ A dose égale, l'effet biologique dépend du dépôt microscopique de l'énergie. La dose absorbée (en Gray) ne permet pas d'évaluer les effets selon l'origine de l'irradiation (α β ...) et l'énergie du rayonnement. On définit la dose équivalente, qui tient compte de la nature du rayonnement à l'origine de l'irradiation.

$$H = D \times W_R$$

H_T = Dose équivalente

D = Dose absorbée

W = coefficient de pondération lié à la nature du rayonnement

Grandeurs et unités en radioprotection

La dose équivalente (H)

L'unité de la dose équivalente est le sievert (Sv).

Les facteurs de pondération :

rayons x, gamma et électrons : $W_R = 1$

Particules alpha : $W_R = 20$

Grandeurs et unités en radioprotection

En pratique

On mesure la dose absorbée ;

La valeur mesurée est multipliée par le facteur de pondération ;

Le résultat trouvée correspond à la dose équivalente ;

Grandeurs et unités en radioprotection

La dose efficace (E)

La dose efficace est la dose hétérogène corps entier qui donnerait le même effet biologique que la somme pondérée des doses équivalentes reçues par chaque organe.

Elle est difficile à évaluer.

On utilise des règles de calcul mathématique complexe, loi de Monte Carlo, ou des mesures directes à l'aide de dosimètres.

Grandeurs et unités en radioprotection

A partir de H des logiciels de calcul (méthode de Monte Carlo) permettent d'obtenir :

- La dose à un organe en profondeur

$$D_T = D_e \cdot \text{coefficients calculés}$$

La dose efficace E au corps entier

$$E = \sum W_T \cdot D_T$$

avec W_T donné par le tableau de la CIPR

Grandeurs et unités en radioprotection

En résumé on utilise

la dose à l'organe en Gy (mGy)

La dose efficace en Sv (mSv)

La dose équivalente ne présente pas d'intérêt pour les applications médicales.

La dose efficace est utilisé pour la radioprotection du public et du personnel.

Grandeurs et unités en radioprotection

La dose équivalente engagée correspond à l'intégrale dans le temps du dd dose au tissu ou à l'organe suite à l'incorporation de matière radioactive à un moment t .

Unité le Sievert (Sv)

Grandeurs et unités en radioprotection

La dose efficace engagée correspond à la somme des doses équivalentes engagées dans les tissus ou organes par suite d'une incorporation multiplié chacun par le facteur de pondération approprié.

Unité le Sievert (Sv)

Grandeurs et unités en radioprotection

Mesures de la dose : Les chambres d'ionisation (mesure indirecte)

Ce type de détecteur mesure la charge déposée par une particule chargée traversant un milieu ionisable, qui peut être un gaz, un liquide, voire un solide, chacun ayant ses avantages et ses applications.

Dans un détecteur à ionisation, le milieu est plongé dans un champ électrique généré par une paire d'électrodes, généralement de géométrie cylindrique ou plane. Les électrons nouvellement créés se déplacent alors vers l'anode et les ions, vers la cathode. Selon le type d'effet voulu, l'anode peut prendre la forme d'un ou plusieurs fil très fin près duquel le champ électrique devient très intense et où les électrons sont accélérés jusqu'à être capables d'ioniser d'autres atomes, créant des électrons *secondaires*, capables à leur tour d'ioniser des atomes, ceci plusieurs fois de suite. C'est le phénomène d'avalanche.

Les électrons, environ mille fois plus rapides que les ions, sont rapidement capturés par l'anode, mais le courant des ions dérivant vers la cathode induit un signal électrique relativement important sur les électrodes, directement mesuré par un pré-amplificateur qui produit le signal électronique.

Grandeurs et unités en radioprotection

Mesures de la dose : Les chambres d'ionisation (mesure indirecte)

- Chambre d'ionisation "standard" cylindrique (a) ou plate (b)
- Chambre d'ionisation a transmission : dispositif « produit dose surface » (c)
- Chambre crayon (scanner) (d)

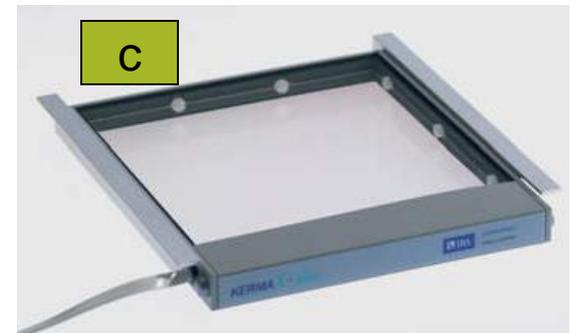
a



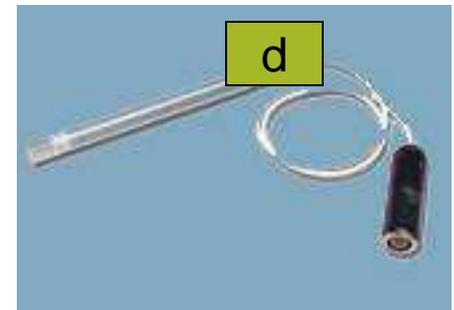
b



c



d



Grandeurs et unités en radioprotection

Mesures de la dose : Les chambres d'ionisation (mesure indirecte)

Dose = Mesure L x coefficient d'étalonnage

Coefficient d'étalonnage dépendant de la chambre et de l'énergie du faisceau.

Grandeurs et unités en radioprotection

Mesures de la dose : Les chambres d'ionisation (mesure indirecte)

Chambre d'ionisation plate utilisée pour la mesure de la dose dans l'air.

Elle est reliée à un dosimètre à affichage numérique.

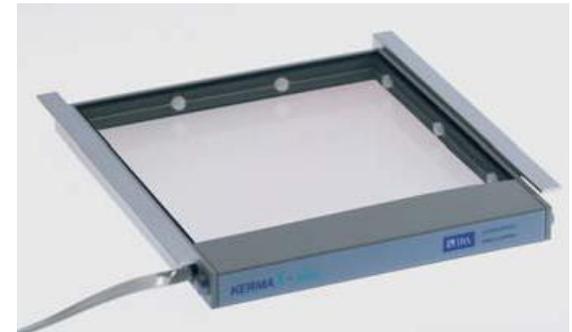


Grandeurs et unités en radioprotection

Mesures de la dose : Les chambres d'ionisation (mesure indirecte)

Chambre d'ionisation située en sortie du collimateur, elle intercepte la totalité du faisceau primaire, et permet une lecture directe du produit Dose Surface.

Connexion possible avec une imprimante.



Grandeurs et unités en radioprotection

Mesures de la dose : Mesure directe

- La méthode de mesure directe consiste à placer des dosimètres de façon précise en fonction de la zone irradiée.
- Les relevés vont être utilisés pour calculer la dose efficace reçue par le patient au cours de l'examen de scannographie ou de radiographie.
- Il est fait usage de détecteurs à scintillation, ou de dosimètre thermoluminescent (TLD).



Grandeurs et unités en radioprotection

Mesures de la dose : Mesure directe

- Mesure au moyen de détecteur à scintillation (capteur à phosphore)
- La lumière générée par le capteur est guidée par la fibre optique.
- Intensité proportionnelle à la dose.
- Utilisation locale

Placé sur la peau du patient. Adapté aux procédures interventionnelles. Non recommandé pour des doses $<1\text{mGy}$

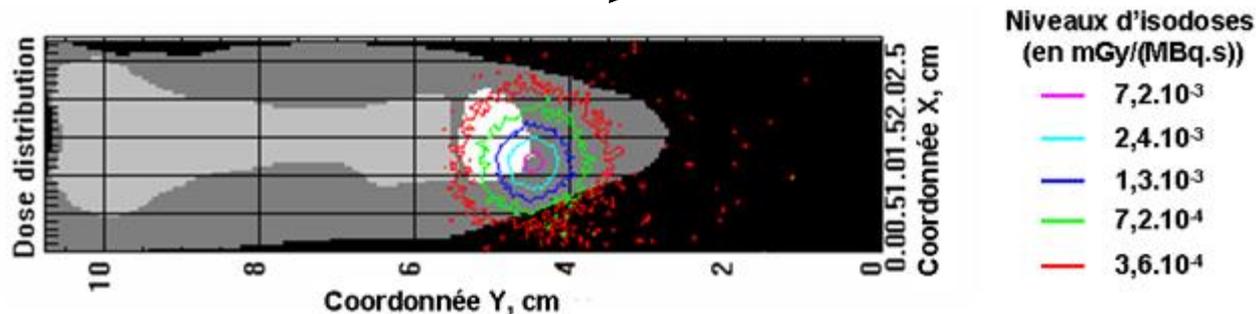
Grandeurs et unités en radioprotection

Mesures de la dose interne

OEDIPE Outil d'Evaluation de la Dose Interne PErsonnalisée

Simulation de mesures anthroporadiam triques et calcul de doses d livr es aux organes ou tissus à partir des paramètres réalistes de la personne contamin e.

Superposition des isodoses aux images IRM dans le cas d'une contamination par blessure d'un doigt



Grandeurs et unités en radioprotection

Mesures de la contamination

Quand un rayonnement ionisant pénètre à l'intérieur du tube Geiger-Müller, il ionise le gaz, c'est-à-dire qu'il arrache des électrons par effet Compton. Ces électrons se multiplient très vite par avalanche électronique, dite « avalanche de Townsend », rendant le gaz conducteur pendant un temps bref (phénomène de décharge) : les électrons sont accélérés par la haute tension, percutent des molécules de gaz et provoquent ainsi d'autres ionisations en cascade. Du fait de cette cascade, c'est un détecteur qui fonctionne en permanence en saturation. L'appareil est sensible au plus petit événement, mais le temps mort est assez important, de l'ordre de 200 microsecondes, et le détecteur sature à partir de quelques centaines de coups par secondes^[2] ; si le flux est plus important, des particules traversent le compteur sans être détectées. Par ailleurs, le facteur d'amplification est tel que toutes les impulsions sont à la hauteur maximale, il n'est pas possible de distinguer les différents types de particules.

Après amplification, le signal électrique ainsi produit est enregistré et se traduit par une indication visuelle (aiguille, lampe) ou sonore (déclat).



4- Assurance qualité

Assurance qualité

La réglementation

- Se mettre en conformité avec les obligations réglementaires
 - Législation de plus en plus contraignante
 - Être préparé à répondre aux contrôles de l'ASN
- Améliorer le service rendu aux patients
 - Savoir répondre à l'inquiétude et aux questions des patients sur les doses délivrées
 - Pouvoir prouver aux patients que l'on fait bien
- Nécessité de mettre en place des procédures

Assurance qualité

La réglementation

- 2 directives

- 96/29 du 13 mai 1996 : fixe les normes de base relatives à la protection sanitaire de la population et des travailleurs contre les dangers résultant des RI

- 97/43 du 30 juin 1997 relative à la protection sanitaire des personnes contre les dangers des RI lors d'exposition à des fins médicales.

Assurance qualité

La réglementation

Ordonnance du 28 mars 2001

- Transposition en droit français des directives Euratom ;
- Nombreux décrets d'application ;
- Modifie le code santé publique et le code du travail ;

Assurance qualité

La réglementation

Code de la santé publique

- Modification du régime d'autorisation et de déclaration
- Obligation de maintenance et contrôle qualité
- Estimation de la dose délivrée (PDS obligatoire sur nouveaux équipements depuis 2004)
- Formation sur la radioprotection des patients obligatoire pour les professionnels de santé
- Introduit les 3 grands principes de radioprotection
 - Principe de justification
 - Le principe d'optimisation
 - La limitation des doses individuelles

Assurance qualité

Formation radioprotection patients

Inscrite dans le code santé publique

- Pour médecins, chirurgiens-dentistes, manipulateurs, PSPRM
- 1ère formation avant juin 2009
- Valable 10 ans

Assurance qualité

Matériorvigilance

Maintenance et contrôle qualité DM

- Décret du 5 décembre 2001
- Concerne tous les éléments de la chaîne radiologique
- Contrôle qualité interne et externe
- Avril 2005 : Ostéodensitomètres
- Octobre 2005 : Mammographes analogiques
- Janvier 2006 : Mammographes numériques
- Novembre 2007 : Radio conventionnelle
- Décembre 2007 : Scanner
- Novembre 2008 : Installations de médecine nucléaire
- Décembre 2008 : Dentaire

Assurance qualité

Personne spécialisée en radiophysique médicale (PSRPM)

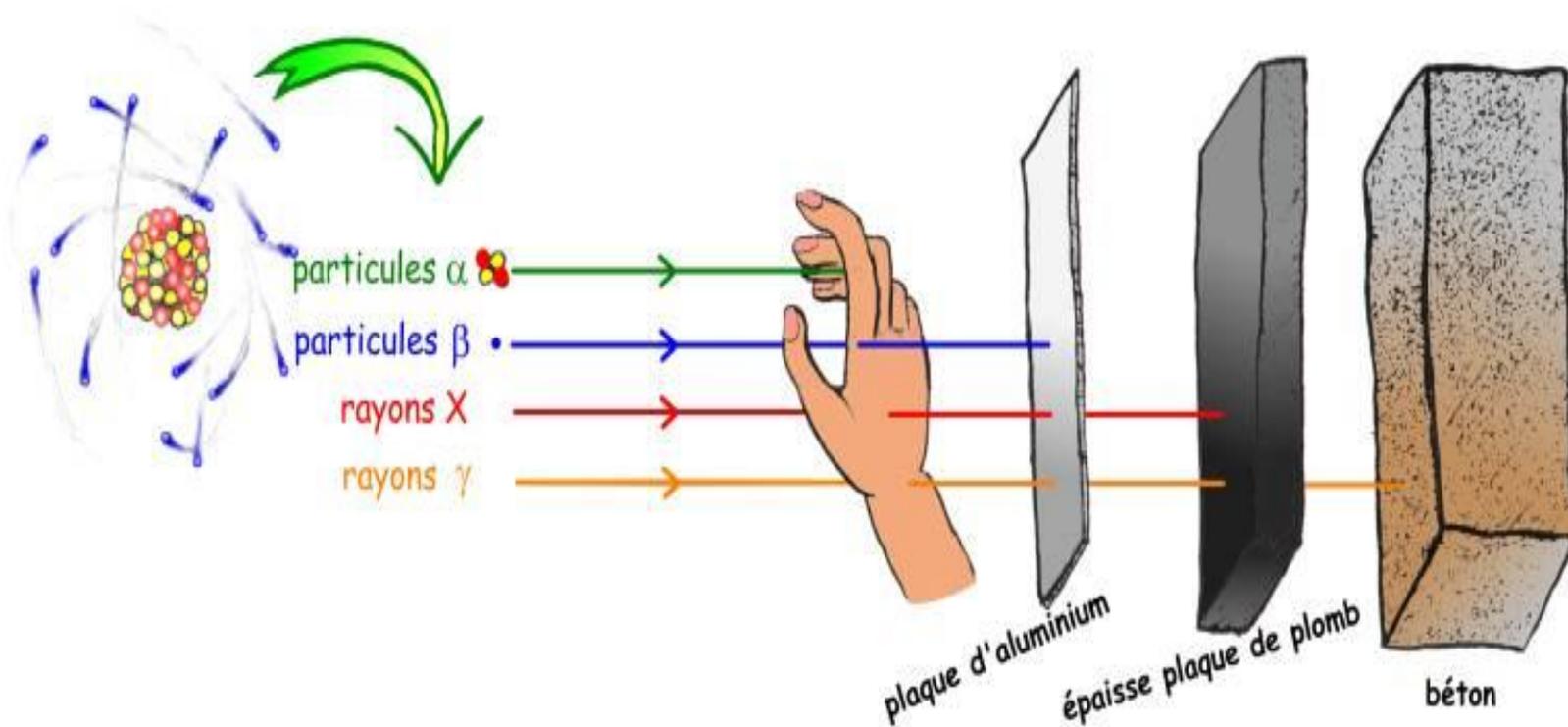
Arrêté du 19 novembre 2004

- Tout service d'imagerie médicale doit pouvoir faire appel à une PSRPM
 - Plan de radio-physique médicale
 - Scanner et radio interventionnelle
 - Médecine nucléaire
- Missions
 - Dosimétrie
 - Evaluation des doses
 - Assurance qualité (y compris contrôle qualité)
 - Radioprotection des patients

5- Moyens de protection contre l'exposition aux rayonnements ionisants

Moyens de protection contre l'exposition

Rappel

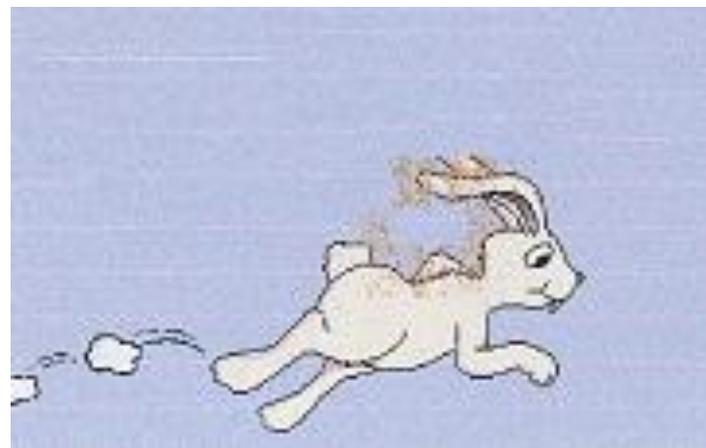


Moyens de protection contre l'exposition

La distance

Plus on est éloigné de la source de rayons X, plus l'irradiation est faible.

Loi de l'inverse du carré de la distance.



Moyens de protection contre l'exposition

Les écrans

Se placer derrière les dispositifs de protection collectif : écran plombé, paravent mobile,...

Porter les équipements de protection individuelle mis à disposition (tablier plombé, caches thyroïde, lunettes plombés,...)

