**Chapitre III : Rayon X**

**III.1. Définition**

Le rayon X est un rayonnement électromagnétique composé de [photons](https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/physique-photon-3500/) de 5 pifomètres à 10 [nanomètres](https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/physique-nanometre-2517/). L'énergie de ces photons va de quelques eV (électron-volt), à plusieurs dizaines de MeV. C'est un rayonnement ionisant utilisé dans de nombreuses applications dont l'imagerie médicale et la cristallographie.

Leur spectre et leur classification sont donnes par le schéma ci-dessous.



**III.2. Historique**

Les rayons X ont été découverts en 1895 par le physicien allemand Wilhelm Röntgen, qui a reçu pour cela le premier prix Nobel de physique ; il les nomma ainsi car ils étaient d'une nature inconnue (la lettre *x* désigne l'inconnue en mathématiques). La distinction entre les rayons X et les rayons gamma (qui sont de même nature et d'énergie semblable) vient de leur mode de production : les rayons X sont des photons produits par les électrons des atomes alors que les rayons gamma sont produits par les noyaux des atomes.

I.e. physicien allemand Wilhelm Röntgen tire quatre conclusions dans son article :

1. " les rayons X sont absorbés par la matière ; leur absorption est en fonction de la masse atomique des atomes absorbants ;
2. les rayons X sont diffusés par la matière ; c'est le rayonnement de fluorescence ;
3. les rayons X impressionnent la plaque photographique ;
4. les rayons X déchargent les corps chargés électriquement."

**III.3. Principe**

Les tubes à rayons X fonctionnent de la manière suivante. Dans une enceinte de verre où règne un vide poussé, des électrons sont émis par un filament dans lequel circule un courant électrique. Ceux-ci sont accélérés en direction d’une anode par un champ électrique créé par une différence de potentiel élevée (généralement de 10 à 150 kV) entre le filament qui sert de cathode et l’anode. Ces électrons entrent en collision avec la cible que constitue le métal de l’anode. Des rayons X sont alors produits par deux mécanismes distincts. D’une part, les électrons, se déplaçant à une vitesse très élevée, ont une énergie cinétique suffisante pour perturber les couches électroniques internes des atomes de la cible. Ces atomes, dans un état excité, vont alors émettre des rayons X en retournant à leur état fondamental. D’autre part, le ralentissement des électrons dans la matière produit un rayonnement de freinage comportant des rayons X.

**III.4. Production des rayons X**

Les rayons X se produisent chaque fois que des électrons rapides rencontrent la matière. Dans la pratique, on les produits en utilisant deux types d’instruments, les tubes à rayons X (tube de Coolidge) et les accélérateurs de particules de type synchrotron. Le principe de production de

rayons X est représentée sur la figure .



Dans une enceinte de verre ou règne un vide poussé, les électrons émis par un filament sont accélérés vers une anode (anticathode) sous l’influence d’une différence de potentiel établie entre les deux pièces métalliques. L’émission des rayons X est la conséquence des interactions.

**III.5. Propriétés des Rayons X**

Les principales propriétés de ce rayonnement sont les suivantes :

1)- Comme tout photon (particule sans charge) les rayons « X » se propagent en ligne droite, a la vitesse de la lumière « C » (dans le vide) et ne sont déviés ni par des champs électriques, ni par des champs magnétiques.

2)- Ils pénètrent facilement la matière molle (matière peu dense composée d’atomes légères comme le Carbonne, l’oxygène ou l’azote) et sont efficacement absorbés par la matière « dure » (matière dense composée d’éléments lourds), c’est pourquoi ils sont très utilisés en imagerie médicale (radiographie) car ils traversent les tissus et sont stoppés par les Os.

3)- Du fait de leur grande énergie, ils peuvent provoquer des ionisations dans la matière qu’ils traversent, ce qui les classe parmi les rayonnements ionisants.

**III.5. Effets des rayons X sur l’organisme**

L’effet biologique d’une dose donnée dépend du taux de dose : si le taux est faible ou si la dose est fractionnée, les processus biologiques de réparation peuvent agir et l’effet sera moins marqué que si le taux est grand. Les radiations ionisantes ont deux types d’effets différents sur l’organisme.

– Les effets dits non-stochastiques se manifestent lorsque la dose reçue atteint ou dépasse une certaine valeur ; il existe donc un seuil au-dessous duquel ces effets n’apparaissent pas.

– Les effets stochastiques (ou aléatoires) ne se manifestent que chez certains individus, apparemment au hasard, d’une population irradiée. Il s’agit notamment d’induction de cancers ou de malformations dans la descendance. Il n’existe, semble-t-il, pas de seuil ; même de faibles doses peuvent déclencher ces effets. Ils sont tardifs et leur gravité est indépendante de la dose reçue. La fréquence d’apparition des effets stochastiques dépend cependant de la dose.

**III.6. Utilisation des rayons X**

Une utilisation des rayons X sont diverses :

* Le radiodiagnostic est l’exploration des structures anatomiques internes à l’aide de l’image fournie par un faisceau de rayons X traversant le patient.

Les renseignements obtenus le sont au prix de l’absorption d’une dose par le patient. Cette irradiation, parfois minime, n’est jamais dépourvue de risques comme nous l’avons vu. Le principe du radiodiagnostic repose sur la différence d’atténuation des rayons X d’un tissu à l’autre, par suite de compositions et de densités différentes. Les structures anatomiques ont ainsi des opacités radiologiques distinctes qui se traduisent en contrastes radiologiques : l’intensité du faisceau de rayons X qui a traversé le corps n’est plus uniforme, mais varie d’un point à l’autre. Cette image radiante est transformée en image lumineuse par un écran ou un film.

* Radiographie standard : une source émet des rayons X pendant un court instant, l’image est recueillie directement par un film photographique. Les films (minces) sont relativement peu sensibles aux rayons X. On accroît leur efficacité en plaçant de part et d’autre du film des écrans fluorescents qui émettent des photons de lumière au passage des photons X. L’image obtenue est plus grande que les organes radiographiés (faisceau divergent) ; elle nécessite l’emploi de films de grandes dimensions onéreux (radiographie pulmonaire par exemple). Les structures anatomiques placées les unes derrière les autres apparaissent superposées. Les contours des images sont légèrement flous car la source n’est pas ponctuelle et une diffusion importante a lieu dans le corps du patient. La radiographie est très utilisée et, en général, peu irradiante.
* Radioscopie : les rayons X traversent le patient pendant toute la durée de l’examen, et l’image, formée sur un écran fluorescent, est observée en temps réel par le radiologue. Il est ainsi possible d’étudier la cinétique des organes. Les anciens appareils de radioscopie étaient très irradiants (pour le patient et pour le radiologue !) : jusqu’à 0,1 Sv/min pour le thorax au niveau de la peau. La radioscopie à amplificateur de brillance, dans laquelle une caméra de télévision couplée au détecteur placé derrière l’écran fournit un signal vidéo pouvant être enregistré ou visualisé sur un téléviseur, est moins dangereuse, diminuant la dose par un facteur 10.
* Radiophotographie : l’image reproduite sur un écran, comme pour scopie, est enregistrée par un appareil photographique de petit format. Cette méthode, peu onéreuse, est employée pour les radios des poumons effectuées en série dans un but de prévention.

Tomodensimétrie (scanner X) : dans cette méthode, appelée aussi tomographie axiale transverse avec ordinateur, la zone à observer est divisée théoriquement en couches parallèles. Un étroit faisceau de rayons X balaie une couche sous tous les angles en tournant autour de la partie du étudiée, tandis qu’un détecteur placé dans le prolongement du faisceau sa traversée du corps mesure l’intensité des rayons X transmis. L’ordinateur ayant mémorisé les atténuations de la couche selon toutes les directions faisceau, reconstruit l’image en coupe de la couche. L’image est semblable à celle que l’on obtiendrait si l’on radiographiait une tranche de tissus de face ; il n’y a pas de superposition de tissus ou d’organes. De plus, possible de construire à partir des données enregistrées plusieurs images contrastes variables pour observer des tissus différents. En résumé, la tomographie permet d’obtenir des coupes à travers le ou à travers des organes volumineux comme le cerveau. L’irradiation, élevée que pour les radiographies standards, tend à diminuer avec l’apparition de nouveaux appareils plus perfectionnés.

Situons pour terminer les niveaux moyens des rayonnements ionisants naturels et artificiels. L’irradiation artificielle autre que médicale (centrales nucléaires, télévisions) s’élève à 10 v/an.