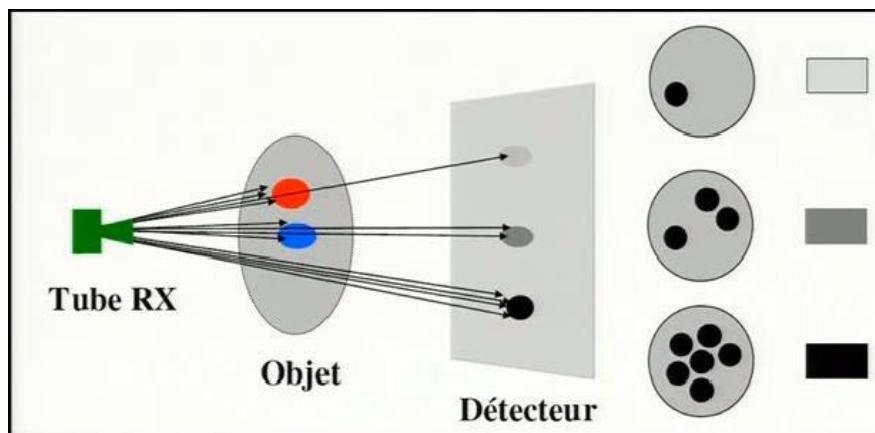


Imagerie médicale

Principes fondamentaux de la radiologie



Cours destiné aux étudiants en 3^{ème} année
médecine dentaire

Dr. GASMI.B / HCA

2024/2025

Plan

INTRODUCTION

I. DEFINITIONS ET PRINCIPES

Le photon

Le rayon X

Le rayonnement électromagnétique

La radiologie

La radiographie

II. GRANDEUR PHYSIQUE MESUREE EN RADIOLOGIE

III. PRODUCTION DES RAYONS X

Tube à rayon X

La cathode

L'anode

IV. LA DETECTION DE L'IMAGE RADIANTE

Le film radiographique

La radiographie numérique

V. MODE DE FORMATION DES IMAGES

Le processus de transmission

Le processus d'émission

Le processus de réflexion

VI. IMAGERIE ANALOGIQUE ET IMAGERIE NUMERIQUE

L'imagerie analogique :

L'imagerie numérique :

Numérisation

Codage spatial (échantillonnage spatial)

Codage en intensité (quantification)

Les avantages de l'imagerie numérique

Méthodes qui permettent d'obtenir des images numériques.

Création de l'image numérique

Convertisseur analogique-numérique

VII. IMAGERIE PLANE ET IMAGERIE TOMOGRAPHIQUE

Imagerie plane

L'imagerie tomographique

CONCLUSION

INTRODUCTION :

Le professeur W. Roentgen découvre, en novembre 1895, une nouvelle radiation pénétrante produite par des décharges électriques dans un tube électronique à vide. Il observe le squelette de sa main sur un écran fluorescent et enregistre cette image sur une plaque photographique. Pour cette découverte fondamentale pour la médecine, il reçoit le prix Nobel en 1901. Dès l'année suivante, des entreprises vendent des générateurs de rayons X, des écrans de visualisation et des générateurs électriques à haute tension.

I. DEFINITIONS ET PRINCIPES :

Le photon : est défini par des particules (ondes électromagnétiques) non chargées et sans masse au repos transportant une quantité d'énergie et son unité est l'électronvolt (eV).

Le rayon X : est un rayonnement électromagnétique composé de photons.

Le rayonnement électromagnétique : (Fig 1) lorsqu'un rayonnement électromagnétique atteint un objet, des interactions se produisent, en fonction des propriétés et des caractéristiques de la cible ; une partie du rayonnement est réfléchie, une autre partie est absorbée et une partie peut éventuellement être transmise à travers l'objet.

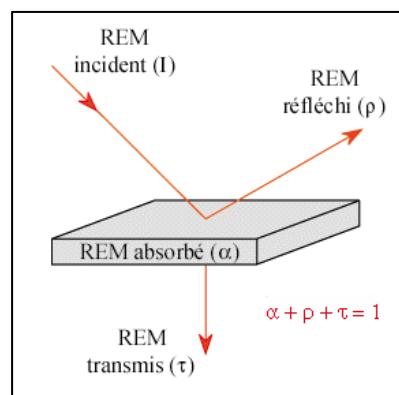


Fig 1 : Le rayonnement électromagnétique.

La radiologie : Spécialité médicale qui utilise des rayons X ou des ultrasons pour obtenir des images d'une partie du corps ou des organes (radiographie, échographie, scanner, IRM).

La radiographie : La radiographie est un examen d'imagerie qui a recours à de petites doses de radiation pour produire des images d'organes et de structures internes du corps.

II. GRANDEUR PHYSIQUE MESUREE EN RADIOLOGIE :

Quand on parle d'imagerie médicale, cela correspond toujours à la mesure d'une grandeur physique, qui n'est pas la même d'une technique à l'autre.

- Pour la radiologie, la grandeur physique est le **coefficients d'atténuation des rayons X (Fig 2)**

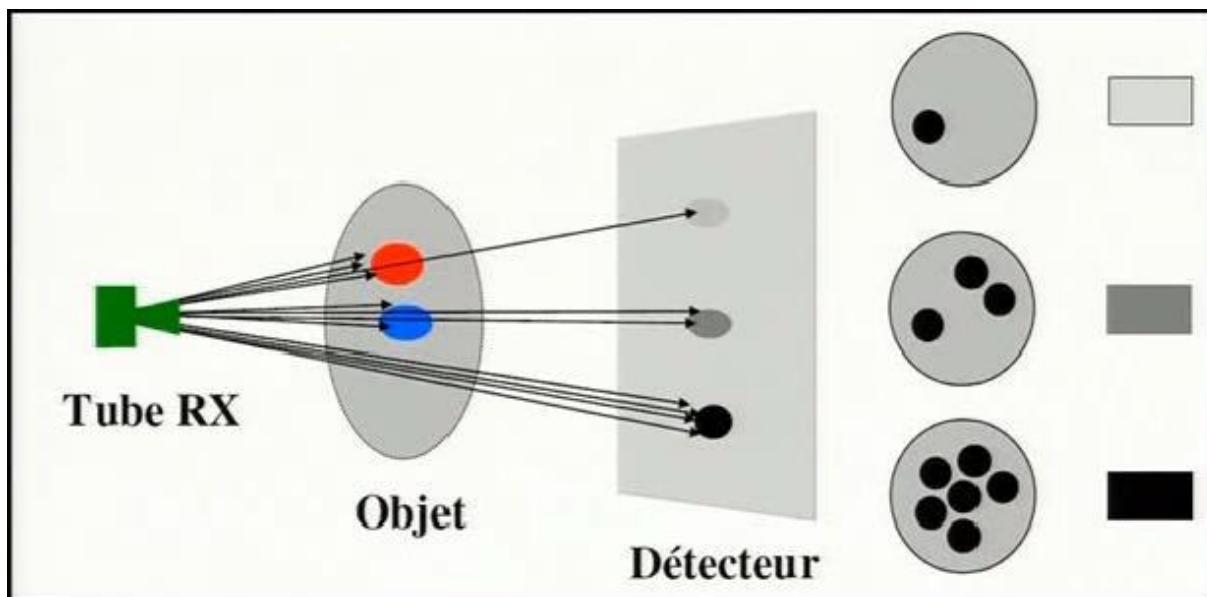


Fig 2 : Les rayons vont traverser les tissus et on va voir sur un récepteur comment ces rayons ont été atténués par la traversée de la matière.

- Pour les ultrasons, la grandeur physique est le **coefficients d'atténuation des ultrasons**
- Pour l'imagerie par résonance magnétique : la grandeur physique est **l'aimantation**

III. PRODUCTION DES RAYONS X

Tube à rayon X :

Les rayons X (**Fig 3**) sont produits dans des tubes à rayons X également appelés tubes de Coolidge ou tubes à cathode chaude.

Le tube est l'élément essentiel d'une chaîne radiogène, il est constitué d'une cathode et d'une anode mis sous vide (dans une enceinte en verre) pour éviter les interactions entre les électrons et l'air, et entouré de plusieurs enveloppes de protection permettant d'assurer une protection thermique, électrique et mécanique.

- **La cathode** est la source des électrons. Il s'agit d'un filament s'échauffe par le passage d'un courant électrique, pour laisser s'échapper les électrons.
- **L'anode** est la cible des électrons et le lieu de production des rayons x.

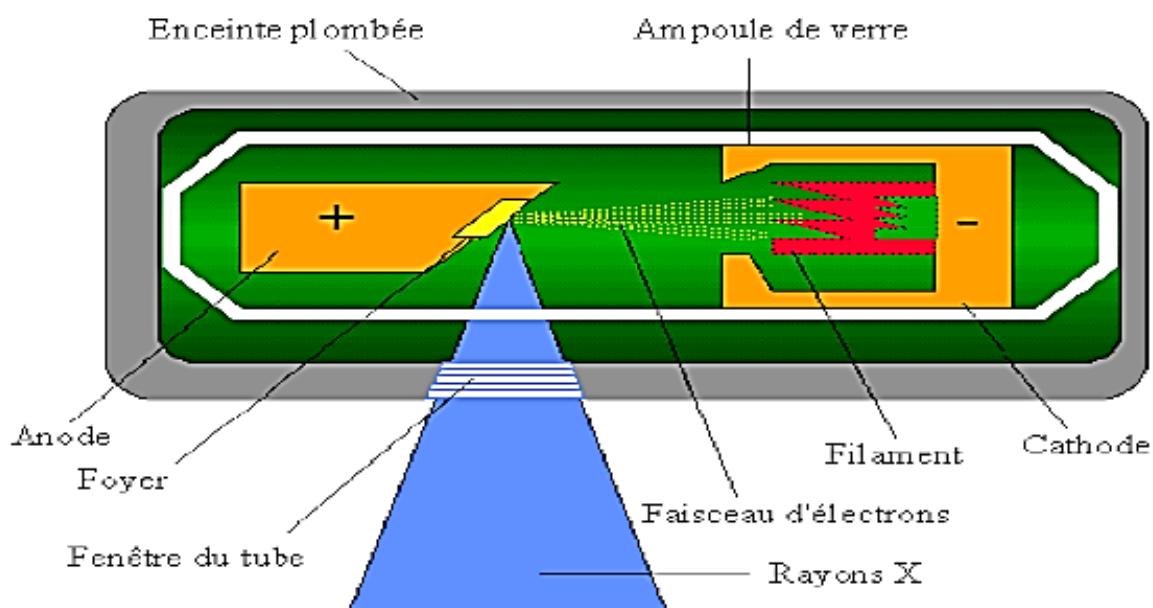


Fig 3 : tube à rayons X

IV. LA DETECTION DE L'IMAGE RADIANTE

L'image radiante, créée, n'est pas directement interprétable cliniquement, et nécessite un détecteur qui reçoit le faisceau à rayon X et le transforme en une image radiologique.

En radiologie, les détecteurs numériques remplacent progressivement le couple écran-film qui a longtemps été, en raison de ses performances, le détecteur de référence.

Le film radiographique permettant d'obtenir une image « figée » (mode statique)

La radiographie numérique fournit directement ou indirectement les données analogiques de l'image à l'ordinateur qui les transforme par calculs en données numériques.

V. MODE DE FORMATION DES IMAGES : Il existe différents processus permettant de former des images :

- **Le processus de transmission** : Des rayons X sont émis par l'appareil et transmit à travers les organes, les tissus. C'est le cas pour la radiographie.
- **Le processus d'émission** : Il y a émission de rayonnement par le patient et c'est cette onde émise qui sera enregistrée. Le patient devient source de rayonnement par injection d'un produit radioactif. C'est le cas pour la scintigraphie et l'IRM.
- **Le processus de réflexion** : Réflexion ultrasonore sur les différentes interfaces rencontrées. C'est le cas pour l'échographie.

VI. IMAGERIE ANALOGIQUE ET IMAGERIE NUMERIQUE

On prend l'exemple de la radiographie conventionnelle : Il y a une source de rayons X, un objet en 3D et un récepteur qui est une plaque photographique.

L'imagerie analogique :

La propriété physique mesurée est l'atténuation des Rx. Elle se mesure par le noircissement de la plaque photographique.

En effet, les Rayons X traversent l'objet (qui est en 3 dimensions) et sont plus ou moins atténués en fonction des tissus traversés.

- Si les rayons sont peu atténués, il y aura un fort noircissement sur la plaque photographique correspondant à l'organe ou au tissu traversé.

- Si les rayons sont très atténués, il y aura un faible noircissement sur la plaque photographique qui apparaitra clair à cet endroit.

Le noircissement est lié à la quantité de rayonnement reçue en ce point.

L'intensité lumineuse varie continument d'un point à l'autre : c'est donc une image analogique.

Il existe 4 degrés d'opacité (Fig 4) :

→ **Osseuse** : les Rayons X traversent peu, il y a donc une forte atténuation, et une image qui apparait clair sur la plaque photographique.

→ **Aqueuse** : Les Rayons X traversent un peu plus.

→ **Graisseuse** : Les rayons sont un peu moins attenues et traversent plus. L'image apparait plus foncée.

→ **Gazeuse** : Les Rayons X traversent le gaz et sont donc peu atténués : l'image apparait noire. C'est le cas des poumons qui apparaissent noirs sur une radiographie.

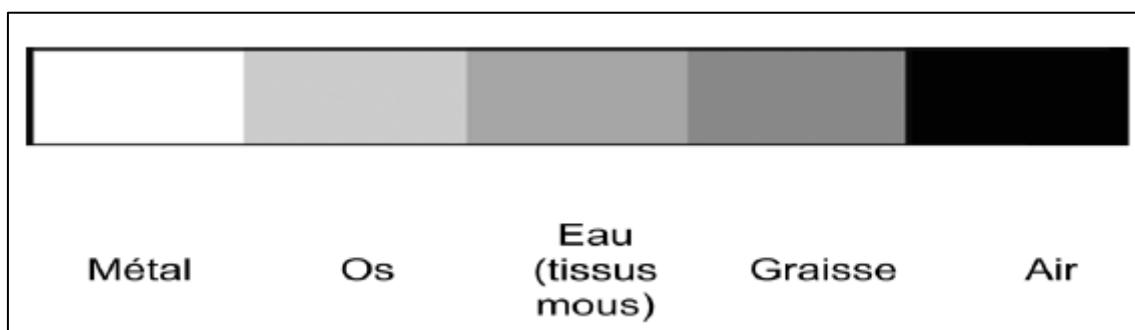


Fig 4 : les degrés d'opacité en radiographie.

L'imagerie numérique :

- Numérisation :

On peut numériser les images (digitalisation en anglais), c'est à dire transformer l'information initiale en une matrice de nombre. On peut donc passer d'une image analogique à une image numérique par la numérisation.

Dans la numérisation, il y a deux étapes :

- **Un codage spatial (échantillonnage spatial)** : L'image va d'abord être divisée en pixels (picture elements) qui sont des petites surfaces élémentaires de l'image.
- **Un codage en intensité (quantification)** : Dans chaque pixel on va pouvoir mettre un nombre qui correspond à la valeur moyenne de l'intensité en ce point.

On se retrouve alors avec une **matrice de nombre** qui comprend la **totalité des renseignements nécessaires**. On enregistre donc ces nombres à l'aide d'ordinateurs (Ainsi l'imagerie médicale c'est beaucoup développée parallèlement au développement des ordinateurs), on est alors capable de **retranscrire** cette matrice de nombre en une **image visuelle**. Pour ce faire, on associe chaque nombre enregistré à un niveau de gris.

On a donc une intensité qui varie par palier, les images numériques contiennent donc une information discrète et non continue.

- Les avantages de l'imagerie numérique :

- On peut **stocker toutes ces matrices** de nombres et les utiliser quand il y a besoin. Il y a donc un rôle essentiel de l'informatique qui a permis de stocker de plus en plus de matrice grâce à une mémoire importante.
- Analyse plus précise que la simple analyse visuelle.

- Méthodes qui permettent d'obtenir des images numériques (2 groupes) :

- L'image numérisée est formée à partir d'une information analogique. (Ex : Radiographie)
- L'image est obtenue directement sous la forme numérique. (Ex : TDM, IRM)

Pour ce faire, on a un objet en 3 dimensions, qu'on fragmente en une succession d'épaisseurs. On fait donc des **coupes** d'une certaine épaisseur, et dans ces coupes il y a des éléments de volume qu'on appelle voxels (volume elements). A chaque voxel de l'objet correspond un pixel de l'image.

Chaque voxel atténué d'une certaine manière les rayons X, et c'est cette atténuation du voxel qu'on retrouve dans le pixel correspondant sous forme d'une information numérique (d'un nombre).

Dans la TDM, Le pixel traduit ainsi l'atténuation du voxel correspondant.

- **Création de l'image numérique**

Il y a une chaîne de création de l'image numérique.

Un paramètre physique donne une grandeur électrique captée par un capteur. Ce capteur va alors permettre de moduler l'image donc de faire :

- Amplifications
- Filtrage
- CAN (Convertisseur analogique numérique)

Puis, à partir de l'ordinateur, on peut visualiser l'image, et stocker les images grâce à leur mémoire de masse.

Convertisseur analogique-numérique

Dans une image, on peut avoir beaucoup de niveaux de gris, ce qui rend l'image encore plus précise.

La représentation est binaire à l'intérieur de l'ordinateur, c'est à dire que l'on utilise que des 0 et des 1.

En général, on utilise un convertisseur à plusieurs chiffres (n chiffres) que l'on appelle les bits. Un convertisseur à n chiffre possède 2^n niveau de gris.

- Si on a un convertisseur à $n=1$ chiffre, il y aura 2 valeurs : 0 et 1. Il y aura alors **2 niveaux de gris**.
- Si on a un convertisseur à $n=2$ chiffres, il y aura 4 valeurs : 00, 01, 10, 11. Il y aura alors **4 niveaux de gris**.

- Si on a un convertisseur à $n=8$ chiffres, il y aura alors 2^8 valeurs, donc 2^8 niveaux de gris, soit **256 niveaux de gris.** (Cas le plus courant en imagerie)

→ C'est cette série de 8 chiffres qui va nous permettre de préciser quelle est l'intensité dans chaque pixel. Pour un seul pixel il faudra 8 chiffres pour préciser lequel des niveaux de gris est en question parmi les 256 niveaux de gris possible (De 0 à 255).

VII. IMAGERIE PLANE ET IMAGERIE TOMOGRAPHIQUE

Il existe des images planes et des images tomographiques, qui ne correspondent pas du tout à la même interprétation.

On peut utiliser des Rayons X pour des images planes ou tomographiques.

Imagerie plane

L'imagerie plane correspond au fait de projeter tout le volume sur un plan, et donc d'obtenir une image en 2D qui correspond à une projection. On peut donner comme exemple d'imagerie plane :

- la rétro-alvéolaire dentaire

L'imagerie tomographique

«**Tomo**» signifie coupe, se sont donc des images en coupe. Le volume a donc été divisé, et on obtient une image pour chacune des coupes. On peut donner comme exemple d'imagerie tomographique :

- La **TDM** (ou scanner, tomographie par transmission)
- L'**IRM** (immédiatement image en coupe, l'image plane ne donnerait pas d'informations intéressantes).

CONCLUSION :

Depuis la découverte des rayons X, de nombreux changements et améliorations nous sont parvenus à travers les années, pour faire aujourd'hui de ce phénomène un moyen de diagnostic indispensable à la médecine moderne.