

PRINCIPES FONDAMENTAUX DE LA RADIOLOGIE

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

UNIVERSITÉ D'ALGER 1 FACULTÉ DE MÉDECINE ZIANIA
DÉPARTEMENT DE MÉDECINE DENTAIRE

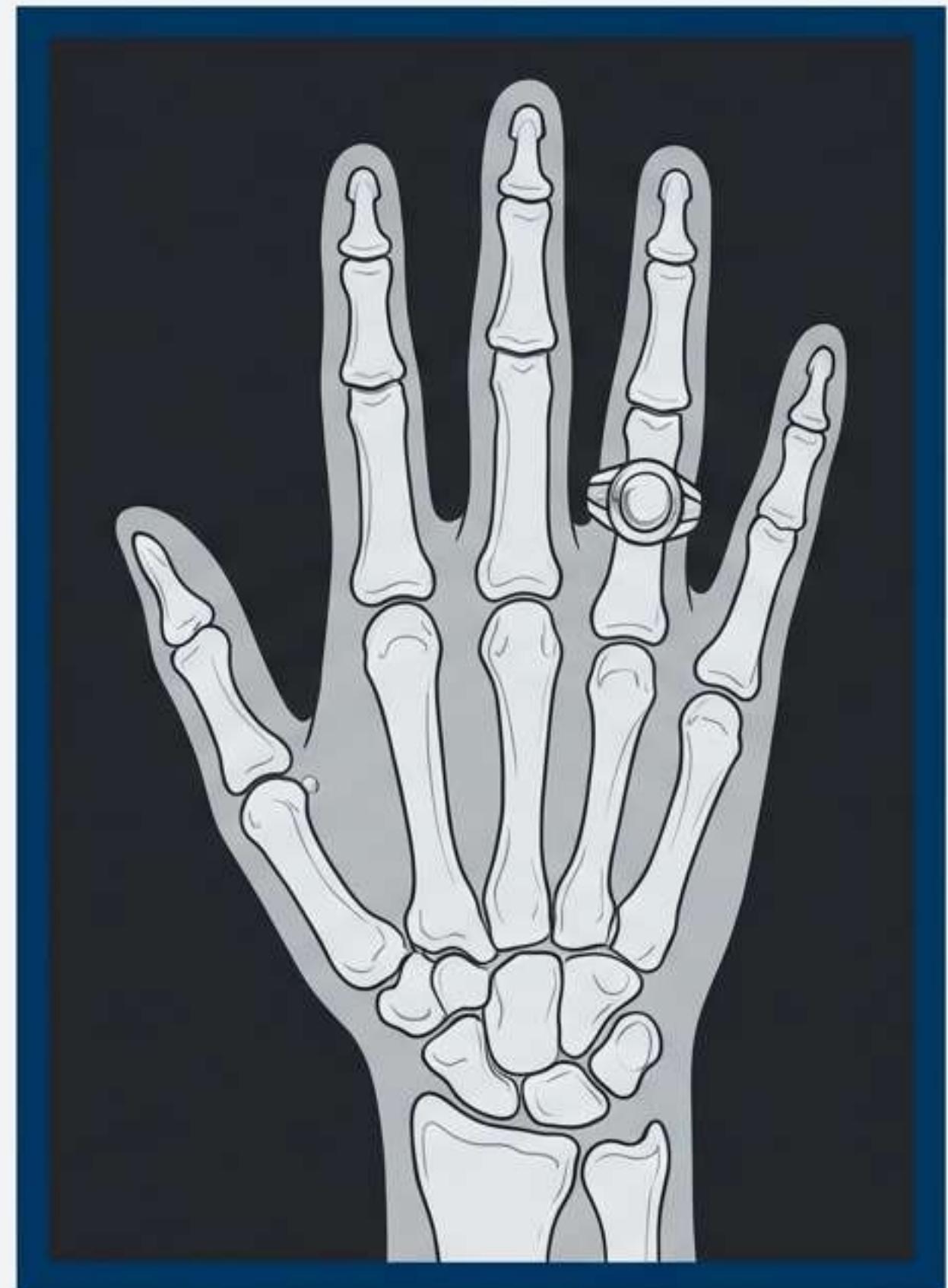
Dr. GASMI.B / HCA
Année Académique: 2024/2025

Une découverte qui a changé la médecine

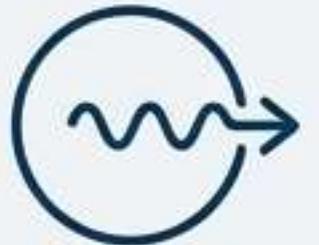
L'histoire de l'imagerie médicale a à peine plus d'une centaine d'années. Elle a comporté des va-et-vient permanents entre la physique, l'anatomie, la biologie, la chimie et les spécialités médicales qui soulignent son caractère profondément pluridisciplinaire.

La Découverte Fondamentale

- **Qui:** Le professeur W. Roentgen
- **Quand:** Novembre 1895
- **Quoi:** Découverte d'une nouvelle radiation pénétrante produite par des décharges électriques dans un tube électronique à vide.
- **Première image:** Il observe le squelette de sa main sur un écran fluorescent et enregistre cette image sur une plaque photographique.
- **Reconnaissance:** Reçoit le prix Nobel en 1901 pour cette découverte fondamentale.



Les Briques Élémentaires de l'Image



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



Le Rayon X: Est un rayonnement électromagnétique [Q5] composé de photons.



La Radiographie: Un examen d'imagerie qui a recours à de petites doses de radiation ionisantes (rayon X) pour produire des images d'organes et de structures internes du corps.



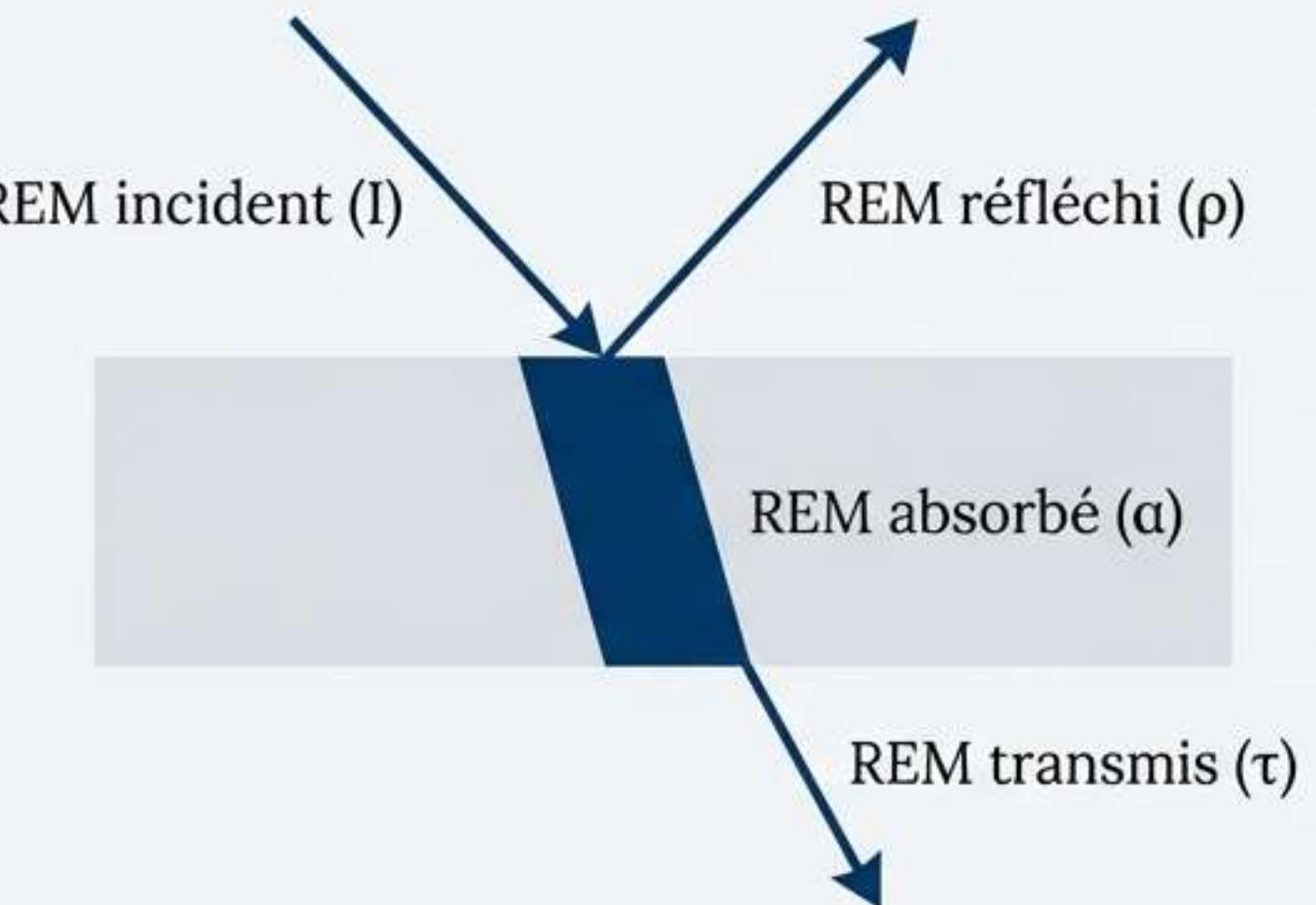
La Radiologie: Spécialité médicale qui utilise des rayons ou des ultrasons pour obtenir des images d'une partie du corps ou des organes (radiographie, échographie, scintigraphie, scanner, IRM).

L'Interaction du Rayonnement avec la Matière

Principe du Rayonnement Électromagnétique (REM)

Lorsqu'un rayonnement électromagnétique atteint un objet, des interactions se produisent en fonction des propriétés de la cible.

- Une partie du rayonnement est **réfléchie (ρ)**.
- Une autre partie est **absorbée (α)**.
- Une partie peut éventuellement être **transmise (τ)** à travers l'objet.

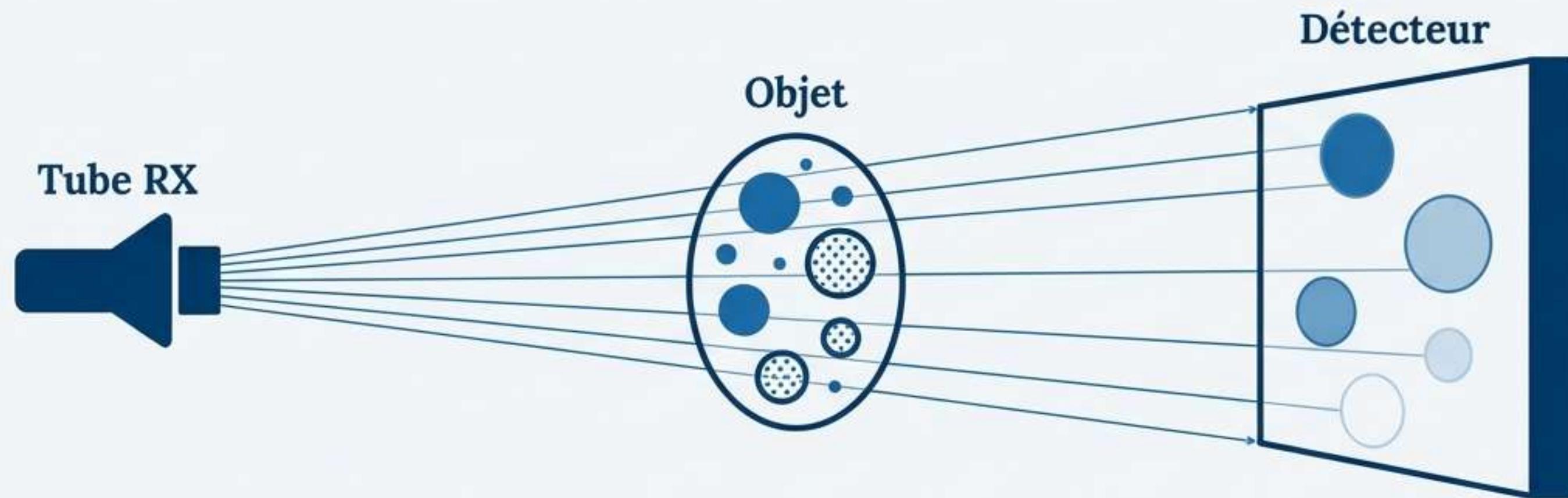


$$\alpha + \rho + \tau = 1$$

La Grandeur Physique au Cœur de l'Image

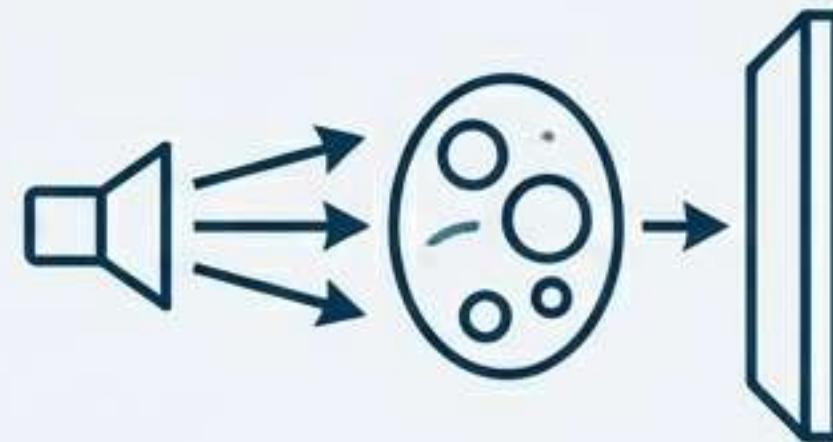
En imagerie médicale, on mesure toujours une grandeur physique spécifique à la technique.

- **Radiologie:** La grandeur physique est le coefficient d'atténuation des rayons X. [Q4]
 - Les rayons traversent les tissus et on mesure comment ils ont été atténués.
- **Ultrasons:** La grandeur physique est le coefficient d'atténuation des ultrasons. [Q4]
- **Imagerie par Résonance Magnétique (IRM):** La grandeur physique est l'aimantation. [Q4]



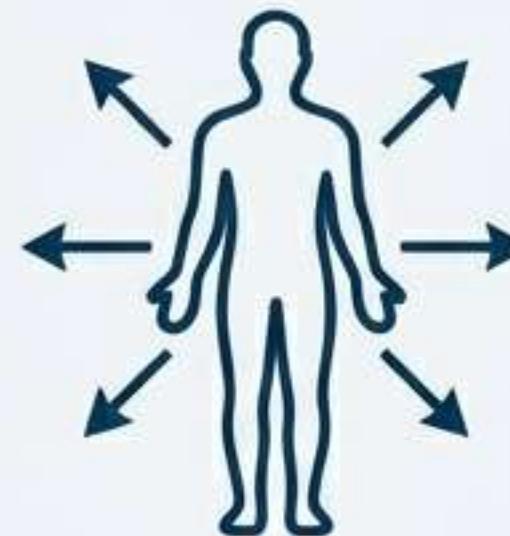
Le Tube RX émet des rayons qui traversent l'Objet. Le DéTECTEUR mesure l'atténuation de ces rayons pour former une image.

Trois Processus pour Former une Image



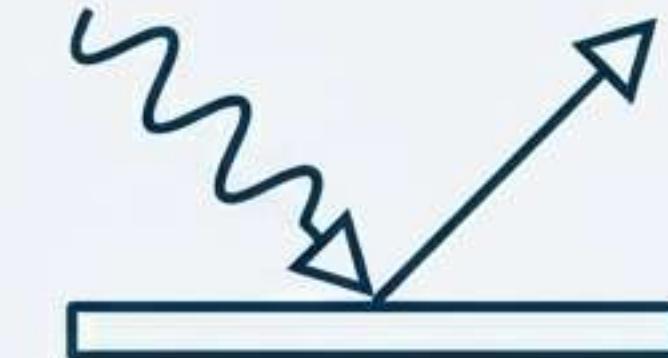
1. Le Processus de Transmission

- Des rayons X sont émis par un appareil et **transmis** à travers les organes et les tissus.
- **Exemple:** La radiographie. [Q15]



2. Le Processus d'Émission

- Le patient lui-même **émet** un rayonnement qui est ensuite enregistré.
- **Exemples:** La scintigraphie [Q15] et l'**IRM**



3. Le Processus de Réflexion

- Une onde est émise et on enregistre sa **réflexion** sur les différentes interfaces internes.
- **Exemple:** L'échographie (réflexion ultrasonore). [Q15]

Panorama des Autres Modalités d'Imagerie

- Scintigraphie (Émission)**
- Des rayons gamma sont émis par un **traceur radioactif** injecté dans le corps.
 - Le patient devient **la source de rayonnement**.
-

Imagerie par Résonance Magnétique (IRM) (Émission)

- Utilise un **fort champ magnétique** et des **ondes radio [Q16]** qui interagissent avec les **atomes d'hydrogène (protons) [Q16]** du corps.
 - Ces atomes émettent un signal de résonance.
 - **L'IRM n'utilise pas de rayons X.**
-

Échographie (Réflexion)

- Une sonde (transducteur) émet des **ultrasons**.
- Les ondes sont **réfléchies** (échos) par les structures internes et captées par la sonde.
- L'ordinateur génère une image en temps réel.

L'Image Analogique : L'Art du Noircissement



Le Principe de Base

La propriété physique mesurée est l'atténuation des Rx.
Elle se mesure par le noircissement de la plaque photographique. [Q17]

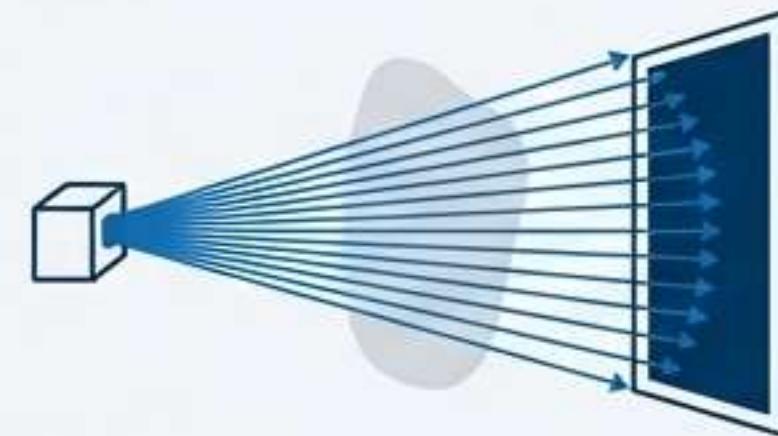
Définition Clé

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

La Logique de l'Image

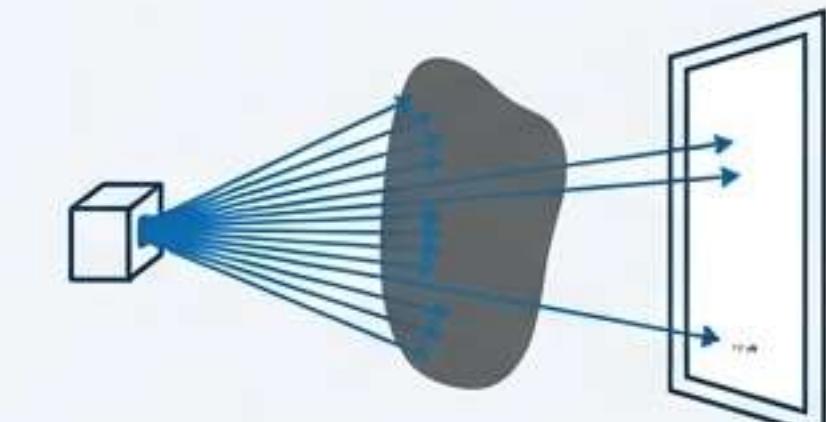
La propriété physique mesurée est l'atténuation des Rx. Elle se mesure par le noircissement de la plaque photographique. [Q17]

Faible Atténuation



Rayons peu atténués
(traversent facilement) →
Fort noircissement → **Zone radio-claire** (noire). [Q10]

Forte Atténuation

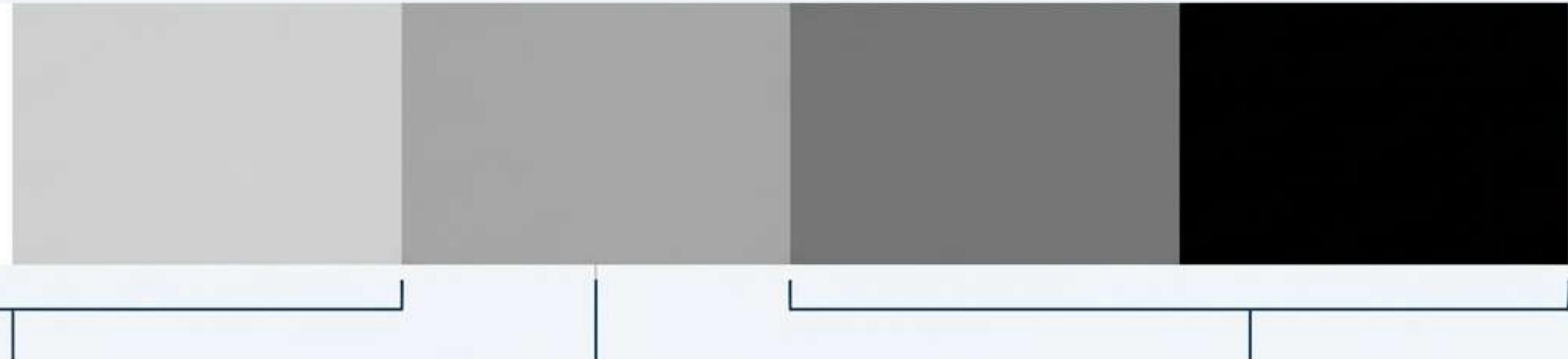


Rayons très atténués (très absorbés) →
Faible noircissement →
Zone radio-opaque
(claire/blanche). [Q10] [Q17]

L'Image Radiante

L'image radiante, créée, n'est pas directement interprétable cliniquement [Q1] et nécessite un détecteur pour la transformer en image radiologique.

Les Quatre Degrés Fondamentaux d'Opacité



Radio-opacité (Forte atténuation)

Blanc: Métal, Os [Q11]. Les rayons X traversent peu. Ce sont des structures résistantes au passage des rayons X. [Q13]

Intermédiaire

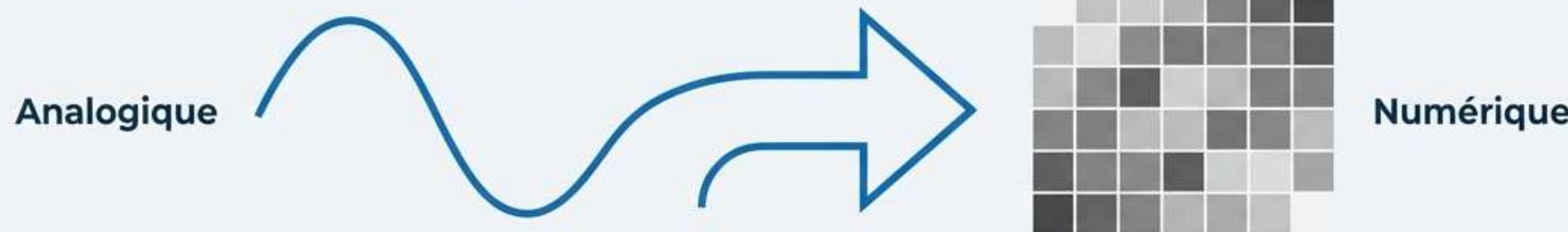
Gris clair: Eau (tissus mous)
Gris foncé: Graisse

Radio-clarté (Faible atténuation)

Noir: Air (Gazeux). Les rayons X traversent facilement. Exemple : les poumons, les fosses nasales [Q12].

Radiographie	Atténuation	Termes descriptifs
Blanc	Forte	Radio-opacité
Gris	Moyenne	Intermédiaire
Noir	Faible	Radio-clarté

La Révolution Numérique : De l'Analogique au Digital

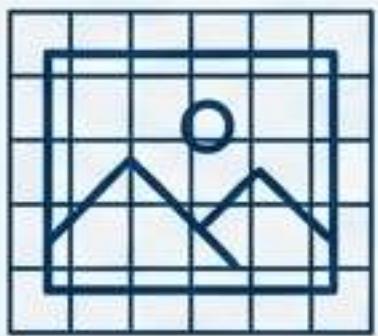


Définition de la Numérisation :

- Transformer l'information initiale en une matrice de nombres.
- Utilise un procédé informatique pour le traitement d'image. [Q6]

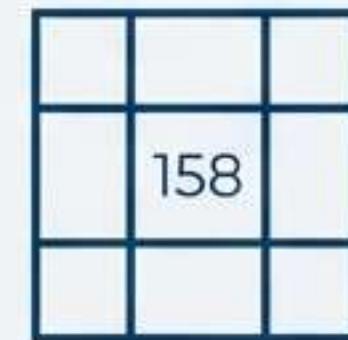
Les Deux Étapes de la Numérisation :

1. Codage Spatial (Échantillonnage)



L'image est divisée en pixels (picture elements), qui sont des petites surfaces élémentaires.

2. Codage en Intensité (Quantification)



Dans chaque pixel, on assigne un nombre qui correspond à la valeur moyenne de l'intensité lumineuse en ce point.

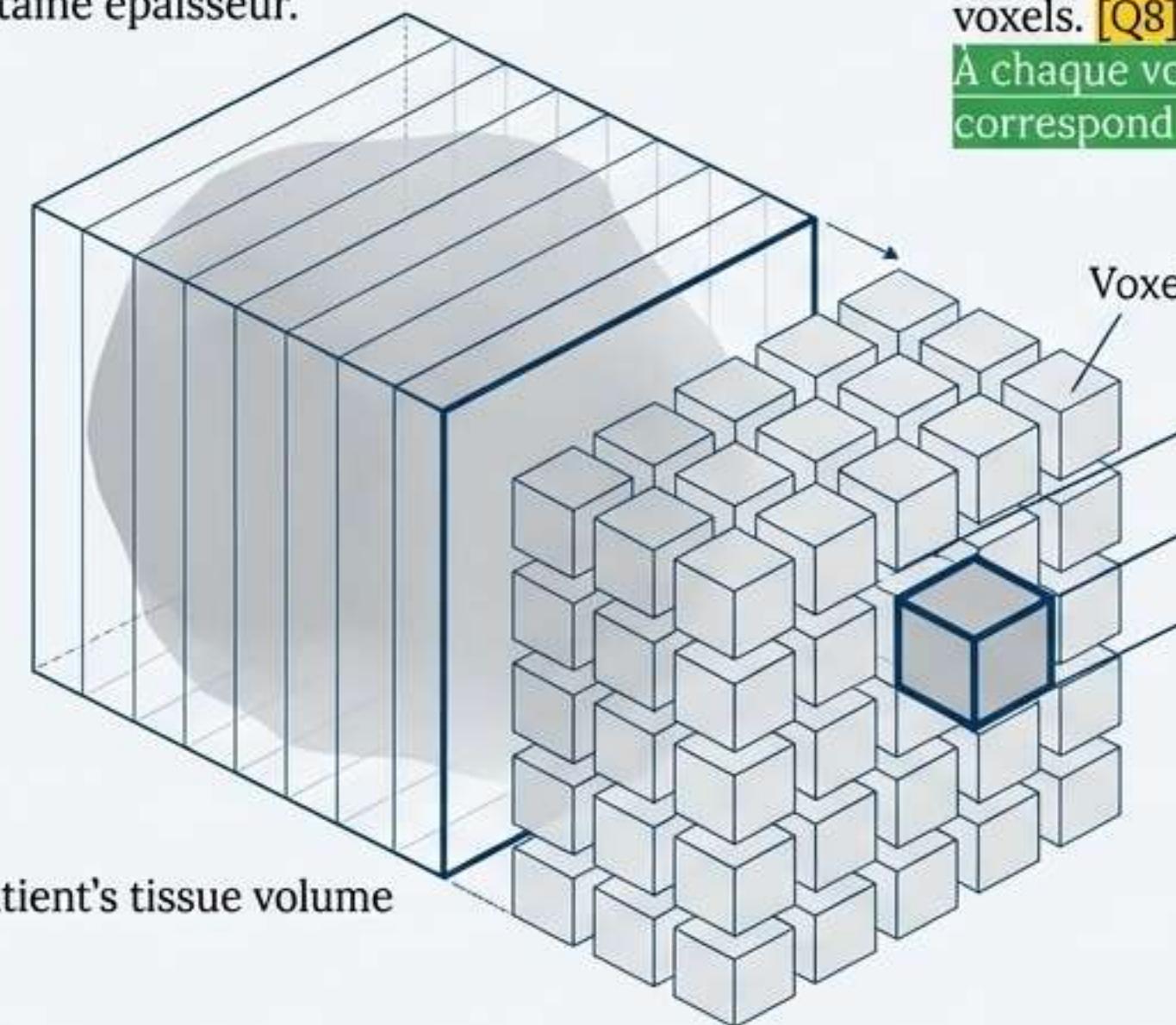
Le Résultat : Une matrice de nombres contient tous les renseignements de l'image. L'information est **discrète** (par paliers) et non continue.

Système Numérique : Remplace le couple écran-film par des détecteurs numériques [Q6] ou des capteurs [Q7]. Permet une visualisation instantanée. [Q6]

Au-delà du Pixel : Le Voxel et la Troisième Dimension

De la 2D à la 3D:

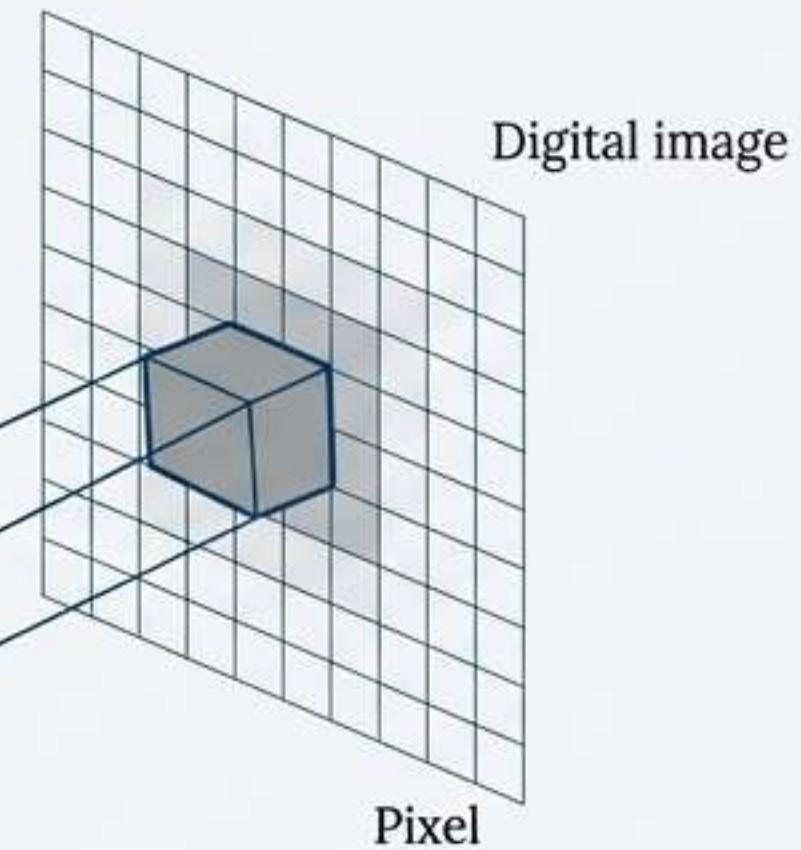
Pour numériser un objet en 3D, on le fragmente en une succession de coupes d'une certaine épaisseur.



Le Voxel (Volume Element):

Dans ces coupes, il y a des éléments de volume qu'on appelle voxels. [Q8]

A chaque voxel de l'objet correspond un pixel de l'image.



La Correspondance Voxel-Pixel:

Chaque voxel atténue les rayons X d'une certaine manière. Cette information d'atténuation du voxel est traduite en une valeur numérique (un nombre) dans le pixel correspondant.

Exemple (TDM):

Le pixel traduit l'atténuation du voxel correspondant.

La Création de l'Image Numérique : Bits et Niveaux de Gris

La Chaîne de Création



Le Convertisseur Analogique-Numérique

- La représentation dans l'ordinateur est **binaire** (utilise des 0 et des 1).
- Un convertisseur utilise **n chiffres binaires (bits)** pour coder l'intensité.
- Un convertisseur à **n bits** possède **2ⁿ niveaux de gris**.

Exemples Pratiques

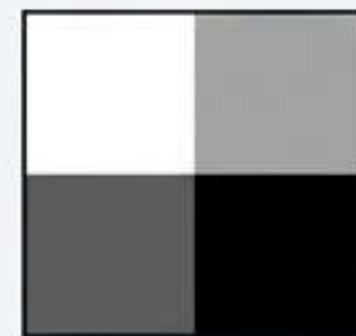
n = 1 bit

$2^1 = 2$ niveaux de gris



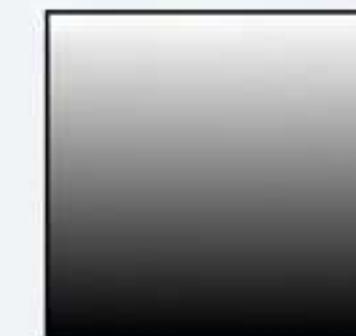
n = 2 bits

$2^2 = 4$ niveaux de gris



n = 8 bits

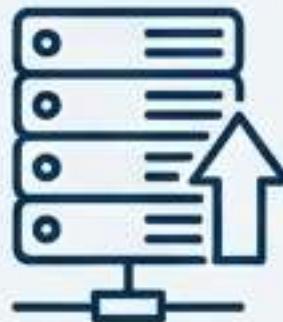
$2^8 = 256$ niveaux de gris



(Cas le plus courant en imagerie).

Pour un seul pixel, il faut 8 chiffres (un octet) pour coder son niveau de gris parmi 256 possibilités.

Les Avantages Clés de l'Imagerie Numérique



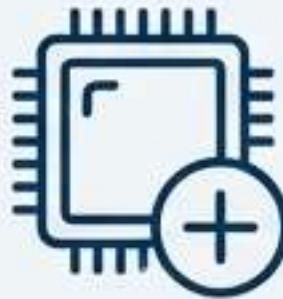
1. Stockage et Accessibilité

- Les matrices de nombres peuvent être stockées massivement sur des mémoires informatiques.
- Facilite l'archivage et la consultation des images.



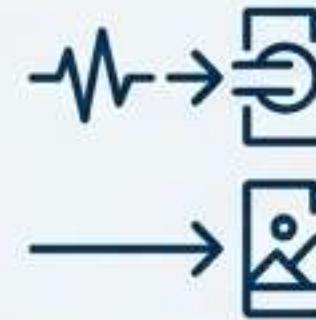
2. Analyse Améliorée

- Permet une analyse plus précise que la simple analyse visuelle (possibilité de post-traitement, mesures, etc.).



3. Performance des DéTECTEURS

- Les capteurs numériques sont souvent plus sensibles que les films conventionnels [Q9], ce qui peut permettre une réduction de la dose de radiation.

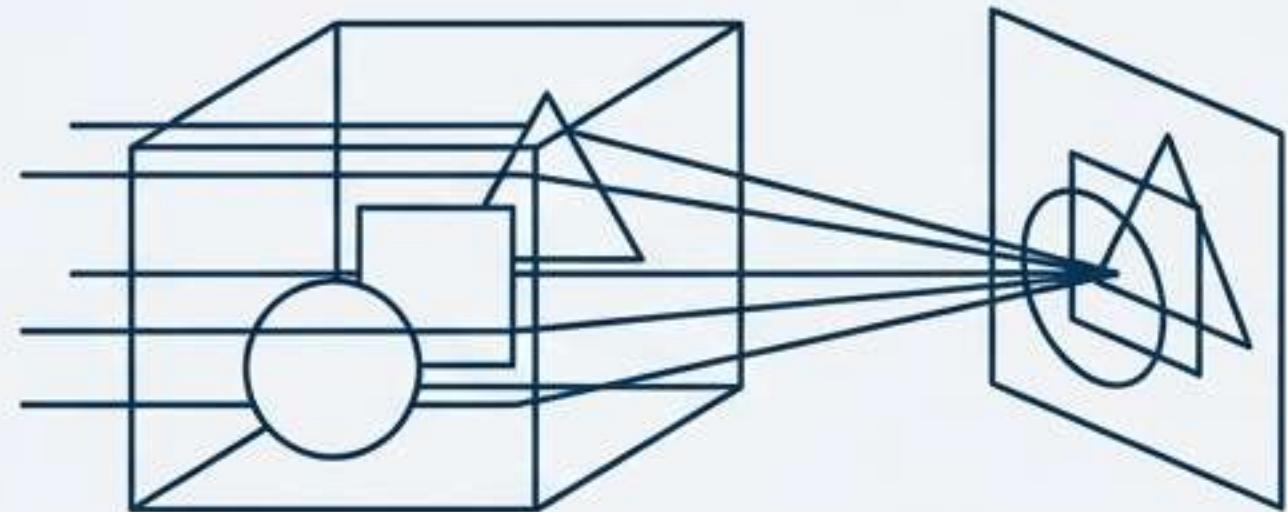


4. Méthodes d'Acquisition

- Image numérisée: Une information analogique (ex: radiographie standard sur film) est scannée pour devenir numérique.
- Image nativement numérique: L'image est obtenue directement sous forme de matrice de nombres (ex: TDM, IRM).

Imagerie Plane vs. Tomographique : Deux Façons de Voir

Imagerie Plane (Projection 2D)

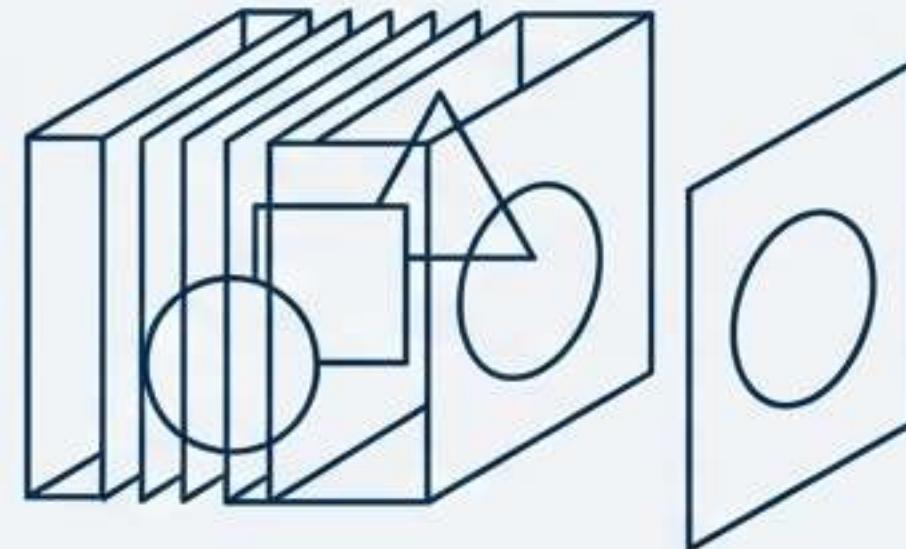


Principe: Projeter tout le volume sur un plan unique.

Résultat: Une image en 2D qui est une superposition de toutes les structures traversées.

Exemple en Odontologie: La radiographie rétro-alvéolaire.

Imagerie Tomographique (Coupes)



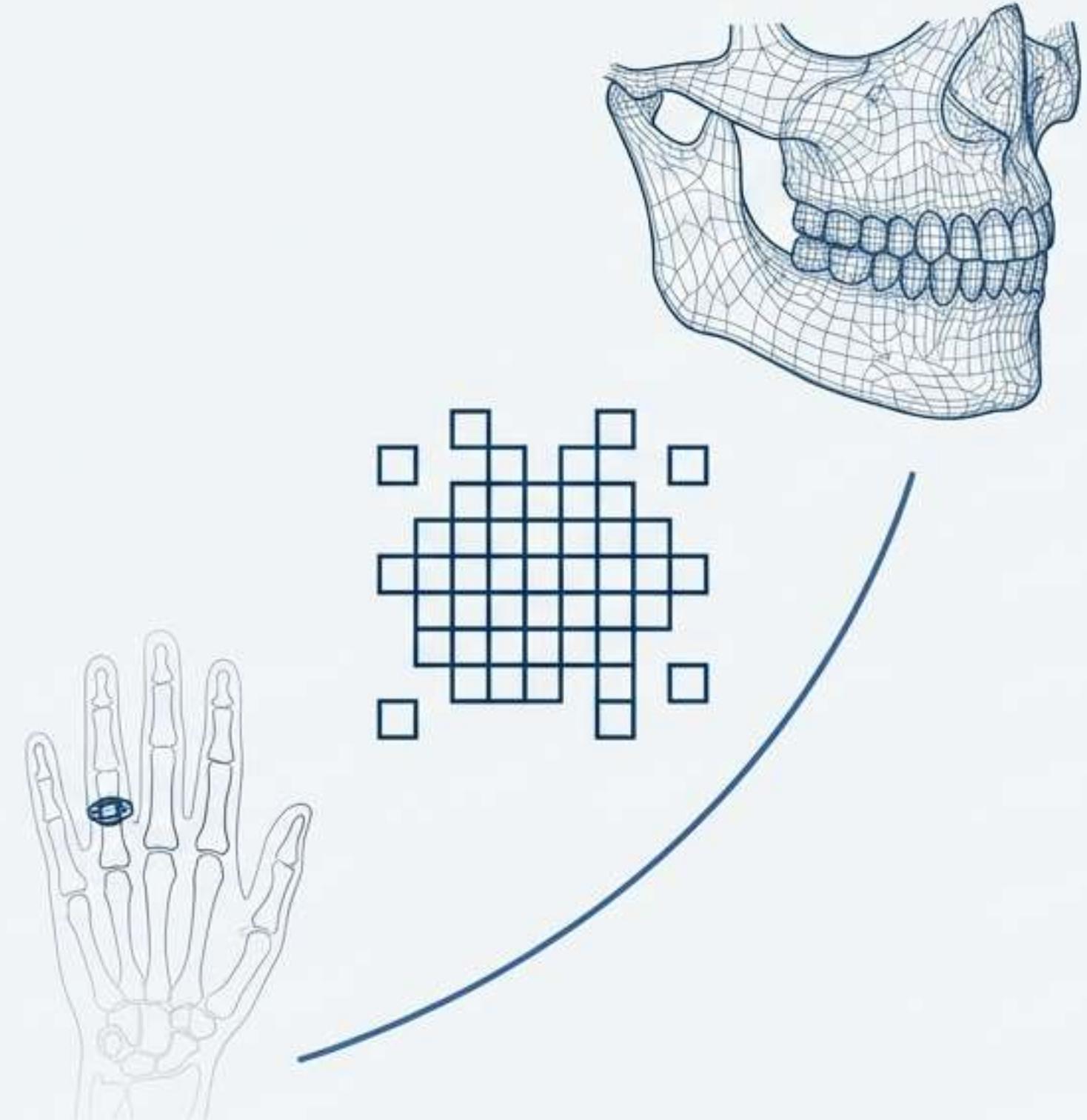
Principe: "Tomo" signifie coupe. Le volume a été divisé en tranches, et on obtient une image pour chacune des coupes. [Q14]

Résultat: Des images en coupe qui éliminent la superposition des structures.

Exemples: La **TDM** (tomodensitométrie ou scanner). L'**IRM** (qui est immédiatement une image en coupe).

De l'Ombre de Roentgen à l'Image Numérique 3D

- La radiologie a parcouru un chemin immense depuis la découverte des rayons X en 1895.
- Les principes fondamentaux d'**atténuation** restent au cœur de la formation de l'image.
- La transition de l'**analogique** au **numérique** a révolutionné le stockage, l'analyse et la précision du diagnostic.
- La distinction entre imagerie **plane** et **tomographique** est essentielle pour le choix de l'examen et l'interprétation clinique.



La maîtrise de ces principes est indispensable pour utiliser la radiologie comme un moyen de diagnostic puissant et précis en médecine moderne.