



Université Mohamed Seddik Ben Yahia – Jijel
Faculté des Sciences Exactes et Informatique
Département Physique.

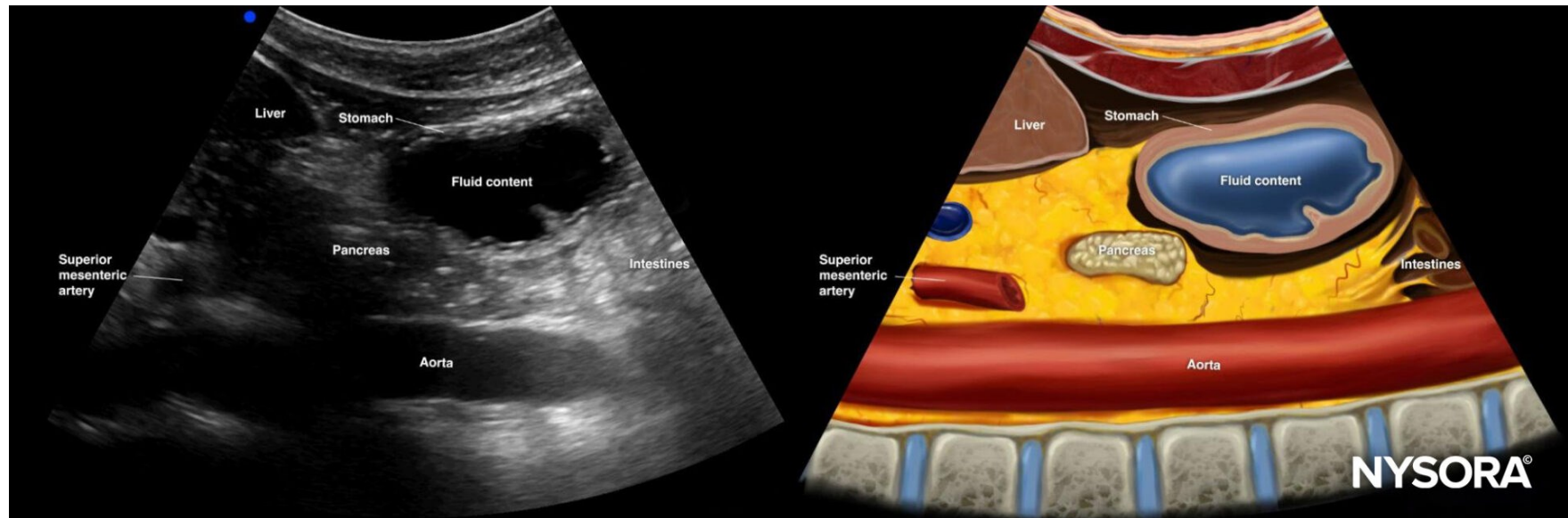


Physique Médicale

Master : Physique des Rayonnements
Semestre : S6
Enseignant : Dr. YAHIAOUI Mohamed Laid

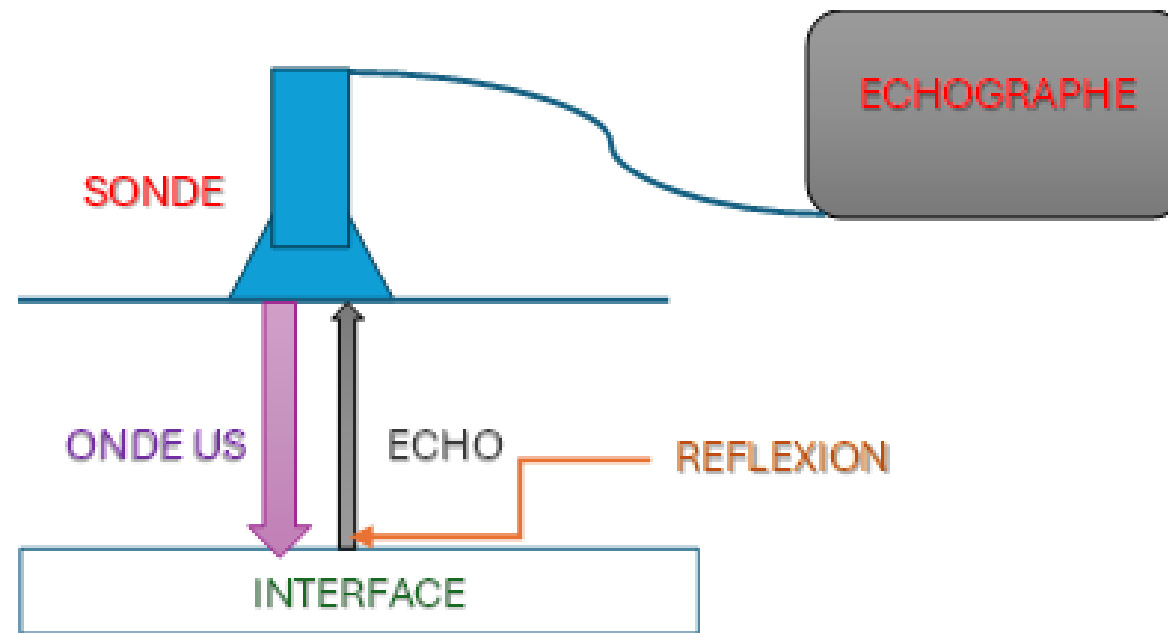
Définition

- L'échographie est une technique d'imagerie médicale qui utilise des ondes sonores de haute fréquence (**ultrasons**) pour produire des images des structures internes du corps humain. Les ultrasons sont totalement **inoffensifs** et permettent une visualisation en temps réel des tissus mous.



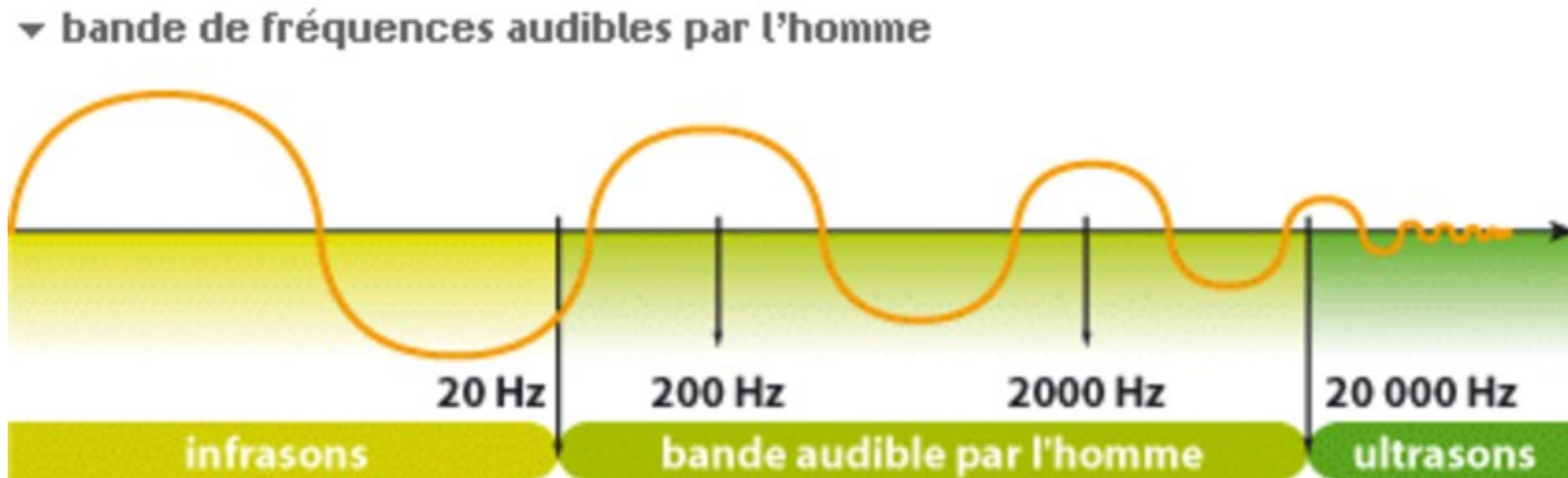
Principe de l'Échographie

L'appareil d'échographie émet des ultrasons à travers une sonde. Ces ondes se propagent dans les tissus et, lorsqu'elles rencontrent une structure (tissu, organe, etc.), elles **sont partiellement réfléchies** vers la sonde. Les échos renvoyés sont ensuite convertis en une image visible sur l'écran.



Nature des Ultrasons

- Les ultrasons sont des ondes sonores ayant des fréquences supérieures à 20 kHz, au-delà de la capacité d'audition humaine.
- En imagerie médicale, les fréquences des ultrasons varient généralement entre 2 et 15 MHz.



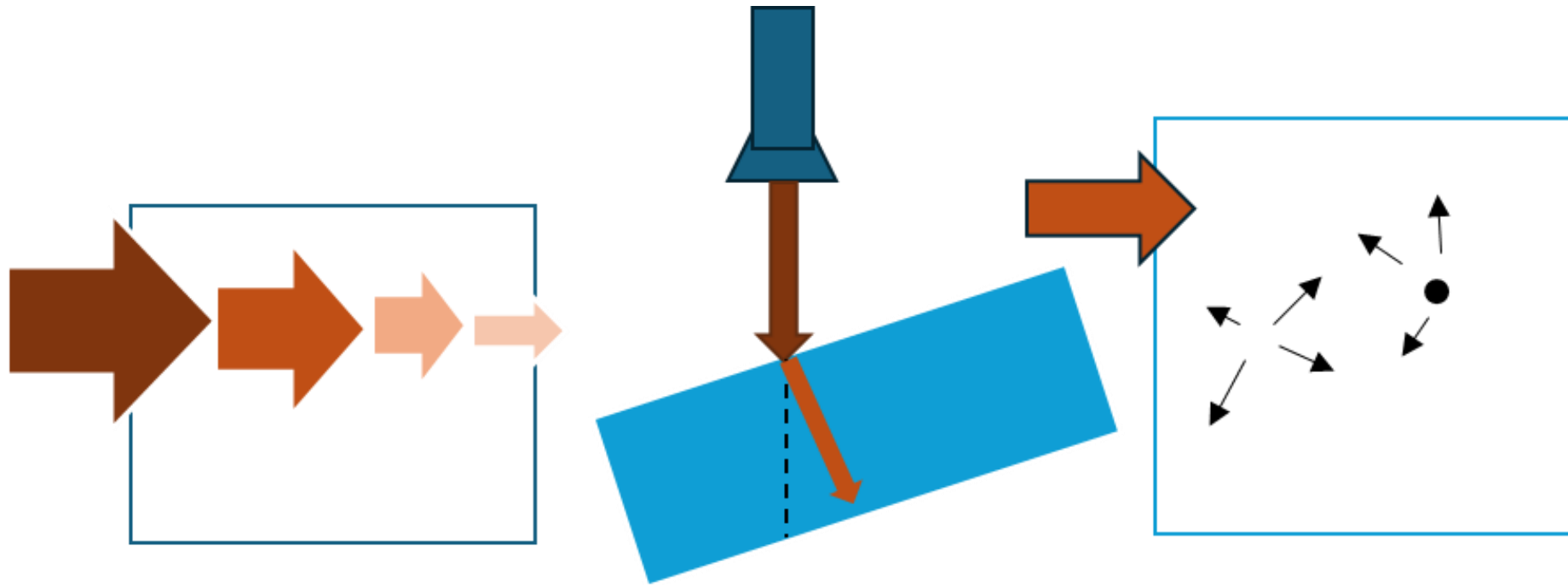
Nature des Ultrasons

- Les ultrasons sont des ondes mécaniques longitudinales qui nécessitent un milieu matériel pour se propager (par exemple, des tissus biologiques, de l'eau ou de l'air). Ils se propagent par une succession de compressions et de décompressions du milieu traversé.



Propagation des Ultrasons dans les Tissus

- La propagation des ultrasons dans les tissus biologiques est régie par plusieurs facteurs, tels que la densité et l'élasticité du milieu.

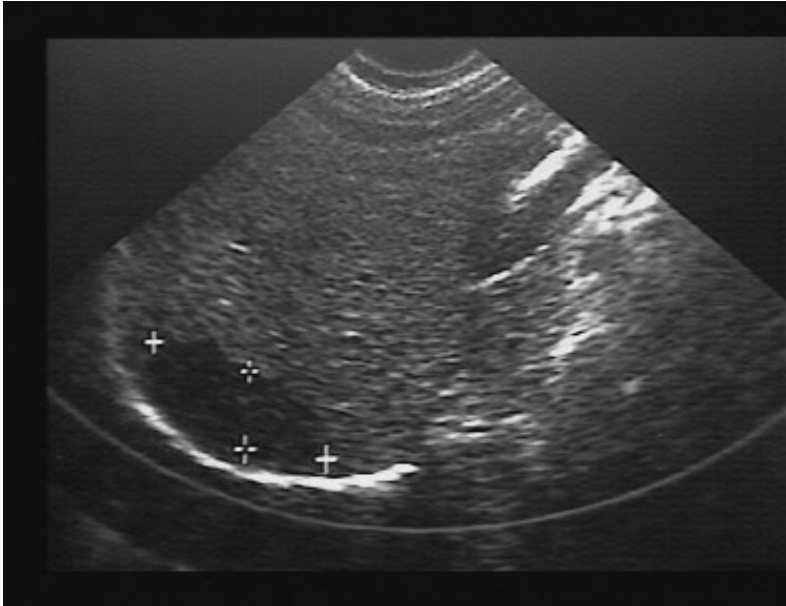


Vitesse de Propagation

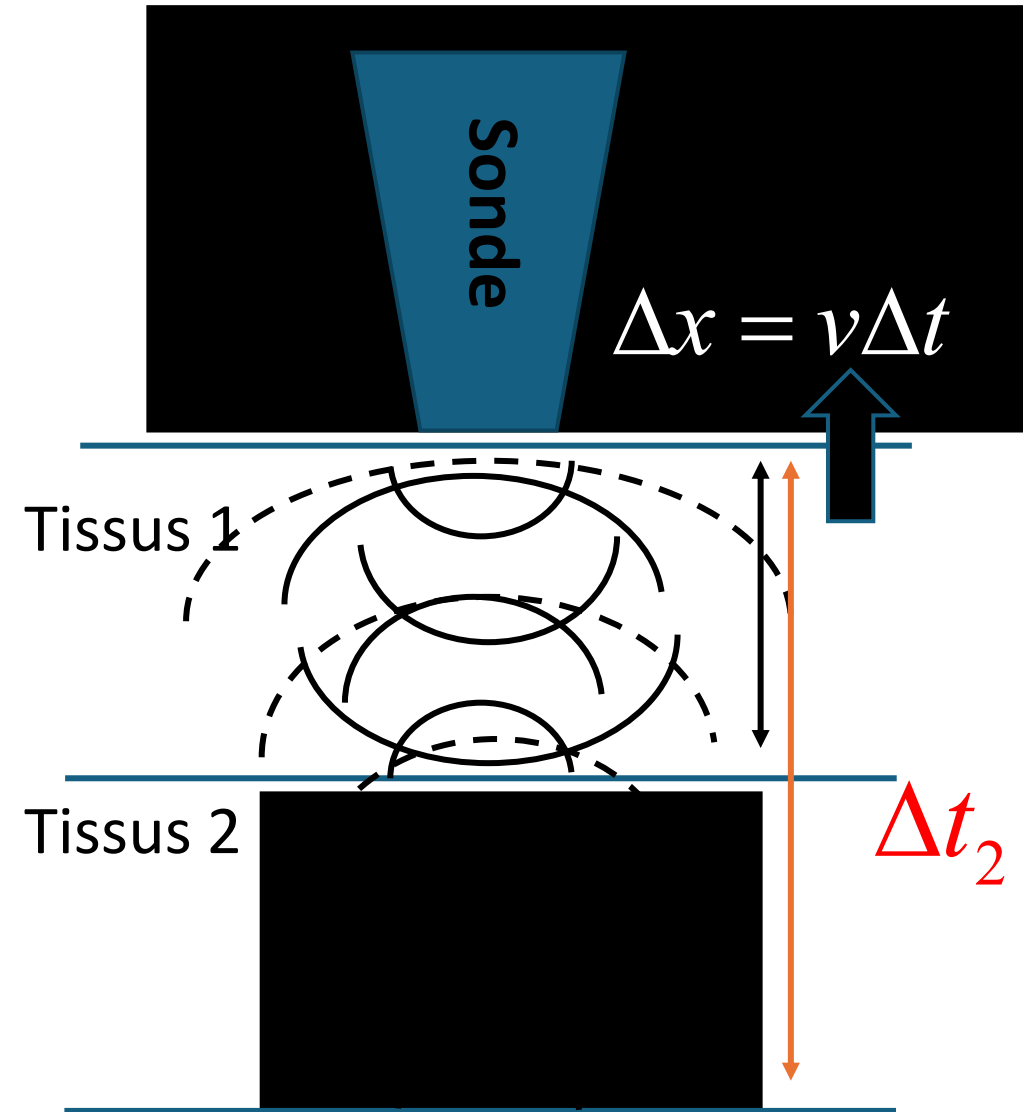
- La vitesse de propagation des ultrasons **dépend** du type de milieu traversé. Par exemple, elle est d'environ 1540 m/s dans les tissus mous, de 330 m/s dans l'air et peut atteindre jusqu'à 4000 m/s dans les os. La vitesse de propagation est influencée par les propriétés physiques **du milieu**, notamment **la densité** et la **compressibilité**.

Réflexion et Transmission

- Lorsque les ultrasons rencontrent une interface entre deux milieux de propriétés acoustiques différentes (comme entre les muscles et la graisse, ou entre le foie et les os), une partie des ondes est réfléchiée et l'autre partie est transmise. Cette réflexion est essentielle en échographie, car elle permet de créer les images en utilisant les échos retournés vers la sonde.



- Fraction d'onde réfléchi/transmise dépend des tissus 1 et 2



Impédance Acoustique

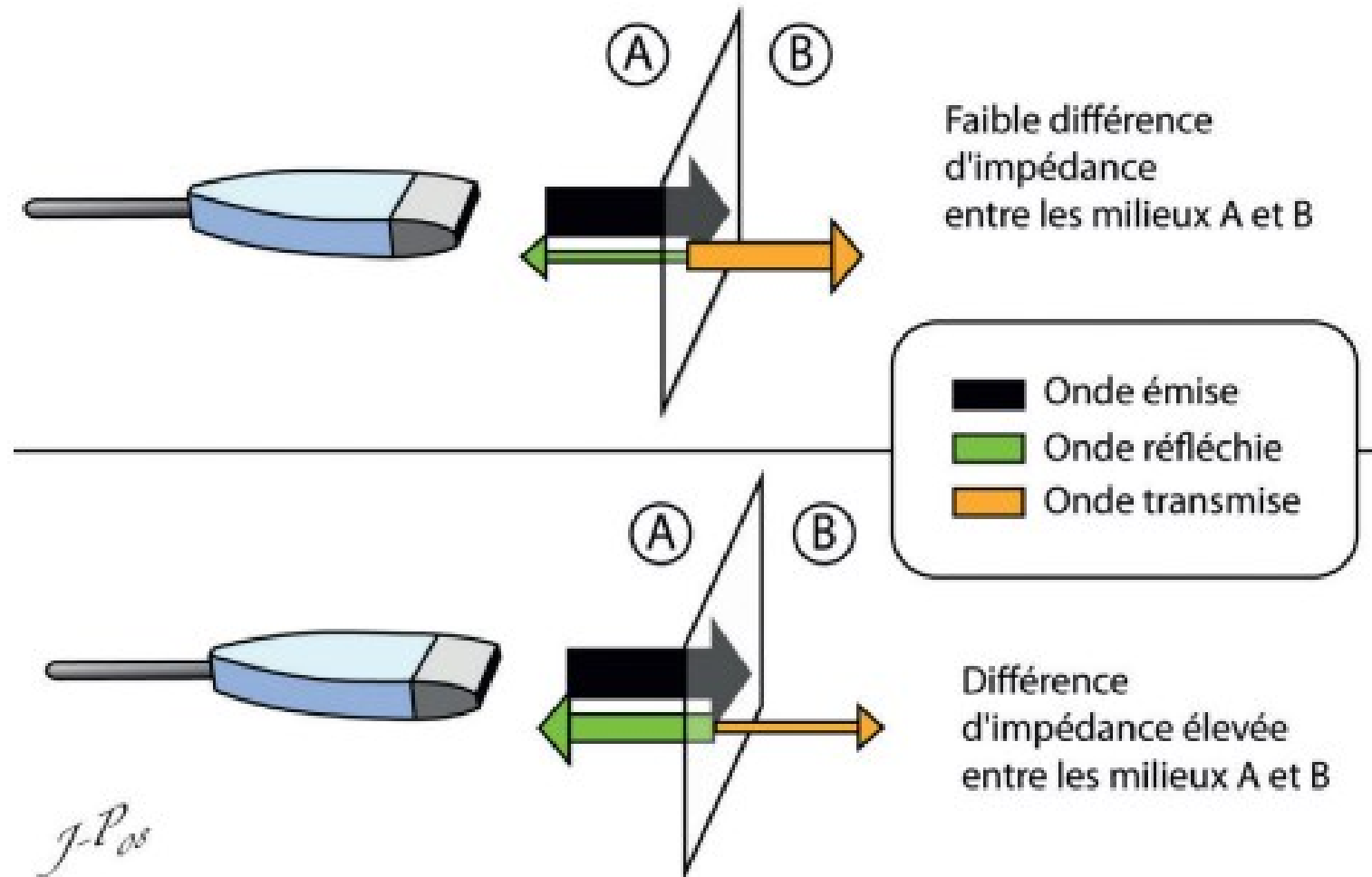
L'impédance acoustique (Z) d'un tissu est définie par la relation :

$$Z = \rho \cdot c$$

où ρ est la densité du tissu et c la vitesse de propagation du son dans ce tissu. L'impédance acoustique est mesurée en Rayl ($\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$).

La différence d'impédance acoustique entre deux tissus est ce qui détermine la quantité d'ultrasons qui sera réfléchi à leur interface. Plus cette différence est grande, plus l'intensité de l'écho réfléchi est importante.

Impédance Acoustique



Coefficient de réflexion

Le coefficient de réflexion (R) exprime la fraction de l'intensité de l'onde ultrasonore qui est réfléchie à une interface entre deux milieux d'impédances différentes. Il est défini par :

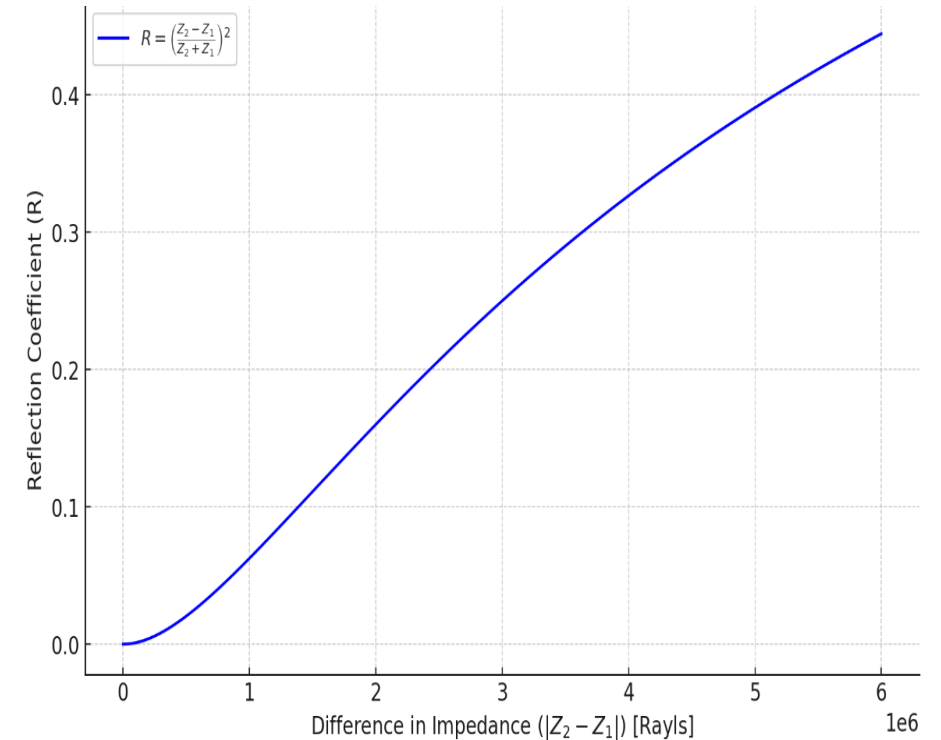
$$R = \left(\frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \right)^2$$

où :

- Z_1 est l'impédance acoustique du premier milieu,
- Z_2 est l'impédance acoustique du second milieu.

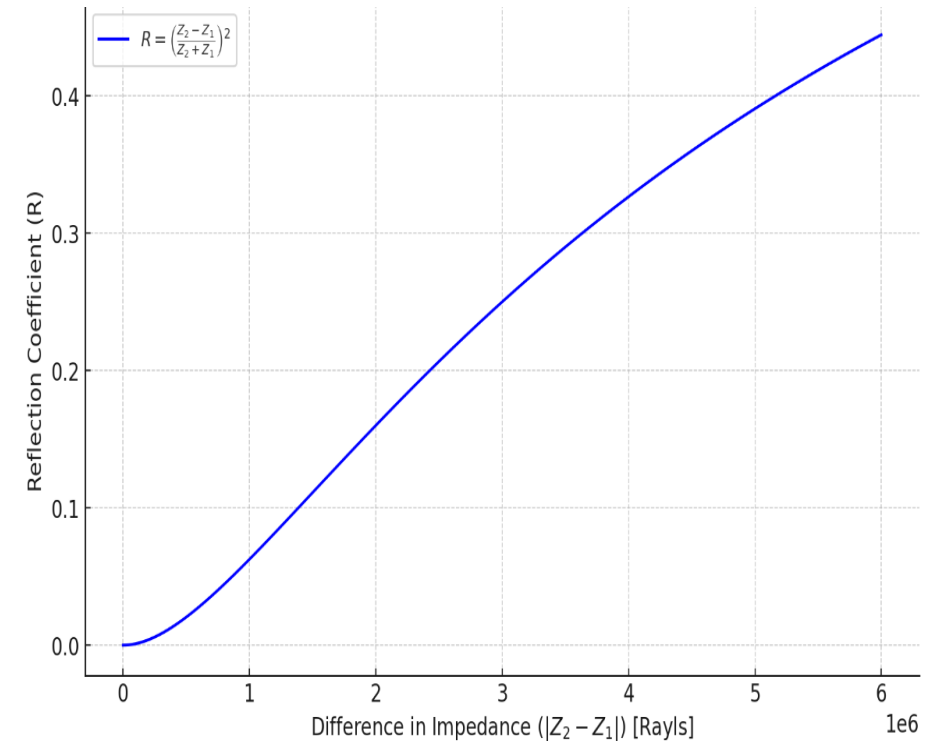
Coefficient de réflexion

Quand la différence d'impédance entre Z_1 et Z_2 est faible (proche de zéro), le coefficient de réflexion R est très faible. Cela signifie que la plupart des ondes ultrasonores traversent l'interface sans être réfléchies. En imagerie, cela donne des niveaux de gris intermédiaires ou **anéchogènes** (noirs) pour les tissus mous similaires, comme entre le foie et le rein.



Coefficient de réflexion

Si la différence d'impédance entre Z_1 et Z_2 est élevée (par exemple, entre les tissus mous et les os), R sera beaucoup plus grand, indiquant qu'une grande partie de l'onde sera réfléchie à l'interface. Cela produit une image **hyperéchogène** (très blanche), caractéristique des structures comme les os ou les calculs, offrant un contraste marqué par rapport aux tissus mous environnants.

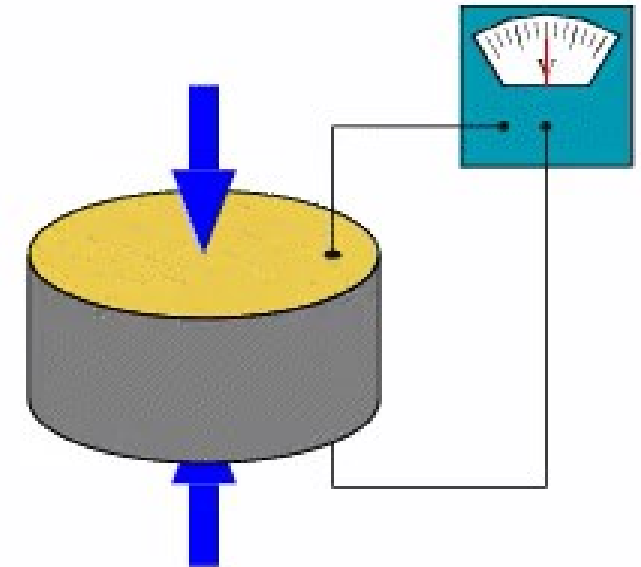


L'échogénicité



Principe de l'Effet Piézoélectrique

- L'effet piézoélectrique se produit lorsqu'une contrainte mécanique est appliquée sur certains matériaux, tels que le quartz ou le PZT (titanate de plomb zirconate). Cette contrainte entraîne une polarisation électrique du matériau, générant ainsi une différence de potentiel qui peut être mesurée. Inversement, l'application d'une tension électrique sur ces matériaux induit une déformation mécanique, ce qui permet de créer des vibrations ultrasonores.



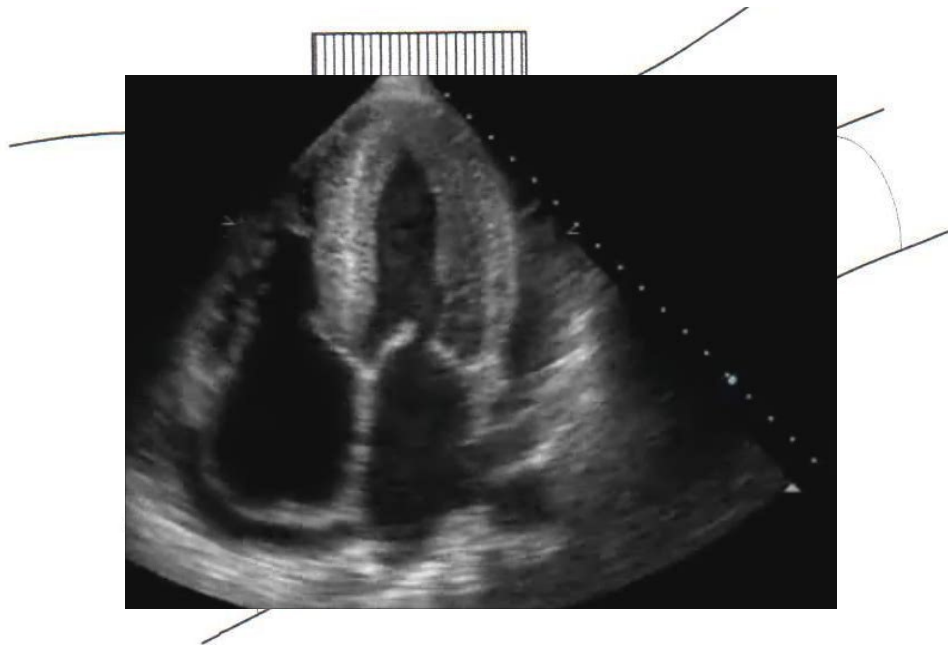
Effet Piézoélectrique

How Ultrasound Works

Echographie Doppler

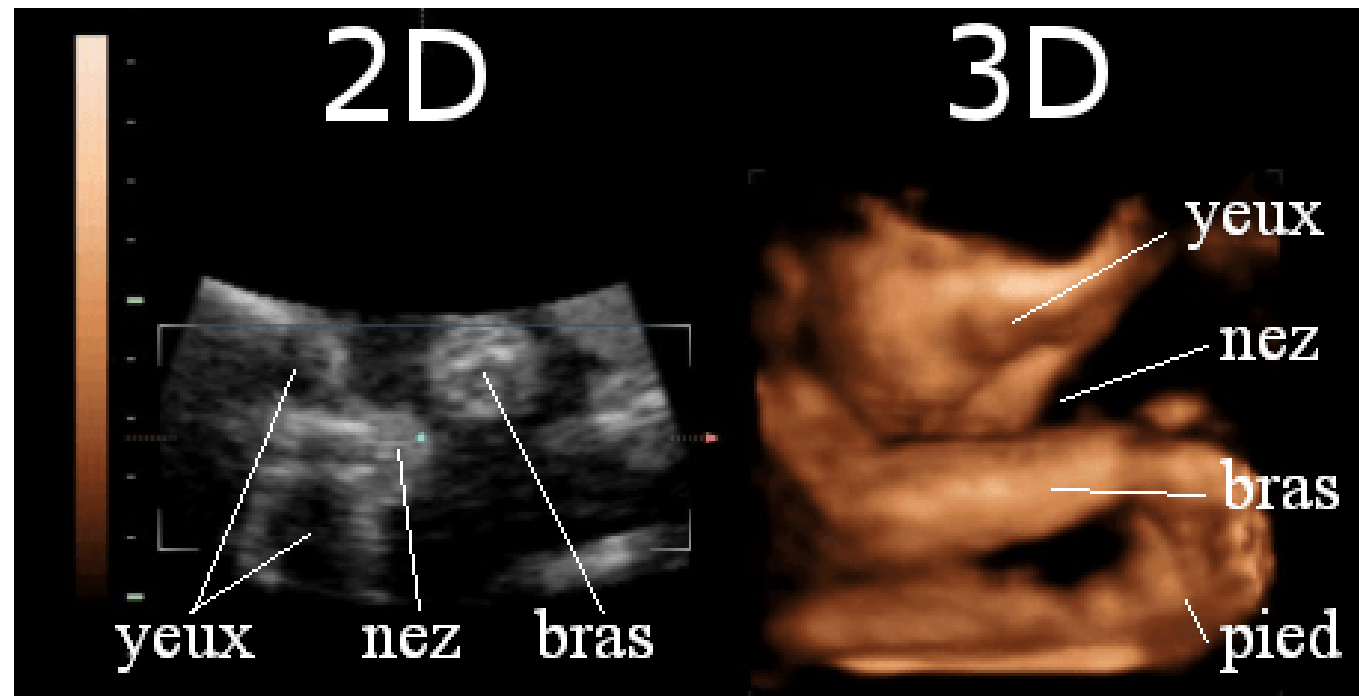
- Permet de mesurer le flux sanguin, le rythme cardiaque, ...

Effet Doppler



Échographie 3D

- L'échographie 3D permet de capturer des images volumétriques en utilisant des algorithmes de reconstruction qui assemblent plusieurs images bidimensionnelles. Cette technique offre une représentation plus détaillée des structures internes et est particulièrement utile pour les examens de grossesse



Échographie 4D

- L'échographie 4D est une avancée de l'échographie 3D qui intègre la dimension temporelle. Elle permet de visualiser en temps réel les mouvements, comme les mouvements du fœtus ou la dynamique des organes

4D



Applications

- Diagnostic de Grossesse
- Visualisation des Tissus Mous
- Exploration Cardiaque (Échocardiographie)
- Applications en Urgences
- Applications Vasculaires et Doppler

