

FACULTÉ DE MÉDECINE



IBN EL JAZZAR DE SOUSSE

**THEME 15:
BASES PHYSIQUES ET TECHNIQUES EN IMAGERIE**

**Bases physiques de l'échographie
EPG**

Dr Abir EZZINE
Assistante hospitalo-universitaire
Laboratoire de Biophysique FMS
Service de Médecine Nucléaire CHU SAHLOUL

Année universitaire: 2020-2021

Question 1 : En échographie :

A- le transducteur est un cristal d'iodure de sodium activé au thallium

B- l'émission et la réception sont basés sur le principe de la piézoélectricité

C- la fréquence de récurrence est la fréquence avec laquelle les impulsions ultrasons sont émises

D- le gel utilisé entre la peau et la sonde échographique joue le rôle d'adaptateur d'impédance

E- les ultrasons sont d'autant plus nocifs que la fréquence est élevée

Question 1 : En échographie :

A- le transducteur est un cristal d'iodure de sodium activé au thallium **c'est un élément piézoélectrique/iodure de sodium est le détecteur de la gamma caméra pour les scintigraphies**

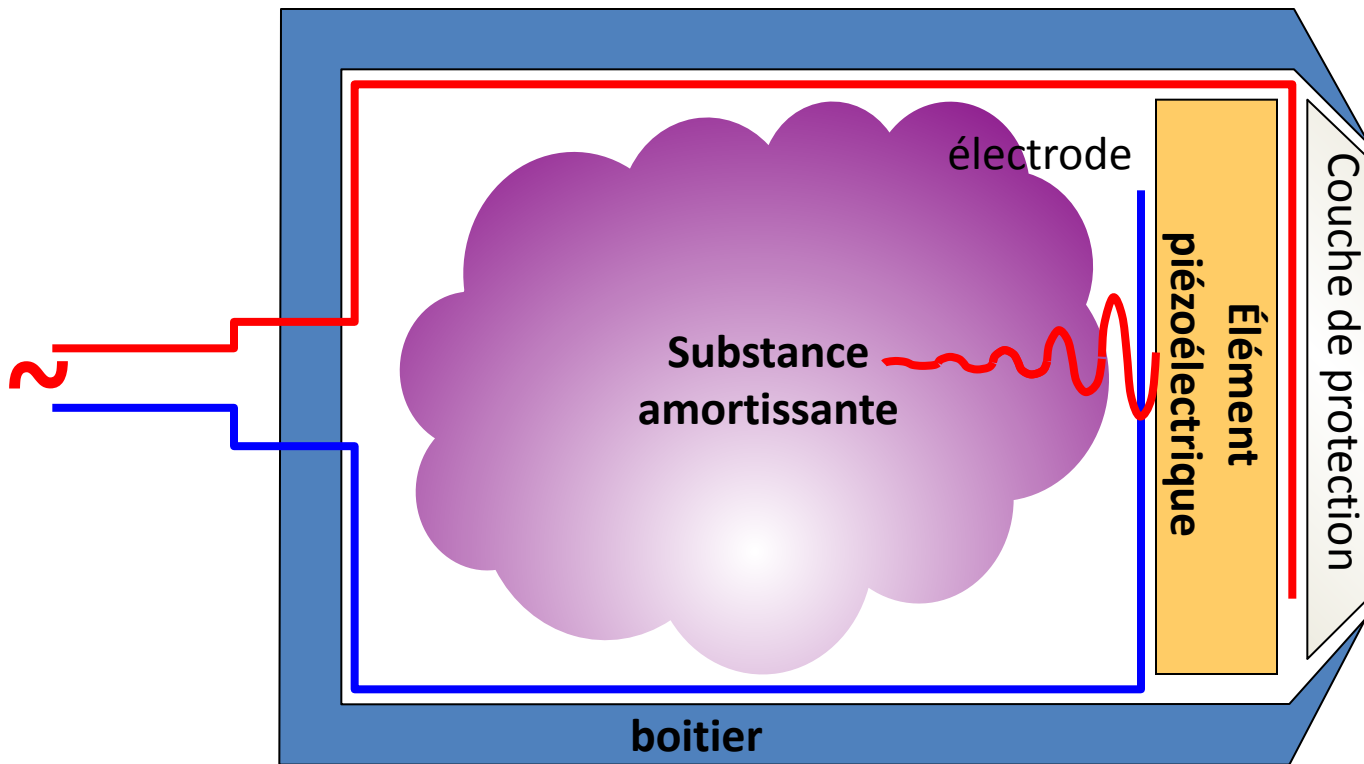
B- l'émission et la réception sont basés sur le principe de la piézoélectricité

C- la fréquence de récurrence est la fréquence avec laquelle les impulsions ultrasons sont émises

D- le gel utilisé entre la peau et la sonde échographique joue le rôle d'adaptateur d'impédance

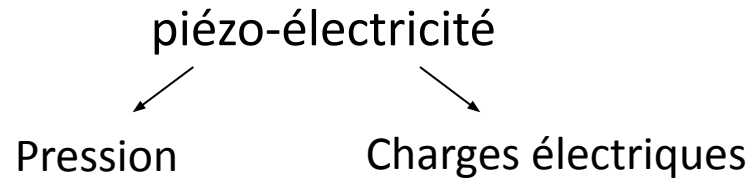
E- les ultrasons sont d'autant plus nocifs que la fréquence est élevée **non nocifs**

description d'une sonde échographique



- Transducteur : élément piézoélectrique qui va émettre des US sous l'effet d'une DDP alternative

principe de la piézoélectricité

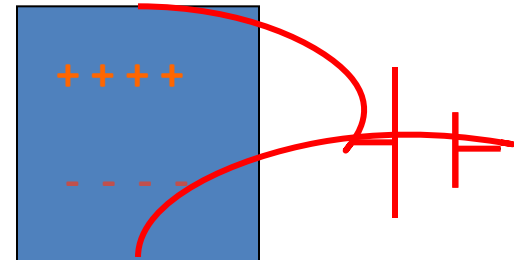
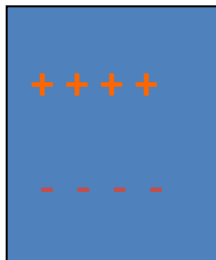


Propriétés que possède certains cristaux

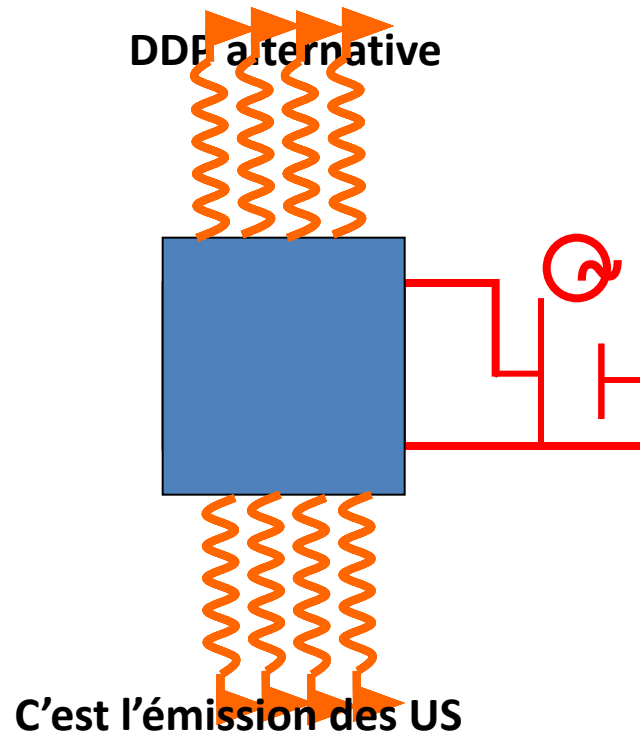
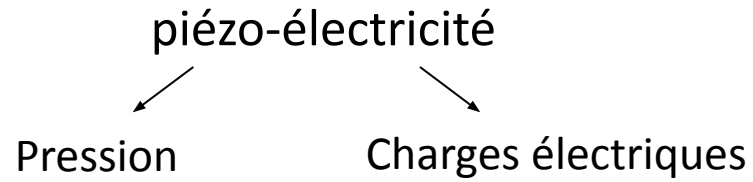
à exprimer des charges électriques a leurs surfaces

lorsqu'ils sont soumis à des contraintes mécaniques

et inversement : DDP □ déformation mécanique

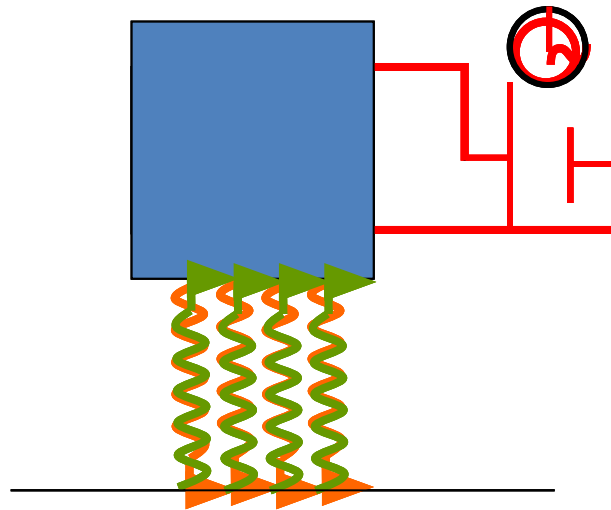


principe de la piézoélectricité



principe de la piézoélectricité

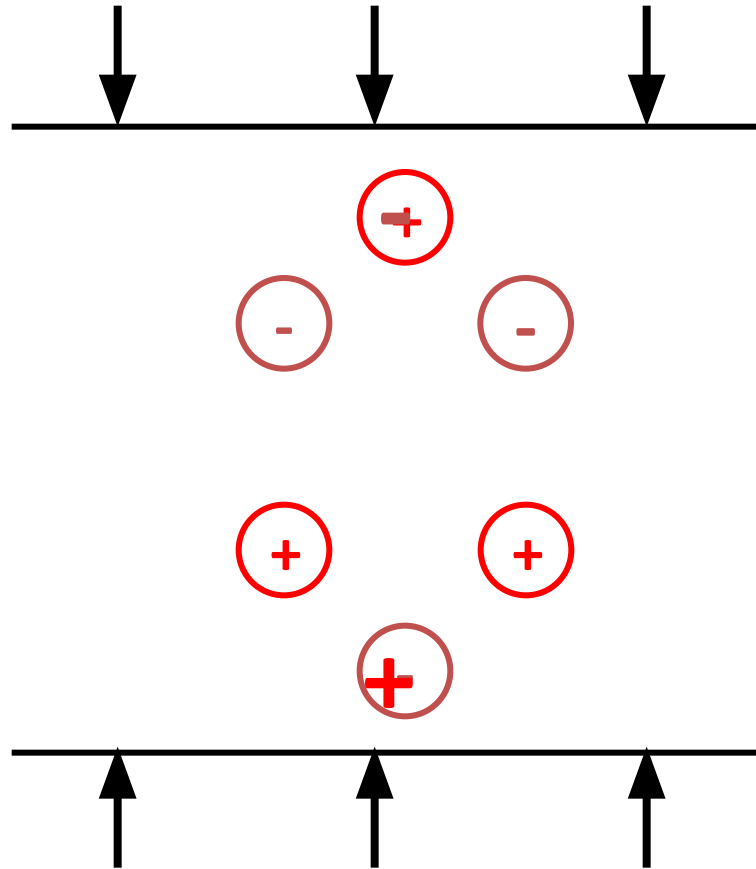
La réception des échos



Observons le phénomène au ralenti

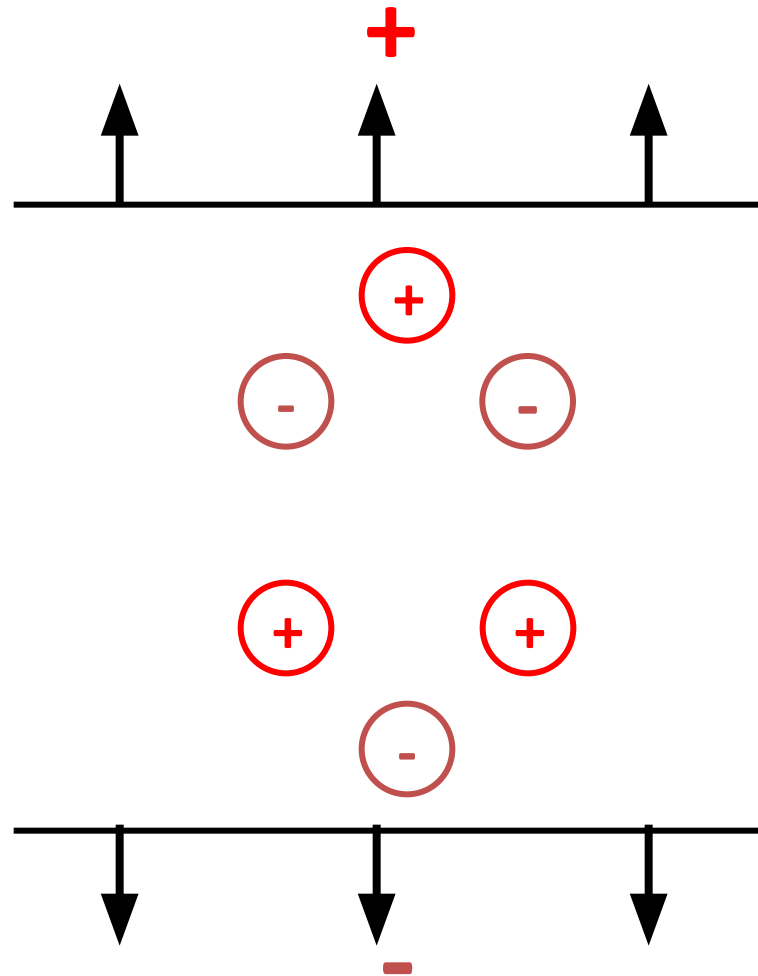
principe de la piézoélectricité

principe



compression

principe de la piézoélectricité



Dilatation

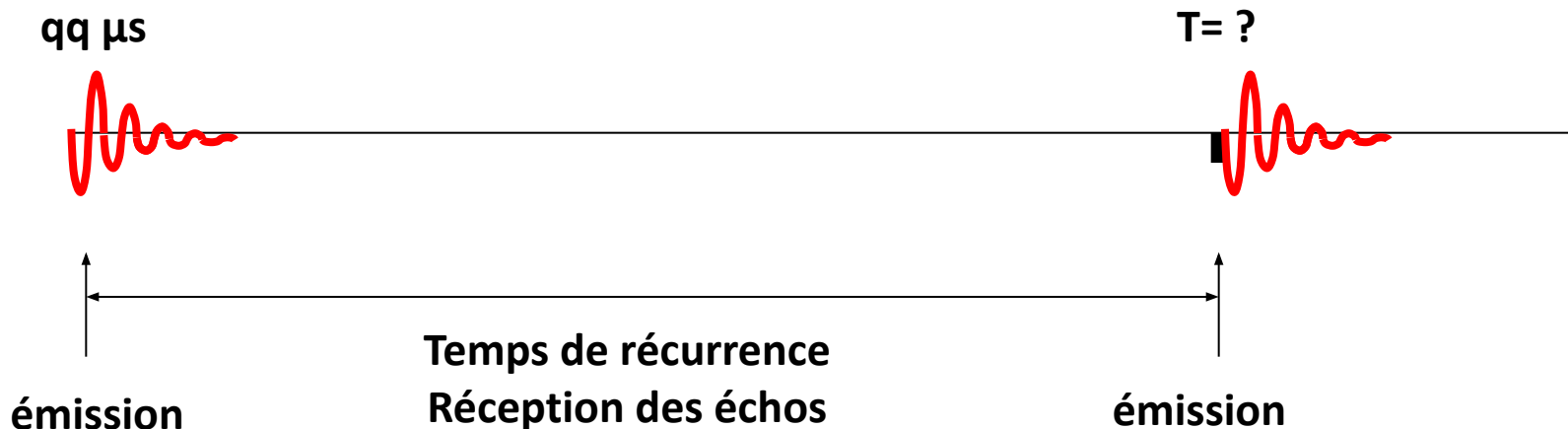
Temps et fréquence de récurrence

Temps d'émission des US est très bref (quelques μs)

Amortissement rapide et important pour obtenir rapidement un silence

silence : temps d'écoute avant la prochaine émission

Temps de récurrence : période de temps entre 2 émissions US pendant laquelle il y a réception d'écho (temps d'écoute)



Question 2 : La fréquence doppler :

- A. est la différence d'intensité entre le son émis et le son reçu
- B. est proportionnel à la fréquence d'émission
- C. est maximale lorsque la direction du Fx incident est perpendiculaire à la direction du déplacement du réflecteur (interface)
- D. est audible pour les applications médicales
- E. est proportionnelle à la vitesse de déplacement du réflecteur

Question 2 : La fréquence doppler :

- A. est la différence d'intensité entre le son émis et le son reçu fréquence doppler est la différence de fréquence entre onde émise et reçue : $\Delta F = F_r - F_o$
- B. est proportionnelle à la fréquence d'émission
- C. est maximale lorsque la direction du Fx incident est perpendiculaire à la direction du déplacement du réflecteur (interface) nulle lorsque Θ est 90° ($\cos \Theta = 0$)
- D. est audible pour les applications médicales ΔF se situe 50 Hz et 20 KHz (domaine audible)
- E. est proportionnelle à la vitesse de déplacement du réflecteur
 $\Delta F = 2V.F_o / c$ (V : vitesse de déplacement de la cible)

échographie Doppler

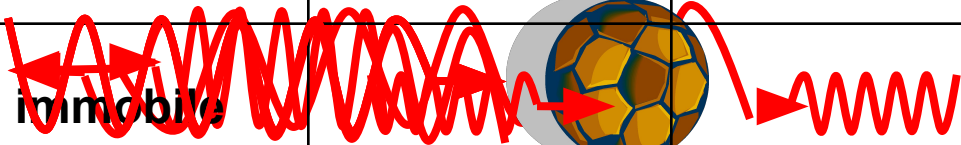
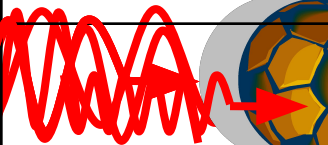
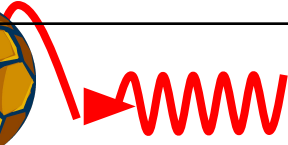



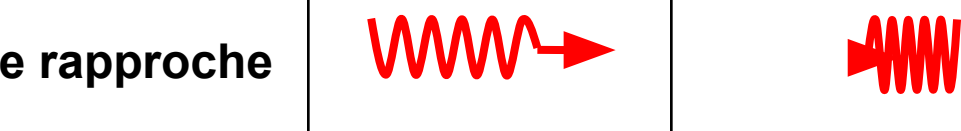

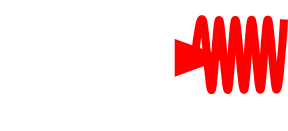
Technique d'échographie permettant d'étudier un écoulement

Sens de l'écoulement

Vitesse de l'écoulement

Technique très utilisées en pathologie cardio-vasculaire

Principe

mobilité	Onde émise	Onde reçue	ΔF
immobile 			$\Delta F = 0$
S'éloigne 			$\Delta F < 0$
Se rapproche 			$\Delta F > 0$

Question 3 :

Une sonde doppler de 5MHz inclinée de 60° par rapport à l'axe d'une artère ($\cos(60^\circ) = 0.5$), détecte une variation de fréquence de 1000 Hz entre l'onde émise et l'onde reçue. Sachant que la célérité des ultrasons dans les tissus traversés est de 1500 m/s, la vitesse d'écoulement du sang dans l'artère en cm/s est de:

A- 300

B- 30

C- 60

D- 600

E- Autres réponse

Question 3 :

Une sonde doppler de 5 MHz inclinée de 60° par rapport à l'axe d'une artère ($\cos(60^\circ) = 0.5$), détecte une variation de fréquence de 1000 Hz entre l'onde émise et l'onde reçue. Sachant que la célérité des ultrasons dans les tissus traversés est de 1500 m/s, la vitesse d'écoulement du sang dans l'artère en cm/s est de:

A- 300

B- 30

C- 60

D- 600

E- Autres réponse

$$\Delta F = 2 V \cdot F_0 \cdot \cos\theta / c$$

Question 3 :

Une sonde doppler de 5 MHz inclinée de 60° par rapport à l'axe d'une artère ($\cos(60^\circ) = 0.5$), détecte une variation de fréquence de 1000 Hz entre l'onde émise et l'onde reçue. Sachant que la célérité des ultrasons dans les tissus traversés est de 1500 m/s, la vitesse d'écoulement du sang dans l'artère en cm/s est de:

A- 300

B- 30

C- 60

D- 600

E- Autres réponse

$$V = \Delta F \times C / 2F_0 \cdot \cos\Theta$$

Avec :

- Θ : $\cos(60^\circ) = 0.5$

- $F_0 = 5 \text{ MHz} = 5 \cdot 10^6 \text{ Hz}$

- $\Delta F = 1000 \text{ Hz} = 10^3 \text{ Hz}$

- Célérité (C) = $1500 \text{ m/s} = 15 \cdot 10^4 \text{ cm/s}$

$$V = \Delta F \times C / 2F_0 \cdot \cos\Theta$$



$$V = 10^3 \times 15 \cdot 10^4 / 2 \times 5 \cdot 10^6 \times 0,5 = 30 \text{ cm/s}$$

Question 4 : Pour estimer le débit sanguin, la technique ultrasonore la plus adaptée est :

A- l'échotomographie B

B- la vélocimétrie Doppler à émission continue

C- la vélocimétrie doppler à émission pulsée

D- l'échographie A

E- l'échographie en mode TM

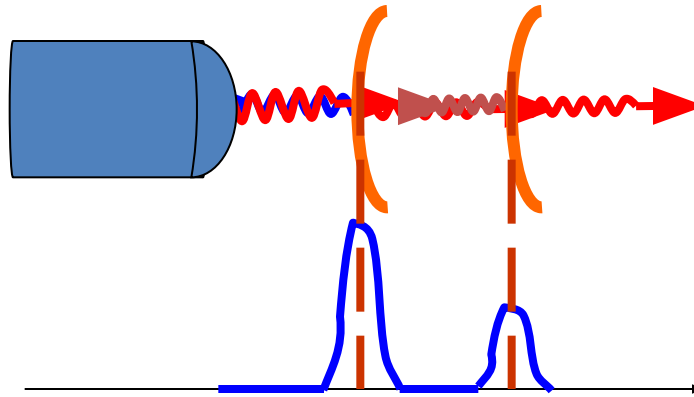
Question 4 : Pour estimer le débit sanguin, la technique ultrasonore la plus adaptée est :

- A- l'échotomographie B imagerie à 2D (morphologique)
- B- la vélocimétrie Doppler à émission continue permet de mesurer des vitesses mais pas le débit
- C- la vélocimétrie doppler à émission pulsée elle fournit la vitesse circulatoire avec le diamètre du vaisseau (couplée souvent à un mode B) et donc permet le calcul du débit
- D- l'échographie A
- E- l'échographie en mode TM pour étudier le mouvement ex: des valves cardiaques

Les modes échographiques et leurs applications

Mode A ou modulation d'amplitude

Chaque fois ou le Fx rencontre une interface, il envoie un écho et un pic est obtenu



Permet de mesurer la distance entre les interfaces

$$d = \frac{C_1 t_1 - C_2 t_2}{2}$$

□ Délai (ophtalmo : diamètre antéro-post œil)

Les modes échographiques et leurs applications

Mode B ou modulation de brillance

Plus utilisé

Mode B : Bidimensionnel

Chaque fois ou le Fx rencontre une interface, il envoie un écho

on ne marquera pas de pic mais plutôt un point

La brillance de ce point dépend de l'importance de l'interface (coeff de Reflexion)

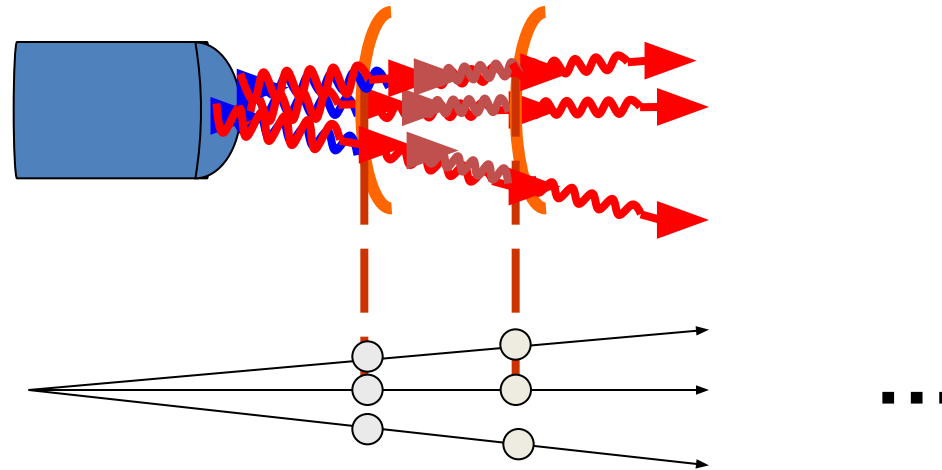
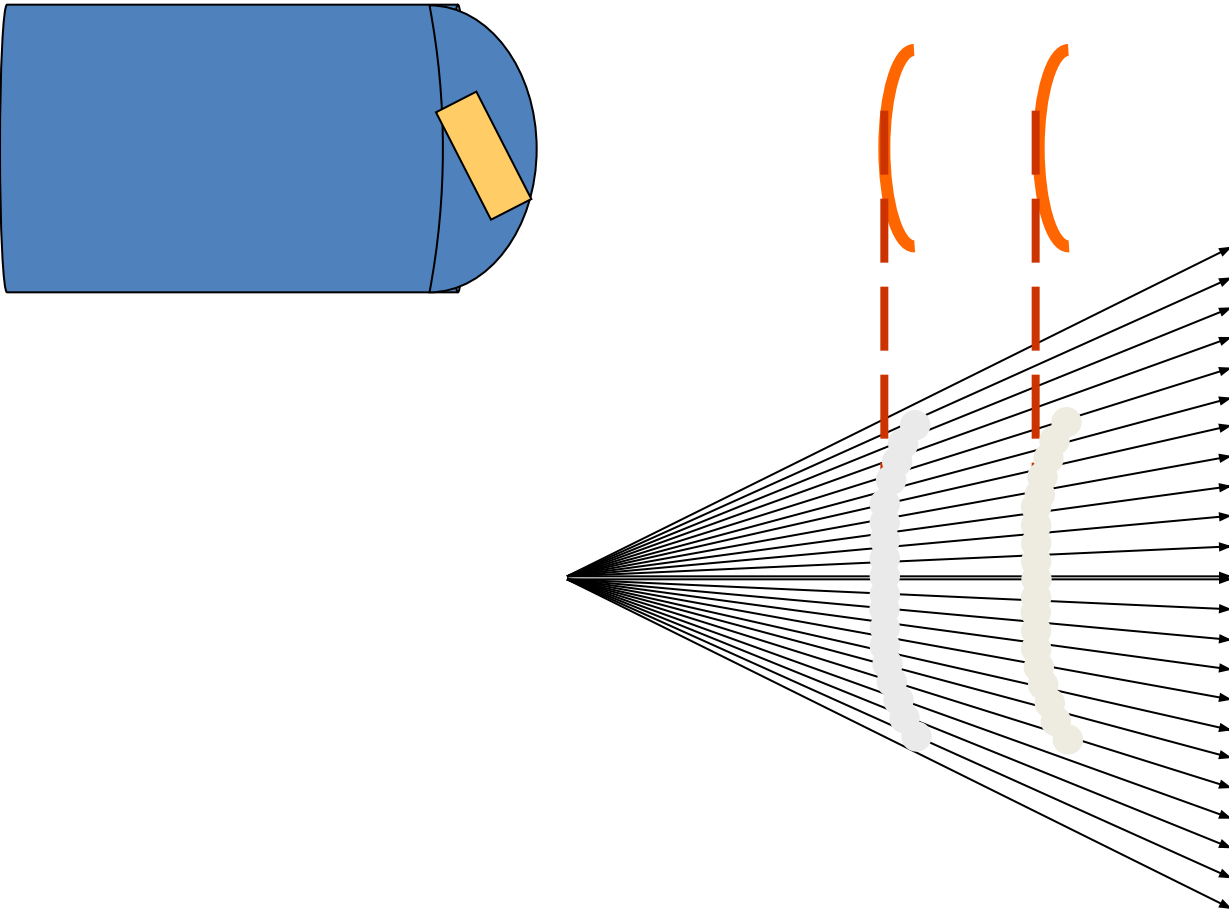


Image en 2D Balayage manuel ou automatique

Les modes échographiques et leurs applications

Mode B ou modulation de brillance

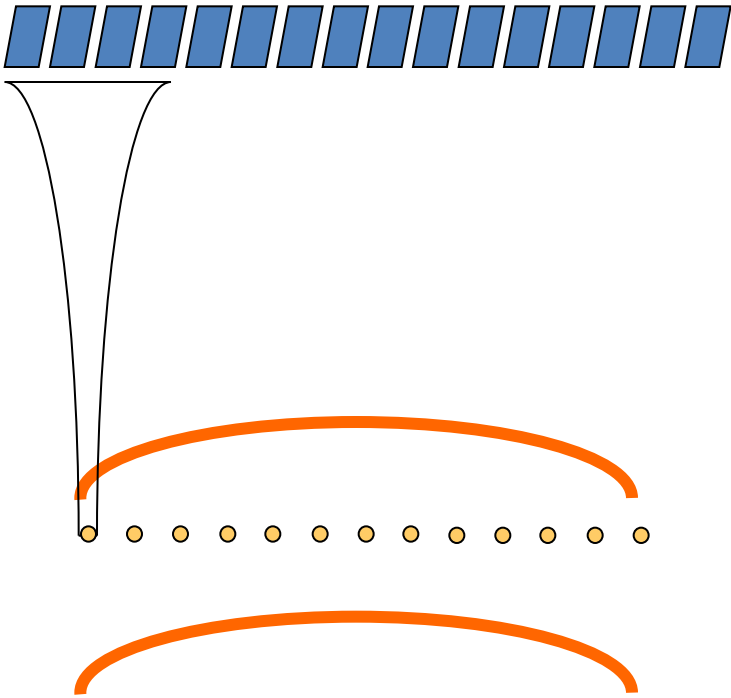
Balayage automatique mécanique



Les modes échographiques et leurs applications

Mode B ou modulation de brillance

Balayage automatique électronique



Les modes échographiques et leurs applications

Mode B ou modulation de brillance

Avantages

Constitution instantannée de l'image (en 2D)

Changement de coupe en continu

Observation des mouvements anatomiques

Les modes échographiques et leurs applications

Mode TM ou temps - mouvement

S'adresse aux structures mobiles (ex valves cardiaques)

Explore une ligne à la fois

Résultat :

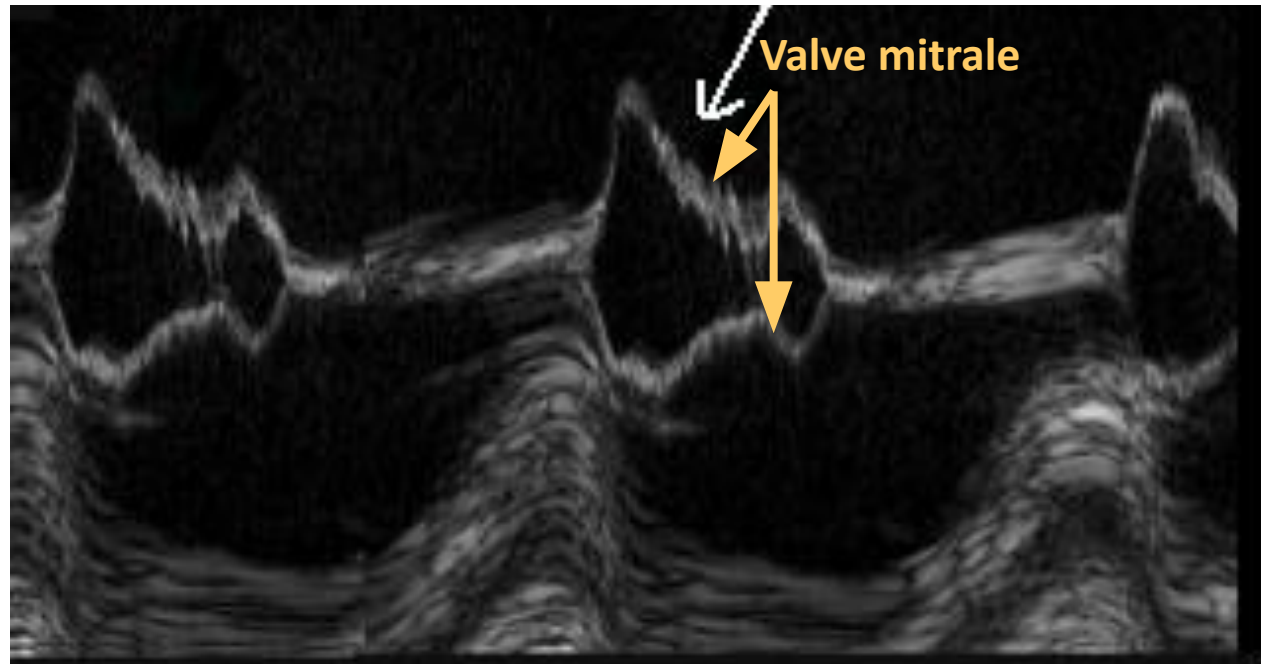
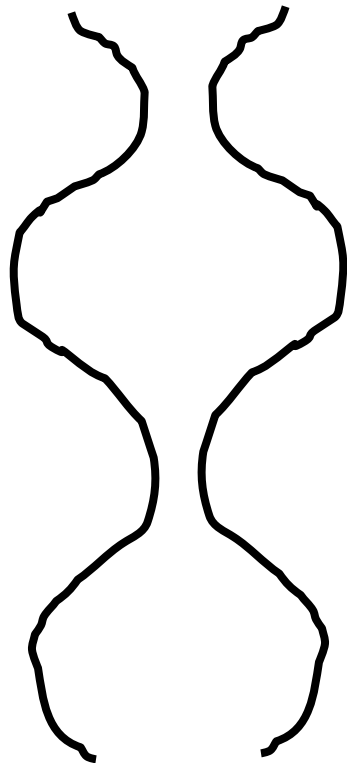
image : non

Un tracé ou plusieurs tracés

qui marquent le déplacement des structures traversées par le Fx d'US

Les modes échographiques et leurs applications

Mode TM ou temps - mouvement



Échographie cardiaque mode TM

Les modes échographiques et leurs applications

Mode 3D ou acquisition de volume

Permet d'avoir des images volumétriques (3D)

Il s'agit d'une acquisition classique mode B

Avec balayage automatique mécanique ou électronique

L'ordinateur reconstruit le volume 3D à partir de l'ensemble des coupes planes

Reconstruction multi-planaire

Les modes échographiques et leurs applications

Mode 3D ou acquisition de volume



a



Les modes échographiques et leurs applications

Doppler a émission continu

Dans la sonde d'échographie existe deux cristaux piézoélectriques

Un pour l'émission et un pour la réception

Permet une mesure des vitesse

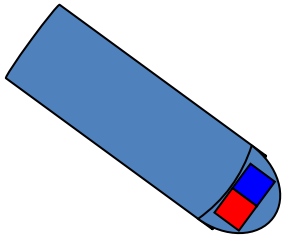
Inconvéniant

Pas d'imagerie mode B

Capable de détecter une sténose vasculaire

(augmentation de la vitesse d'écoulement)

Incapable de préciser son siège



Les modes échographiques et leurs applications

Doppler mode pulsé (discontinu)

la sonde d'échographie émet un Fx d'US pdt un temps tres bref

Puis temps d'écoute

Permet d'avoir une image mode B

En plus permet en analysant la fréquence des échos

De détecter les zones vasculaires (où la Fce change)

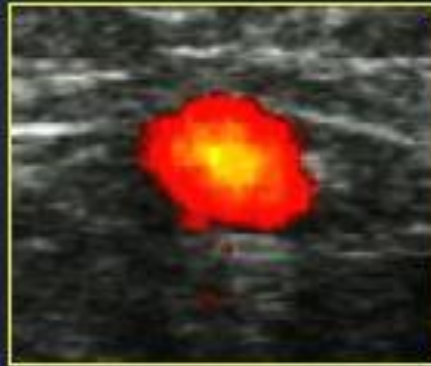
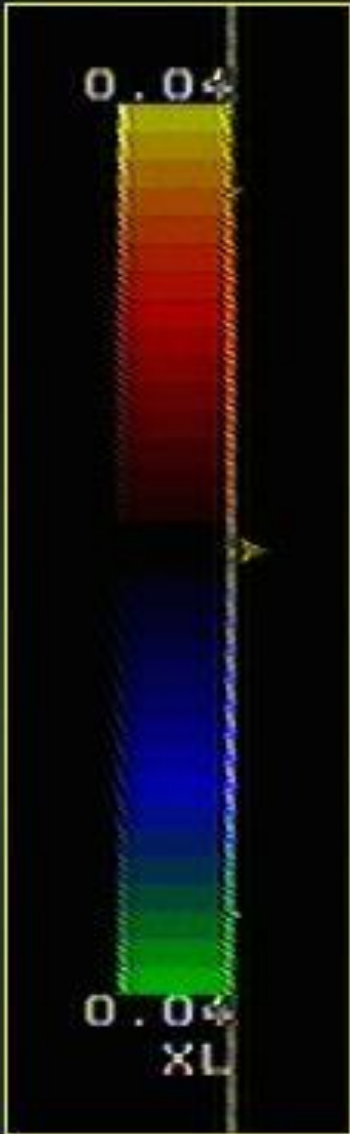
Attribue une couleur a cette Zone en fonction du ΔF

Si $\Delta F > 0$ (écoulement vers la sonde) □ couleur rouge

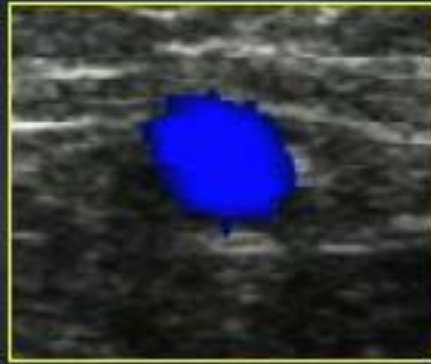
Si $\Delta F < 0$ (écoulement fuit la sonde) □ couleur bleu

DOPPLER COULEUR

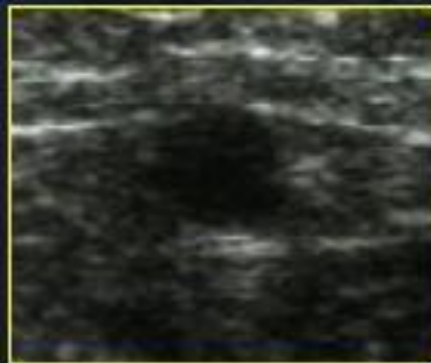
Doppler couleur d'une veine du membre inférieur



Reflux en échodoppler couleur



Flux en échodoppler couleur



Echographie : veine en coupe transverse

Question 5 : Les ondes ultrasonores utilisées en échographie :

- A. Ont une fréquence de l'ordre de 2 à 15 MHz
- B. Sont des ondes de compression
- C. Sont réfléchies par les interfaces à une fréquence égale à la fréquence émise
- D. Sont réémises à une fréquence audible
- E. Se propagent sans perte d'énergie

Question 5 : Les ondes ultrasonores utilisées en échographie :

- A. Ont une fréquence de l'ordre de 2 à 15 MHz
- B. Sont des ondes de compression
- C. Sont réfléchies par les interfaces à une fréquence égale à la fréquence émise si la cible est immobile
- D. Sont réémises à une fréquence audible c'est la fréquence doppler (de l'ordre de 50 Hz à 20 KHz) qui est dans le domaine des sons audibles
- E. Se propagent sans perte d'énergie non, atténuation qui dépend de la fréquence du son et de la viscosité du milieu

Question 6 : La célérité des ondes ultrasonores :

A - Dépend de la longueur d'onde des échos

B - Diminue avec la fréquence

C - Est indépendante de la fréquence

D - Est très peu dépendante de la nature du milieu de propagation

E - Est plus grande pour les muscles que pour l'air

Question 6 : La célérité des ondes ultrasonores :

A - Dépend de la longueur d'onde des échos

B - Diminue avec la fréquence

C - Est indépendante de la fréquence

D - Est très peu dépendante de la nature du milieu de propagation

E - Est plus grande pour les muscles que pour l'air

La célérité : indépendante du son mais très dépendante des caractéristiques du milieu : compressibilité et densité

Question 7 :

- A. La résolution latérale est améliorée par la focalisation.
- B. La résolution latérale est améliorée en augmentant la fréquence.
- C. La résolution axiale est indépendante de la fréquence de résonance.
- D. La résolution axiale est améliorée avec un bon amortissement de la sonde
- E. La résolution en contraste est maximale entre deux milieux de mêmes Z

Question 7 :

- A. La résolution latérale est améliorée par la focalisation.
- B. La résolution latérale est améliorée en augmentant la fréquence l'↑ de la fréquence fx US plus fin résolution latérale ↑
- C. La résolution axiale est indépendante de la fréquence de résonance résolution axiale dépend de la longueur d'onde λ et de la fréquence d'émission (dépend temps de l'émission des US qui doit être bref avec un bon amortissement)
- D. La résolution axiale est améliorée avec un bon amortissement de la sonde
- E. La résolution en contraste est maximale entre deux milieux de mêmes Z presque nulle

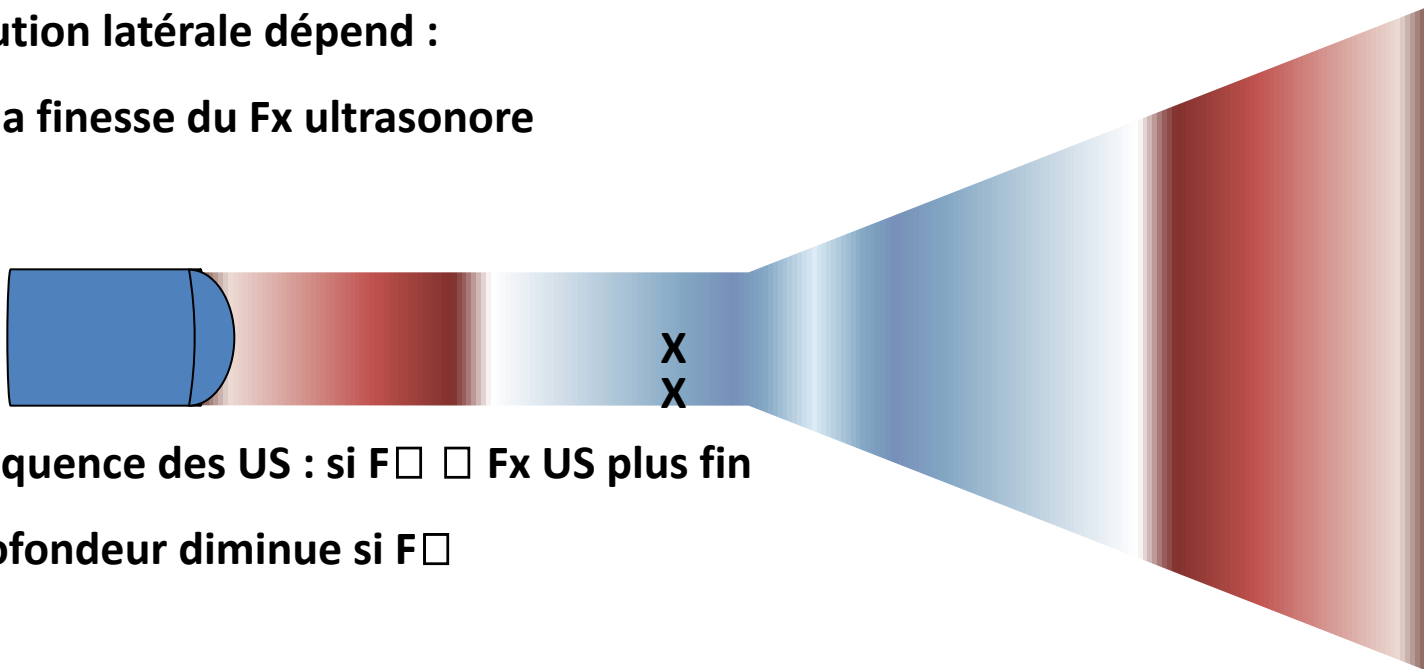
Résolution latérale

□ Distance minimale séparant deux points situés dans un plan \perp à l'axe du Fx US, qui soit perceptible sur l'image

Si les échos de A et de B reviennent sur la sonde en même temps
on ne les distinguent pas

La résolution latérale dépend :

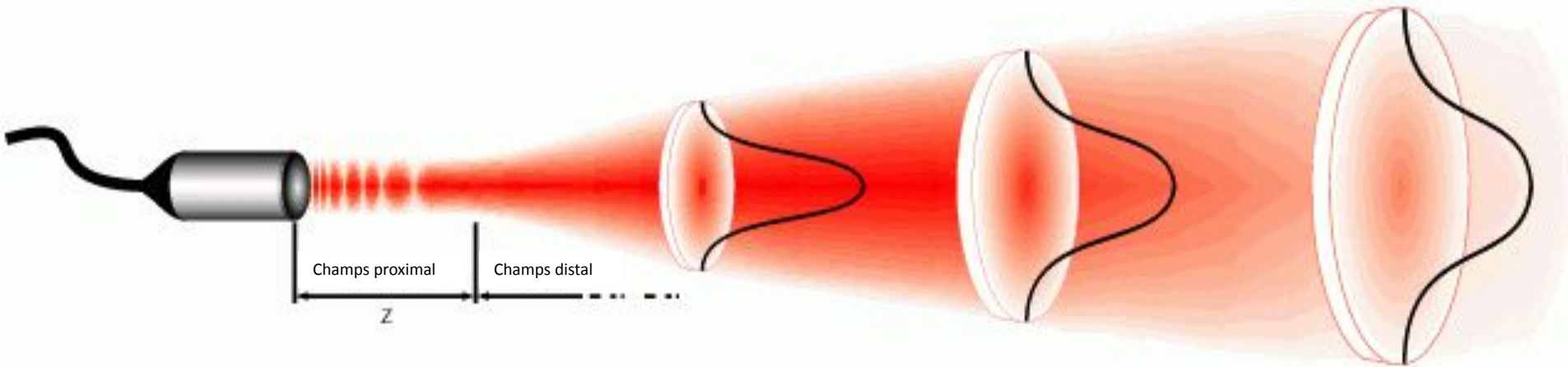
de la finesse du Fx ultrasonore



De la fréquence des US : si $F \square \square$ Fx US plus fin

Mais profondeur diminue si $F \square$

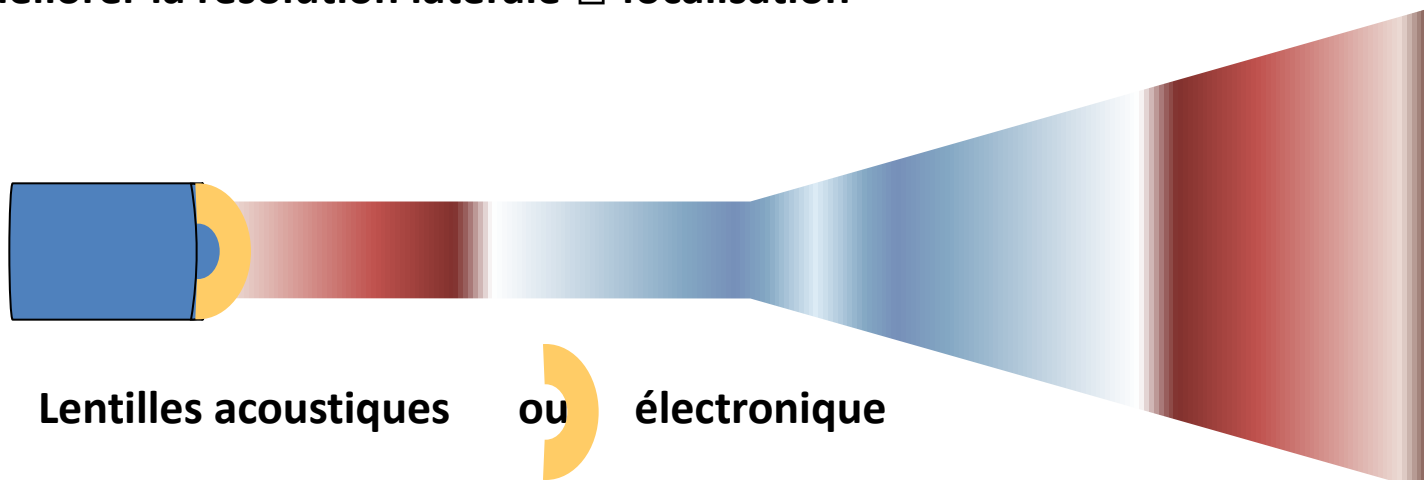
Le fx d'US est directif à son émission, puis devient divergent



Deux parties : partie proximale : directive

partie distale : divergente

Pour améliorer la résolution latérale □ focalisation



Lentilles acoustiques ou électronique

Question 8 :

A- La fréquence permet de différencier les sons et les ultrasons

B- L'oreille humaine peut percevoir un son de 150 kHz.

C- Les ultrasons contrairement aux sons peuvent se propager dans le vide.

D- Un son est une vibration mécanique

E- Les sons correspondent à des vibrations longitudinales dans les fluides

Question 8 :

A- La fréquence permet de différencier les sons et les ultrasons

B- L'oreille humaine peut percevoir un son de 150 kHz. 20 Hz à 20 KHz

C- Les ultrasons contrairement aux sons peuvent se propager dans le vide pas
de propagation dans le vide

D- Un son est une vibration mécanique

E- Les sons correspondent à des vibrations longitudinales dans les fluides

Question 9 : L'impédance acoustique d'un milieu:

- A. Conditionne l'échogénicité des structures tissulaires et de leurs contours
- B. Augmente avec la fréquence
- C. Est caractéristique de ce milieu
- D. Augmente avec la masse volumique, toutes choses égales par ailleurs
- E. Est indépendante de la célérité du son

Question 9 : L'impédance acoustique d'un milieu :

- A. Conditionne l'échogénicité des structures tissulaires et de leurs contours
- B. Augmente avec la fréquence $\square Z = \rho \cdot C$: dépend de la densité et la célérité , indépendante des caractéristiques du son
- C. Est caractéristique de ce milieu
- D. Augmente avec la masse volumique, toutes choses égales par ailleurs
- E. Est indépendante de la célérité

Question 10 : A propos du gel échographique :

- A. Il améliore la résolution axiale
- B. Il améliore la résolution latérale
- C. Sa présence en grande quantité nécessite une augmentation du gain
- D. Il permet d'éliminer la présence d'air entre la sonde et les tissus
- E. Il fait diffracter le faisceau ultrasonore

Question 10 : A propos du gel échographique :

- A. Il améliore la résolution axiale améliorée par $\downarrow \lambda$ donc \uparrow de la fréquence
(mais \uparrow fréquence conditionne la profondeur à explorer)
- B. Il améliore la résolution latérale améliorée par la focalisation du faisceau
afin d'avoir un Δx fin d'US
- C. Sa présence en grande quantité nécessite une augmentation du gain
- D. Il permet d'éliminer la présence d'air entre la sonde et les tissus
- E. Il fait diffracter le faisceau ultrasonore
 En plus il a un rôle d'adaptateur d'impédance acoustique

Question 11 : L'effet Doppler

- A. La fréquence Doppler est dépendante de la fréquence d'émission de la sonde
- B. Augmente avec la diminution de l'angle d'incidence du faisceau par rapport au flux sanguin
- C. Augmente avec la profondeur d'exploration
- D. Est proportionnel à la vitesse de déplacement
- E. Produit une fréquence négative lorsque le flux s'éloigne de la sonde

Question 11 : L'effet Doppler

- A. La fréquence Doppler est dépendante de la fréquence d'émission de la sonde $\square \Delta F = 2V \cdot F_0 \cdot \cos \Theta / C$
- B. Augmente avec la diminution de l'angle d'incidence du faisceau par rapport au flux sanguin \square proportionnel à $\cos \Theta$ /inversement proportionnel à Θ
- C. Augmente avec la profondeur d'exploration \square diminue car on a l'atténuation du fx d'US qui augmente avec la profondeur
- D. Est proportionnel à la vitesse de déplacement
- E. Produit une fréquence négative lorsque le flux s'éloigne de la sonde