



M1 – Ingénierie pour la Santé – Ingénierie Biomédicale

UE 834 – Champs Electromagnétiques

Année 2024/2025

Durée : 2h – Calculatrice autorisée – Sans document

Nom :

Prénom :

Consignes :

- Réalisez chacun des exercices sur une copie **indépendante**.
- Le sujet doit être rendu à la fin de l'examen.
- Si trop de fautes d'orthographe sont présentes dans la copie, des points pourront être enlevés.

Données :

- Vitesse de propagation des ultrasons dans les tissus biologiques :
 $c = 1540 \text{ m/s}$
- Rapport gyromagnétique de l'eau : $\frac{\gamma}{2\pi} = 42.58 \text{ MHz/T}$

Exercice 1 – Physique des ultrasons et échographie

- 1) Citez et expliquez les 3 types d'interaction que subit un faisceau ultrasonore lorsqu'il se propage dans les tissus biologiques.
- 2) Qu'est-ce que l'effet piézo-électrique ? Comment est-il utilisé en échographie ?
- 3) Quels sont les 3 principaux éléments composant une sonde ultrasonore, vus en cours ? Détaillez la fonction de chacun d'entre eux. Sur le schéma de la sonde ci-dessous, donnez le nom des différents composants.

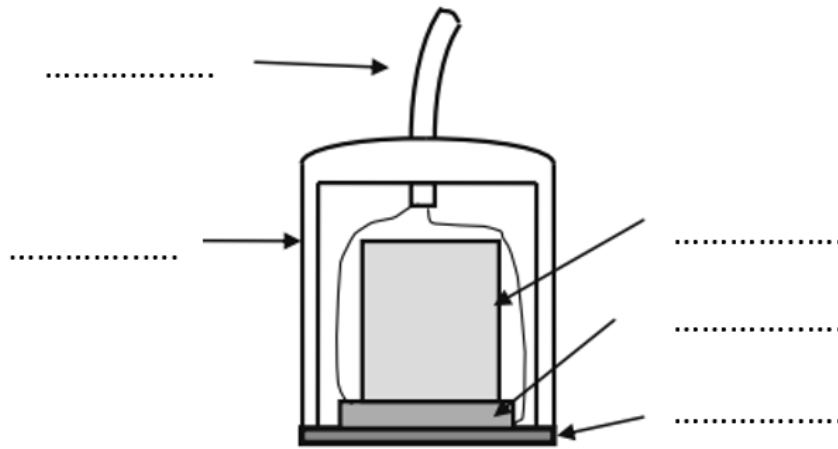
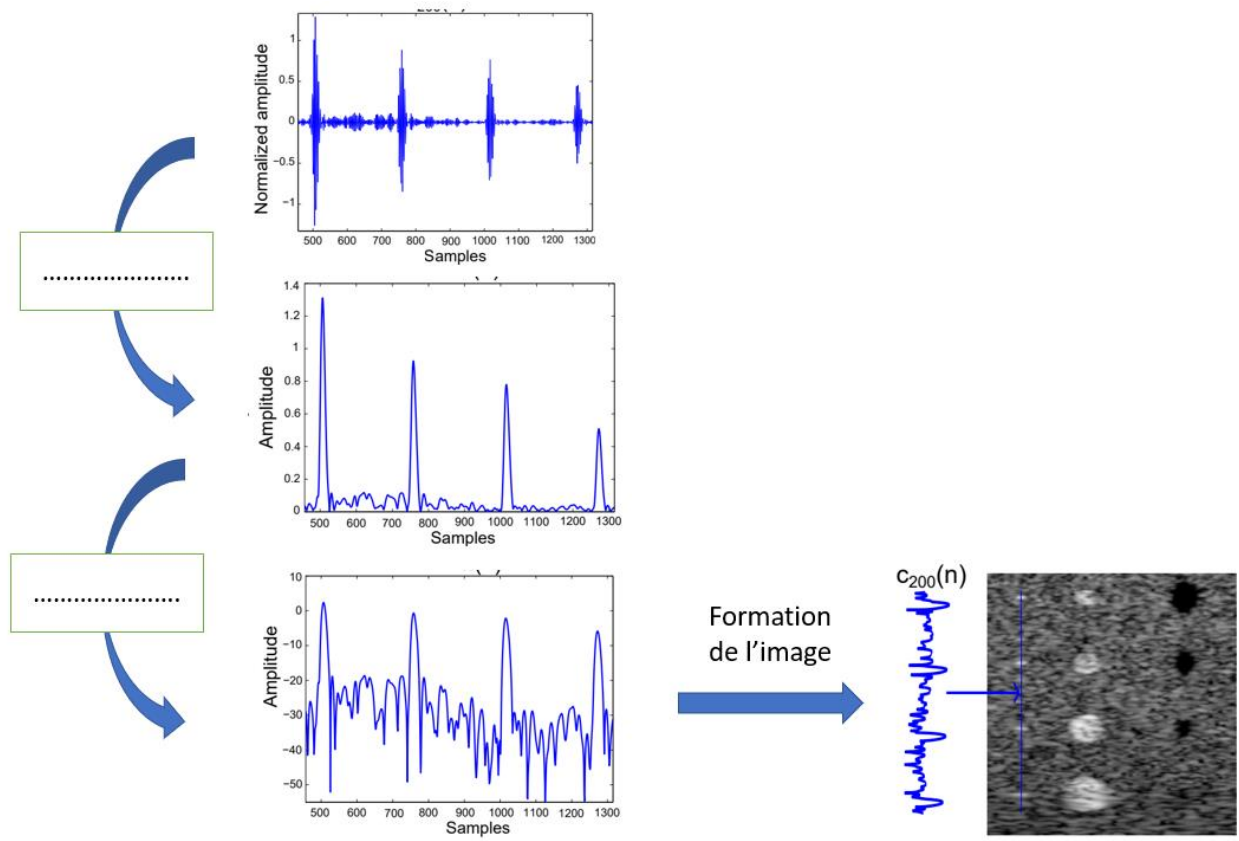


Schéma d'une sonde échographique

- 4) Citez 3 grandes familles de sonde échographique, et donnez un exemple d'application pour chacune.
- 5) Quels sont les deux risques biologiques principaux des ultrasons ? Comment sont-ils monitorés lors d'une échographie ?
- 6) La figure ci-contre montre l'allure d'un signal échographique au fur et à mesure de son post-traitement. Complétez le graphique de manière à faire apparaître le nom des 2 étapes représentées, et expliquez sur votre copie de façon synthétique chacune de ces étapes.





Exercice 2 – Imagerie par rayons X

1) Parmi les interactions suivantes, laquelle(lesquelles) est(sont) liée(s) à la production de rayons X :

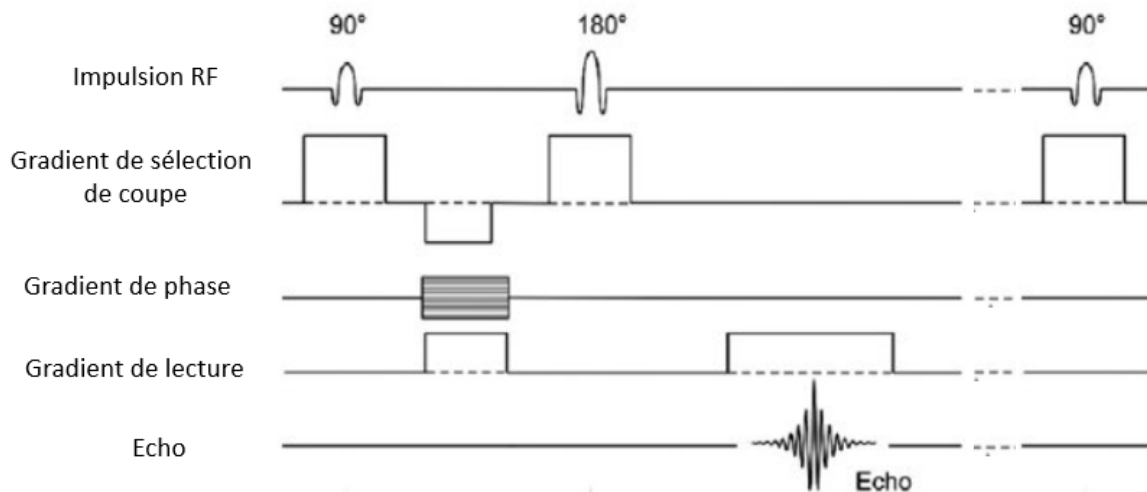
- A. Diffusion Compton
- B. Rayonnement de freinage
- C. Création de Paire
- D. Effet photoélectrique
- E. Rayonnement de fluorescence

2) D'après vos connaissances sur la production des rayons X, leurs interactions dans la matière ainsi que le fonctionnement d'un tube à rayon X en radiologie conventionnelle, comment varient la quantité de rayons X dans le spectre et l'énergie moyenne du spectre à la suite d'une augmentation des paramètres suivants ? Indiquez le sens de variation ($\nearrow$, $\searrow$ ou $=$) dans les cases du tableau ci-dessous.

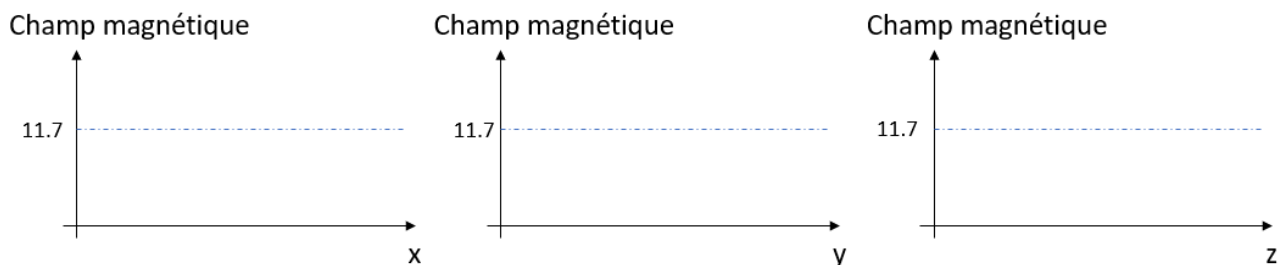
Paramètre	Quantité de RX	Énergie moyenne du faisceau de RX
$\nearrow$ Z de l'anode		
$\nearrow$ Haute tension du tube (kV)		
$\nearrow$ Courant du tube (mA)		
$\nearrow$ épaisseur de filtration additionnelle (mm d'Aluminium)		

Exercice 3 – IRM

1) Physique de l'IRM : La figure ci-dessous représente le chronogramme d'une séquence IRM de type écho de spin.



- Annotez le schéma de manière à faire apparaître le temps d'écho et le temps de répétition de cette séquence.
- Comment doit-on régler ces 2 paramètres afin d'obtenir une pondération T2 sur l'image ?
- Que signifie l'abréviation « RF » dans « Impulsion RF » ? Pourquoi la nomme-t-on ainsi ? Quelle est son effet sur l'aimantation ?
- Qu'est-ce qu'un gradient de champ magnétique ? Que permet de faire le gradient de sélection de coupe ?
- Soit un gradient de champ magnétique appliqué lors d'une IRM (à 11.7 T) selon l'axe z, on le nomme G_z . Tracez, sur chacune des courbes ci-dessous, l'allure de l'évolution du champ magnétique total résultant selon chacun des 3 axes.



2) IRM en clinique

- Quelles sont les 2 principales valeurs de champ magnétique statique que nous pouvons trouver actuellement dans les hôpitaux sur un IRM ? Donnez leur fréquence de Larmor associée.
- Est-il nécessaire d'avoir une antenne RF lors d'un examen IRM ? Justifiez votre réponse.
- Citez un risque associé à l'utilisation d'une IRM, et expliquez son origine physique.



Exercice 4 – Médecine nucléaire

- 1) Quels sont les émetteurs utilisés en médecine nucléaire (justifier votre réponse) ?
- 2) Quels sont les différents éléments de la tête de détection d'une caméra à semi-conducteurs (CZT) ?