

TP N°1 ULTRASONS ET ECHOGRAPHIE

Ce TP a été réalisé par Charlotte Rivière, Alice Berthelot, Laurence Bontemps et Marc Janier, avec l'aide d'étudiants en 3^{ème} année de médecine : Loic Margueron et Ahmed Adham.

Objectif du TP :

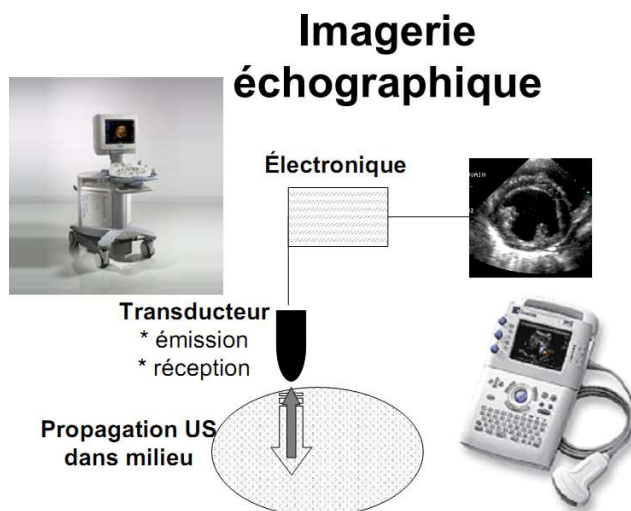
Le TP permettra d'aborder les notions suivantes :

- 1) Vitesse d'une onde acoustique dans un milieu matériel (air) [partie I, sons & oscilloscope]
- 2) Réflexion d'une onde acoustique et détermination de la position d'un objet dans l'espace [partie I, sons & oscilloscope]
- 3) Caractériser les milieux par leur densité : atténuation d'une onde acoustique en fonction du type de matériau et de l'épaisseur traversée [partie I, sons & oscilloscope]
- 4) Mesure de la vitesse des globules rouges par effet Doppler. [partie II, effet Doppler]
- 5) Atténuation de l'onde acoustique en fonction de sa fréquence [partie III, échoscope]
- 6) Résolution spatiale en fonction de la fréquence de l'onde acoustique [partie III, échoscope]
- 7) Initiation à l'application clinique (tumeur mammaire). [partie III, échoscope]
- 8) Initiation à l'interprétation d'images échographiques [partie IV, interprétation des images]

Principe de l'échographie :

On place un émetteur et un récepteur d'ultrasons sur la région à examiner, après avoir appliqué sur la peau un gel.

L'émetteur envoie alors un faisceau d'ultrasons qui pénètre dans les tissus jusqu'à ce qu'il « percute » une structure biologique. Une partie du faisceau ultrasonore est alors réfléchi en direction du récepteur pendant que l'autre poursuit son trajet. Plus la structure percutée est éloignée plus le faisceau ultrasonore réfléchi mettra du temps à revenir. De plus, plus la structure est dense plus elle réfléchira l'écho avec force. L'écho réfléchi qui en résulte donne ainsi des informations sur la position et la densité des tissus rencontrés. Cet écho est alors enregistré, traité par informatique, et une image peut alors être formée.



Cours M. Janier

Partie I, sons & oscilloscope

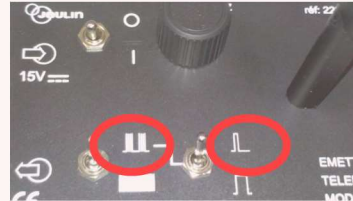
Dans cette partie du TP, nous allons comprendre comment localiser un objet dans l'espace grâce à aux ultrasons, et comment déterminer la densité acoustique de celui-ci.

1. Mesure de la vitesse du son

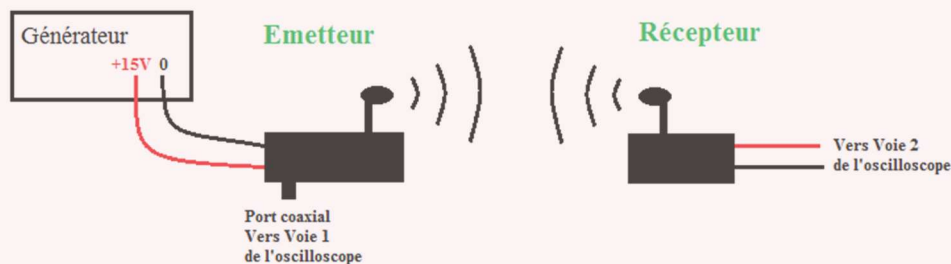
Dans cette partie du TP, l'émetteur et le récepteur sont placés en face l'un de l'autre. Le signal ultrasonore se propage donc « en ligne droite » et il est détecté par le récepteur.

Expérience 1 :

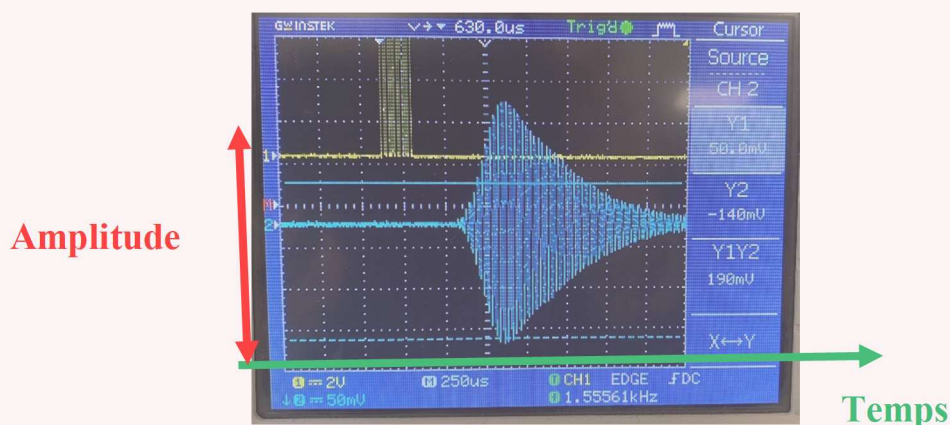
- Vérifier que l'émetteur est bien sur l'alimentation 0/+15V
- Vérifier que l'émetteur ultrasons est en mode salve discontinue (pulse)



- Vérifier les branchements sur l'oscilloscope :
Voie 1 : sortie externe de l'émetteur d'ultrasons
Voie 2 : récepteur d'ultrasons
- Placer le récepteur et l'émetteur en face l'un de l'autre



Voilà ce qu'on doit obtenir sur l'oscilloscope :



- Mesurer le décalage temporel (τ_1 et τ_2) entre le début de la salve et le début de la réception pour 2 distances différentes ($d_1 = 200$ mm et $d_2 = 400$ mm).
- En déduire le décalage temporel sur le signal reçu pour d_1 et sur le signal reçu pour d_2 :
 $\Delta t = \tau_2 - \tau_1$

Pour cela, choisir le mode CURSOR sur l'oscilloscope :

Source (choisir CH2)

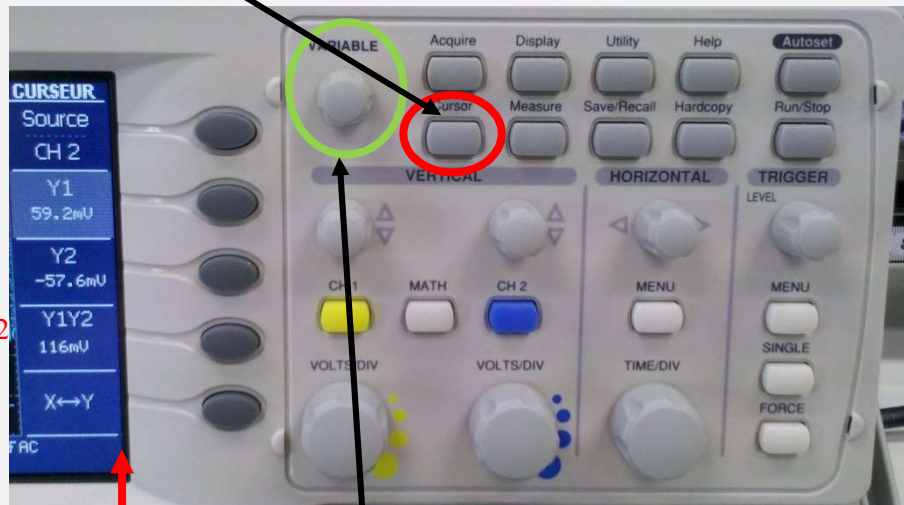
Valeur Curseur Y1

Valeur Curseur Y2

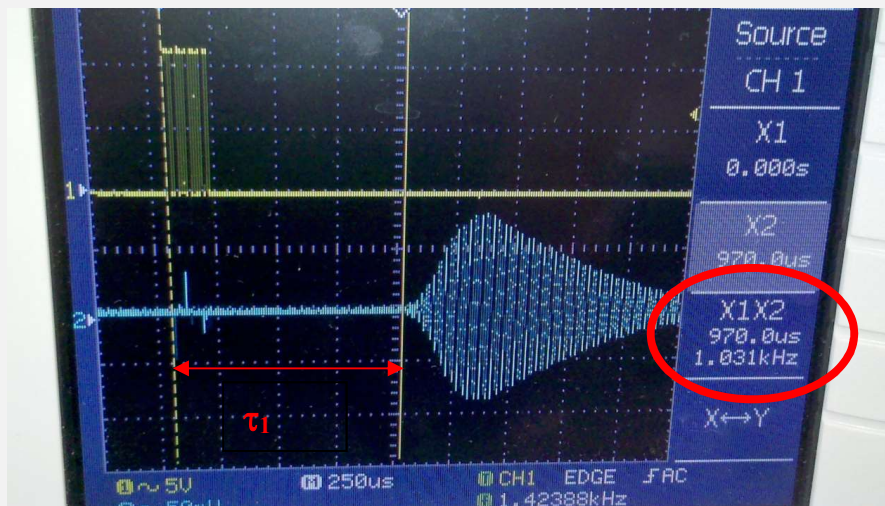
Différence entre Y1 et Y2

Pour Basculer de Y à X

Ecran permettant de choisir le menu à l'aide de boutons



- 1) Appuyer d'abord sur X-Y pour choisir X
- 2) Appuyer sur X1 et tourner le bouton VARIABLE pour placer la ligne au début du pulse de l'émetteur
- 3) Appuyer sur X2 et tourner le bouton VARIABLE pour placer la ligne au début du pulse du récepteur
- 4) Vous devez obtenir ce type de vue à l'oscilloscope :



- 5) Lire la valeur $X1 X2 = \tau_1$
- 6) Répéter la procédure pour une autre distance d_2

1- A partir de ces mesures, calculer la vitesse du son dans l'air. Comparer avec la valeur théorique de 340 m.s^{-1} (dans l'air à 20°C)

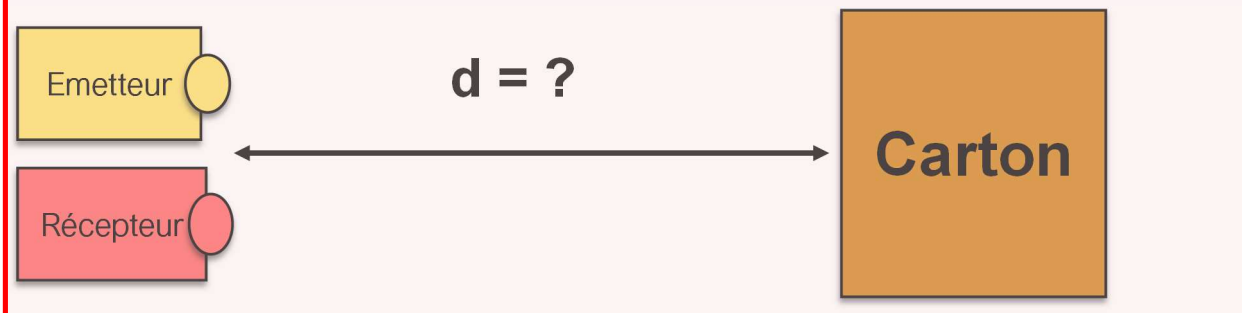
Pour la culture, dans le corps humain la vitesse du son avoisine en fait les 1480 m.s^{-1} (vitesse de déplacement du son dans l'eau). Aussi les sondes d'échographie utilisées pour le corps humain fonctionnent avec des fréquences de l'ordre du Mégahertz. En effet, une onde à 40 kHz ne comporte pas assez d'énergie pour passer la peau. ... (Mais travailler avec des ondes de l'ordre du Mégahertz en TP est un peu plus compliqué !)

2. Déterminer la position de différents objets dans l'espace

Expériences 2 :

Placer l'émetteur et le récepteur d'ultrasons côte à côte, pointant dans la même direction. Ensuite placer un carton à une distance aléatoire de l'émetteur et du récepteur.

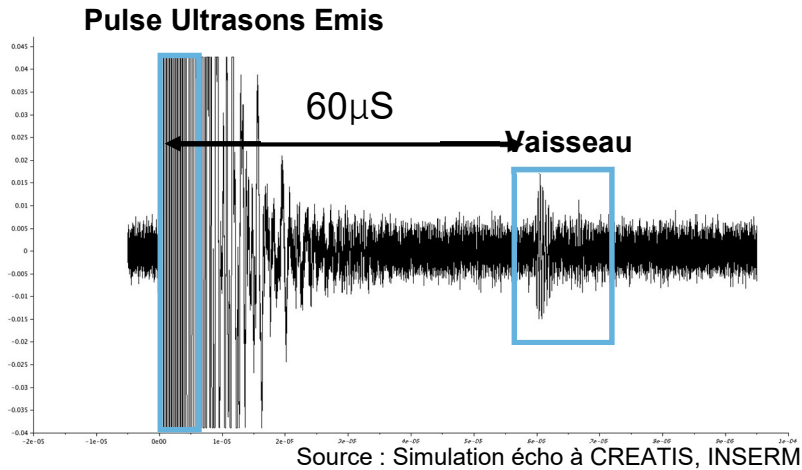
Vue de haut :



2-Trouvez un moyen de mesurer la distance d. (Sans règle !)

Note : L'onde ultrasonore envoyée par l'émetteur va se déplacer jusqu'au carton, va être réfléchiée à sa surface et être renvoyée. Il faut donc simplement mesurer le temps de trajet de l'onde à l'aide de l'oscilloscope et appliquer là encore la formule $v = d/t$.

En échographie, exactement le même calcul est fait par l'ordinateur pour déterminer la position des interfaces biologiques dans le corps humain.... Par exemple sur la simulation d'échographie effectuée ci-dessous à $2,25 \text{ Mhz}$ sur un fantôme de bras, et bien on peut déterminer la distance entre la sonde ultrasonore et un vaisseau sanguin. (On voit ici que $t = 60 \mu\text{s}$. Or $v = 1480 \text{ m.s}^{-1}$ dans le milieu biologique. Donc $d = T \cdot V/2 = 4,4 \text{ cm}$... ce qui était vrai) : le vaisseau était en fait bien $4,5 \text{ cm}$ sous la surface !



3- Caractériser les milieux par leur densité

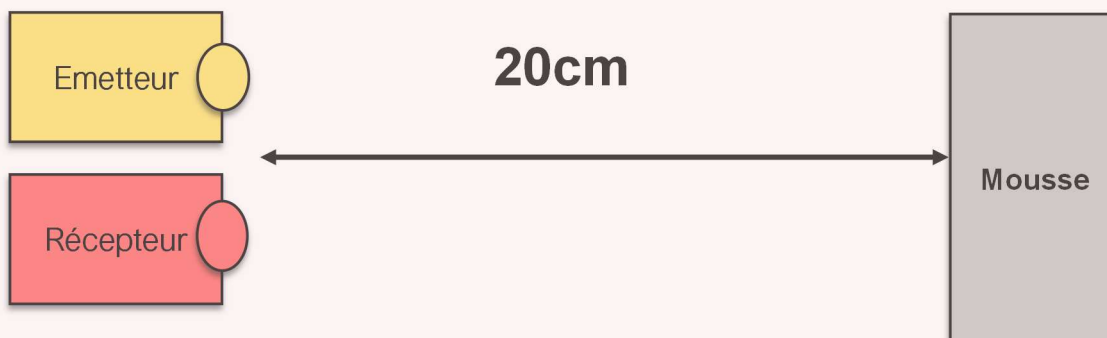
A présent nous savons mesurer les distances entre différents objets grâce aux ultrasons. Il reste cependant à caractériser les milieux par leur densité, afin d'arriver à dire où se trouve l'eau, la graisse, l'os etc...

Expérience 3 :

Nous avons à disposition plusieurs mousses de densité différente. Nous allons d'abord observer comment se comportent les milieux de différente densité face aux ultrasons.

Placer l'émetteur et le récepteur d'ultrasons sur le point référence 0mm.

Placer successivement les mousses 1, 2, 3 et 4 à une distance 200mm.



3 – Mesurer l'amplitude crête à crête du signal reçu et compléter le tableau :

	Amplitude en mV	Densité
Carton		Extrêmement dense
Mousse 3		Très très dense
Mousse 2		Très dense
Mousse 1		Peu dense

4 – Comment se comporte l'amplitude du signal reçu, lorsque la densité du milieu réfléchissant change ? Pourquoi ?

5- Définir parmi les matériaux, celui qui est hyper échogène, hypo échogène ou iso échogène par rapport à la mousse 2 ?

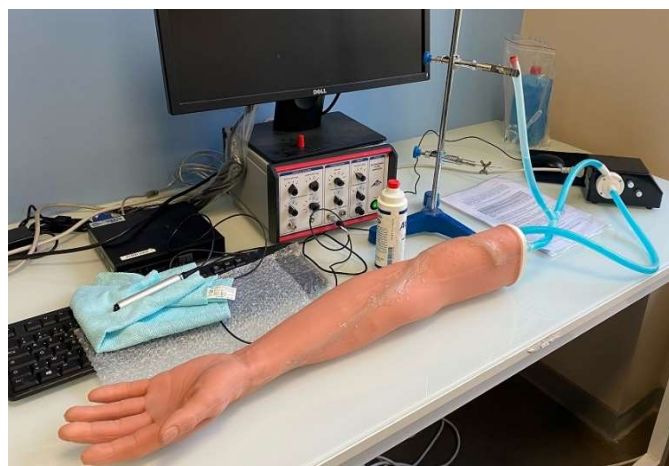
Le même phénomène est observé en échographie. En effet, les différents milieux du corps humain sont de densité différente et renvoient différemment les ondes. L'amplitude du signal à la réception est donc différente, et l'on peut ainsi caractériser les milieux. Cela revêt une importance fondamentale lors du diagnostic comme nous allons le voir.

Partie II, effet doppler

Comme nous l'avons vu dans la partie I, il est possible de déterminer la position d'un objet et d'en déterminer la densité grâce aux ultrasons. Cependant les techniques d'échographie permettent aussi de **déterminer la vitesse des globules rouges dans le corps humain**. Cela est très utile pour quantifier des débits sanguins, localiser des zones inflammatoires hypervascularisées, etc...

Cela est permis par un phénomène physique : l'effet Doppler.

Expérience sur le bras



On constate que **lorsqu'un objet est mis en mouvement** et qu'il émet (ou réfléchit dans ce cas) une onde, **le récepteur reçoit cette onde à une fréquence différente** de celle à laquelle cette onde a été émise. **C'est l'effet Doppler.**

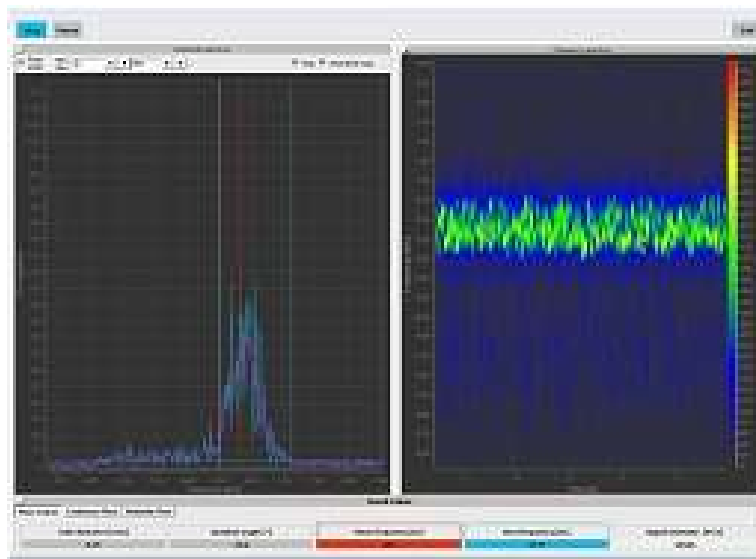
L'effet Doppler est ainsi le déplacement en fréquence d'une onde ultrasonore entre la mesure à l'émission et la mesure à la réception. Ce décalage se produit lorsque la distance entre l'émetteur et le récepteur varie au cours du temps.

Ce déplacement en fréquence ΔF est donné par la formule

$$\Delta F = \frac{2F \times V \times \cos(\theta)}{C}$$

F_e = fréquence ultrasonore d'émission, V = vitesse des globules rouges, θ = angle entre la sonde et les globules rouges en mouvement et C = vitesse du son dans le milieu.

Dans le corps humain la même chose se produit : on envoie une onde ultrasonore à 1.000.000 Hz (par exemple). Celle-ci va se réfléchir sur des globules rouges en mouvement et être renvoyée à une fréquence différente (1.000.200 Hz par exemple). Le système électronique détectera cette différence de fréquence (200 Hz), et l'on saura ainsi qu'il y a un mouvement.



1- Quelle est la différence entre la fréquence émise F_e et la fréquence reçue F_r lorsque l'objet est immobile ?

2- Que se passe-t-il lorsqu'un objet est mis en mouvement devant l'émetteur d'ultrasons ?

3- Que se passe-t-il lorsque l'on change l'angle du détecteur ?

Partie III, échoscope

Avant toutes les manipulations, vérifier que les boutons de réglage du TGC sont à zéro

1. Atténuation en fonction de la profondeur et de la fréquence

- 1) Allumer l'échoscope et vérifier que le bouton TGC est à zéro
- 2) Depuis le bureau de l'ordinateur, lancer le logiciel « Bloc Essai »
- 3) Vérifier que la sonde 1 MHz est sur PROBE 1 (bleu) et la sonde 4 MHz (vert) sur PROBE 2

Expérience 1 : avec la sonde de 4 MHz(vert)- Régler le Gain à 35dB, et l'Output à 15 dB

- 4) Vérifier que le commutateur TRANSMITTER/RECEIVER MODE est sur le mode 2/2
- 5) Appliquer le gel coupleur sur la partie supérieure du bloc essai
- 6) Se mettre en mode A, et cliquer sur « Start A-Scan »
- 7) **Déplacer la sonde 2 de 2 à 8 (Gain à 35dB, Output à 15 dB), et mesurer l'amplitude**



1- Que constatez-vous ? Reporter les valeurs des pics sur le tableau suivant :

Trou	n°2	n°3	n°4	n°5	n°6	n°7	n°8
Amplitude (V)							

9) Activer maintenant le mode B-scan en ajustant le « level max » à 0,7 et déplacer la sonde 2 de 2 à 8, régulièrement en continu.

2- Expliquer le principe du B-Scan et du code couleur

Expérience 2 : avec la sonde de 1 MHz(bleu) - Régler le Gain à 30dB et l'Output à 5dB

- 1) Utiliser la sonde 1 MHz et mettre le commutateur TRANSMITTER/RECEIVER MODE soit sur le mode 1/1,
- 2) Déplacer la sonde 1 de 2 à 8 et mesurer l'amplitude (Gain à 30dB, Output à 5dB)

3- Reporter les valeurs des pics sur le tableau suivant

Trou	n°2	n°3	n°4	n°5	n°6	n°7	n°8
Amplitude (V)							

4- Quelles différences existe-t-il entre la sonde 1 et 4 MHz ?

3) Activer maintenant le mode B-scan en ajustant le « level max » à 1,3 et déplacer la sonde 1 de 2 à 8, régulièrement en continu.

Correction de l'atténuation à l'aide du TGC

En utilisant le TGC et la sonde 4 MHz, faire en sorte que l'amplitude reste constante quelle que soit la profondeur du trou.

5- Expliquer le principe du TGC et reporter les valeurs utilisées.

Impact de la fréquence sur la résolution

En vous positionnant sur l'interface 9, faites une image avec la sonde 1 MHz, puis avec la sonde 4 MHz

6- Que pouvez-vous conclure sur la résolution latérale en fonction de la fréquence ?

Positionnez-vous sur l'interface 1, et faites une image avec la sonde 1 MHz, puis avec la sonde 4 MHz

7- Que pouvez-vous conclure sur la résolution axiale en fonction de la fréquence ?

Initiation à l'application clinique (tumeur mammaire).

Pour cette application, nous allons utiliser des « seins » avec des masses simulant des tumeurs.



- 1) Palper manuellement les seins de façon à localiser approximativement les tumeurs
- 2) Utiliser la sonde **1 MHz sur PROBE 1** et vérifier que le commutateur **TRANSMITTER/RECEIVER MODE** soit sur le **mode 1/1**
- 3) Depuis le bureau de l'ordinateur, charger la configuration 3_tumeur mammaire
- 4) Appliquer le gel coupleur sur la prothèse mammaire
- 5) Déterminer la taille de chaque tumeur
- 6) Essayer d'améliorer la détection de la tumeur en réglant le TGC sur la zone en question.

8- Identifier les tumeurs sur les images B-Scans obtenues

Partie IV, interprétation des images échographiques

Préambule

- un foie grassex est hyper échogène.
- un milieu aqueux est hypo échogène.
- le calcium est un milieu hyper échogène et projette un cône d'ombre postérieur

Saurez-vous reconnaître :

- un foie stéatosique ?
- une ascite abdominale ?
- un rein avec calculs ? un rein normal ?
- une vésicule biliaire lithiasique ?
- une vésicule avec hypertrophie de sa paroi antérieure ?
- l'anomalie sur le dernier cliché cardiaque ?

