

PRINCIPES ET APPLICATIONS
DE L'ECHOGRAPHIE

PLAN

I / INTRODUCTION

II/ PRINCIPES DE L'ECHOGRAPHIE

1 / ULTRASONS

2 / ECHOGRAPHE

2-1/ SONDES ULTRASONORES

2-2/ EFFET PIEZOELECTRIQUE

2-3/ FORMATION DE L'IMAGE ECHOGRAPHIQUE

2-3-1/ 1^{ère} ETAPE :

FAISCEAU US ET SES CARACTERISTIQUES

2-3-2/ 2^{ème} ETAPE :

FORMATION DU POINT ECHO

2-4/ ENREGISTREMENT DES POINTS ECHOS en mode B

2-5/ TRAITEMENT DE L'IMAGE

2-6/ MODALITES DE L'ECHOGRAPHIE

III/ SEMANTIQUE

IV/ INDICATIONS

V/ CONCLUSION

QUE DOIT- ON CONNAITRE ?

- 1/Connaître le principe de base de la formation de l'image échographique
- 2/Connaître les principes de formation de l'image et le mode B essentiellement
- 3/ Connaître les différents types de sonde, le mode de balayage et leur applications

I / INTRODUCTION

-Technique d'imagerie médicale, l'échographie s'effectue à partir des ultrasons (US).

-Elle se distingue par son caractère non irradiant et facile à réaliser.

- L'imagerie échographique est demandée en première intention car non invasive et non coûteuse. Elle ne nécessite aucune prémédication ni une préparation particulière. Elle peut se faire au lit du malade et en couveuse grâce à des appareils transportables. En raison de son innocuité, elle est d'indication large (femme enceinte, néonatalogie, pédiatrie...)

II / PRINCIPE DE L'ECHOGRAPHIE

1- ULTRASONS

-On définit les US comme étant des sons de fréquences supérieures à 16000 HZ qui sont des ondes ultrasonores. C'est des vibrations mécaniques qui sont dues à des variations de pression des milieux traversés.

-L'onde ultrasonore est le résultat d'un mouvement de vibration d'un corps élastique. Les paramètres qui caractérisent un mouvement vibratoire sont :

A : Amplitude d'oscillation maximum

T : Période de temps entre deux passages de la molécule dans la même position

λ : Longueur d'onde formule : $\lambda = C T$

La longueur d'onde λ est la distance qui sépare deux pics de pression acoustique.

(+) λ est petite, (+) la fréquence est grande, (+) la résolution spatiale est bonne.

-Dans le domaine médical, les fréquences tolérables et utilisables sont de :

1 à 16 MHZ voire 20 MHZ en pathologie dermique.

Cette fréquence peut être encore plus élevée et arriver à 50 MHZ.

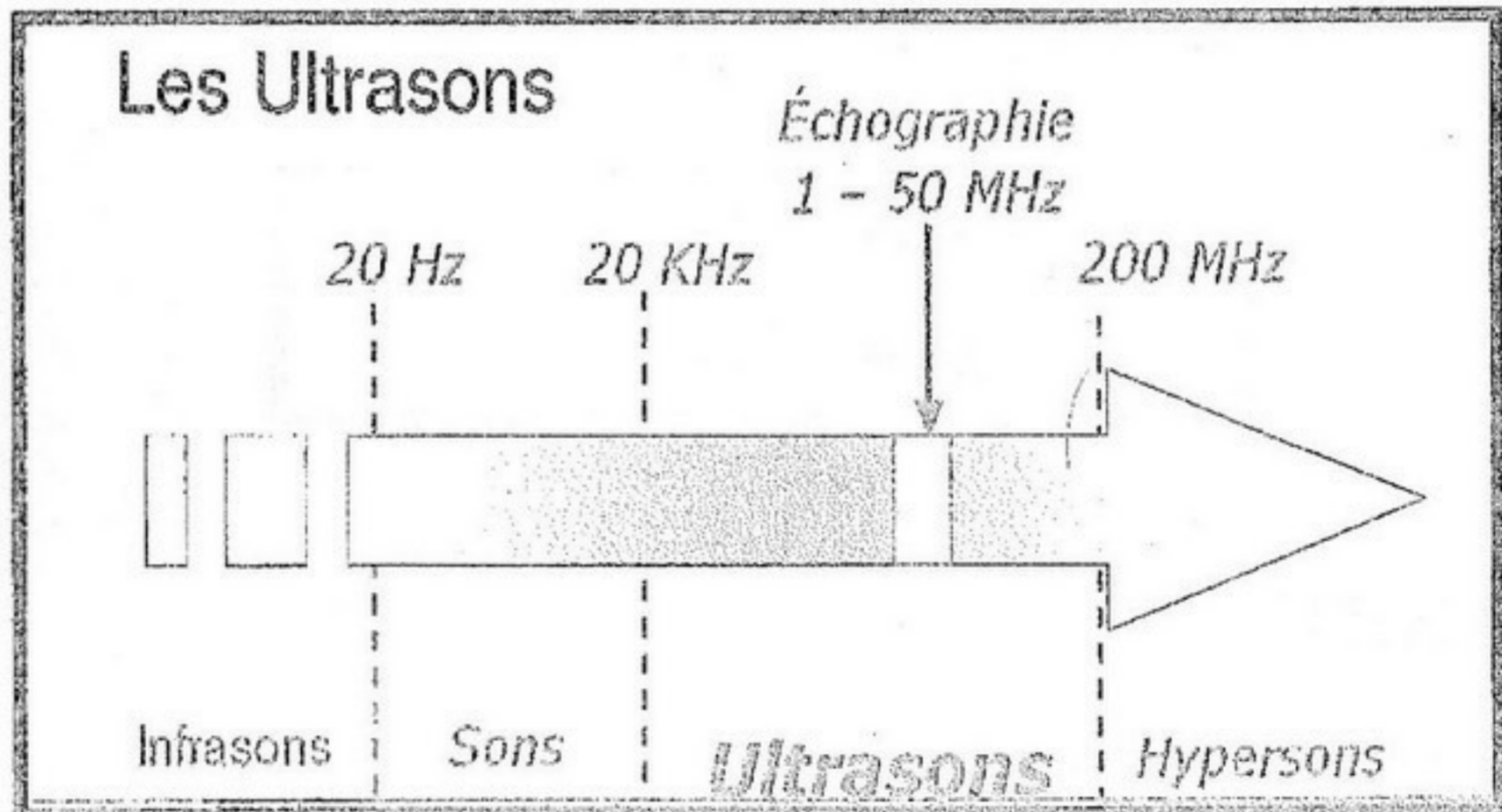
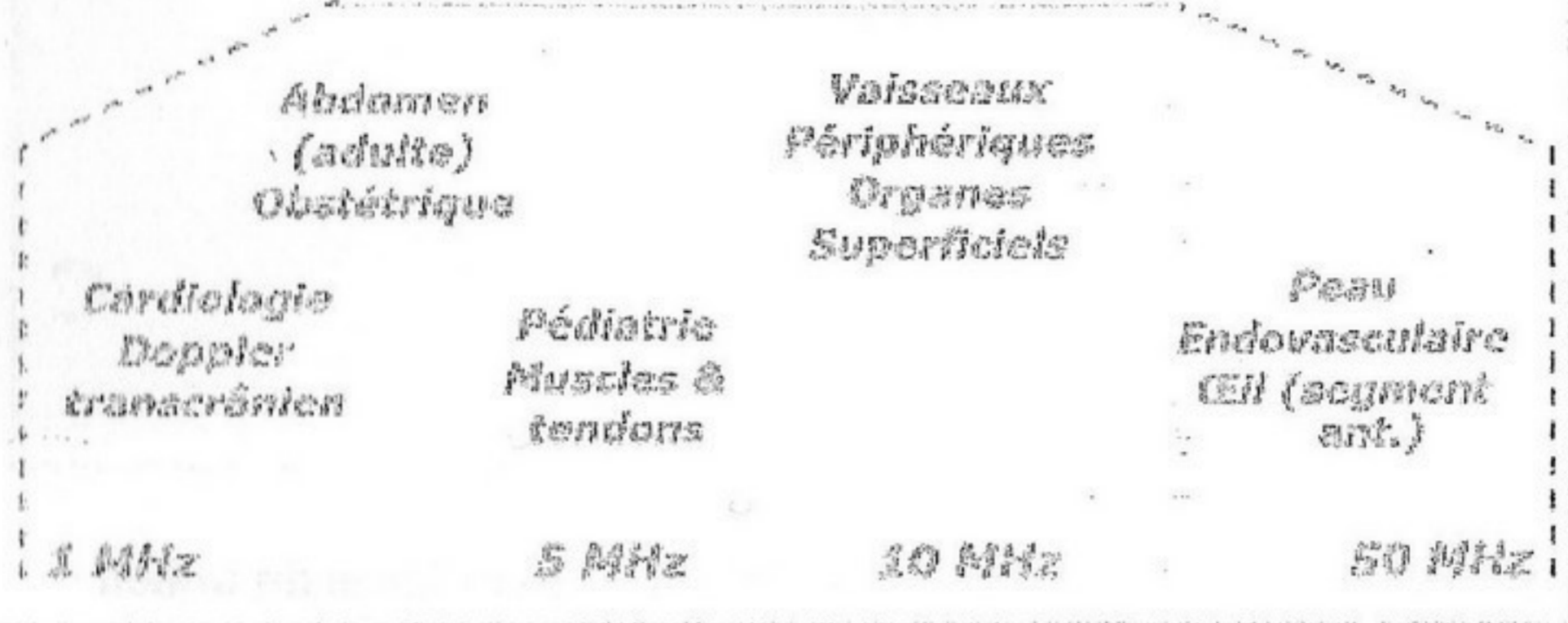
Ceci est représenté par le tableau suivant regroupant les fréquences adaptées à l'exploration de différents territoires de l'organisme selon la gamme des US.



Ultrasons



La résolution spatiale augmente
mais
la profondeur d'exploration diminue
avec la Fréquence d'émission



1 HZ = 1 cycle/seconde

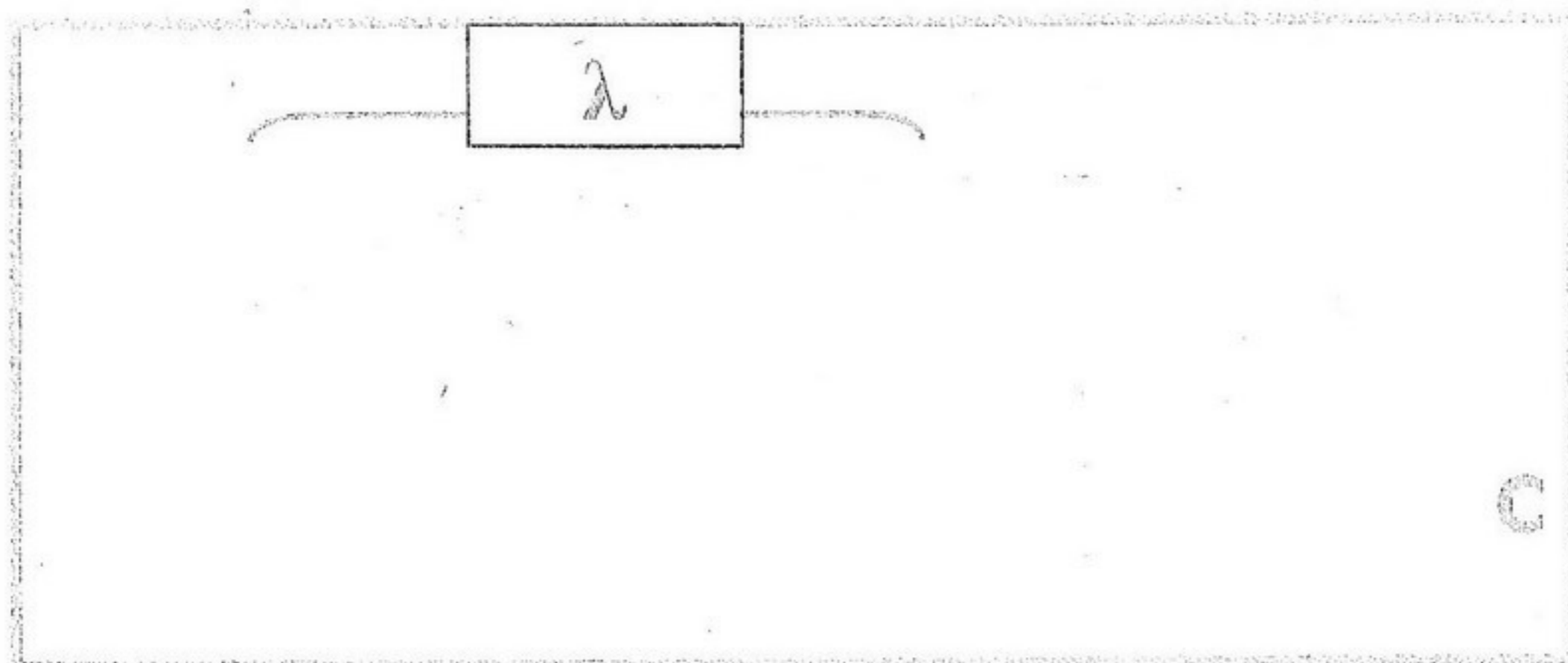
1 KHZ = 10³ = 1000 HZ

1 MHZ = 10⁶ = 1000 000 HZ

1GHZ 10⁹ = 1000 000 000 HZ

FREQUENCE / F - PERIODE : T , F= 1/T

PROPAGATION D'UNE ONDE ULTRASONORE



La longueur d'onde λ dépend des caractéristiques mécaniques du milieu
(vitesse de propagation : C)

VITESSE DE PROPAGATION DES US DANS L'ORGANISME :

$C = 1540 \text{ m/s}$

Pour 1 MHz, $\lambda = 1,54 \text{ mm}$

<p>Longueur d'onde</p> $\lambda = C/F$
--

2- ECHOGRAPHIE

L'appareil d'échographie comprend :

- Sondes ou capteur ultrasonore ou transducteur (émission-réception)
- Système Informatique : - Transformation du point écho en image
- Il compile toutes les informations et fournit des images des organes explorés.
- Console de commande : - Panneau de commande : plusieurs touches pour réglage et applications
- Source électrique : courant alternatif : excitation brève du transducteur
- Système d'enregistrement des données

2- 1- SONDES ULTRASONORES

-Les capteurs ultrasonores ou transducteurs ou sondes représentent un dispositif technique indispensable au principe de l'imagerie ultrasonore.

-C'est l'outil clé de l'appareillage.

- Ils sont constitués par un matériau qui a la faculté propre d'un corps élastique capable de transformer une énergie électrique reçue en énergie mécanique et inversement.

-Les capteurs d'imagerie ultrasonore sont d'application médicale large à l'heure actuelle en raison de la performance dans la conception de ceux-ci, pour cela une grande variété de sonde est développée.

-Ils sont de différente configuration géométrique, de taille et de fréquence adaptée aux différents tissus biologiques.

- Pour répondre aux nombreuses applications diagnostiques des US dans le domaine médical, plusieurs modalités de sondes sont d'usage :

Abord trans cutané : Pubien, Abdominal, Thoracique, Fontanelle

Abord endo-cavitaire ou orificiel ou intra-cavitaire :

Les transducteurs endo-cavitaires sont des capteurs en miniatures dont les diamètres vont de 10 à 20 mm et de fréquence élevée car la distance est très réduite vue leur contact avec la zone à explorer afin de gagner en résolution et éviter de traverser les structures osseuses ou gazeuses.

Capteurs : endo-oesophagien, endorectal ou endovaginal.

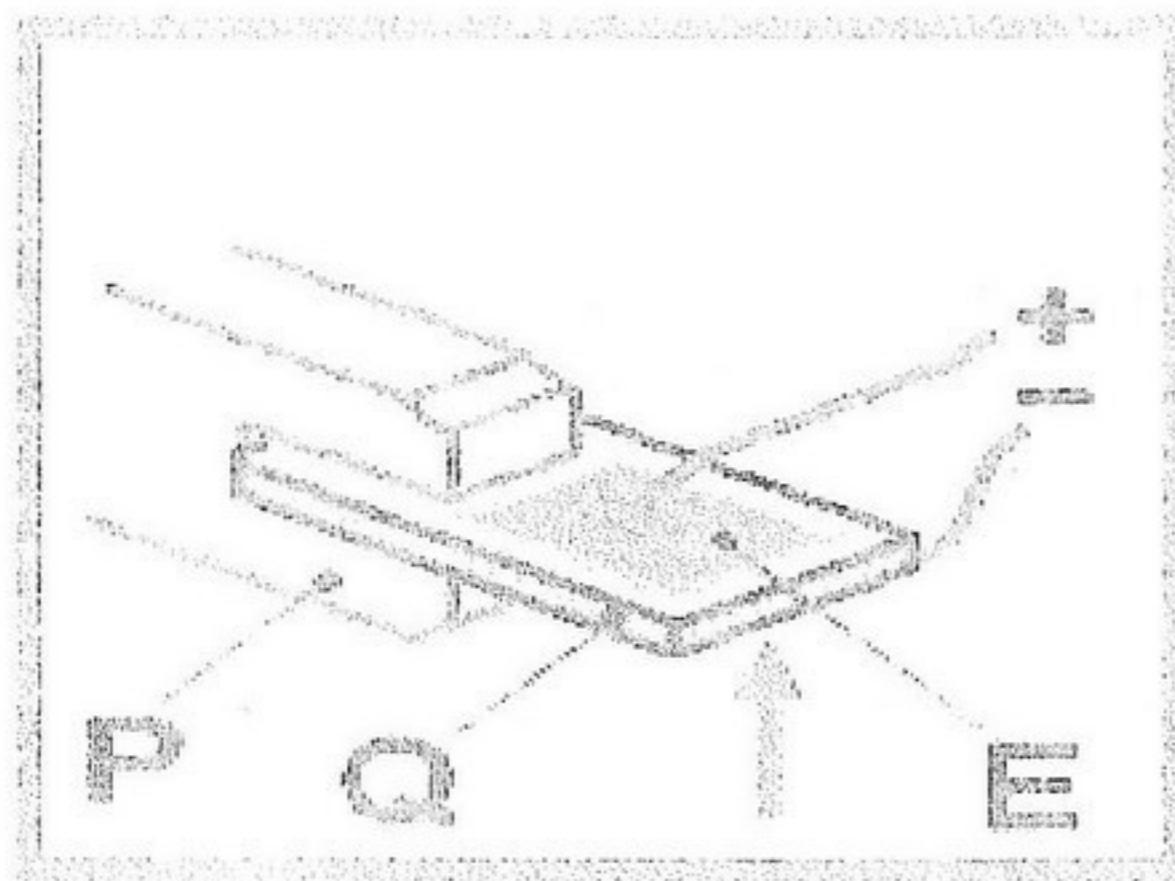
2-2- EFFET PIEZOELECTRIQUE

Différents procédés ont été décrits mais celui adopté pour l'imagerie échographique retenu dans le domaine médical est le : phénomène piézo -électrique.

EFFET PIEZOELECTRIQUE : C'EST QUOI ?

Découvert par les frères Pierre et Jacques CURIES en 1880, ce phénomène fondamental de transduction électromécanique, se définit ainsi :

« Un potentiel électrique oscillant fait alternativement se contracter et se dilater un cristal en produisant des vibrations ultrasonores. La réflexion de cette onde US sur le cristal (nature du cristal : quartz) produit à l'inverse un courant électrique mesurable. »



E= électrodes (excitation électrique)/ Q= quartz : matériau corps élastique
 P= plaque portant le matériau

EFFET PIEZO ELECTRIQUE REVERSIBLE

ENERGIE MECANIQUE \longleftrightarrow ENERGIE ELECTRIQUE

Impédance acoustique (Z_c)++++

Meilleure transmission des US dans les tissus si l'impédance de la sonde est proche de celle des tissus.

Z_c : caractérise les propriétés mécaniques d'un milieu à l'égard des ondes de pression qui s'y propagent.

Z_c : est représentée par la formule suivante :

$$Z_c = \rho \times V$$

ρ : densité du milieu

V : vitesse de propagation du son dans le milieu

-L'atténuation et l'absorption sont également des caractères physiques du faisceau US.
Une atténuation progressive de l'onde US en traversant un milieu donné se fait sous forme de chaleur et dispersion et entraîne une perte de directivité du faisceau.

-Dans un milieu homogène l'intensité acoustique décroît de façon exponentielle avec la distance.

-Dans les tissus mous, l'atténuation est proportionnelle à la fréquence ultrasonore.

-L'amplitude initiale de l'onde US décroît en fonction de la distance parcourue et sur le plan pratique, les fréquences les plus basses sont les plus pénétrantes et sont nécessaire pour l'exploration des organes profonds.

2-3-2 - 2^{ème} ETAPE :

FORMATION DU POINT ELECTRIQUE DIT POINT ECHO

-L'effet piézoélectrique est caractérisé par sa réversibilité.

Le faisceau incident se réfléchit au contact d'une interface d'un milieu. Le faisceau réfléchi ainsi obtenu est responsable de l'excitation brève de nouveau du matériau (quartz) engendrant ainsi la formation de point électrique dit point écho transcrit sous forme de point sur l'écran. La fraction d'énergie réfléchie acoustique excitant le matériau doit être suffisante pour parvenir à celui-ci et doit se faire sur une surface quasiment perpendiculaire à l'axe de propagation du faisceau afin qu'elle ne soit pas atténuée ou perdue.

-Le pourcentage de l'énergie réfléchie du faisceau incident US lors du passage d'un milieu à un autre est proportionnelle à la différence d'impédance acoustique entre les deux milieux ou au gradient d'impédance.

-L'interface détermine le changement d'impédance acoustique qui caractérise le milieu traversé.

-Entre deux milieux d'impédance proche, la réflexion est faible, elle est plus importante si l'impédance est différente.

-Double caractéristique de la sonde ou capteur ultrasonore ou transducteur :

-Production du faisceau US INCIDENT (émission de l'onde sonore : émettrice)

-Réception du faisceau REFLECHI et formation du point écho (réceptrice)

Energie Mécanique \longleftrightarrow Energie Electrique

2-4 / ENREGISTREMENT EN MODE B : ECHO 2D

-Ce mode utilise la BRILLANCE qui se définit ainsi : chaque point écho est transcrit sous forme d'un point électrique ou lumineux. La sonde est mobile.

-Sur l'écran s'inscrit une ligne de points correspondant à l'axe d'exploration.

-Si cette dernière est déplacée dans un plan, d'autres lignes s'inscrivent les unes à côté des autres, formant ainsi une image en deux dimensions des structures traversées.

- Les points lumineux ou électriques dit point écho sont inscrits de deux manières différentes :

1) Selon la loi du « tout ou rien »

Les échos dépassant un certain seuil, sont enregistrés tous de la même manière. Les échos inférieurs ou supérieurs au seuil ne sont pas enregistrés du tout.

L'amplitude des échos peut être augmentée ou diminuée en réglant le gain de l'appareil et le seuil peut être abaissé ou élevé.

2) Echelle des gris

Les points échos sont transcrits selon leur intensité sous forme d'une gamme de nuance allant du blanc au noir

Blanc : milieu très riche en échos

Noir : milieu sans écho : anéchogène

Gamme de gris : les milieux intermédiaires

- Initialement, les premiers appareils sont à balayage manuel et l'image obtenue est instantanée et immobile, puis l'avènement d'appareils « en temps réel » à balayage automatique et succession rapide des images donnant l'impression de mouvement.

-L'imagerie échographique des structures peut être obtenue grâce à plusieurs types de balayage.

2-5/Traitement de l'image

Un échographe possède une électronique complexe de traitement
l'image comportant plusieurs sous-ensembles

- 1) Une amplification différentielle (Module TGC : time gain compensation)
- 2) Sélection de la gamme dynamique des échos
- 3) Détection et rectification : la partie négative du signal est redressée et affichée en positif
- 4) Convertisseur AD et DA (analogique /digital et digital/analogique)
- 5) Une mémoire
- 6) Un post traitement
- 7) Un reformatage des données et synchronisation

2-6/ Modalités de l'échographie

- 3D n'a pas atteint encore le stade de l'utilisation de routine pour plusieurs raisons liées à la fois :
 - Au prix des capteurs
 - De l'informatique associées aux problèmes liés à la représentation d'un corps opaque en trois dimensions et à la compétition avec la vue en 3 D « naturelle » des échographistes entraînés.
- ECHODOPPLER (échographie vasculaire : vélocimétrie sanguine)
- ECHOGRAPHIE DE CONTRASTE (ECUS) :
Elle a été une avancée fulgurante dans l'imagerie ultra-sonographique durant ces dernières années en utilisant les microbulles d'air de la taille d'un érythrocyte.

Les dernières avancées en matière d'échographie de contraste ont permis d'étendre les indications.

III/ SEMANTIQUE

INTERFACE

C'est une zone de séparation entre deux milieux d'impédance acoustique différente (c'est une limite). Elle est échogène

Ex : Foie/Diaphragme

PAROI

La paroi est une structure réfléchissante entre deux milieux de même impédance

Ex : Paroi vésiculaire, vésicale, vasculaire

OMBRE ACOUSTIQUE

L'ombre acoustique est due à une réflexion totale des US par les Substances suivantes : AIR/OS/CALCIFICATIONS

Elles sont hyper-réfléchissantes soit hyperéchogènes avec ombre acoustique caractérisant leur nature.

RENFORCEMENT POSTERIEUR

Le renforcement postérieur témoigne de l'absence d'atténuation du faisceau US incident lors de la traversée du milieu liquidien pur.

Il caractérise le milieu liquidien dit anéchogène (sans échos).

Il est proportionnel à la taille du milieu.

ECHOSTRUCTURE D'UN MILIEU

C'est son aspect échographique ou sa texture échographique selon les structures qui le compose.

1) LE MILIEU PEUT ETRE :

SOLIDE :

- Milieu hyper-réfléchissant (riche en points échos) dit hyper-échogène
- Milieu réfléchissant : présence d'échos et le milieu est dit échogène

SEMI-LIQUIDE

Mixte composé de liquide parsemé d'échos d'intensité différente selon leur nature ex : nécrose d'une tumeur solide, abcès, hématome en voie d'organisation.

LIQUIDIEN PUR

Milieu sans échos dit anéchogène, se caractérise par un renforcement postérieur (eau, bile, sang)

2) ASPECT DU MILIEU :

-Milieu homogène : milieu structuré, les nombreux échos présents ont tous la même intensité et sont régulièrement répartis.

-Milieu hétérogène : il comporte des macro-structures (tractus fibreux, calcifications, nécrose), d'intensité différente et de répartition irrégulière.

IV/ INDICATIONS

- Elles sont très larges et se pratique à tout âge.
- Applications aisées en anténatale, néonatalogie et pédiatrie
- Exploration superficielle et profonde voire organe creux
- Nouvelles applications en urgence

V /CONCLUSION

- L'échographie est une technique d'imagerie ultrasonore qui est inoffensive, non invasive et non vulnérantes. Elle est d'indication large et se distingue par une haute résolution spatiale et temporelle

-Elle permet une étude morphologique des structures explorées.

- Elle se caractérise par une exploration en temps réel, cependant, elle demeure opérateur dépendant.

-Les conditions usuelles d'utilisation de l'échographie impliquent des intensités acoustiques très inférieures au seuil d'apparition d'effets biologiques.

- Les modalités de l'échographie : 3D, ECHOGRAPHIE AVEC PRODUIT DE CONTRASTE, ECHO DOPPLER, ELASTOGRAPHIE.