

**COURS D'ECHOGRAPHIE**  
**DESTINE AUX ETUDIANTS**  
**3<sup>ÈME</sup> ANNEE DE RADIOLOGIE**  
**ANNEE : 2016 - 2017**

**DR. FZ. LECHEHEB**

**CHARGE DE MODULE**

**ECHOGRAPHIE**  
**PRINCIPE ET APPLICATIONS**

**PLAN**

**I / INTRODUCTION**

**II/ PRINCIPE DE L'ECHOGRAPHIE**

**1 / ULTRASONS**

**2 / ECHOGRAPHE**

**2-1-Sondes ultrasonores**

**2-2- Effet piézo-électrique Faisceau ultrasonore et ses caractéristiques**

**2-3-Formation du point écho : comment se forme l'image échographique?**

**2-4- Enregistrement des points échos**

**2-4-1/ Mode A**

**2-4-2/ Mode B +++++**

**III/ TRAITEMENT DE L'IMAGE/ AFFICHAGE ET REPROGRAPHIE**

**IV/ SEMANTIQUE+++++ (illustrer par images normales et pathologiques)**

**VI / CONCLUSION**

**VII/ REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

**OBJECTIFS**

- 1/ Définir la technique ultra-sonographique et sa large application dans le domaine médical.
- 2/ Décrire le principe de l'échographie mode B
- 3/ Présenter l'appareil d'échographie et son fonctionnement
- 4/ Apprendre la sémantique (langage échographique)

**POINTS A CONNAITRE**

1. Connaître les caractéristiques du faisceau ultrasonore et la gamme de fréquences admissibles dans le domaine médical.
2. Connaître les interactions entre les ultrasons et la matière :  
**Réflexion**, Réfraction, Diffusion, Atténuation.
3. Connaître le **principe de base de la formation de l'image échographique**  
Le Mode B : Brillance (2D bimensionnelle)
4. Connaître les différents types de sonde : linéaires, convexes, annulaires
5. Connaître la sémantique échographique afin de savoir lire un compte rendu échographique et le comprendre.

## I / INTRODUCTION

Technique d'imagerie médicale, l'échographie s'effectue à partir des **ultrasons**.

Elle se distingue par son **caractère inoffensif, 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 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

$$\lambda : \text{Longueur d'onde formule : } \lambda = CT$$

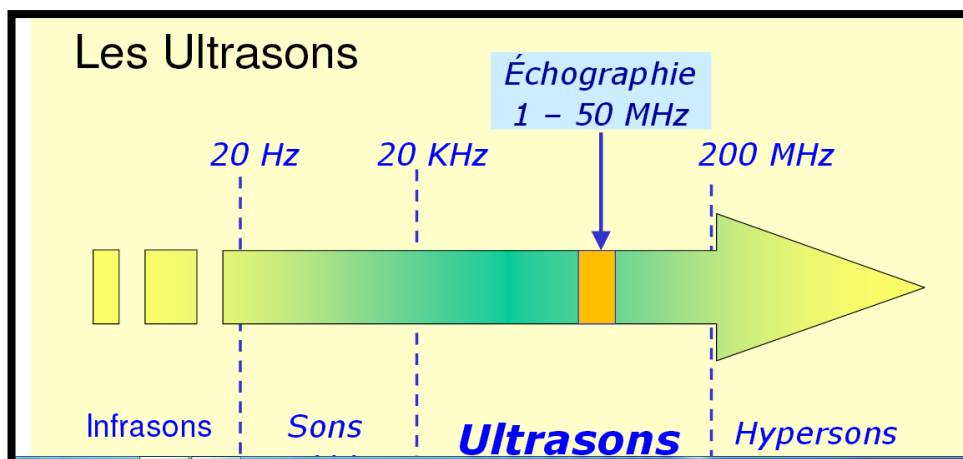
**La longueur d'onde est la distance qui sépare deux pics de pression acoustique.**

+  $\lambda$  est petite, + la fréquence est grande, + la résolution spatiale est bonne.

La résolution spatiale se définit la distance minimum séparant deux points distinguables l'un de l'autre.

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

**1 à 16 MHZ / 20 MHZ** et plus en pathologie dermique.

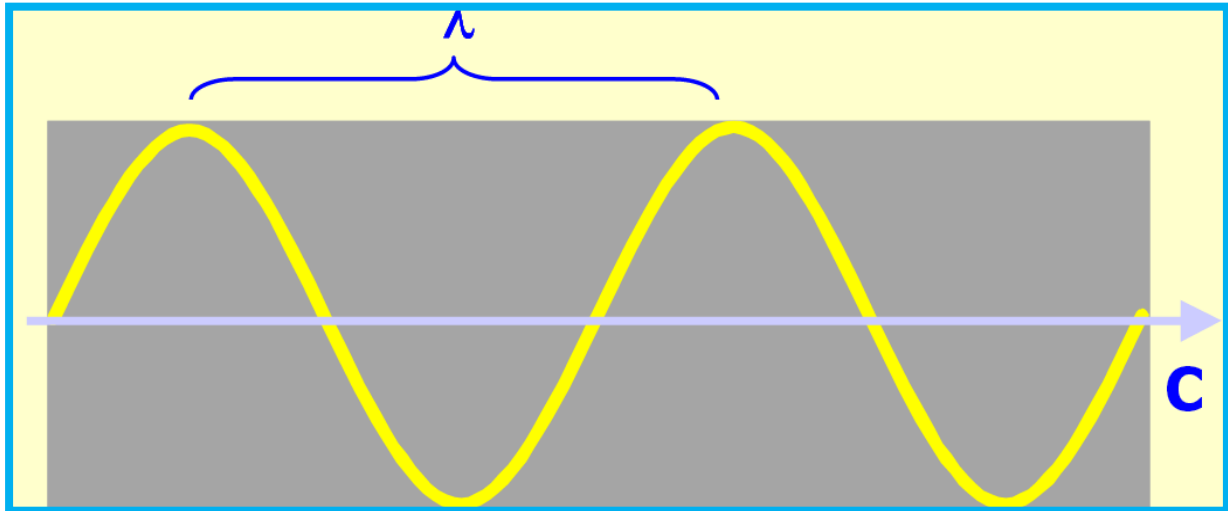


1 HZ = 1 cycle/seconde    1 KHZ =  $10^3$  = 1000 HZ

1 MHZ =  $10^6$  = 1000 000 HZ    1GHZ  $10^9$  = 1000 000 000 HZ

FREQUENCE ( F)    PERIODE (T)     $F = 1/T$

### PROPAGATION D'UNE ONDE ULTRASONORE



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

- $\lambda = C/F$
- $C = 1540 \text{ m/s}$
- Pour 1 MHZ,  $\lambda = 1,54 \text{ mm}$

## 2- ECHOGRAPHIE

Description de l'appareil d'échographie dit « échographe »

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

-Il fournit des images des organes explorés.

&) **Console de commande** : Panneau de commande : plusieurs touches pour réglages et applications

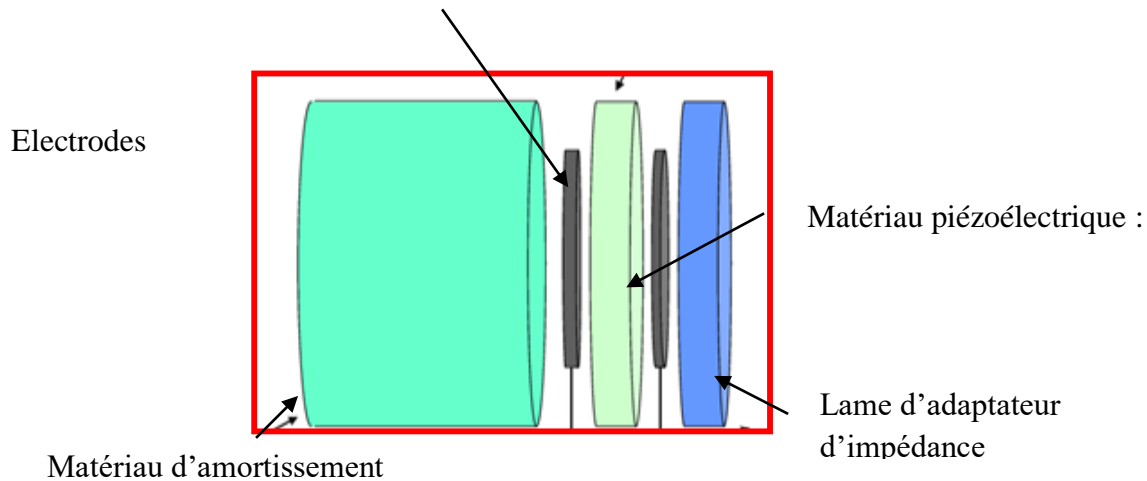
&) **Source électrique** : courant alternatif : excitation brève du transducteur

&) **Système d'enregistrement des données**

APPAREIL**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.



### VUE ECLATEE D'UN TRANSDUCTEUR

Tout transducteur comprend les éléments suivants:

- Matériau piézo-électrique (céramique)
- Amortisseur
- Adaptateur d'impédance

-Ce matériau est une lame de **quartz** ou une **céramique ferro-électrique** de type : **Ziconate- Titanate de plomb.**

&) 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 :

- externe : abord trans cutané (pubien, abdominal, thoracique, fontanellaire)
- interne : abord endo-cavitaire ou orificiel ou intra-cavitaire.

&) Ce sont des capteurs en miniatures dont les diamètres vont de **10 à 20mm** 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.



### DIFFERENTES TYPES DE TRANSDUCTEURS OU SONDES

(FORME ET FREQUENCE)

#### 2-2- EFFET PIEZO-ELECTRIQUE+++++

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

#### EFFET PIEZO-ELECTRIQUE : C'EST QUOI ?

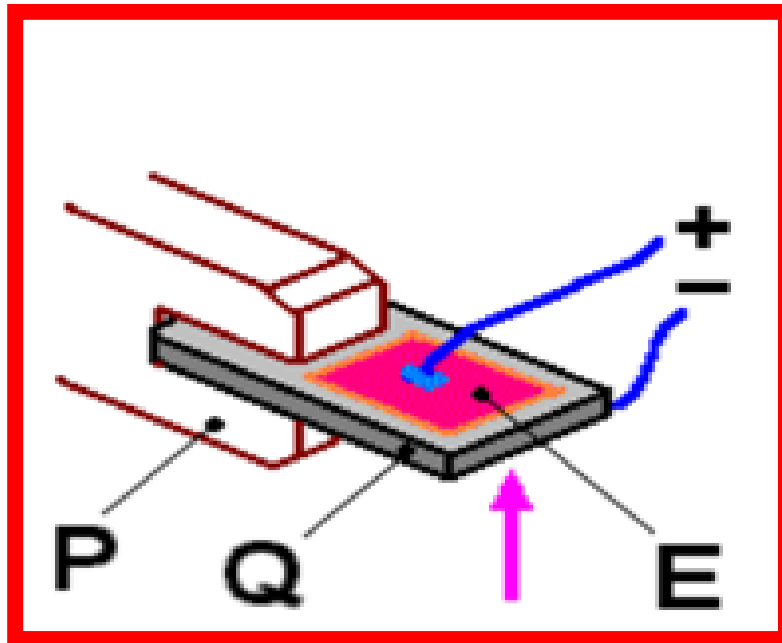
Découvert par les frères Pierre et Jacques CURIES en 1880

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

**QUELLE EST LA PARTICULARITE DU MATERIAU  
PIEZOELECTRIQUE ?**

**IMPEDANCE ACOUSTIQUE (Z)**

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

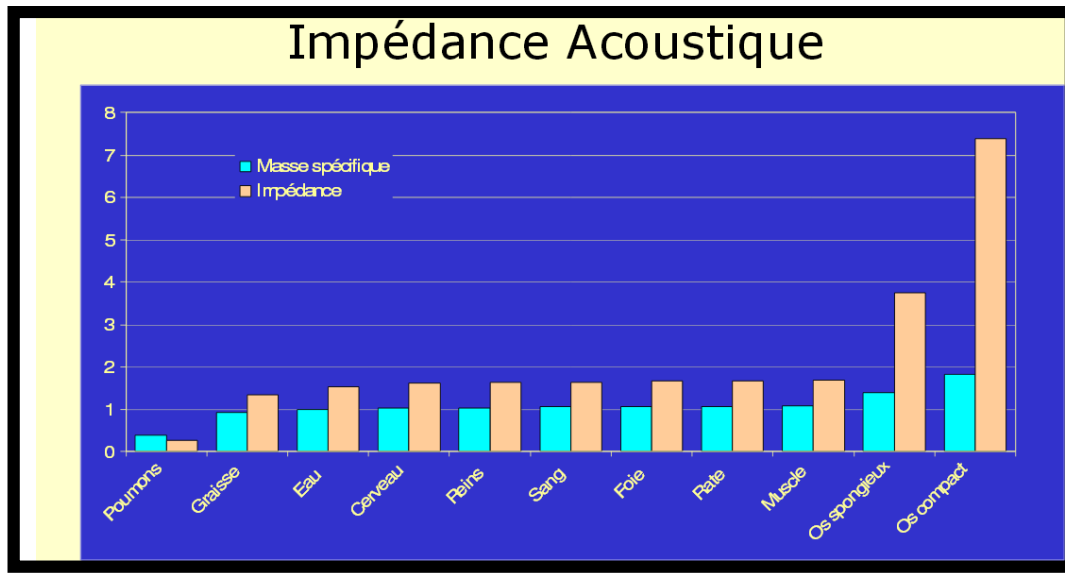
Z : Caractérise les propriétés mécaniques d'un milieu à l'égard des ondes de pression qui s'y propagent.

Z : Est représentée par la formule suivante :

$$Z = \text{RHO} \times V$$

Rho : densité du milieu

V : vitesse de propagation du son dans le milieu



## 2-3- COMMENT S'OBTIENT L'IMAGE ECHOGRAPHIQUE ?

### 1<sup>ère</sup> ETAPE : FAISCEAU US ET SES CARACTERISTIQUES

#### Formation du faisceau US

- La formation du faisceau US s'obtient par excitation du **quartz sous forme de lamelle** par un courant discontinu.
- Lors de l'**impulsion électrique alternée**, le matériau se **contracte puis se dilate** de façon **synchrone** et l'énergie électrique reçue est ainsi transformée en **énergie mécanique vibratoire** qui représente le faisceau US dont la fréquence est fonction de l'**épaisseur** et la forme du **quartz**.

#### Caractéristiques du faisceau incident US

- Les sons obéissent aux lois qui régissent la propagation de la lumière et quand le faisceau US incident est en contact avec la matière et aborde une ou plusieurs interfaces, il subit trois principaux phénomènes suivant : **réfraction**, **réflexion** et diffusion.
- 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<sup>ème</sup> 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.

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

-Entre deux milieux d'impédance proche, la **réflexion est faible**,

- **Réflexion 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 SELON LE MODE A/ MODE B****2-4-1/ MODE A**

1<sup>ère</sup> génération d'appareil échographique : enregistrement sous forme de **PIC d'amplitude : ECHO A.**

Histologiquement, c'est le mode d'enregistrement des points échos et son application dans le domaine médical en occurrence en neurochirurgien et ophtalmologie.

L'enregistrement se fait par transcription sur l'écran d'un oscilloscope et par projection à travers repère cartésien comportant l'amplitude(A) en ordonnée et la distance en abscisse des différents points d'échos.

Cet enregistrement est traduit par des PICS d'amplitude variable de la sonde vers la profondeur.

A chaque point électrique dit écho correspond un PIC dont l'amplitude est proportionnelle à l'énergie ultrasonore renvoyée par la structure explorée dans la direction de la sonde.

**Echographe de première génération :**

**Sonde immobile au contact de la peau et exploration unidimensionnelle des structures traversées par le faisceau ultrasonore.**

**2-4-2/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 avec succession rapide des images donnant l'impression de mouvement.

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

**&) Balayage sectoriel mécanique :**

Actuellement réservé aux sondes de fréquence ultrasonores supérieures à **15 MHZ**

**&) Balayage sectoriel électronique par déphasage (phased array)**

Une petite barrette de transducteur est utilisée pour générer et recevoir les US

L'image obtenue a la forme d'un secteur dont le sommet correspond au point de contact de la sonde avec la peau du patient.

**&) Balayage électronique linéaire sur sonde plane**

Ces capteurs fournissent des images rectangulaires avec des lignes d'acquisitions parallèles.

**&) Balayage électronique linéaire sur sonde convexe :**

Balayage linéaire le long d'un barreau convexe de transducteurs.

Cette technique s'impose progressivement dans la majorité des applications de l'échographie transcutanée

L'imagerie échographique **endo-cavitaire** utilise des capteurs miniatures

**(10 à 20 mm diamètre) endo-oesophagien, endorectale ou endovaginale**

**III/TRAITEMENT DE L'IMAGE / AFFICHAGE DE L'IMAGE  
ET REPROGRAPHIE**

Un échographe possède une électronique complexe de traitement de 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**

**AFFICHAGE DE L'IMAGE ET REPROGRAPHIE**

&) Dans un **oscilloscope**, matériel élémentaire de recueil du signal (point échos), le balayage électronique de l'écran est électrostatique.

&) Dans un **moniteur TV**, le balayage électronique est obtenu par électromagnétisme ce qui permet une meilleure dynamique des gris.

&) **Enregistrement du document** : photographie / caméra multi-images/ papier thermosensible en rouleau : système peu onéreux, peu encombrant mais image de qualité moyenne.

**IV / SEMANTIQUE****1/ INTERFACE**

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

Ex : Foie/Diaphragme

**2/ PAROI**

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

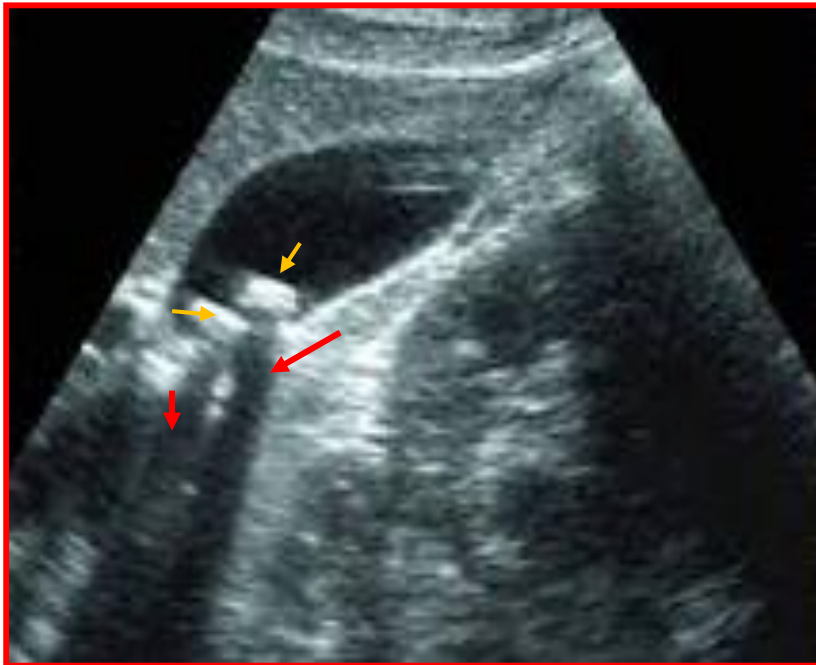
Ex : Paroi vésiculaire, vésicale, vasculaire

**3/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.

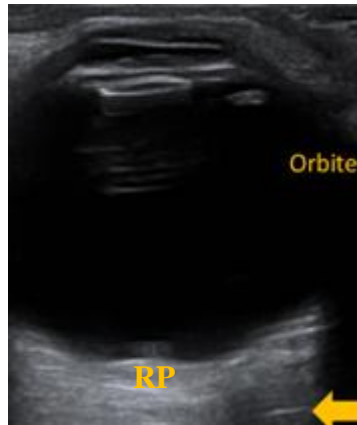


**VESICULE LITHIASIQUE : COMPRENANT DEUX IMAGES DE CALCUL**

Ombre Acoustique (flèche rouge)

Calcul vésiculaire (flèche jaune)

#### 4/ RENFORCEMENT POSTERIEUR



ECHOGRAPHIE ORBITE :  
IMAGE DU VITRE MILIEU  
AQUEUX LIQUIDIEN IMAGE  
ANECHOGENE (Noir), **RP** (Blanc)

#### 5/ ECHOSTRUCTURE D'UN MILIEU

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

&) 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)**

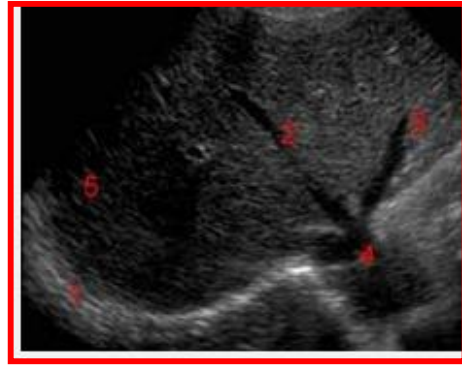
&) ASPECT DU MILIEU :

-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.



### Aspect échographique normal hépatique

a : image hépatique : fins échos de même intensité, régulièrement répartis

b : (1) coupole diaphragme : interface, ligne échogène

(2) Veine sus hépatique médiane

(3) veine sus hépatique gauche

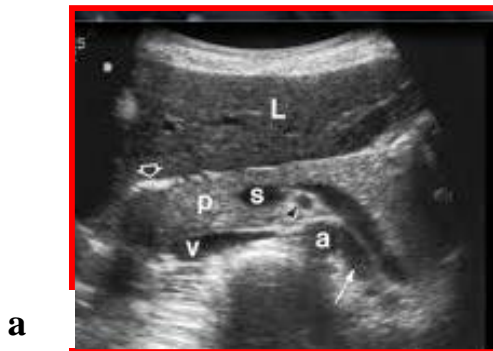
(4) VCI - (5) Foie droit

### Coupe sur le creux épigastrique

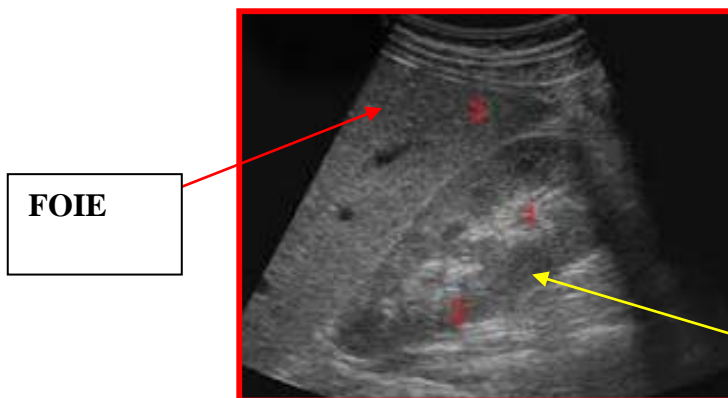
#### PANCREAS :

morphologie, taille, échostructure et repère vasculaire

Veine splénique et Artère mésentérique



### COUPE SAGITTALE SUR LE REIN DROIT



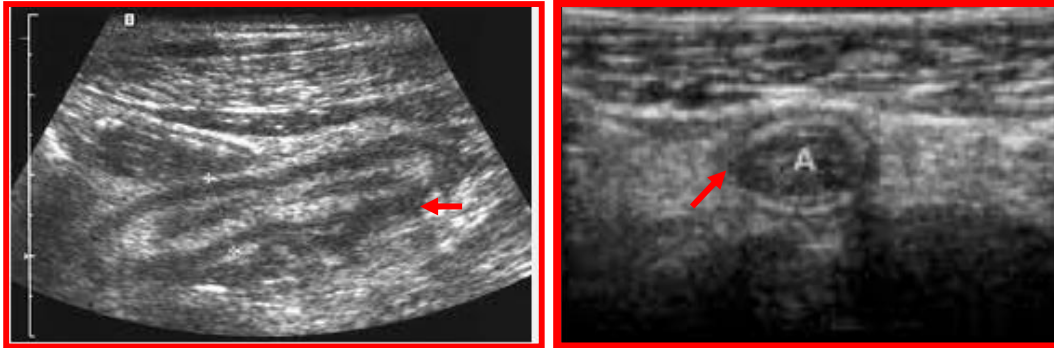
1- Sinus rénal

2- cortex

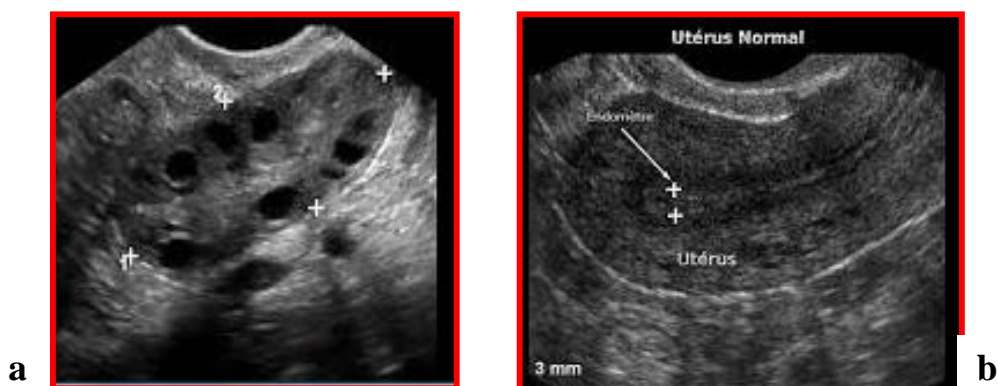
3 -foie gauche

REIN DROIT



**ECHOGRAPHIE DIGESTIVE****ORGANES CREUX PAROI ET LUMIERE(gaz digestif +liquide)****Coupe sagittale****Coupe transversale**

**Structure digestive colique**  
**Image en cocarde**

**2 / ORGANES PELVIENS FEMININS****a : Image ovarienne : micro-formations de nature kystique****b : Utérus : endomètre normal**

**ECHOGRAPHIE FOETALE**



**En noir :**

**LIQUIDE AMNIOTIQUE**

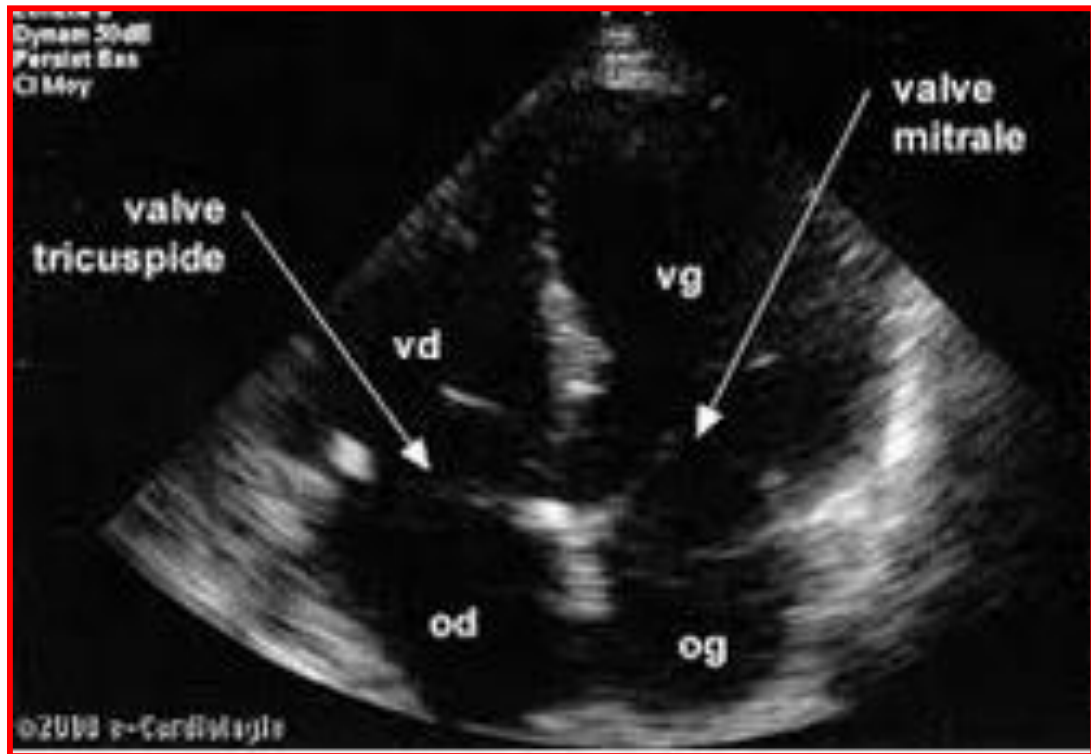
**IMAGE DU FŒTUS**

**(ECHOGENE)**



#### 4 / IMAGE CARDIAQUE EN ECHOGRAPHIE

##### IMAGE BIDIMENSIONNELLE CARDIAQUE



##### CAVITES CARDIAQUES GAUCHE ET DROITE

#### 5 / IMAGE EN ETF DU CERVEAU NEONATAL

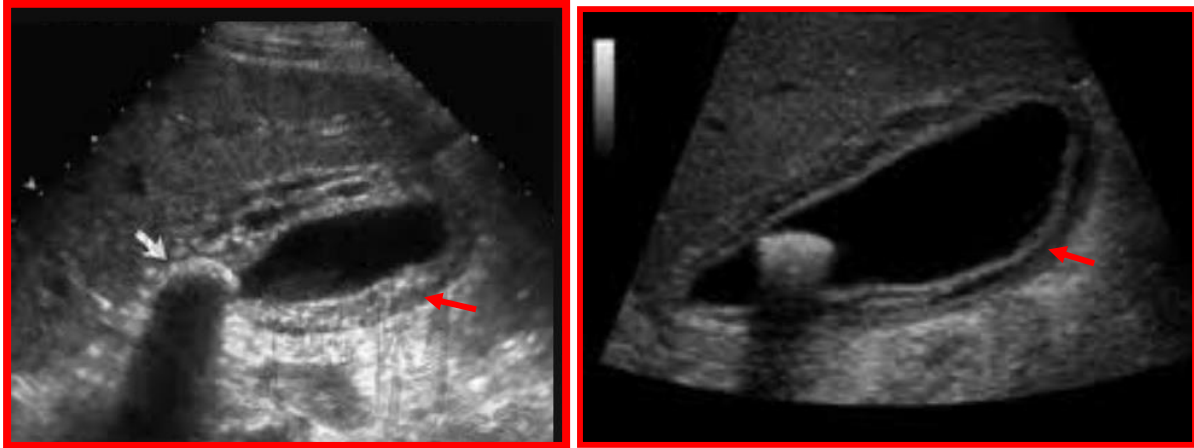


Coupe trans moyenne du  
cerveau



Coupe sagittale du cerveau

**VESICULE LITHIASIQUE AVEC PAROI EPAISSE ET  
DEDOUBLEE : CHOLECYSTITE LITHIASIQUE**



**Cholécystite lithiasique**

- Calcul : image échogène suivie d'une ombre acoustique
- Paroi vésiculaire épaissie : flèche rouge

**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 dans les conditions usuelles d'utilisation.
- Elle 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.

**VI/ REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- 1/Le principe de l'échographie PIERRON 2011  
[www.pierron.fr/.../CPHY-217Principe\\_de\\_l\\_echographie\\_fiche\\_profen](http://www.pierron.fr/.../CPHY-217Principe_de_l_echographie_fiche_profen)
- 2/ L'échographie : principe et déroulement. GRALON 2008 [www.gralon.net](http://www.gralon.net)