

ECHOCARDIOGRAPHIE NORMALE

Principes généraux

L'ultrasonographie est une technique d'imagerie utilisant le phénomène de réflexion des ondes ultrasonores. Un faisceau ultrasonore, émis par une sonde pénètre dans l'organisme où il subit de nombreuses réflexions. Ces ondes réfléchies sont recueillies par cette même sonde puis numérisées, traitées et adressées sur un moniteur.

Formation de l'image échographique

- En pratique clinique, le faisceau US traverse successivement plusieurs interfaces.
- Chacune réfléchit une partie de l'énergie US qu'elle reçoit.
- L'interface suivante ne reçoit ainsi qu'une portion de l'énergie émise et ainsi de suite.
- La représentation des échos détectés a évolué depuis le début de l'échographie :

Mode A (amplitude)

L'intensité de l'écho détecté apparaît en ordonnée (y) et sa profondeur en abscisse (x).

Mode B (brightness)

La déflection du mode A est transformée en un point dont la brillance est proportionnelle à l'amplitude de l'écho (échelle de gris).

Mode TM (time-motion)

Il permet une étude cinétique des échos (reçus en échelles de gris) en fonction du temps qui apparaît en abscisse.

Echographie bidimensionnelle

Le faisceau US effectue un balayage en secteur qui permet la construction d'une image faite de lignes juxtaposées. Le signal est transformé en image vidéo après avoir subi plusieurs traitements électroniques.

REGLES GENERALES

- * Patient bien installé, torse nu
- * Examineur à droite de préférence
- * Éclairage de la salle doit être faible
- * Obtention d'un tracé ECG
- * Le repère visible de la sonde permet de connaître la direction du plan du coupe
- * La présentation des images par convention :
 - En haut de l'écran les structures les plus proches au capteur
 - En bas les structures les plus éloignées
 - à gauche : les cavités droites
 - et à droites: les cavités gauches

Mise En Place Pratique



Réglages Préliminaires

Mode bidimensionnel



ONDE US

* Les US sont des vibrations mécaniques émises par un cristal pizo-électrique ayant la propriété de transformer un signal électrique en signal acoustique et inversement (fréquence est > au seuil d'audibilité humaine)

- Une onde US est définie par :
 - Sa longueur « λ »,
 - Sa célérité ou vitesse de propagation « C »
 - Sa fréquence « F »

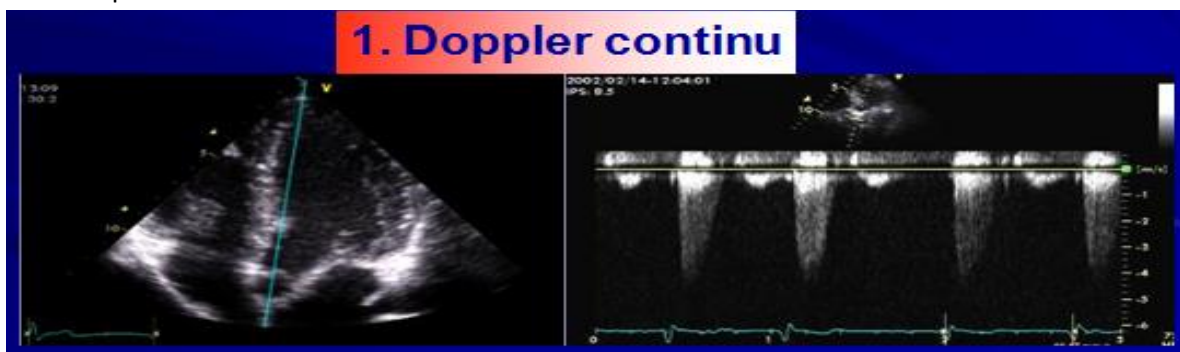
* La vitesse de propagation de l'onde US est liée à la masse et à la raideur du milieu traversé (1540m/s dans les tissus humains)

* La longueur d'onde détermine la plus petite distance discernable en profondeur

* Les fréquences utilisées chez l'adulte sont 2,5 à 5 MHz pour ETT, et 5 à 7,5 MHz pour ETO (plus la vitesse est élevée plus la distance discernable entre deux points est petite : Fréquence élevée meilleure résolution proximale)

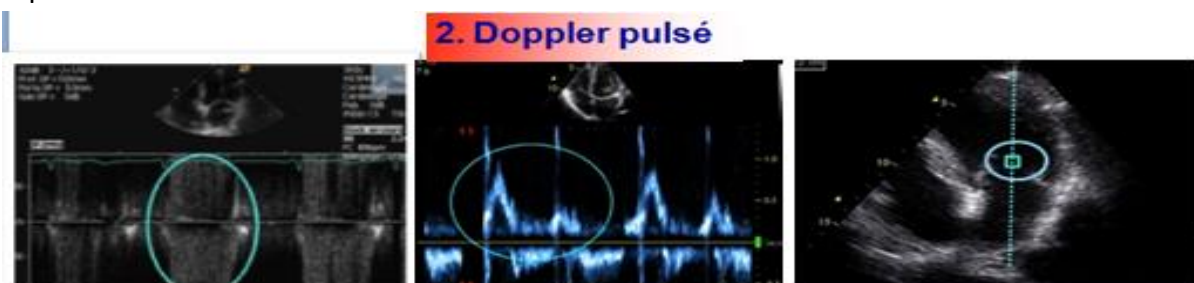
Mode Doppler

L'outil Doppler permet d'évaluer les vitesses de déplacement d'une cible par analyse du décalage de fréquence entre l'émission et la réception des ultrasons.



DOPPLER CONTINU

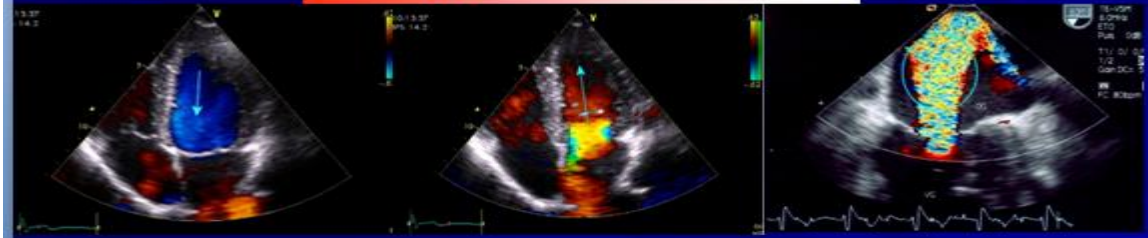
- * L'émission et la réception sont ici continues et permanentes (02 transducteurs)
- * L'avantage est de pouvoir mesurer des vitesses élevées (régurgitation,...)
- * Mais sans repérage en profondeur puisqu'il n'existe pas de volume de mesure défini (ambiguïté spatial en profondeur)
- * Cette modalité peut être utilisée soit de façon couplée à l'imagerie, soit grâce à des sondes crayons « pedoff » plus maniables



DOPPLER PULSE

- * Le Doppler pulsé utilise un seul cristal qui envoie des impulsions US et devient récepteur entre les périodes d'émission
- * L'appareil sélectionne parmi le signal reçu les échos revenant avec un certain délai par rapport à l'émission (profondeur choisie: excellente spécificité en profondeur)
- * Elle implique l'existence d'un volume de mesure ou les vitesses étudiées limitées en amplitude (limite de Nyquist)
- * Les vitesses élevées subissent un repliement spectral (ambiguïté en vitesse ou *aliasing* et ne peuvent être analysés)
- Direction et vitesse du flux
- Vitesses faibles ou moyenne (<1,5m/s)
- Localisation précise du flux le long du faisceau d'onde (volume de mesure)

3. Doppler couleur



DOPPLER COULEUR

- * Cartographie des flux sanguin en mouvement
- * La juxtaposition de certaines de minuscules volumes de mesures, dans lesquels le flux est codé en couleur selon son sens:
 - 1- Rouge s'il s'approche.
 - 2- Bleu s'il s'éloigne du capteur.
 - 3- Vert jaune en cas de vitesse élevée.
- * La vitesse se reconnaît en graduant l'intensité de la couleur de direction:
- * les couleurs claires et brillantes traduisent des vitesses plus élevées que les couleurs foncées
- * Cette information n'est possible que jusqu'au niveau mesurable sans ambiguïté (limite de Nyquist).
- * Lorsque la limite supérieure dans la direction donnée est atteinte une échelle complète de codage est sautée, On passe du rouge le plus claire au bleu le plus claire : aliasing
- * La turbulence se traduit par une mosaïque de couleur
- * Utile pour visualiser rapidement l'existence d'un flux anormal
- * Participe à l'évaluation semi quantitative des régurgitations valvulaires, shunts....

Généralités sur l'examen écho-doppler

Fenêtres échographiques

Les fenêtres échographiques correspondent à des sites privilégiés où la paroi thoracique ou abdominale est à proximité des structures cardiovasculaires sans interposition d'air ou d'os gênant la progression des US

Ces fenêtres portent des noms qui correspondent à l'endroit où la sonde est appliquée :

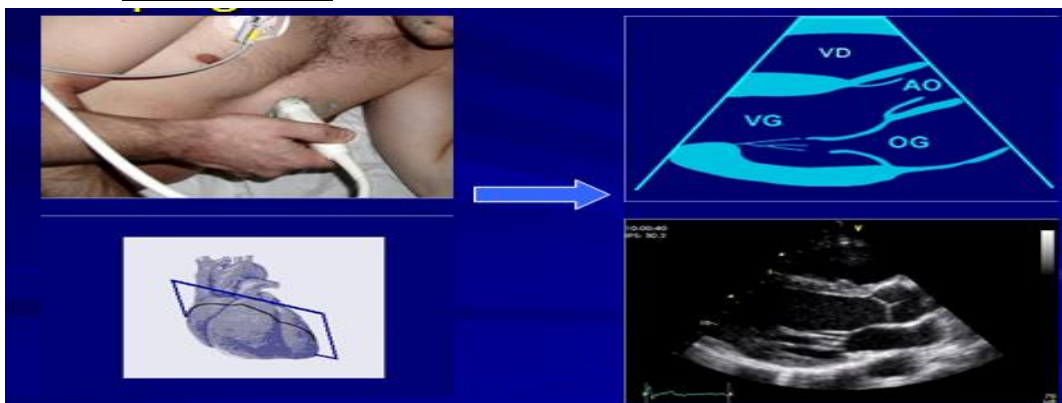
- Fenêtre para sternale gauche
- Fenêtre apicale
- Fenêtre sous costale
- Fenêtre supra sternale



Pour chaque fenêtre donnée, on peut obtenir plusieurs incidences en fonction du plan du coupe cardiaque

1. Fenêtre Parasternale

Coupe grand axe En mode bidimensionnel



Fenêtre PSG Coupe grand axe

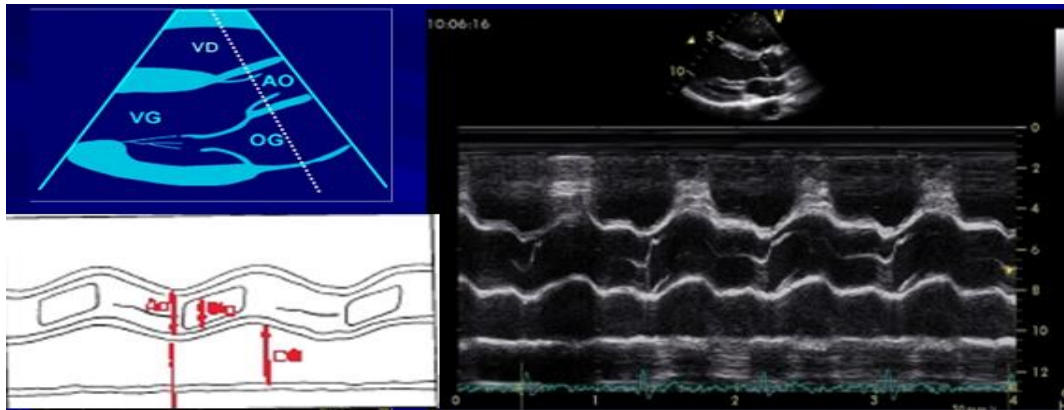
- * Patient en décubitus latérale gauche, le bras gauche bien dégagé
- * Le plan de coupe est parallèle au grand axe du VG
- * Le capteur est positionné au 3 ou 4 ème EICG à proximité immédiate du sternum
- * L'axe du faisceau est dirigé en arrière du patient

* le repère du capteur est dirigé vers l'épaule droite du patient

* Les critères de bonne coupe :

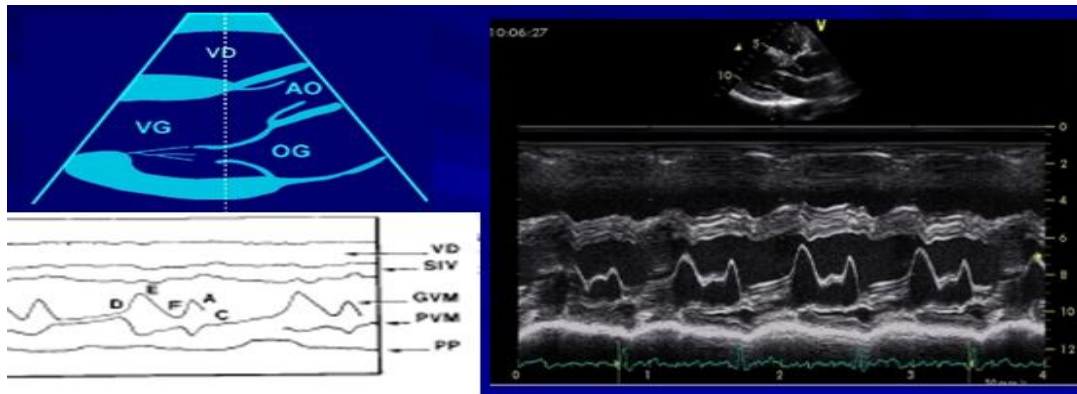
- Le SIV le plus horizontal possible.
- Absence de visualisation du feuillet septal de la tricuspide.

Fenêtre Parasternale En mode TM : Trans-Aortique



- * Diamètre antéropostérieur de l'oreillette gauche (mm) 19-40 moyenne 29
- * Diamètre de la racine aortique (mm) 20-37 moyenne 27
- * Amplitude d'ouverture des sigmoïdes aortiques (mm) 15-26 moyenne 19

Coupe grand axe : En mode TM : Trans-Mitrale



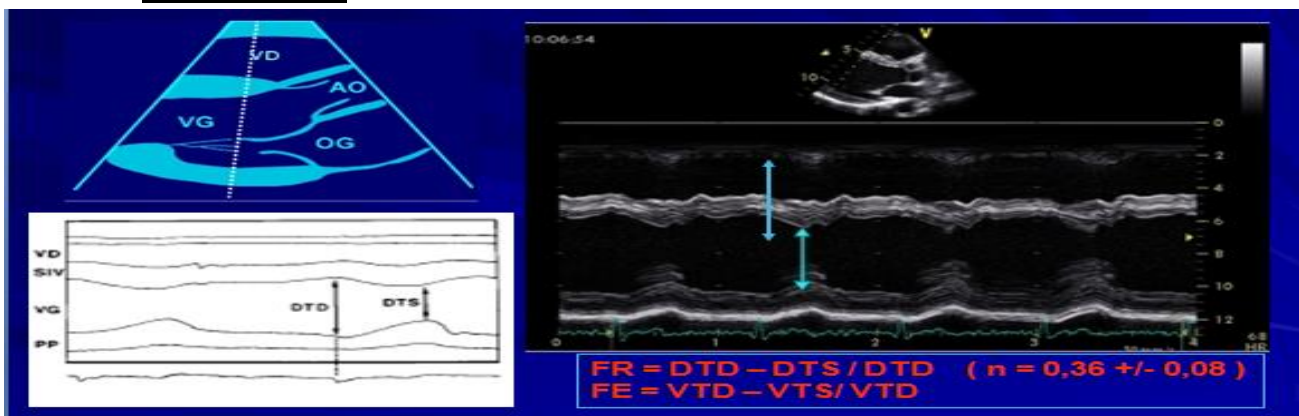
* L'aspect TM normal du feuillet antérieur de la mitrale est celui d'un M, alors que le feuillet postérieur a un mouvement symétrique en W de plus faible amplitude.

* Plusieurs points sont proposés comme repères :

- le point D: correspond à la séparation des deux feuillets (début d'ouverture de la mitrale).
- le point E: à l'expansion maximale lors du remplissage passif.
- le point F: à la fin du remplissage rapide.
- le point A: à l'excursion maximale suivant la contraction auriculaire.
- le point C: à la coaptation des feuillets en systole.
- Plusieurs mesures peuvent être faites à partir d'un enregistrement TM mitral :
 - amplitude d'excursion maximale D-E,
 - vitesse de fermeture ou pente E-F.

* Ces indices ont moins d'intérêt depuis le développement de l'imagerie BD

Coupe grand axe : En mode TM : Trans-VG



FR = DTD - DTS / DTD (n = 0,36 +/- 0,08)
FE = VTD - VTS / VTD

Dimensions cavitaires	Valeurs normales
Diamètre télédiastolique du VG	38-55 mm
Diamètre télésystolique du VG	27-37 mm
Épaisseur diastolique du septum IV	6-11 mm
Épaisseur diastolique de la paroi postérieure du VG	6-11 mm
Diamètre télédiastolique du VD (en petit axe PSG)	9-26 mm
Diamètre de l'aorte	27-40 mm
Ouverture des valves aortiques	19 mm en moyenne
Diamètre de l'oreillette gauche	28-42 mm

* De ces différentes mesures directes, on peut obtenir un certain nombre d'indices :

* la fraction de raccourcissement du ventricule gauche FR

- Définie par le rapport : $FR = \frac{DTDVG - DTSVG}{DTDVG}$

- La normale est de $0,36 \pm 0,08$

* les volumes ventriculaires gauches

- la formule Teicholz ($V = \frac{7D^3}{2,4 + D}$) qui suppose que la cavité ventriculaire gauche est ellipsoïde et que le plus grand axe est le double du petit axe (D = diamètre transversal du ventricule gauche exprimé en centimètres).

- Biplan

$$FE \% = \frac{\text{volume télédiastolique VG} - \text{volume télésystolique VG}}{\text{volume télédiastolique VG}}$$

- $FE = VD - VS / VD$

Coupe petit axe : En mode Bidimensionnel

Par une manœuvre d'inclinaison de la sonde du haut vers le bas, 4 coupes de référence seront ainsi individualisées.



Fenêtre PSG Coupe Petit Axe

* Elle est obtenue par un mouvement de rotation horaire d'environ 90° par rapport à la para sternale grand axe.

* Repère de la sonde est dirigé vers l'épaule droite

* Un béquillage de la sonde en suivant le grand axe du coeur permet d'obtenir une série de coupes entre la base et la pointe du coeur

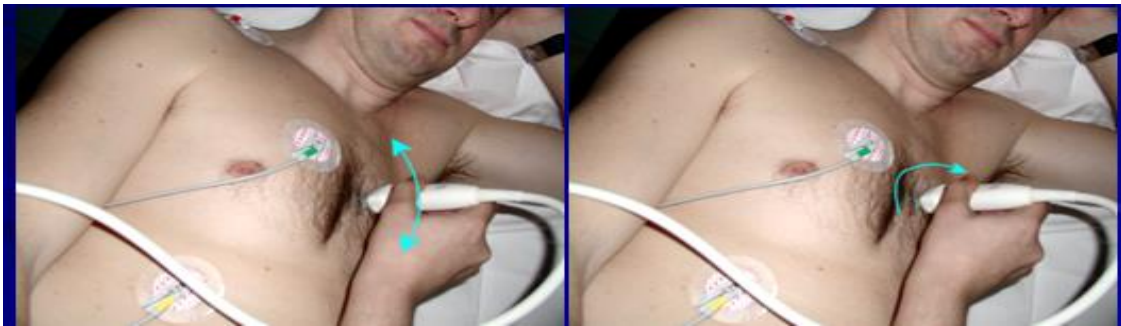
* Quatre coupes :

- Base

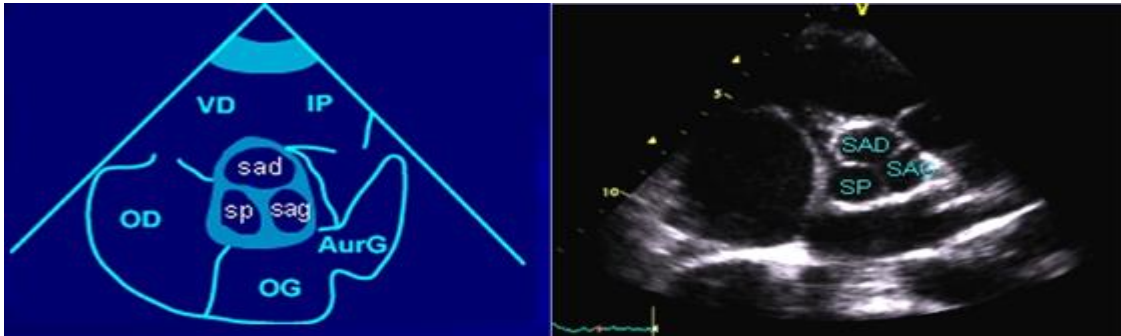
- Mitrale

- Piliers

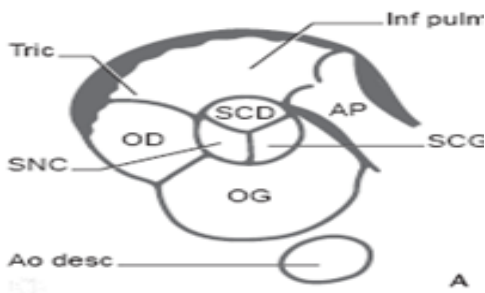
- Apex



Coupe petit axe : basale (trans-aortique)

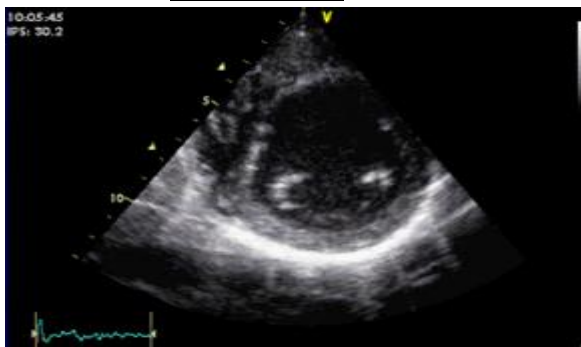


Base du cœur



Orifices aortique avec ses trois sigmoïdes, entouré par l'oreillette gauche et les cavités droites depuis l'OD jusqu'à la valve pulmonaire
 Un léger béquillage antéro postérieure permet d'obtenir une coupe passant au-dessus des sigmoïdes aortique, dégageant le ou les ostia coronaires
 Un béquillage vers la droite et ou une rotation horaire dégage le tronc de AP avec parfois ses branches de bifurcation

Coupe petit axe : Trans-Mitrale

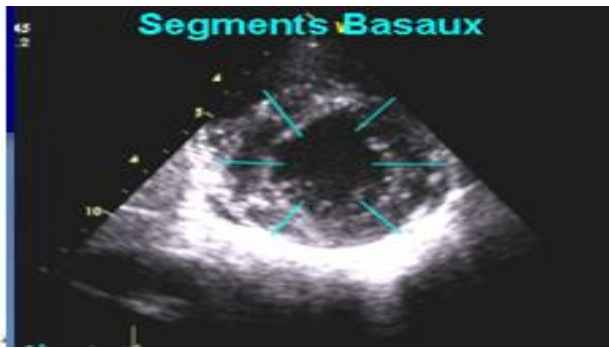
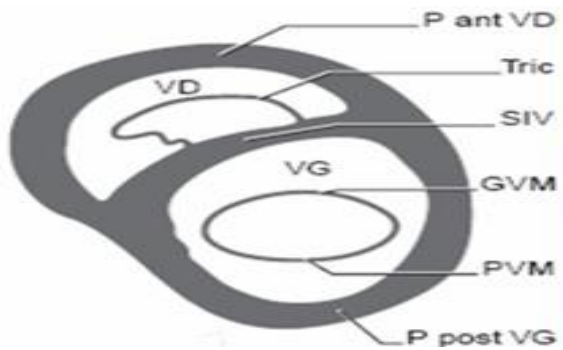


Par rapport à la coupe précédente, la sonde est béquillée vers le bas en visant la pointe du cœur
 Cette coupe permet de dégager différents segments du VG et d'analyser leur cinétique
 Dans la classification d'ASE qui propose de diviser le VG en 16 segments, 06 segments sont visualisés dans cette incidence
 Très utile pour analyser la morphologie et la mobilité des deux feuillets de la mitrale

Coupe petit axe : Trans-VG



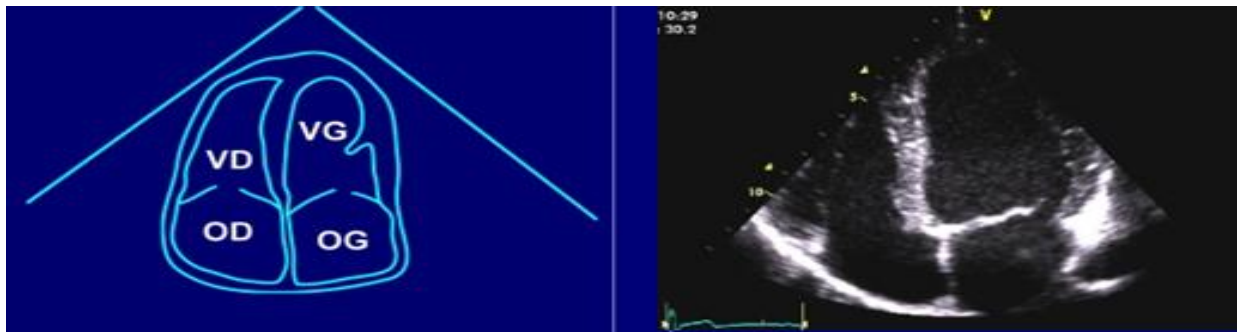
- * VG: portion basale des parois soit 06segments : antéro septo basal, antéro basal, latéro basal, postéro basal, inféro basal, septo basal.
- * V.Mitrale : valve Ant et Post.
- * VD: chambre de remplissage et paroi Ant.
- * Péricarde Antérieur et Post



2. Fenêtre Apicale



Mode bidimensionnel : coupe 04 cavités



- * Placer la sonde sur le choc de pointe
- * Repère de la sonde à droite
- * La position idéale du capteur est variable (endapexienne , ou vers les aisselle)
 - un discret béquillage ant permet de dégager l'auricule gauche
 - Un béquillage post de la sonde dégage le sinus coronaire



Mode bidimensionnel : coupe 05 cavités



- * À partir de la fenêtre apicale 04 cavités, et avec une angulation du capteur vers le haut permet de passer de la 04 cavités à la 05 cavités
- * Un déplacement complémentaire de la sonde vers les aisselles peut être parfois nécessaire
- * Les structures sont celles des 04 cavités
- * On dégage mieux:

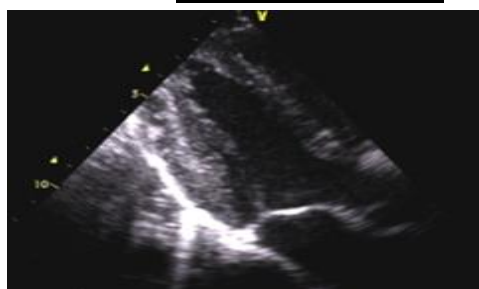
- la chambre de chasse, ainsi que le segment haut s du septum (paroi antéro septale) et de la paroi latérale
- L'orifice aortique et deux des trois sigmoïdes (antéro droite et post) + le segment initial de l'aorte ascendante

Mode bidimensionnel : coupe 02 cavités

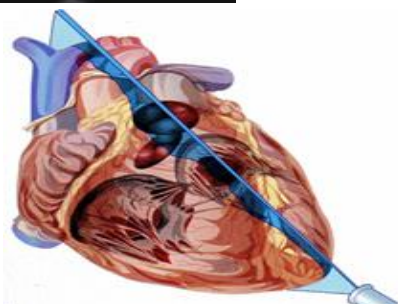
- * Une rotation anti horaire de 90° à partir de la 04 cavités apicale permet de passer en 2 cavités apicale avec un effacement complet des cavités droites
- * ce sens de rotation amène la paroi inférieure du VG à gauche et la paroi antérieure à droite de l'écran
- * L'aorte initiale ne doit pas être visualisée
- * Cette incidence permet d'analyser 6 segments du VG, 07 segments dans la nouvelle classification (l'apex est un segment à part entier)



Mode bidimensionnel : coupe 03 cavités



- * Elle est obtenue à partir de l'incidence 2 cavités apicale.
- * avec inclinaison gauche ou interne du capteur.
- * L'aorte initiale devient visible et les segments du VG explorés sont différents.



Mode Doppler Couleur : Coupe 04 Cavités

Mode Doppler Couleur : Coupes 03 et 02 Cavités

Mode Doppler Pulsé et Continu : Flux Mitral

Mode Doppler Pulsé et Continu : Flux Aortique

Fenêtre PSG P.Axe

Mode Doppler Pulsé et Continu : Flux Tricuspidien

3. Fenêtre Sous Costale



- * Le patient étant en décubitus dorsal, jambes repliées s'il s'agit d'un adulte.
- * le capteur est placé immédiatement en dessous de l'appendice xyphoïde, et incliné au maximum vers le haut jusqu'à être parallèle à la paroi abdominale, afin d'aller chercher l'image cardiaque en passant en dessous du grill costal.
- * Cette voie est très rentable chez le petit nourrisson, souvent beaucoup moins chez l'adulte

* Chez l'enfant, l'habitude chez les cardiopédiatres est de retourner l'image de bas en haut, afin de la remettre dans le sens anatomique, ce qui en facilite l'interprétation, notamment en cas de malformation complexe ou d'anomalie de position cardiaque.

* La capteur est appliqué dans le creux épigastrique en position sous costale:

- Décubitus latéral gauche (inspiration bloquée)
- Décubitus dorsal avec flexion des jambes



Sous costale 4 cavités

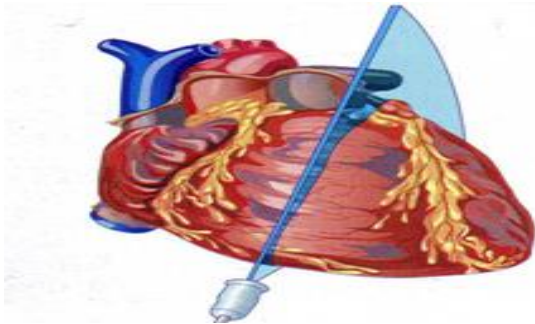
* Lorsque le repère du capteur est en position inférieure, on obtient une coupe 4 cavités comparable au 4 cavités apical

* Elle permet d'étudier:

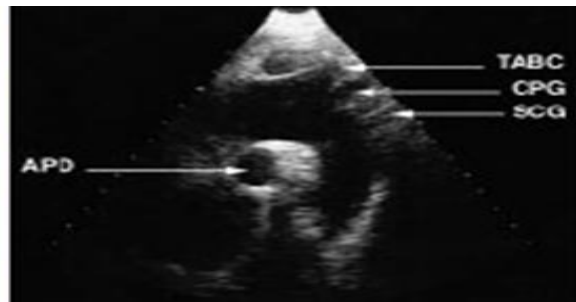
- VG :
- OG : SIA bien dégagé
- Aorte :
- Valve mitrale (antérieure et postérieure).
- OD: SIA, VCI
- V. Tricuspide.
- Péricarde.

Sous Costale Petite Axe

Elle est obtenue par rotation anti horaire de 90° par rapport à la 4 cavités sous costale associée à un mouvement de balayage en suivant le grand axe du cœur



4. Fenêtre Supra Sternale



Coupe longitudinale de la crosse de l'aorte

Le patient est installé à plat en décubitus dorsal, tête inclinée le plus possible en arrière, position obtenue en lui plaçant un oreiller sous épaules

La sonde est appliquée dans le creux supra sternal, le repère légèrement à droite (vers 2 heures) et le plan du coupe est presque parallèle au précordium

Coupe transversale de la crosse de l'aorte

La rotation anti horaire de 90° par rapport au plan précédent

Utilisé souvent chez l'enfant On visualise : l'aorte horizontale en petit axe, la fin du tronc de l'AP et l'AP droite, la VCS et le tronc veineux innominé

5. Autres Fenêtres Echographiques

Coupe Parasternale Grand Axe Des Cavités Droites

À partir de la position parasternale gauche grand axe standard. Elle est obtenue par un mouvement de béquillage vers le bas et vers la gauche et une rotation horaire (15 à 30°)_repère du capteur dirigé vers la région médio-claviculaire droite).

Le VD apparaît en avant et à gauche de l'image.

La Valve Tricuspidie apparaît au centre (feuillet antérieur à droite et le feuillet postérieur à gauche).

L'OD se situe en arrière et à droite

Coupe Endapexienne

C'est une coupe intermédiaire entre la parasternale gauche et apicale

Particulièrement utile pour enregistrer les flux de la valve tricuspidie en doppler continu

Coupe Parasternale Droite

C'est la symétrique du para sternal gauche

L'image étant obtenue en plaçant le patient en décubitus latéral droit

Elle est intéressante pour dégager le septum inter auriculaire et surtout l'aorte ascendante

Systematiquement utilisé pour compléter l'exploration Doppler d'un RAo