

Bases de l'échographie cardiaque dans les cardiopathies congéniales

Dr DIALA KHRAICHE



Principes de l'échocardiographie

- Imagerie en coupe par ultrason
- M Mode, 2D et 3D
- Effet Doppler: hémodynamique, visualisation des fuites en Doppler couleur, quantification de gradients
- Doppler Tissulaire: rôle dans l'évaluation de la fonction diastolique du ventricule gauche et systolique du ventricule droit

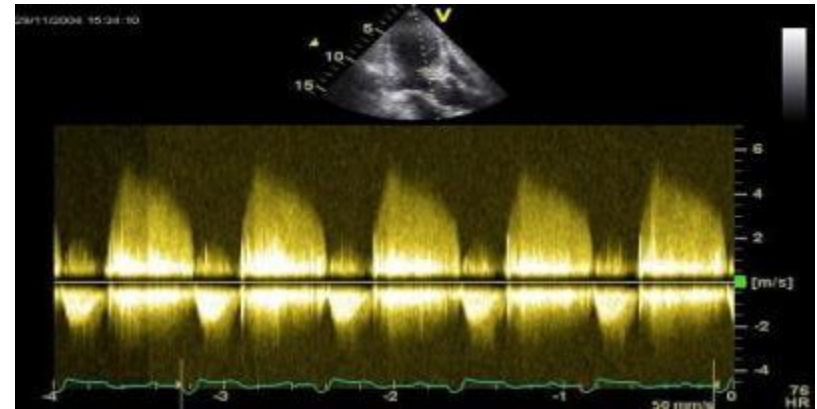
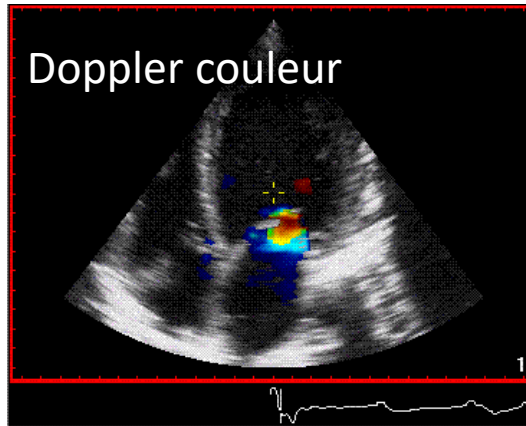
Imagerie par Ultrason

- Emission par la sonde d'ultrason qui va être en partie réfléchi par les tissus et en partie transmis. L'intensité du signal réfléchi dépend de la différence d'impédance entre deux tissus. La sonde détecte l'amplitude du signal réfléchi. La profondeur est déterminé par le délai entre l'émission de l'onde et la détection du signal réfléchi

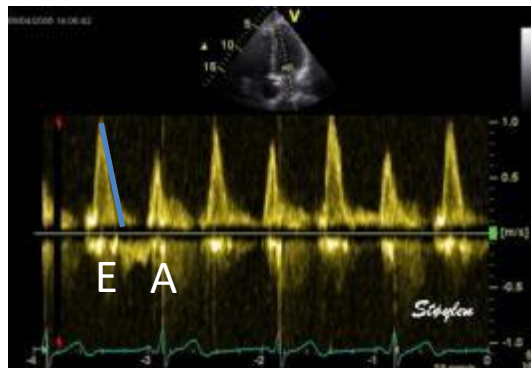
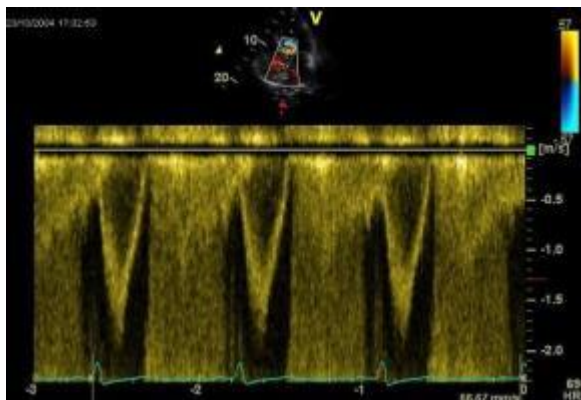


Imagerie Doppler

A montré que la fréquence d'une onde émise changeait en fonction de la vitesse de l'émetteur: utilisée pour vitesse des globules rouges

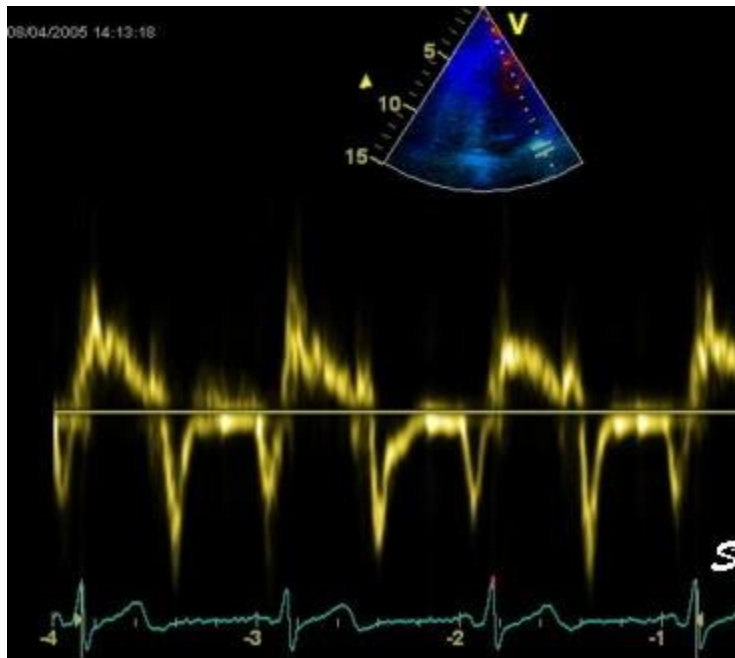


Doppler continu: vitesse d'une fuite ou d'une sténose et calcul d'un gradient par la formule de Bernouilli : $\Delta P = 4V^2_{max}$

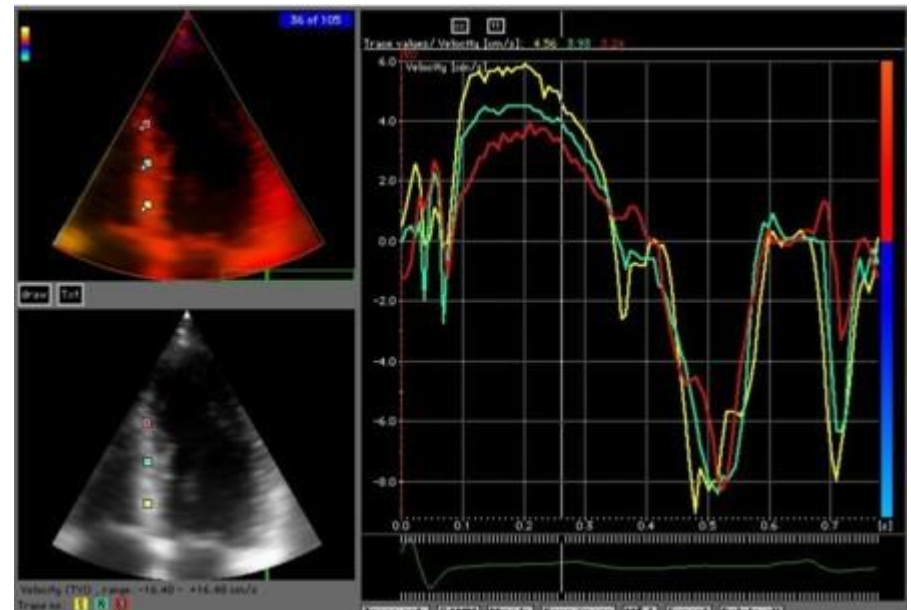


Doppler pulsé : débit aortique et flux de remplissage mitral

Doppler Tissulaire

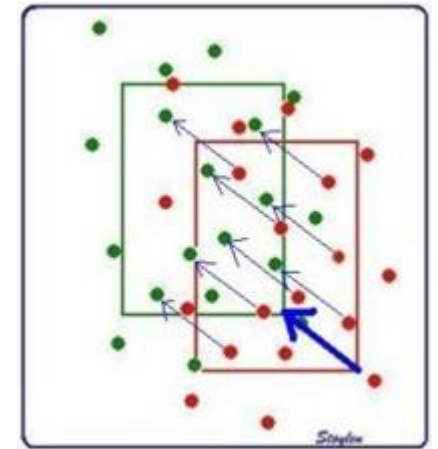
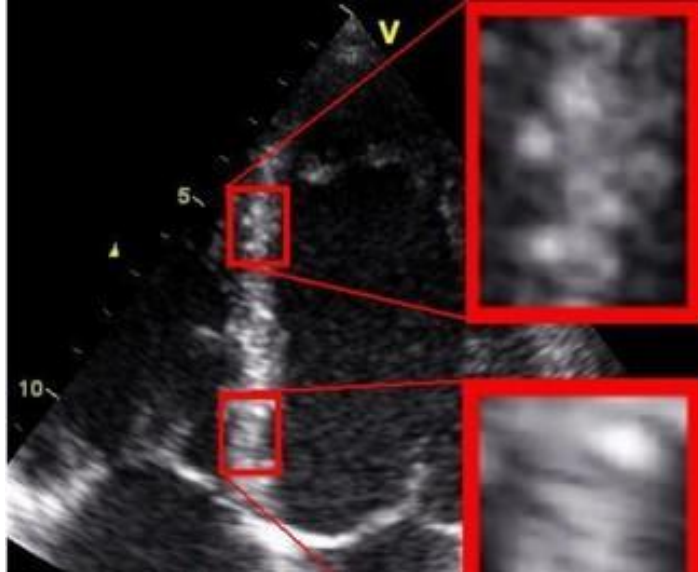


Pulsé

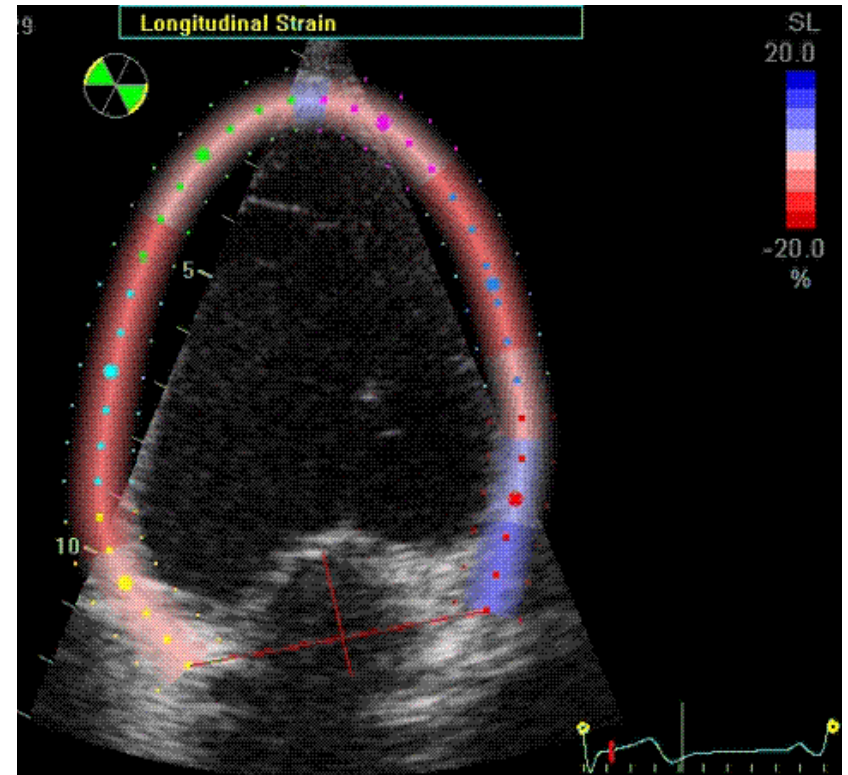


Tissu Doppler
couleur et mesure
des vitesses
pendant le cycle
cardiaque

Speckle tracking



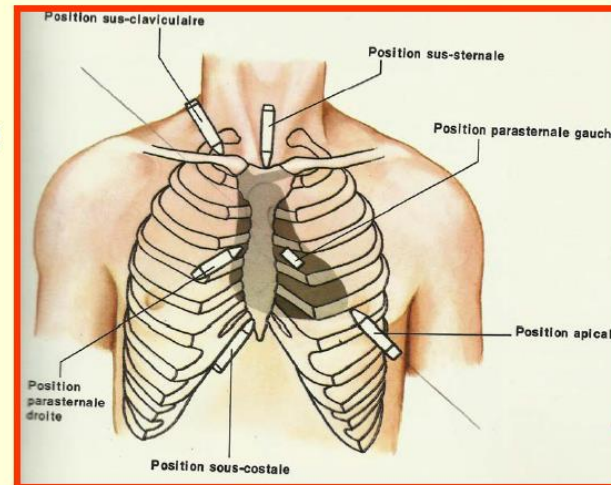
Permet de mesurer le déplacement dans les 3 directions, longitudinales, radiales et circonférentielle et de calculer de % de déplacement.



Les incidences d'étude du cœur en bi-dimensionnel

Fenêtres acoustiques usuelles

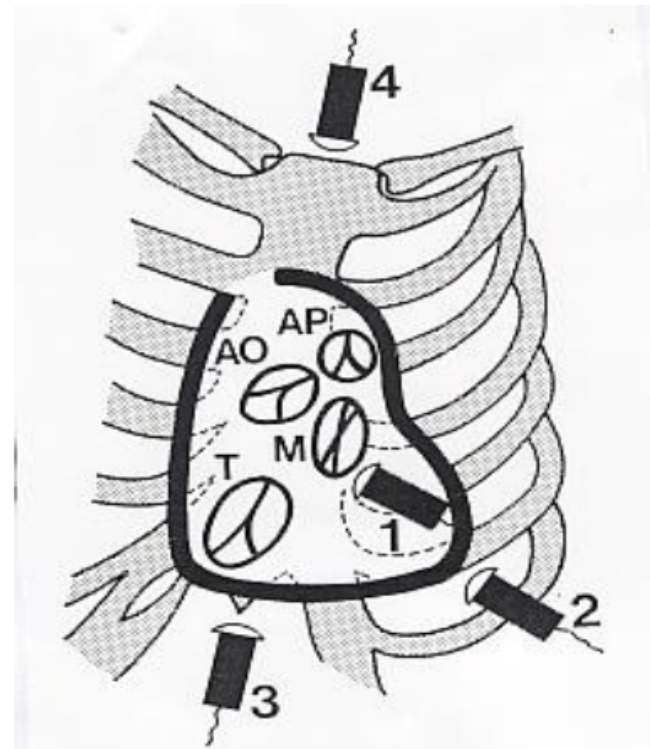
- Parasternale gauche
- Apicale
- Sous-costale
- Suprasternale
- Parasternale droite



Les vues 2D guident l'écho TM

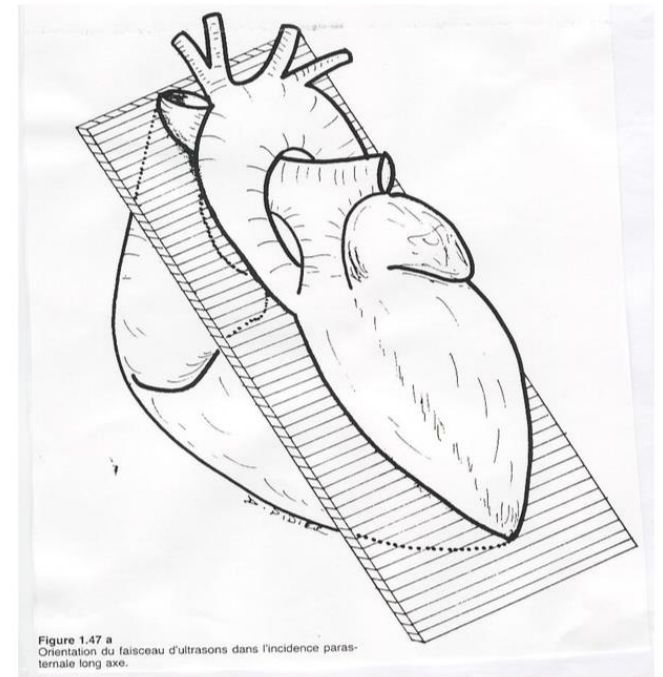
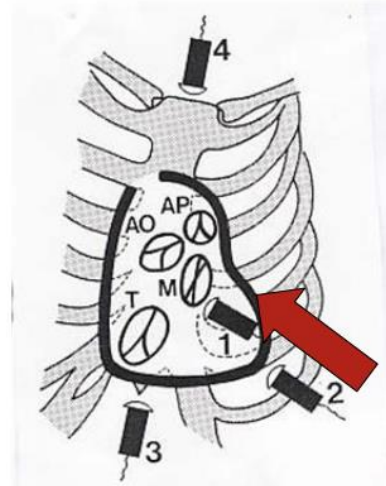
ECHOCARDIOGRAPHIE

- ▶ DIFFERENTES INCIDENCES D'ETUDE DU COEUR (MODE BIDIMENSIONNEL)
 - ▶ 1 : Voie parasternale (mode TM)
 - ▶ 2 : Voie apicale
 - ▶ 4 : Voie suprasternale
 - ▶ 3 : Voie sous costale
 - ▶ Voie transoesophagienne
- ▶ ETUDE DOPPLER

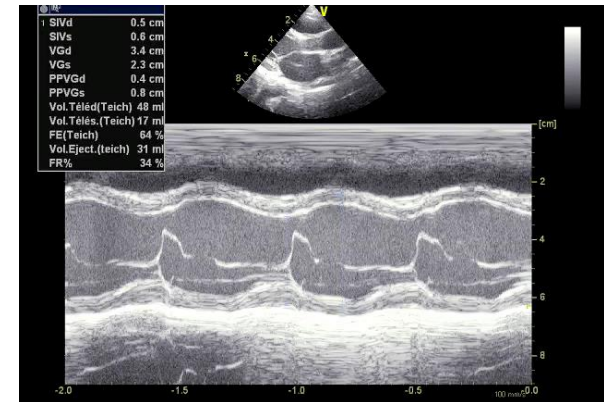
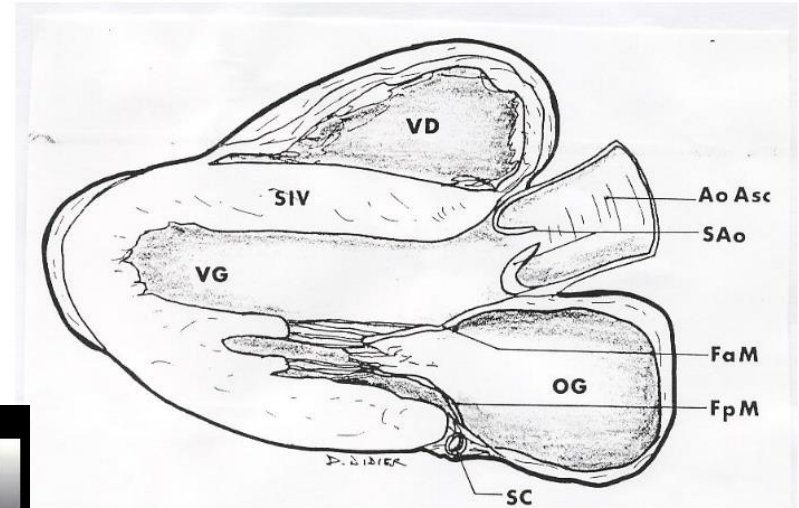


INCIDENCE PARASTERNALE

- ▶ TRANSDUCTEUR EST PLACE AU NIVEAU DU 2EME 3EME EICG A PROXIMITE DU STERNUM
- ▶ GRAND AXE DU CŒUR
 - ▶ MODE TM (FONCTION VG)

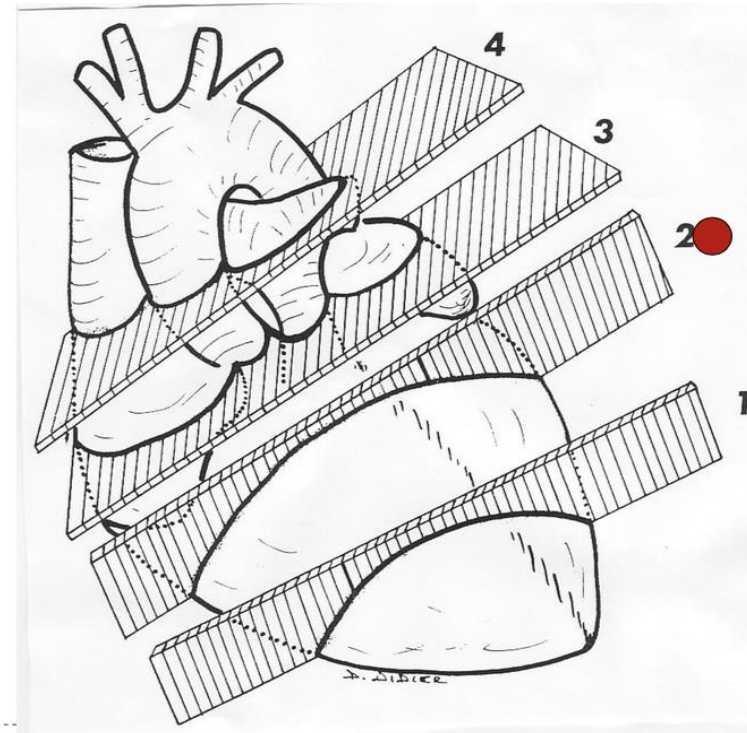


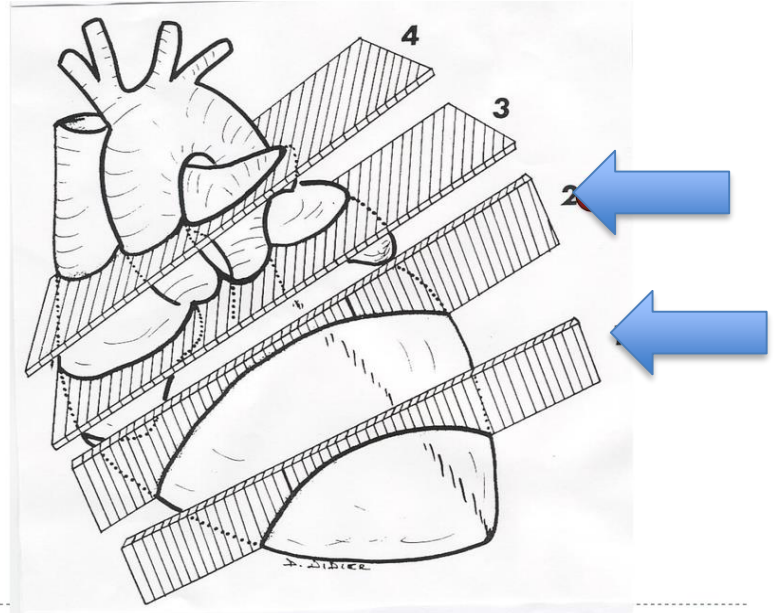
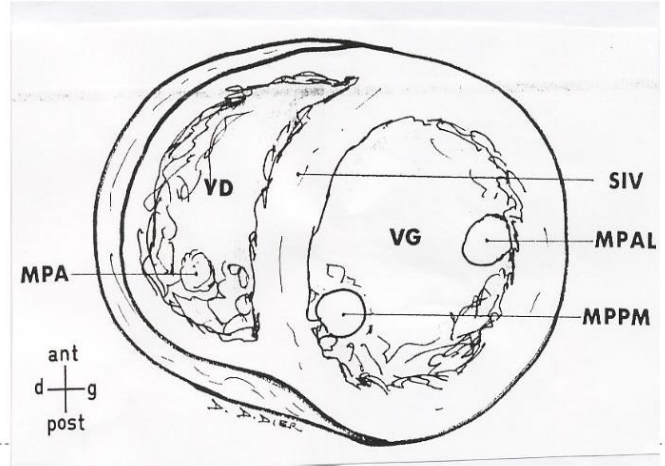
Parasternal grand axe

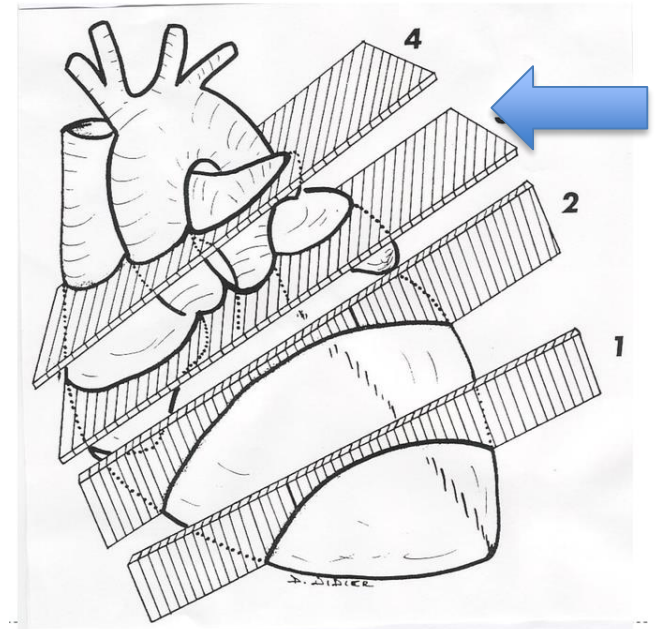
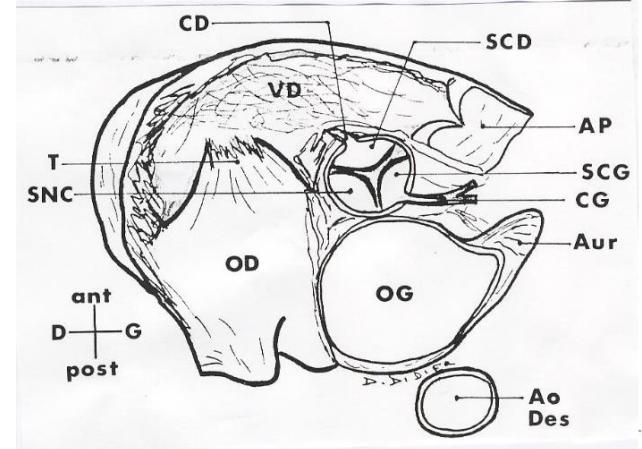


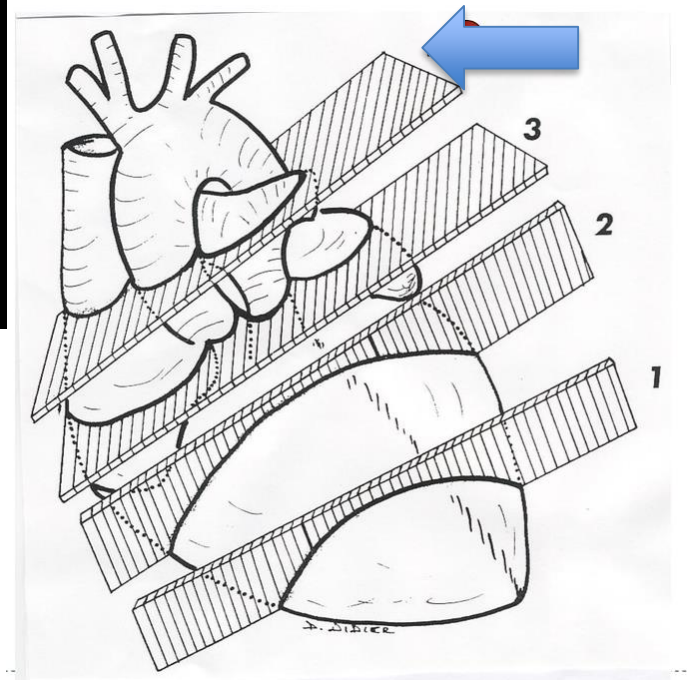
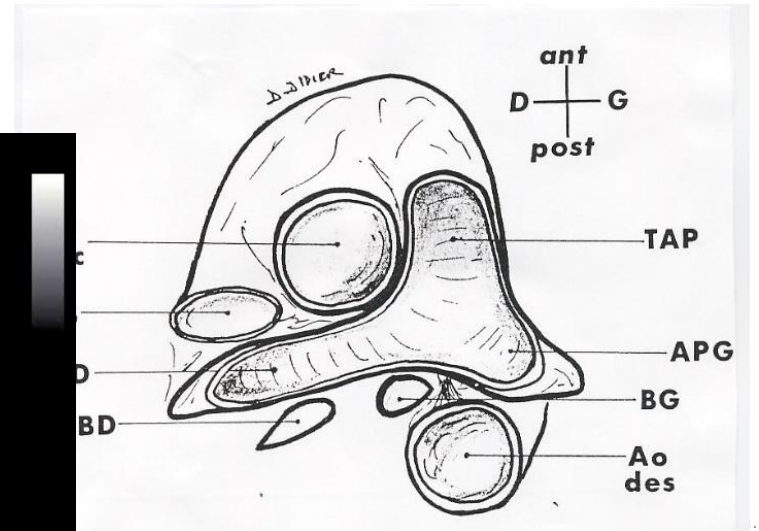
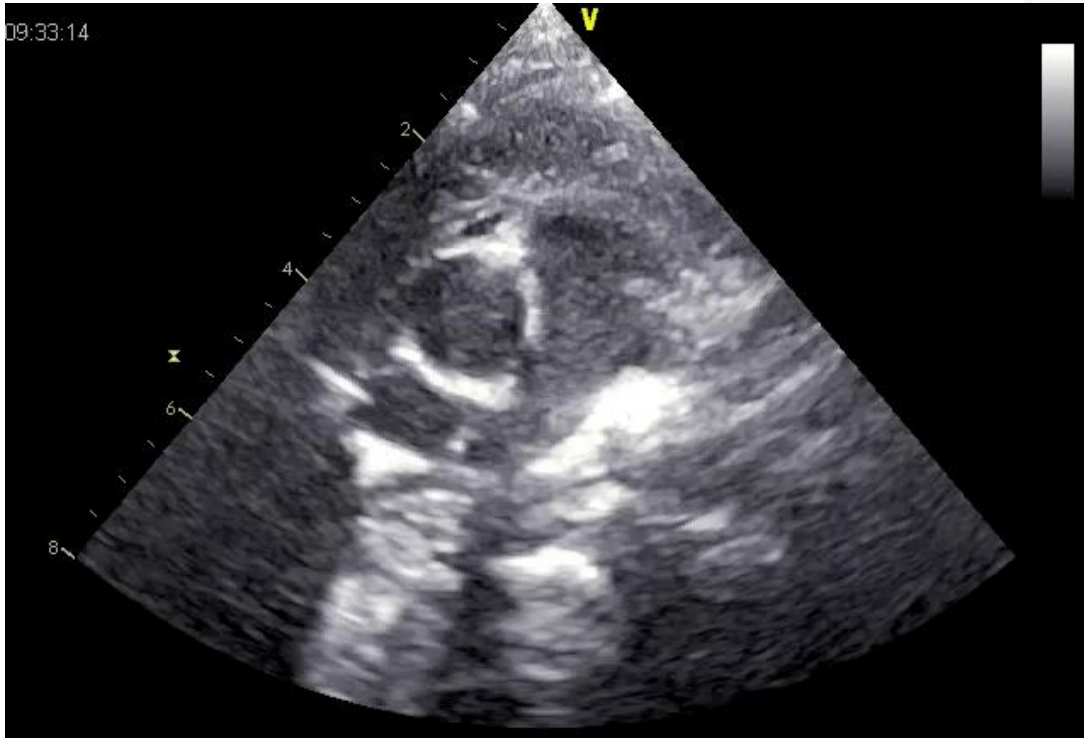
INCIDENCE PARASTERNALE

- ▶ TRANSDUCTEUR EST PLACE AU NIVEAU DU 2EME 3EME EICG A PROXIMITÉ DU STERNUM
- ▶ PETIT AXE DU CŒUR (rotation de 90° du capteur)



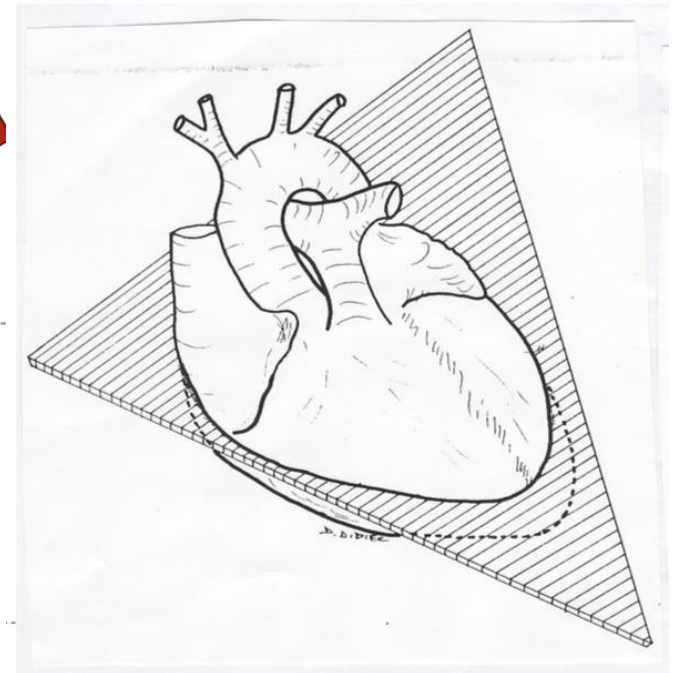
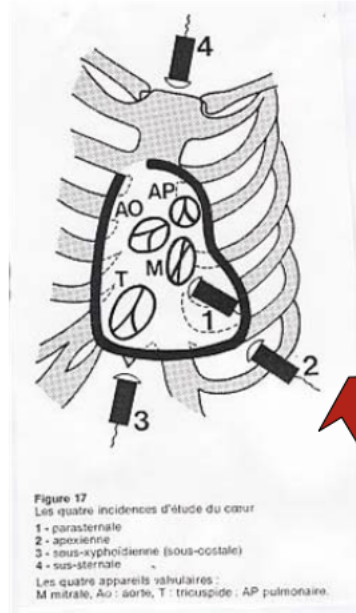


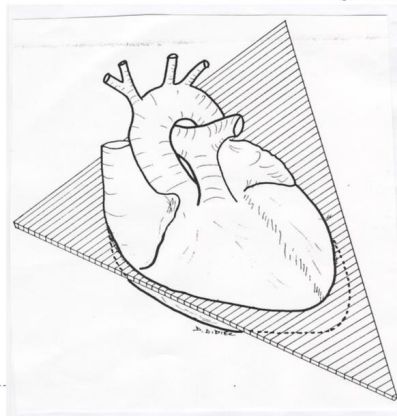
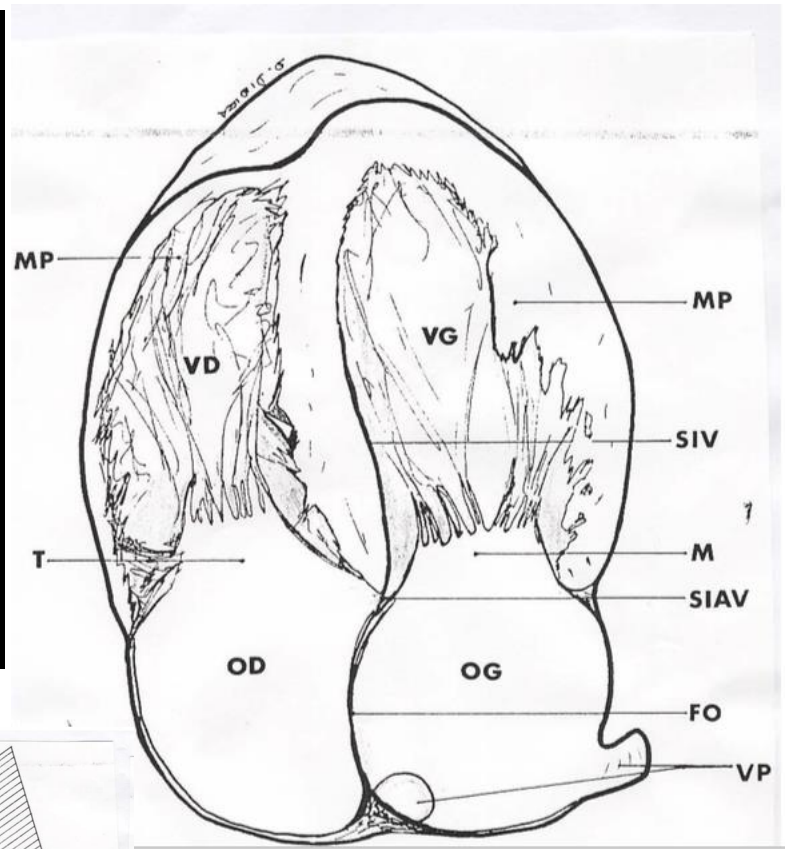




INCIDENCE APICALE

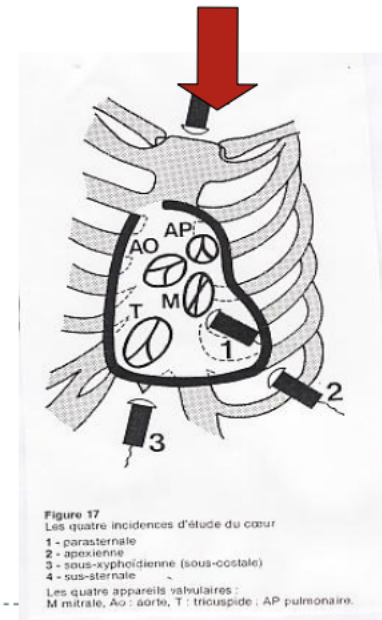
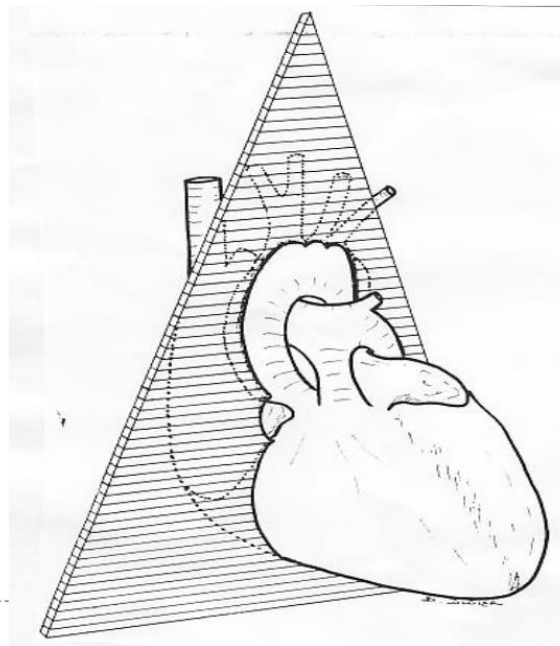
- ▶ TRANSDUCTEUR PLACE AU NIVEAU DE L'APEX CARDIAQUE EN REGARD DU CHOC DE POINTE
- ▶ DIRIGE VERS LA BASE DU COEUR

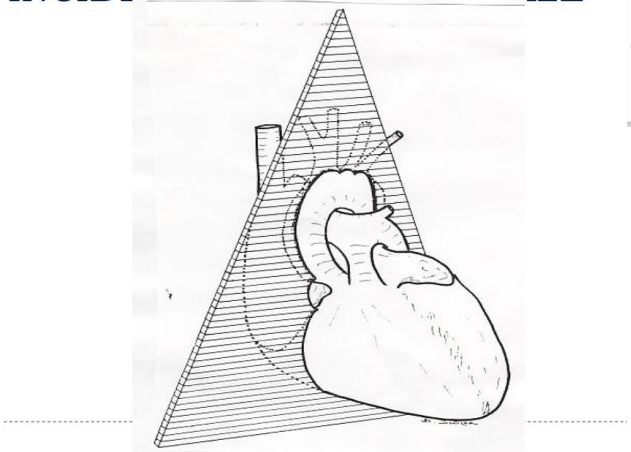
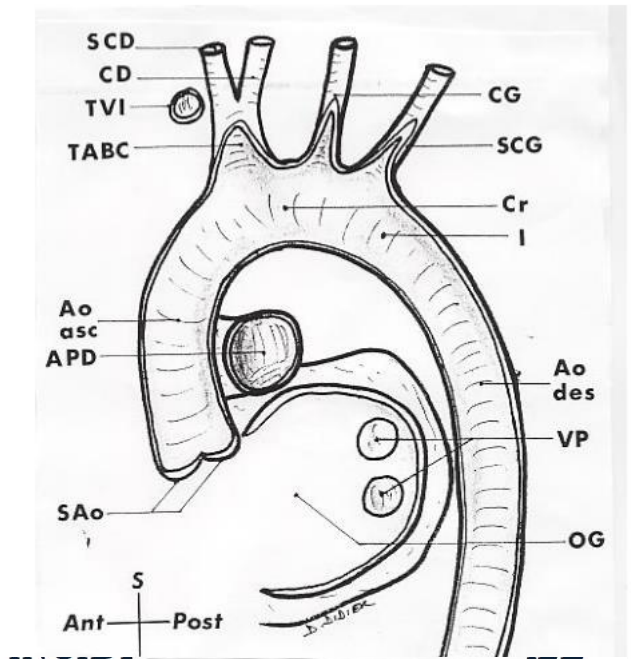
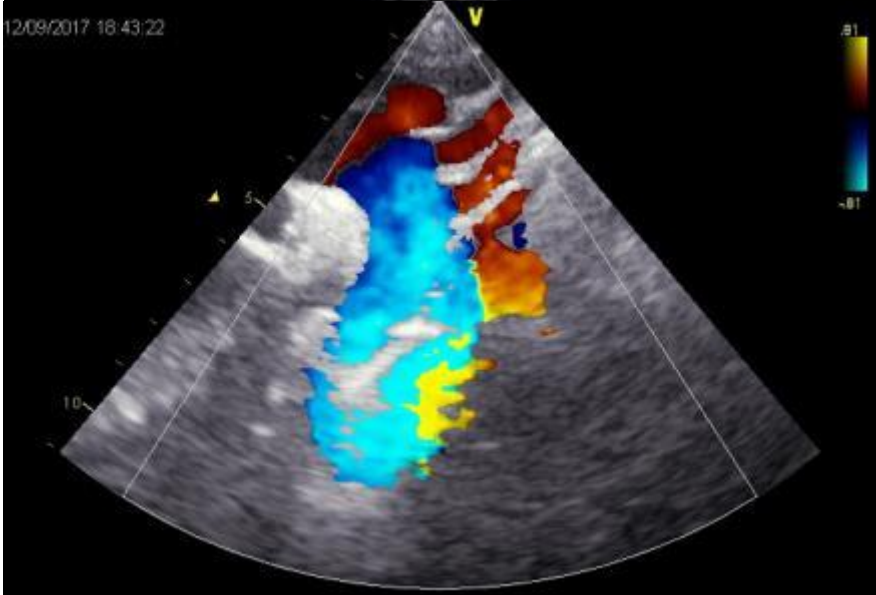




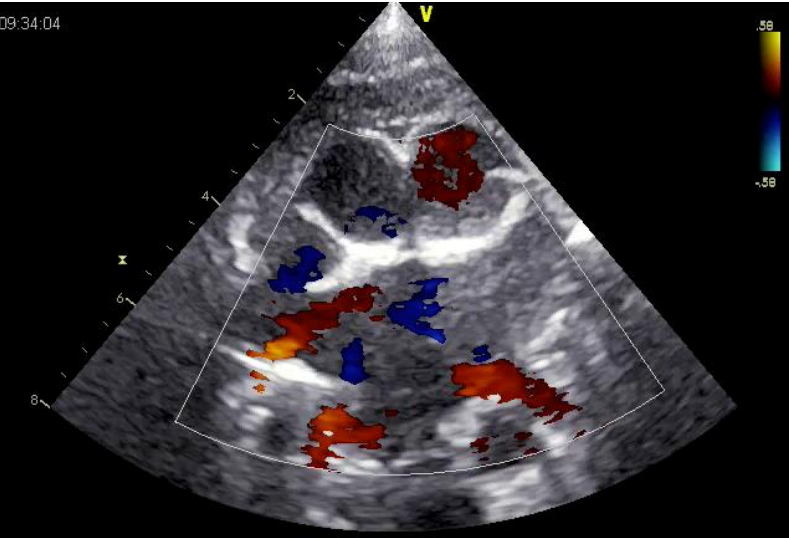
Suprasternal

- ▶ TRANSDUCTEUR PLACE DANS LE CREUX SUS STERNAL
- ▶ DIRIGE VERS LE BAS





Suprasternale

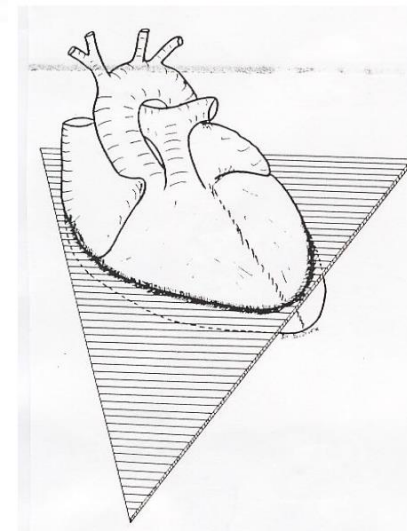
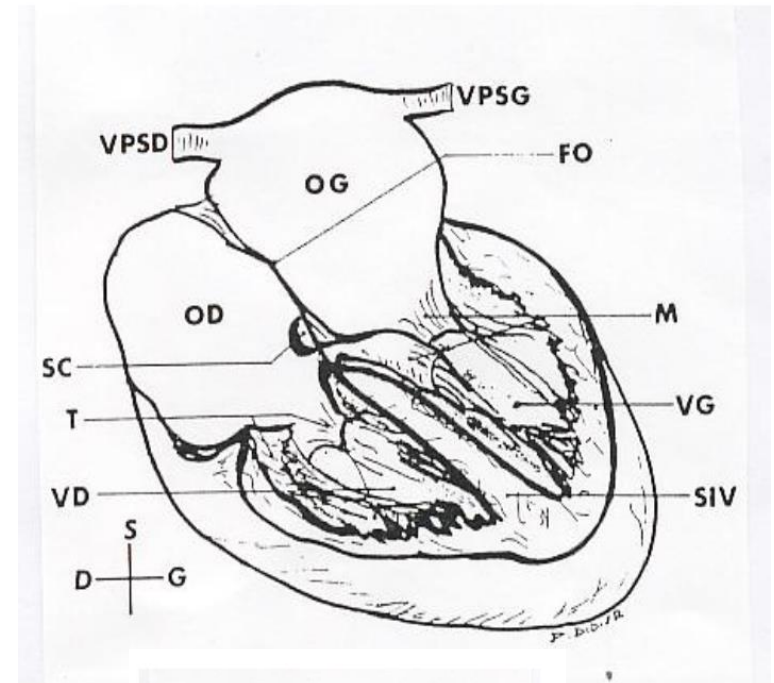
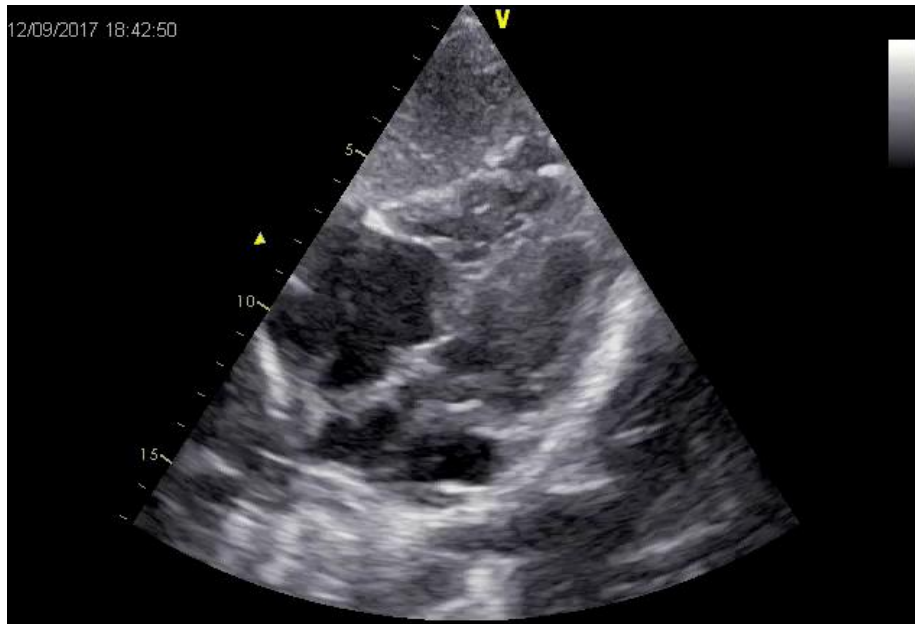


INCIDENCE SOUS COSTALE

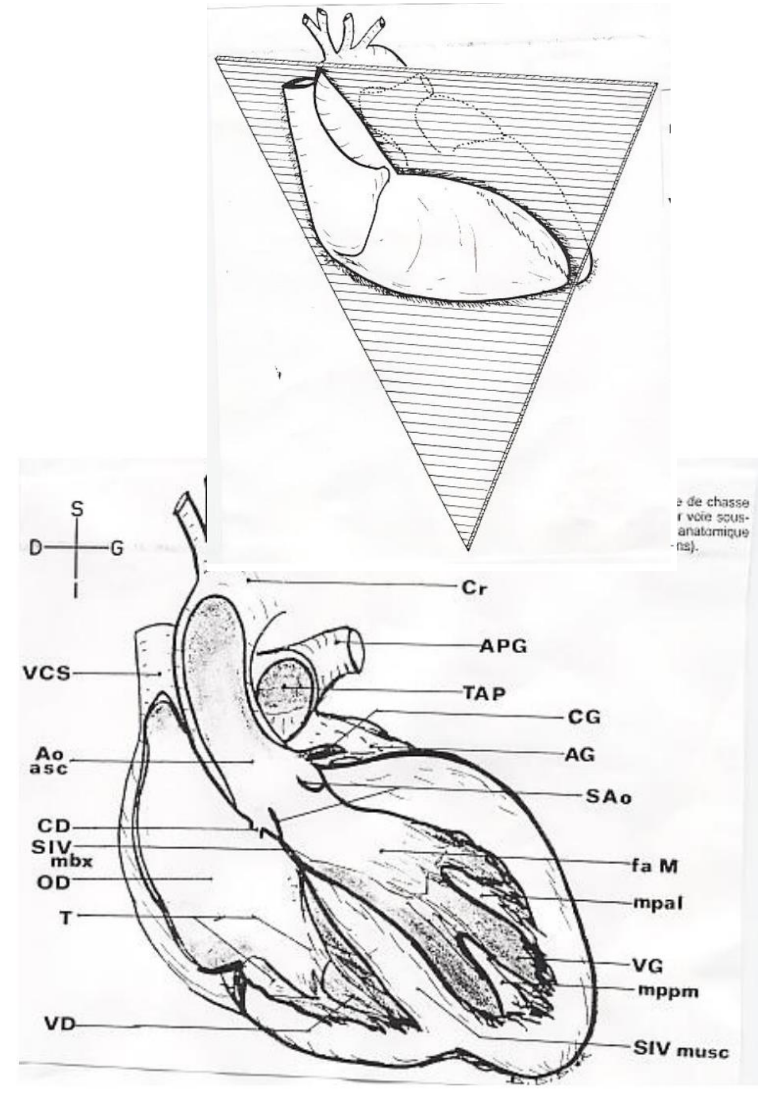
- ▶ ENFANT +++
- ▶ TRANSDUCTEUR PLACE SOUS L'APPENDICE XYPHOÏDE
- ▶ DIRIGE VERS EPAULE GAUCHE



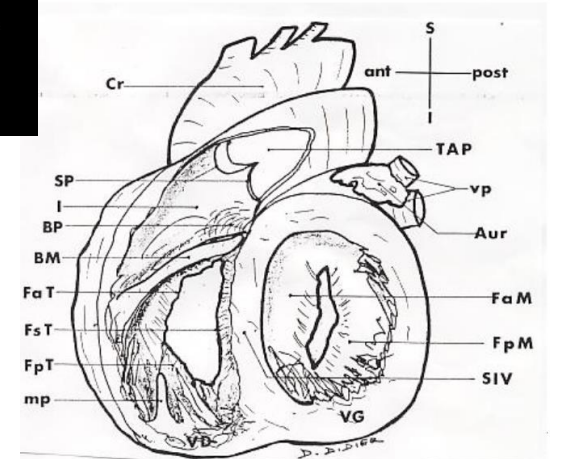
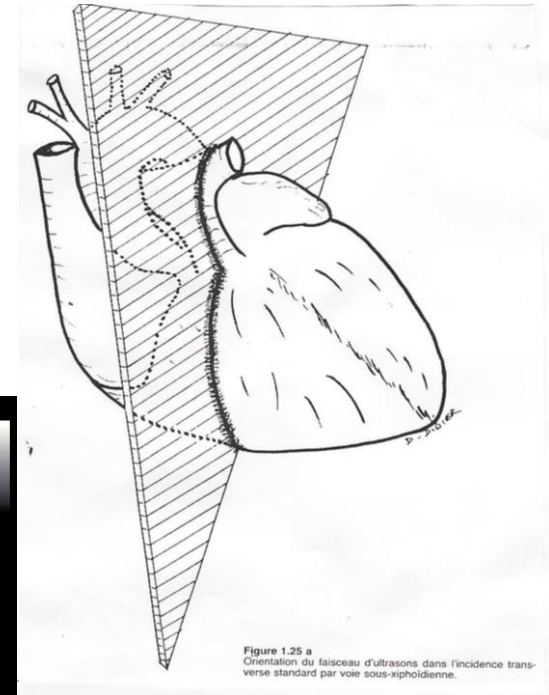
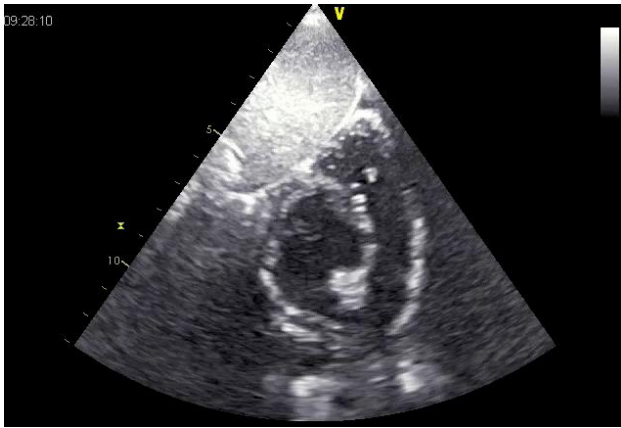
Apicale



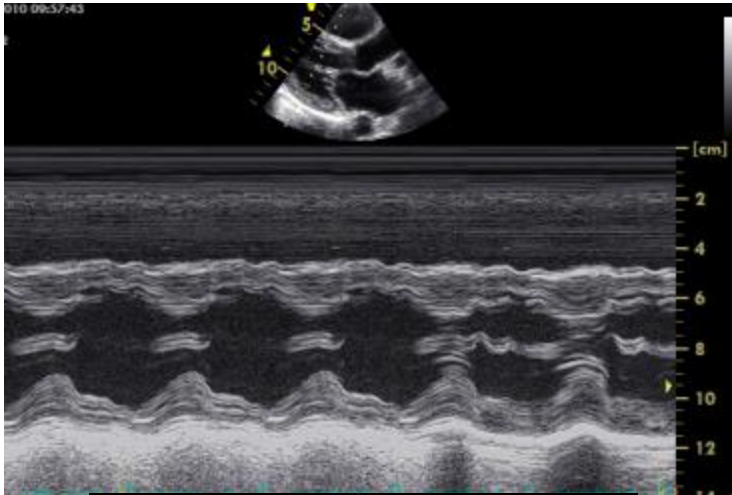
Voie d'éjection du VG



Sous costal, petit axe



Principales mesures pour le ventricule gauche



Parasternale grand axe mode TM :

- Diamètre télédiastolique: Z score
- Diamètre télésystolique : Z score
- Fraction de raccourcissement :30 à 45%
- Epaisseur des parois : z score

4 cavités

- Vol.TD = 55 +/- 10 ml/m²
- Vol.TS = 18 +/- 6 ml/m²
- FE Simpson = 50 à 70%

Site web Parameter Z: score de Detroit

Parameter (Z) echo Z score calculator

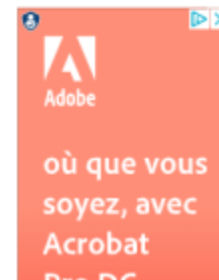
body surface area. Measurement sites include the mitral valve, left ventricle, aortic valve, aortic arch, pulmonary valve, and pulmonary arteries. Data is from 782 patients evaluated at the Children's Hospital of Michigan.

Height (cm):
Weight (kg):
BSA formula:

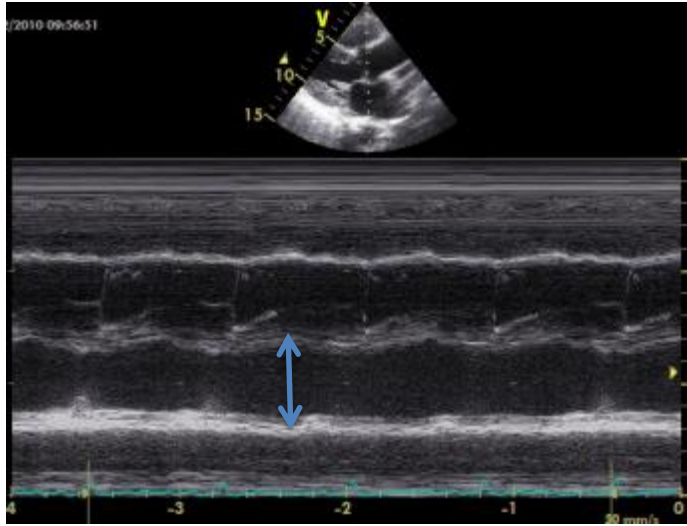
Site	Measured (cm)	Mean	Range Z-Score
RVD:	<input type="text"/>		
IVSd:	<input type="text"/>		
IVSs:	<input type="text"/>		
LVIDd:	<input type="text"/>		
LVIDs:	<input type="text"/>		
LVPWd:	<input type="text"/>		
LVPWs:	<input type="text"/>		
Aortic Annulus:	<input type="text"/>		
Sinuses:	<input type="text"/>		
ST Junction:	<input type="text"/>		
Transverse Arch:	<input type="text"/>		
Isthmus:	<input type="text"/>		
Distal Arch:	<input type="text"/>		
Ao at Diaphragm:	<input type="text"/>		
Pulmonary Annulus:	<input type="text"/>		
MPA:	<input type="text"/>		
RPA:	<input type="text"/>		
LPA:	<input type="text"/>		
Mitral Annulus:	<input type="text"/>		
Tricuspid Annulus:	<input type="text"/>		
Left Atrium:	<input type="text"/>		

Additional Data Sources

- [Halifax \(Heart, 2006\)](#)
- [Paris \(AJC, 2010\)](#)
- [Cardiac Valve Z-Scores](#)
- [Coronary Artery Z-Scores](#)
- [Boston \(Circ., 2007\)](#)
- [Washington, D.C. \(JASE, 2008\)](#)
- [Montreal \(JASE 2010\)](#)
- [Fetal Echo Z-Scores](#)
- [Fetal Z-Score App](#)
- [Known EGA](#)
- [Known Femur Length](#)
- [Boston \(Circ., 2009\)](#)
- [OBSONO.org](#)
- [LVEDV Z-Scores](#)
- [LV Mass Z-Scores](#)
- [M-Mode Z-Scores](#)
- [TAPSE](#)
- [Z-Scores of...Detroit](#)
- [Z-Scores of... Wessex](#)
- [About](#)
- [Mobile](#)

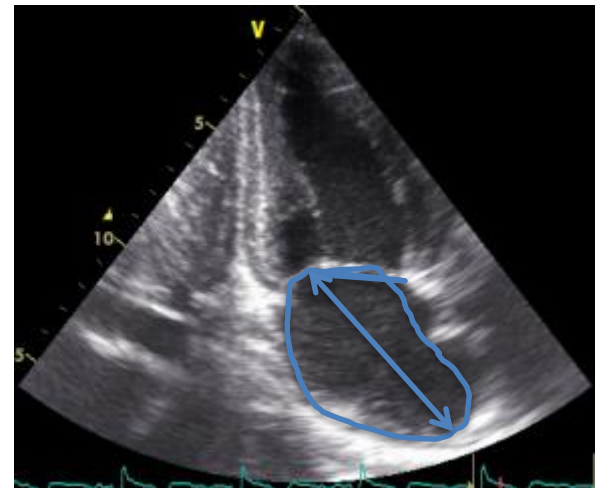
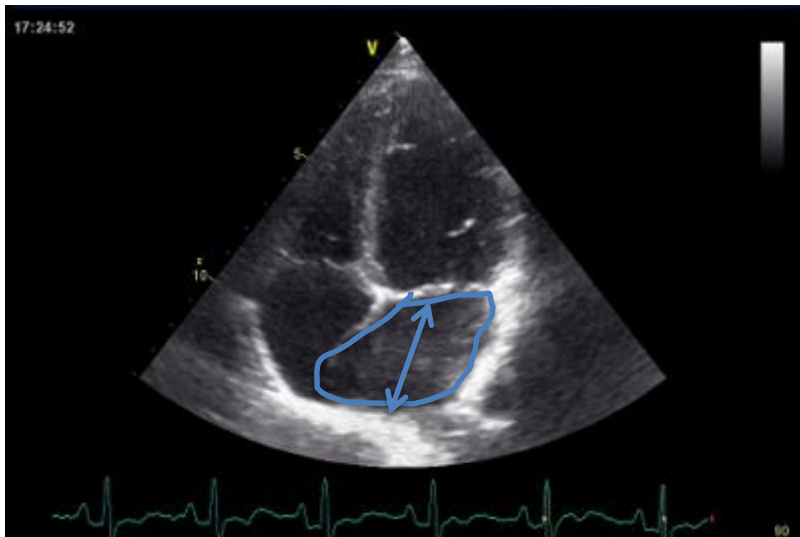


Mesures de l'oreillette gauche



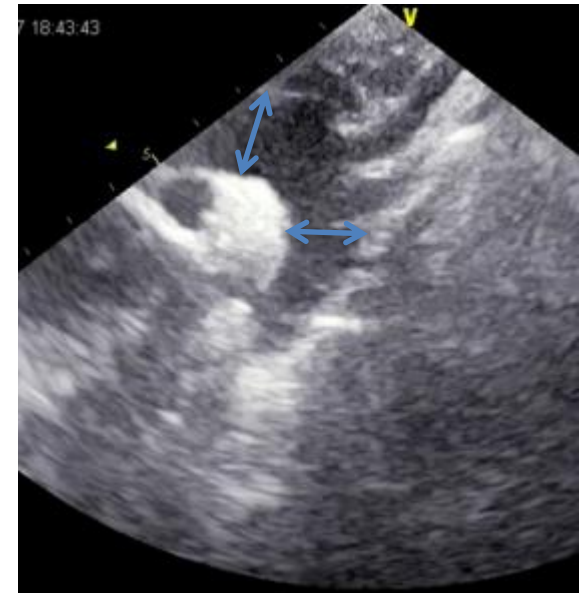
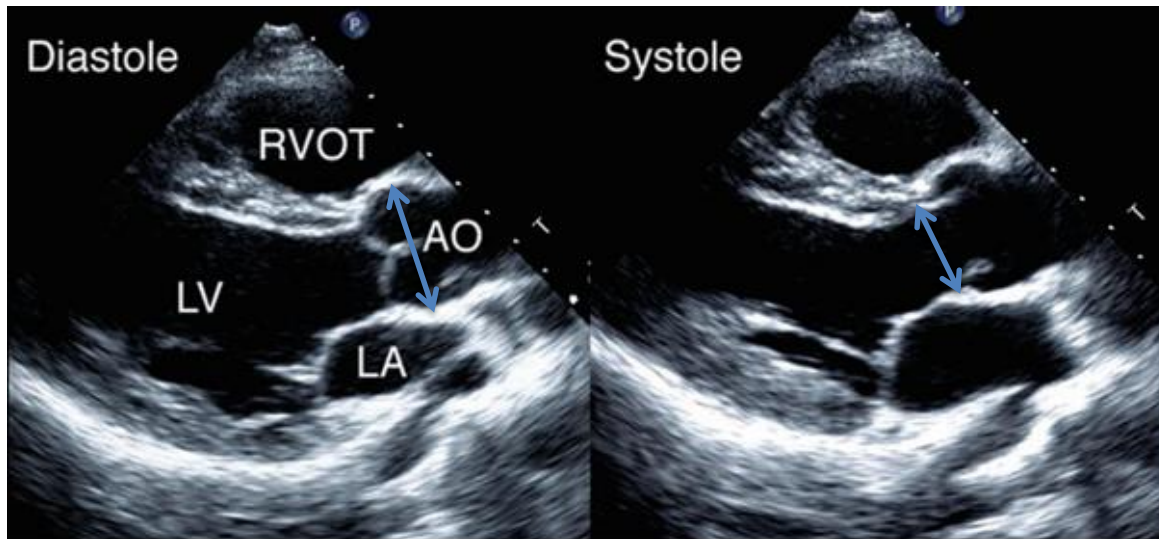
Diamètre systolique de l'oreillette gauche en mode TM : Z score

Volume systolique de l'oreillette gauche en 4 et 2 cavités : 20ml/m²



Mesures Aorte

- Diamètre sous aortique et de l'anneau aortique en parasternal grand axe, valve ouverte; Z score
- Diamètre du culot aortique: parasternale grand axe : Z score
- Diamètre aorte ascendante, horizontale et isthme aortique: Z score

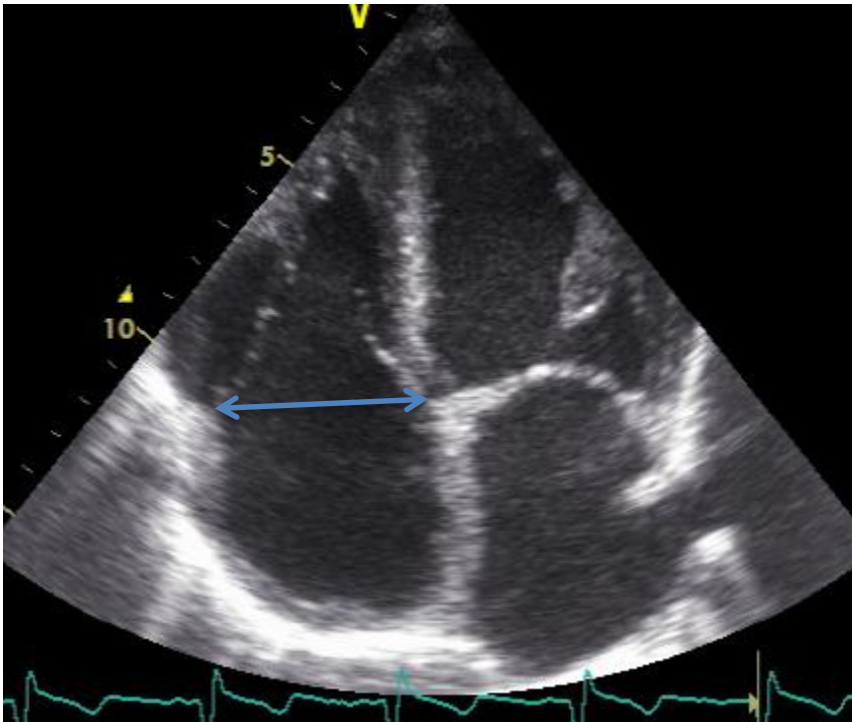


Mesure de la voie VD AP



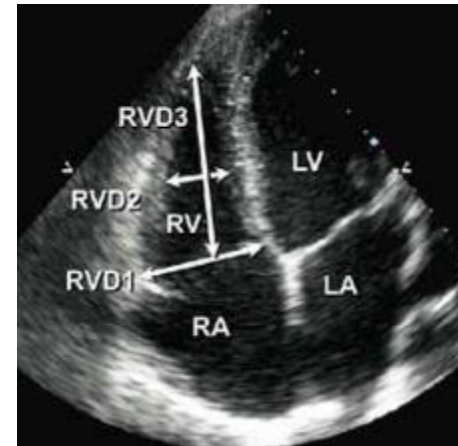
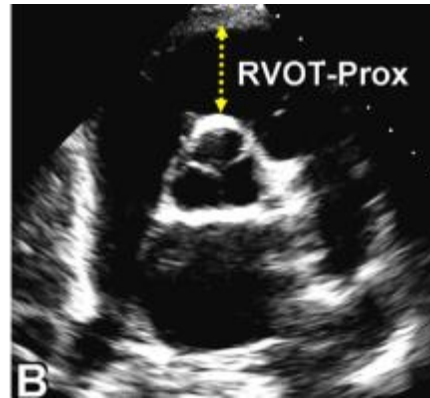
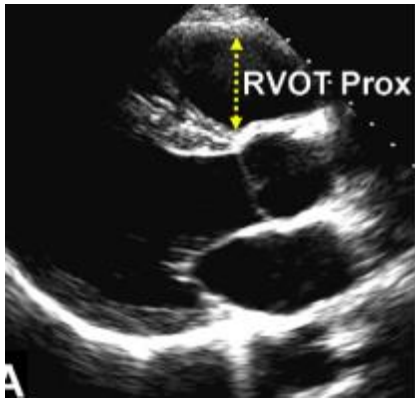
Diamètre de
l'anneau
pulmonaire Z score
Diamètre du tronc
pulmonaire Z score
Diamètre des
artères
pulmonaires droite
et gauche: Z score

Mesure des anneaux mitral et tricuspidé

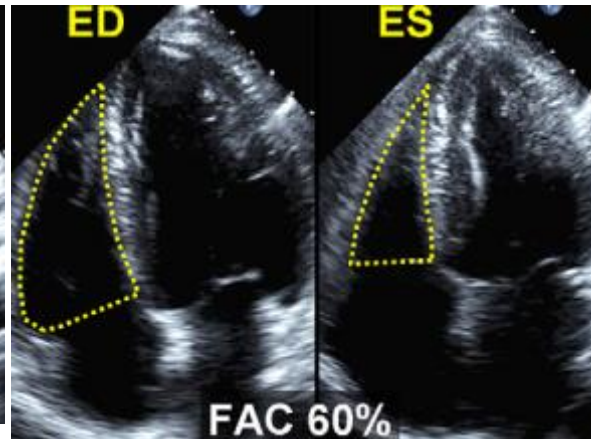
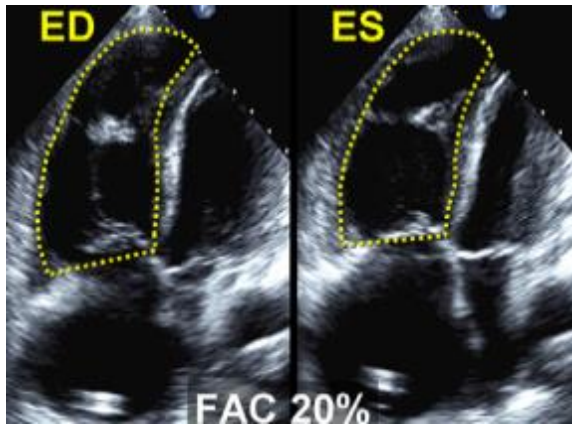


Mesure des anneaux mitral et aortique sur une coupe en 4 cavités, valve ouverte : z score

Dimensions du ventricule droit

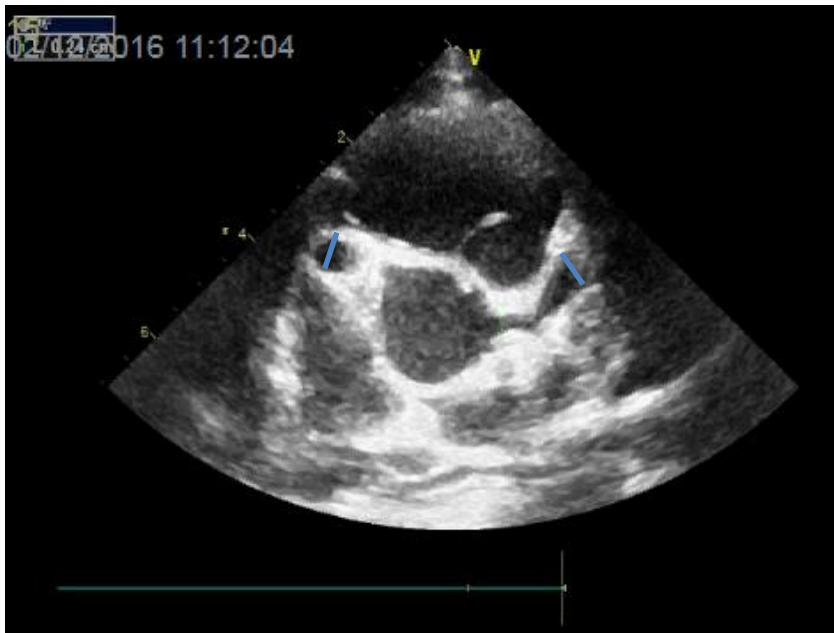


Dimensions
du ventricule
droit :
diamètres : Z
score et
diamètres
indexés



Surface
télédiastolique et
surface
télésystolique en
coupe 4 cavités,
Mesure de la
fraction de
surface:FAC en %

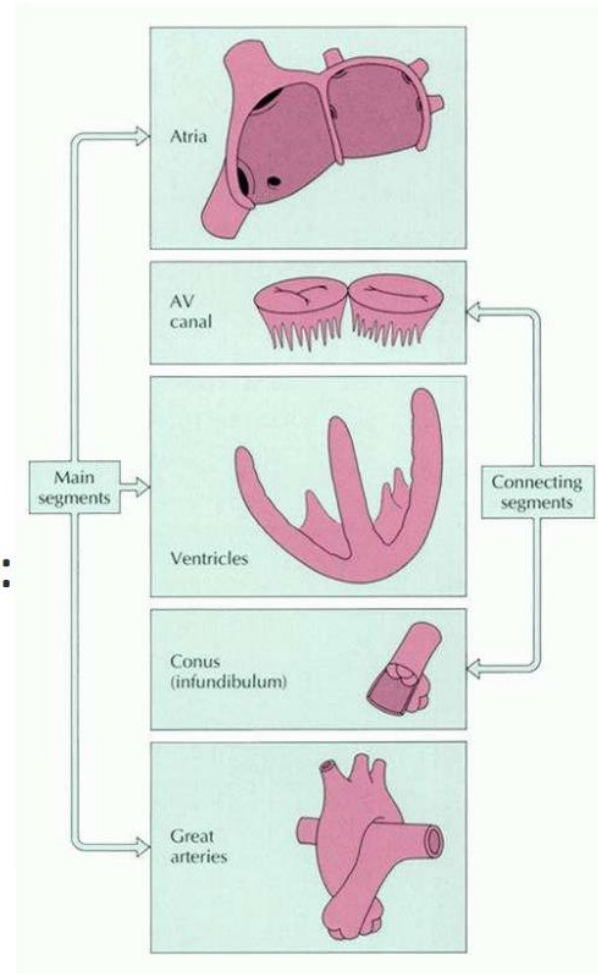
Dimensions des artères coronaires



Dans la maladie
de Kawasaki : Z
score de Boston

ANALYSE SEGMENTAIRE

- 3 SEGMENTS CARDIAQUES PRINCIPAUX :
 - oreillettes (situs viscéro-atrial)
 - ventricules (loop = boucle ventriculaire)
 - gros vaisseaux (conotruncus)
- 2 SEGMENTS « DE CONNEXION » :
 - valves auriculoventriculaires
 - infundibulum ou conus

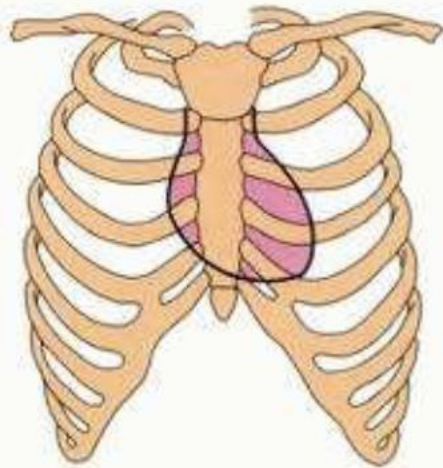


Analyse segmentaire :

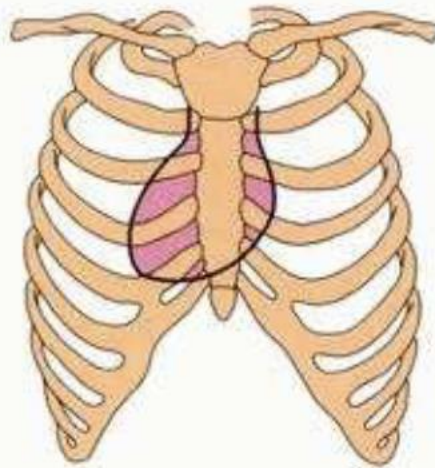
2 règles d'or

- Chaque variable (segment) doit être définie par ses caractéristiques anatomiques propres et non par ses rapports avec les autres variables
- Lorsqu'on parle d'une structure cardiaque en termes de droite ou de gauche il s'agit de sa morphologie et non de sa situation dans le thorax

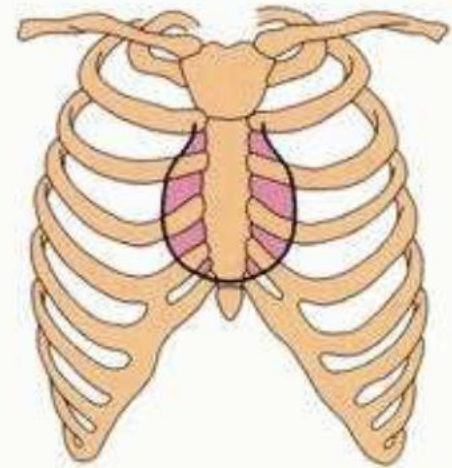
Position du cœur dans le thorax



Levocardia

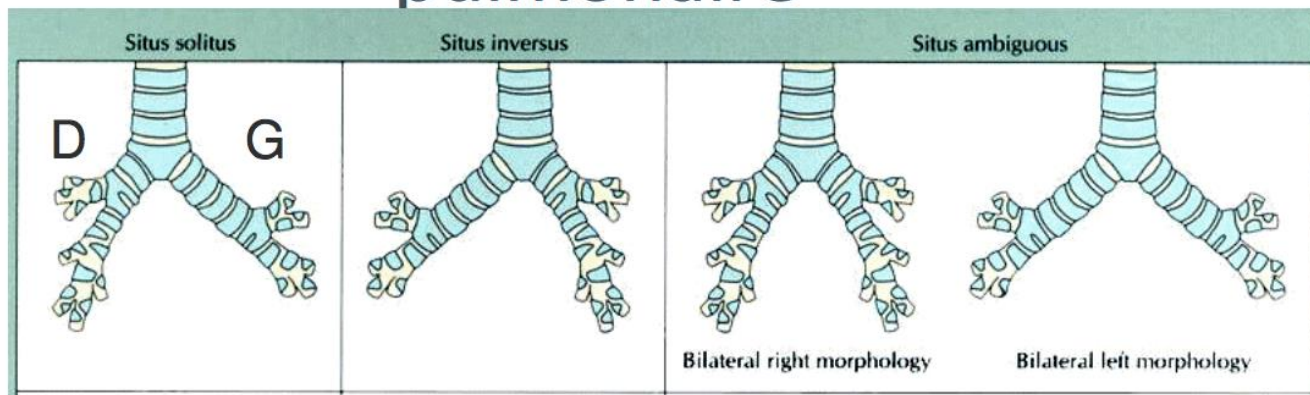


Dextrocardia

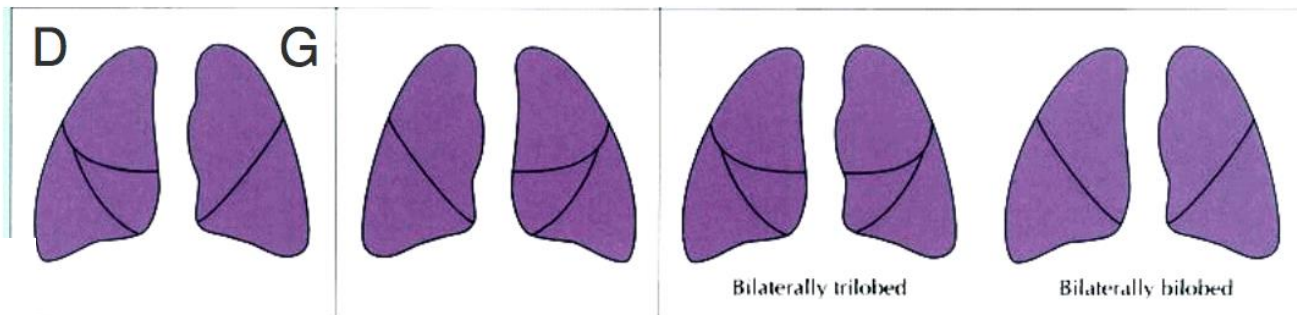


Mesocardia

Situs viscéral bronchique et pulmonaire

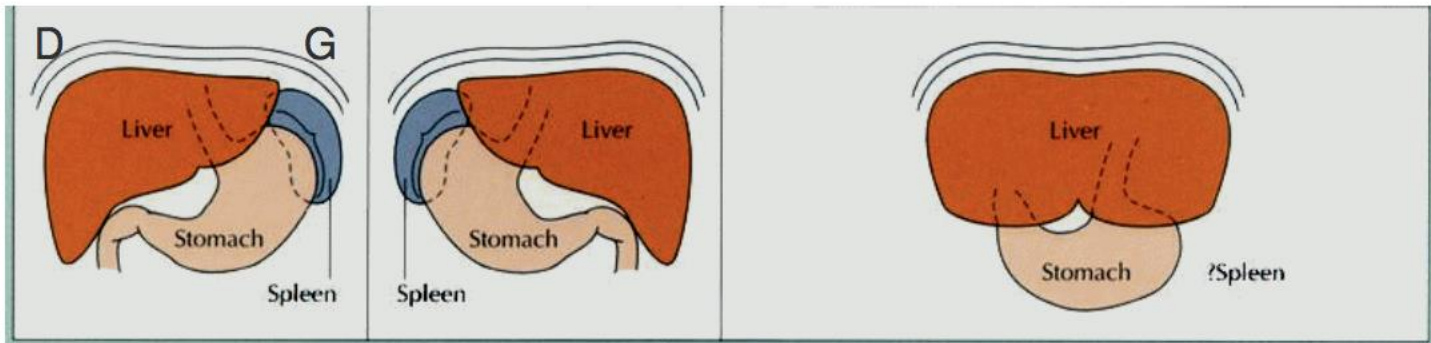


Bronche droite = épartérielle ; Bronche gauche = hypartérielle



Poumon droit = 3 lobes ; Poumon gauche = 2 lobes

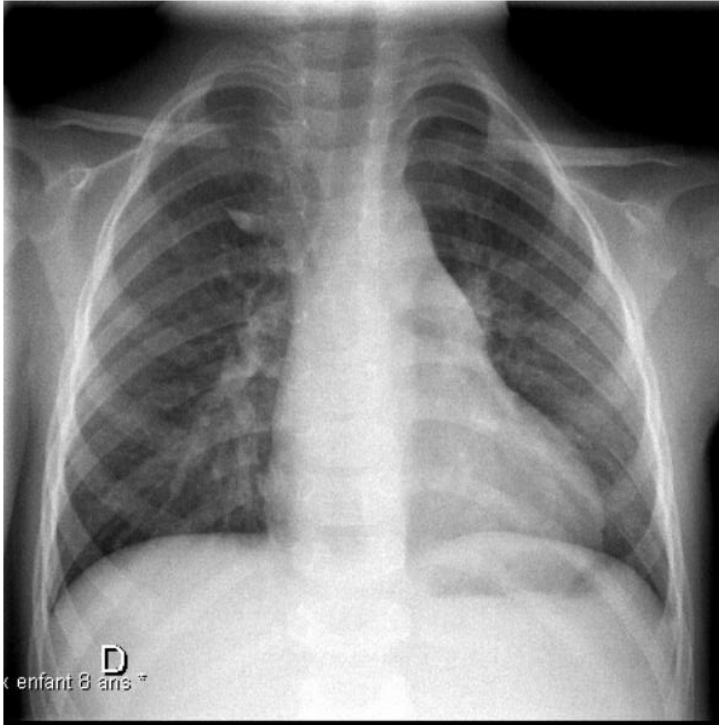
Situs viscéral abdominal



Situs solitus

Situs inversus

Situs ambiguus
Foie médian
Asplénie ou polysplénie



LE SITUS ATRIAL: définir l'oreillette de morphologie droite

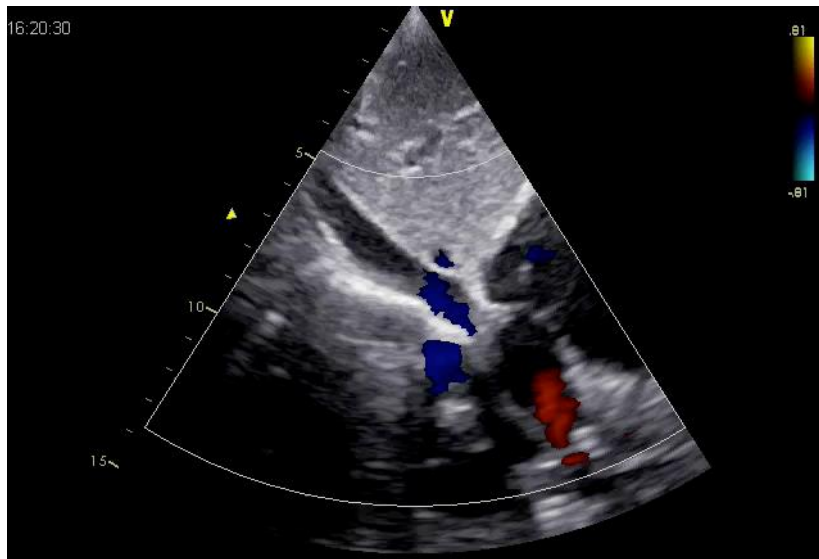
- Le segment supra-hépatique de la VCI est
 - Toujours présent
 - Toujours unilatéral
 - Toujours connecté à l'OD
- Exceptions :
 - interruption de la VCI : veines sus-hépatiques
 - VCI se drainant dans le sinus coronaire (unroofed)
- Autre marqueur fiable de l'OD, quand il existe =
orifice du sinus coronaire

cordance VCI-OD +++

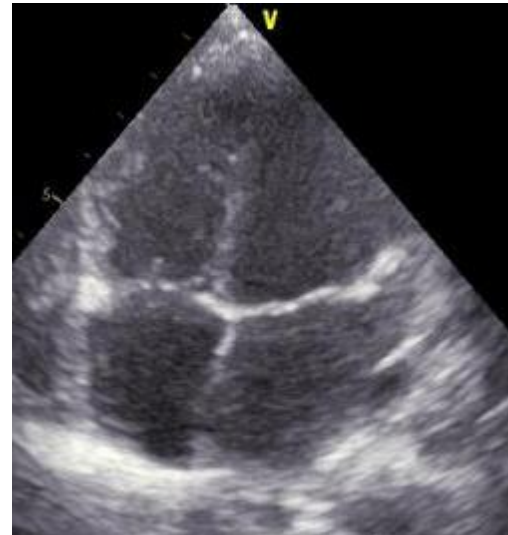
SITUS ATRIAL

3 types :

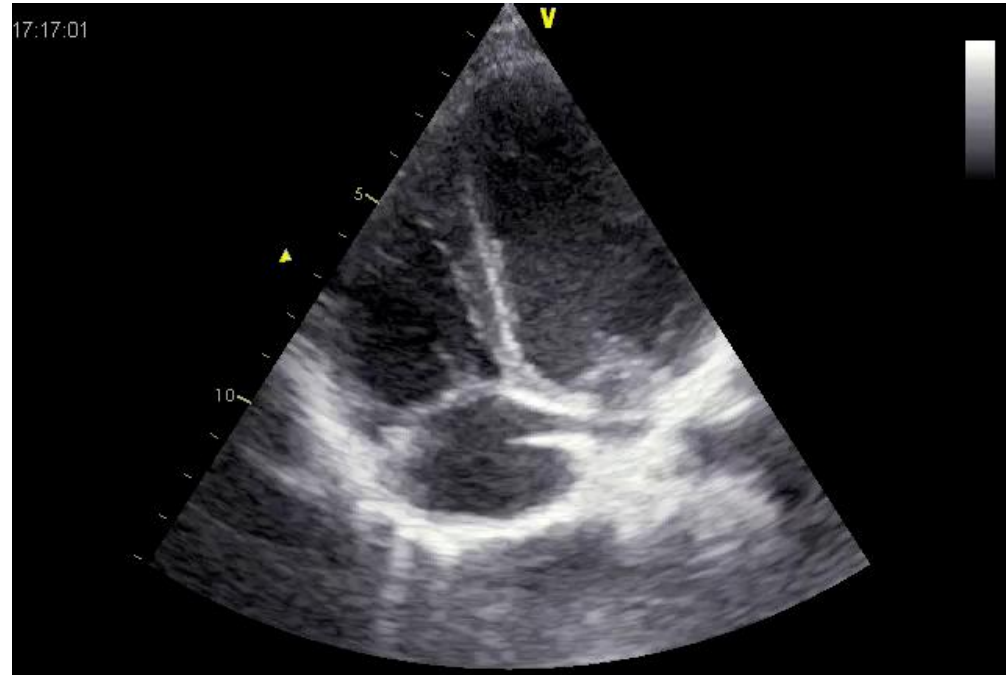
- S = Solitus (normal)
- I = Inversus (image en miroir)
- A = Ambiguus (asplénie, polysplénie : syndromes d'hétérotaxie)



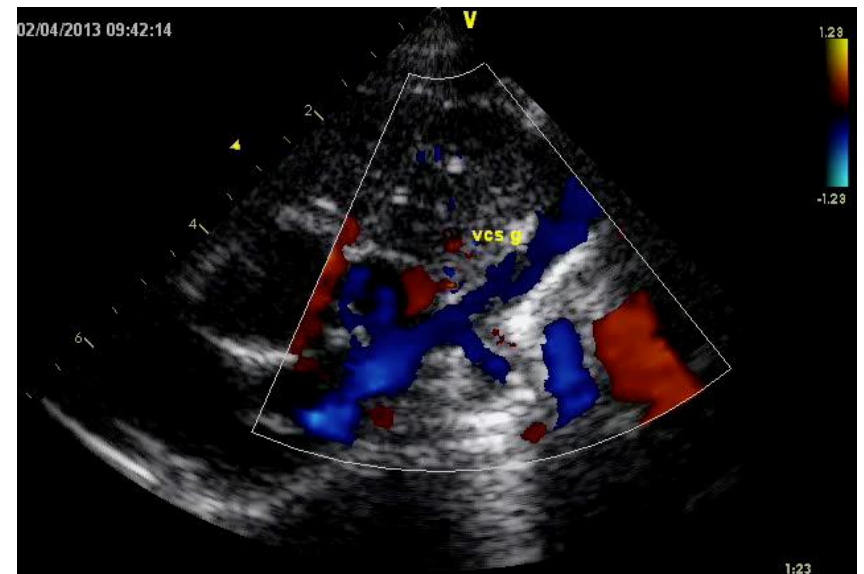
VCI à droite
VCI à l'OD
Auricules



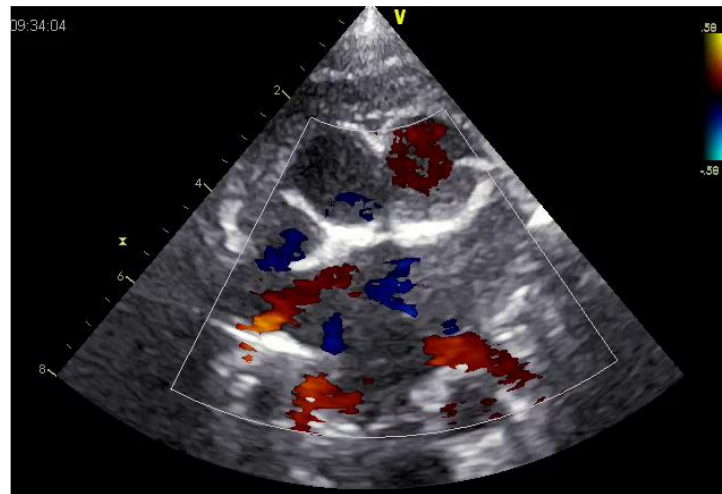
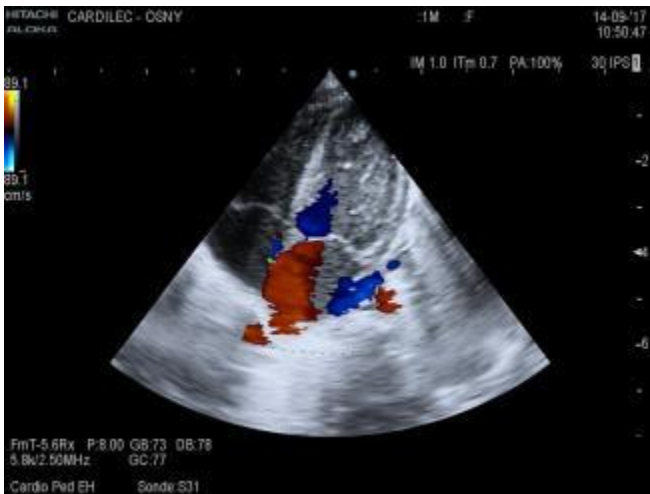
Les retours veineux systémiques



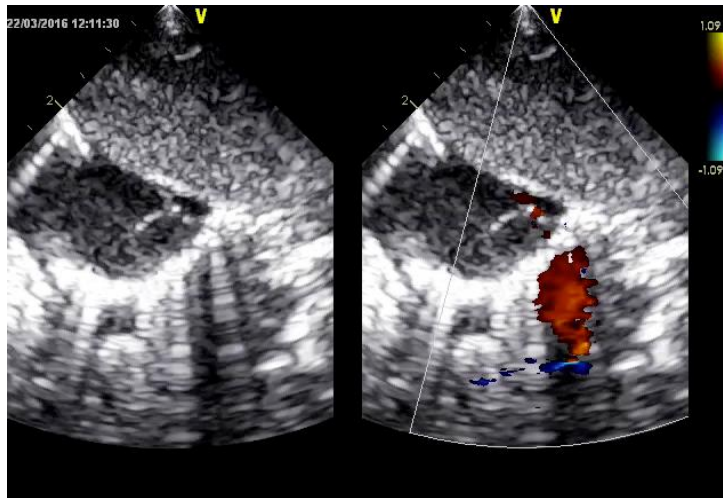
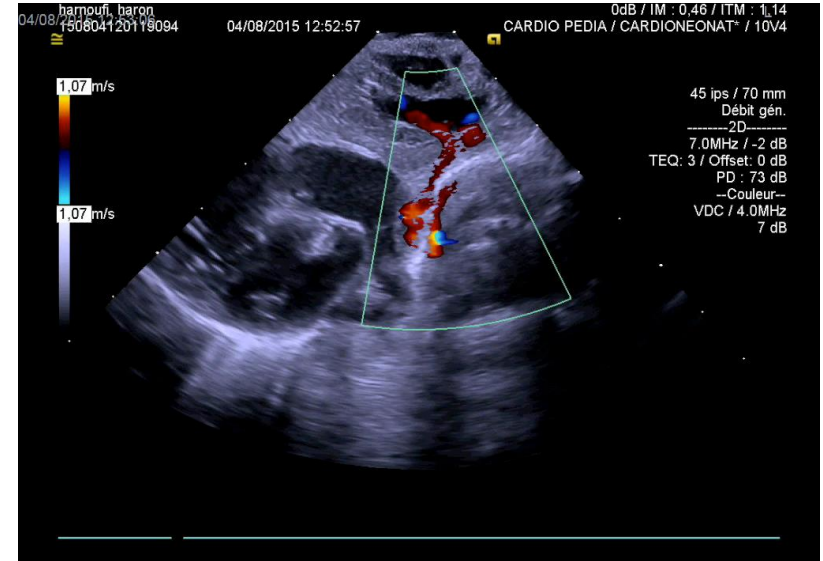
Anomalie des retours veineux systémiques



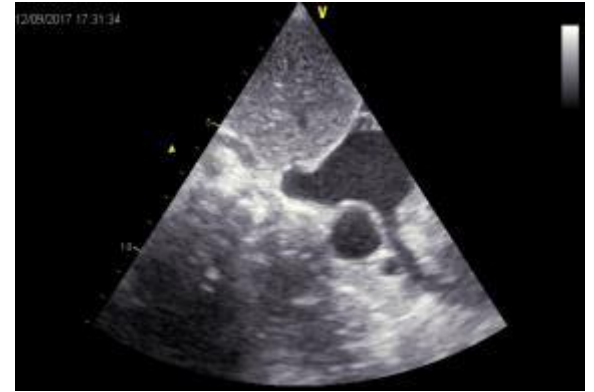
Les retours veineux pulmonaires



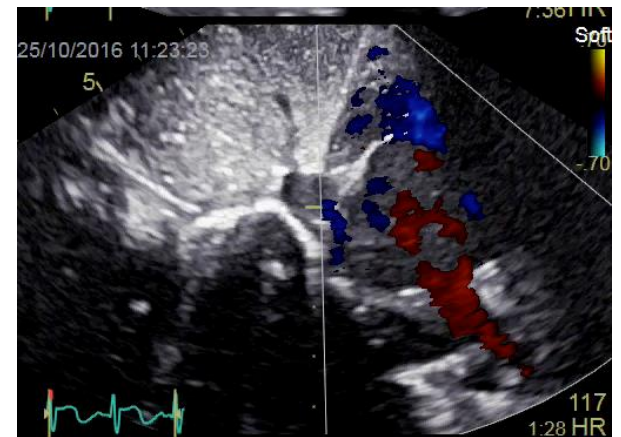
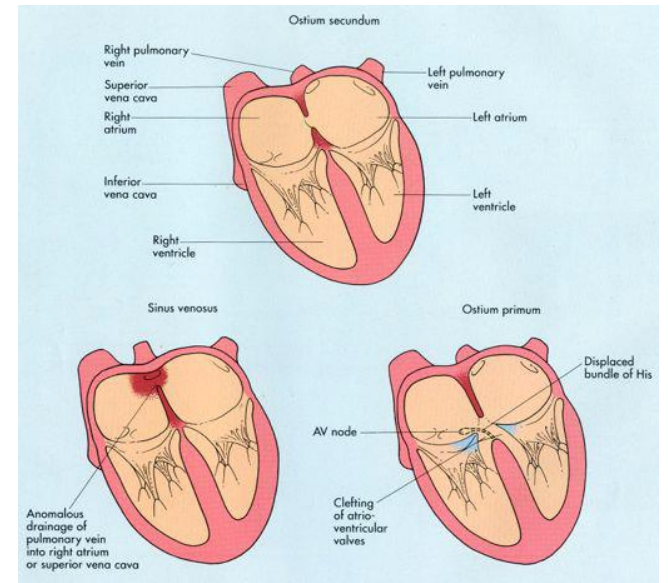
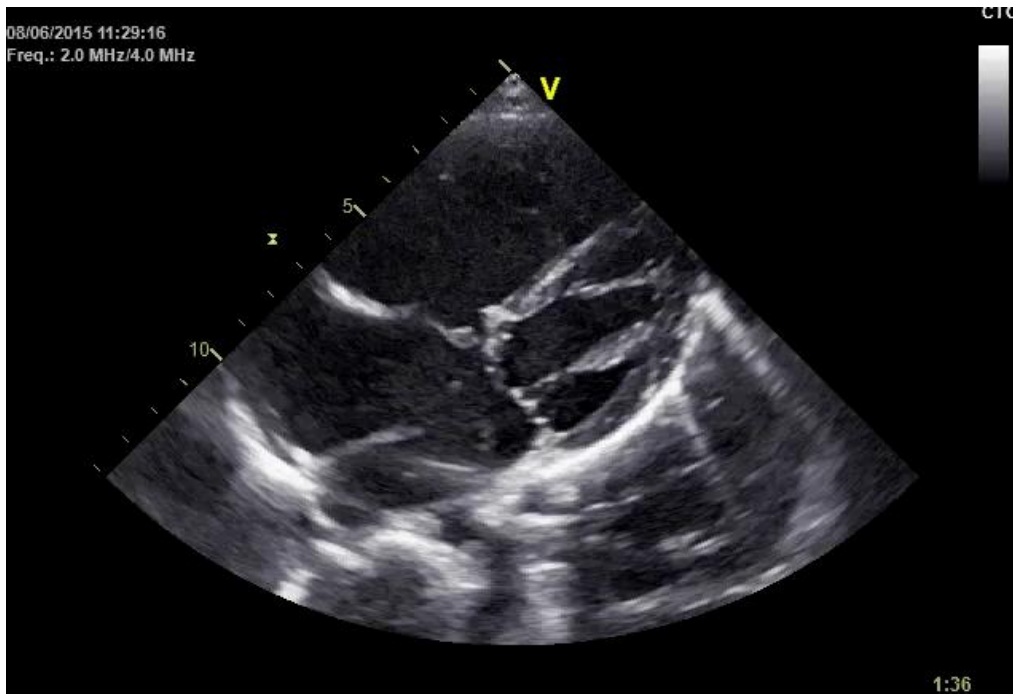
Anomalie des retours veineux pulmonaires



Les oreillettes et le SIA



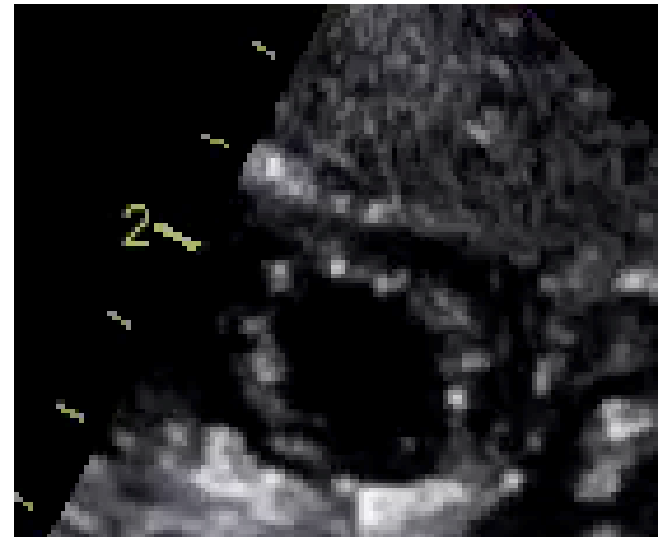
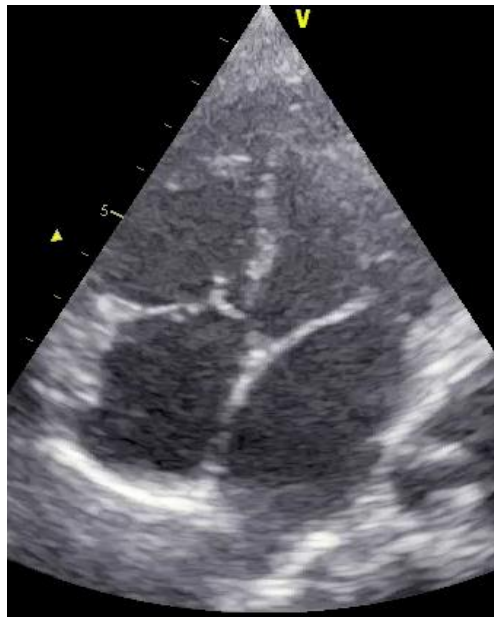
Anomalie du SIA



JONCTION ATRIOVENTRICULAIRE

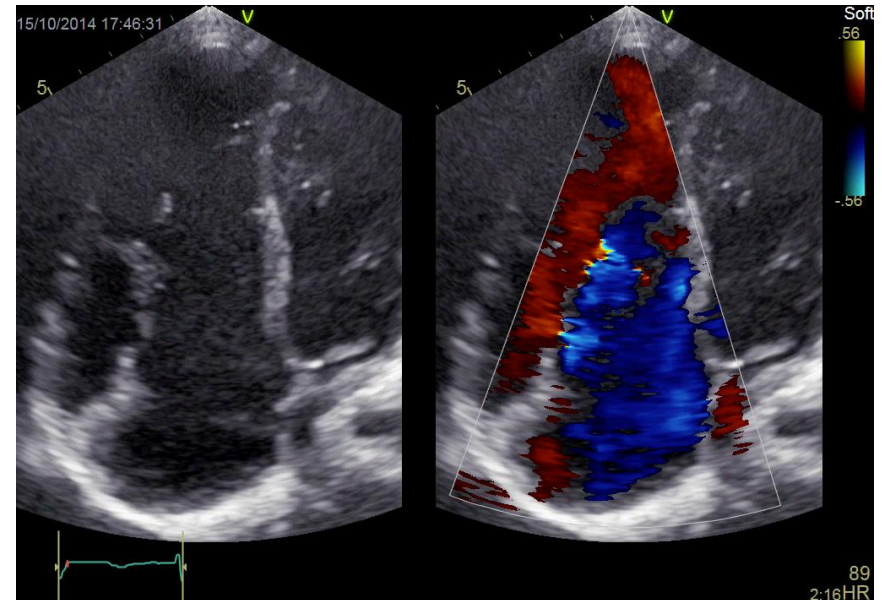
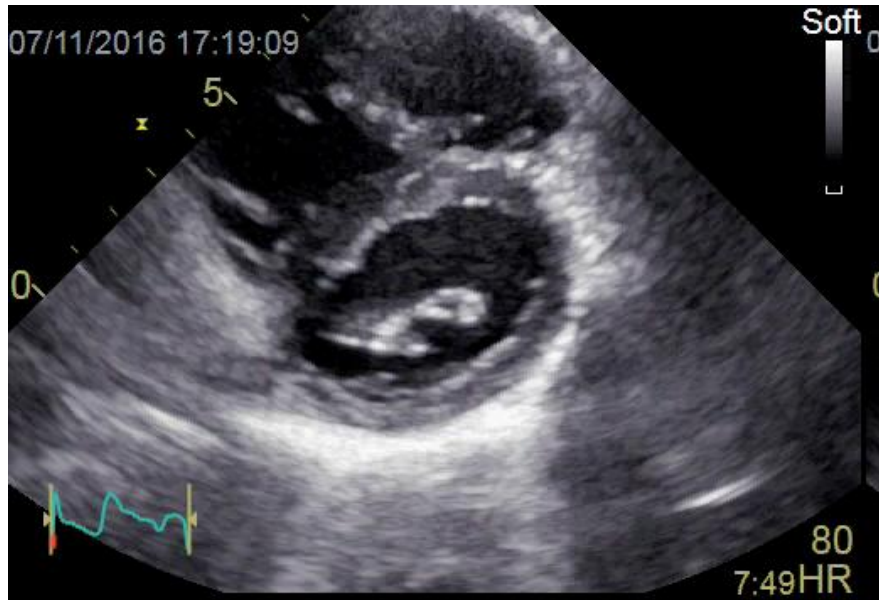
- Valve tricuspide
- Valve mitrale
- Septum atrioventriculaire :
 - « ostium primum »
 - partie adjacente du septum IV
- Classiquement le situs de la valve AV correspond à celui du ventricule sous-jacent

Valve mitrale/tricuspide



Anomalie des valves auriculoventriculaires

CAV,
Mitrale double orifice



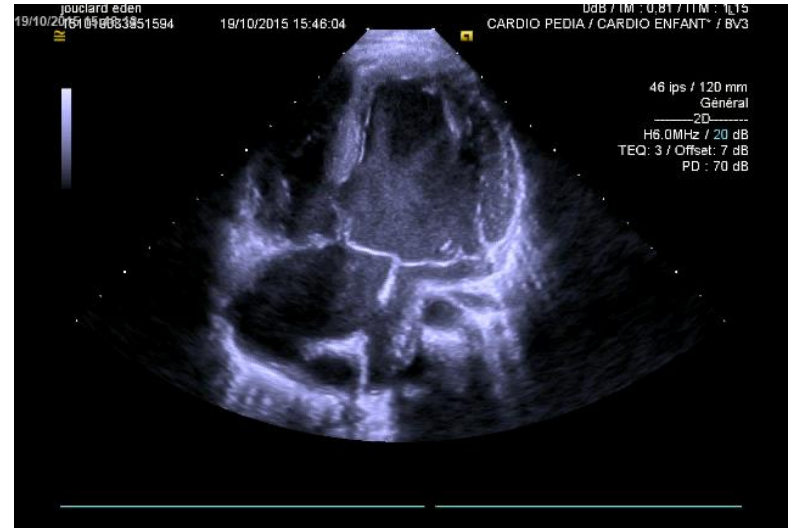
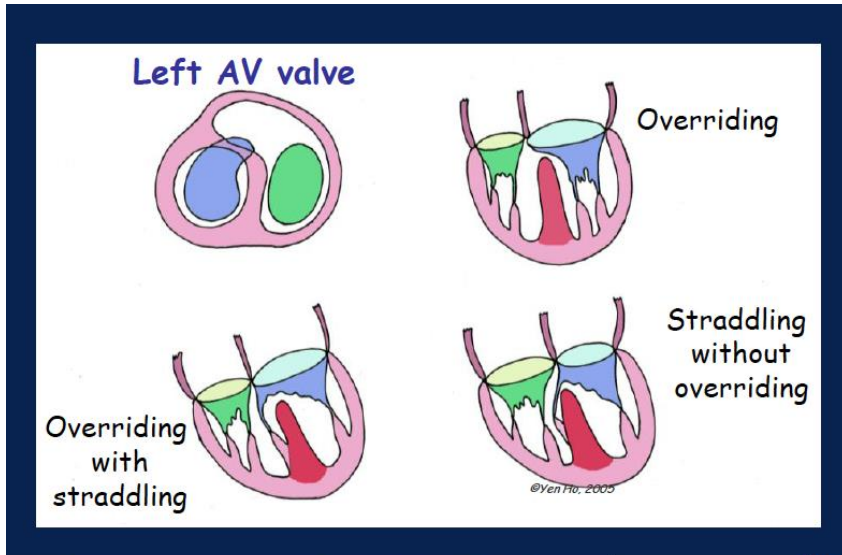
Anomalies de connexion: Atrésie



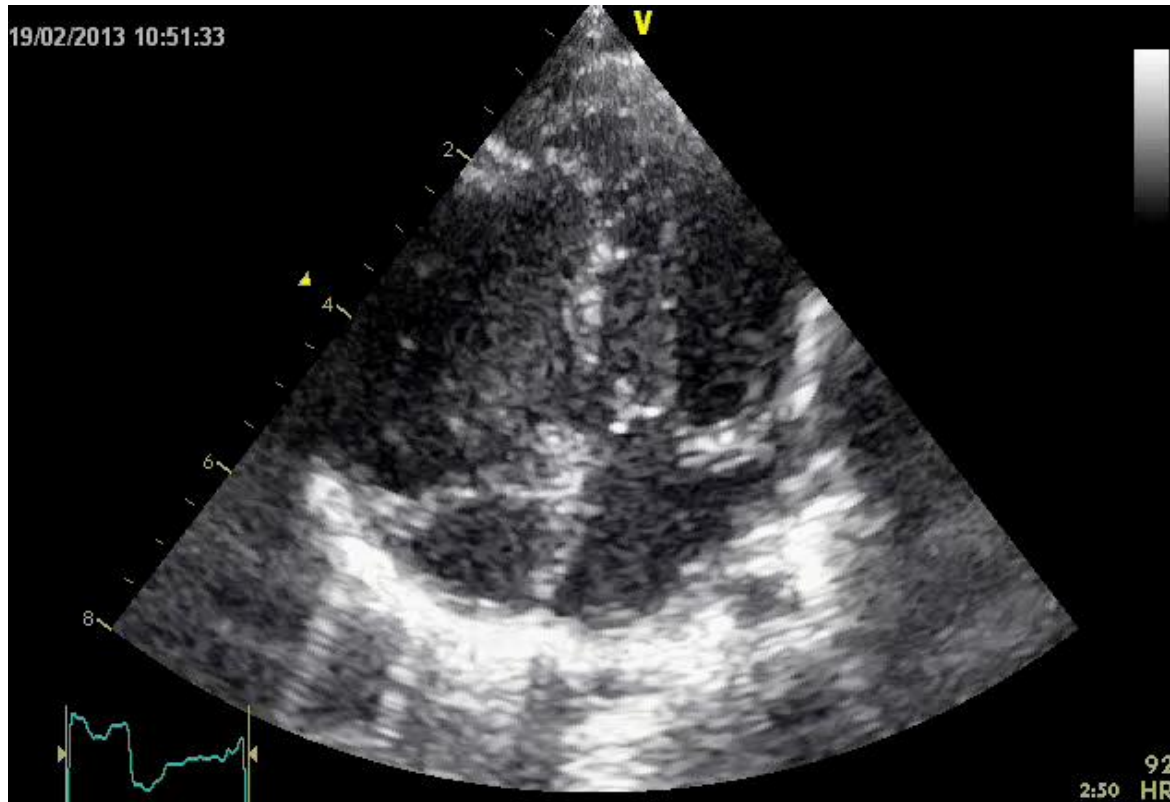
Anomalies de connexion: Double entrée (double inlet)



Anomalies de connexion: Straddling/overriding



Anomalies de connexion: Discordance AV



VENTRICULES

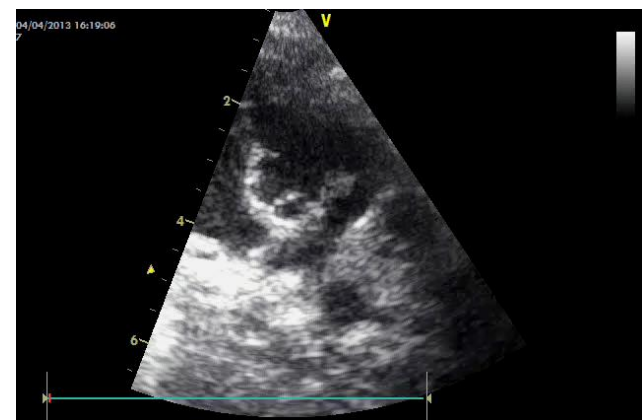
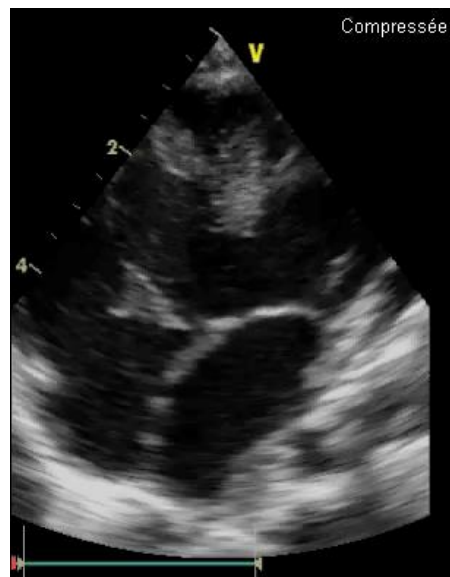
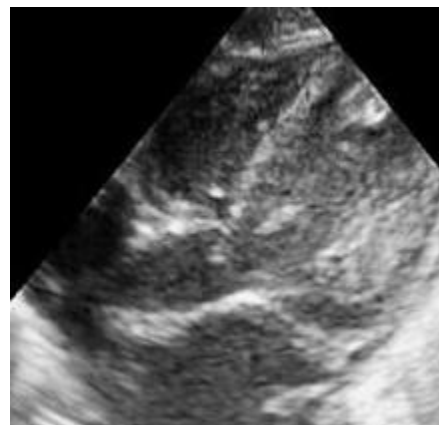
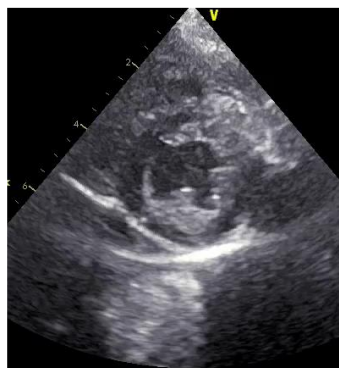
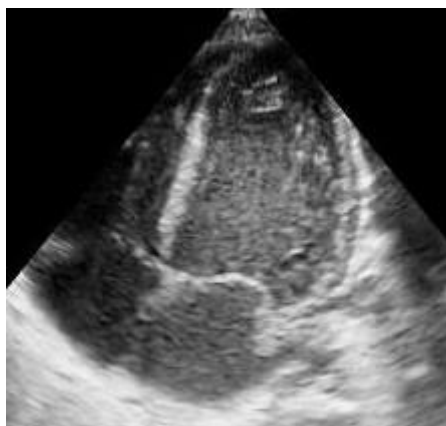
Deux types de situs ventriculaire :

- Solitus : **D-loop**
- Inversus : **L-loop**

Ventricles



Septum interventriculaire



GROS VAISSEAUX

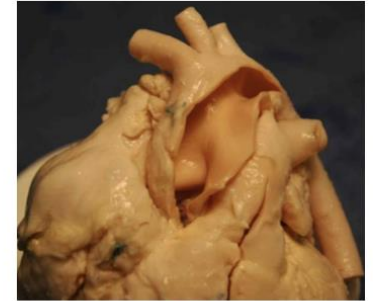
- Normoposés :

- **S = solitus** : valve AO en AR et à D / valve pulm
- **I = inversus** : valve AO et AR et à G / valve pulm

Absence de conus sous aortique: continuité mitro-aortique
Conus sous pulmonaire



VX NORMOPOSES

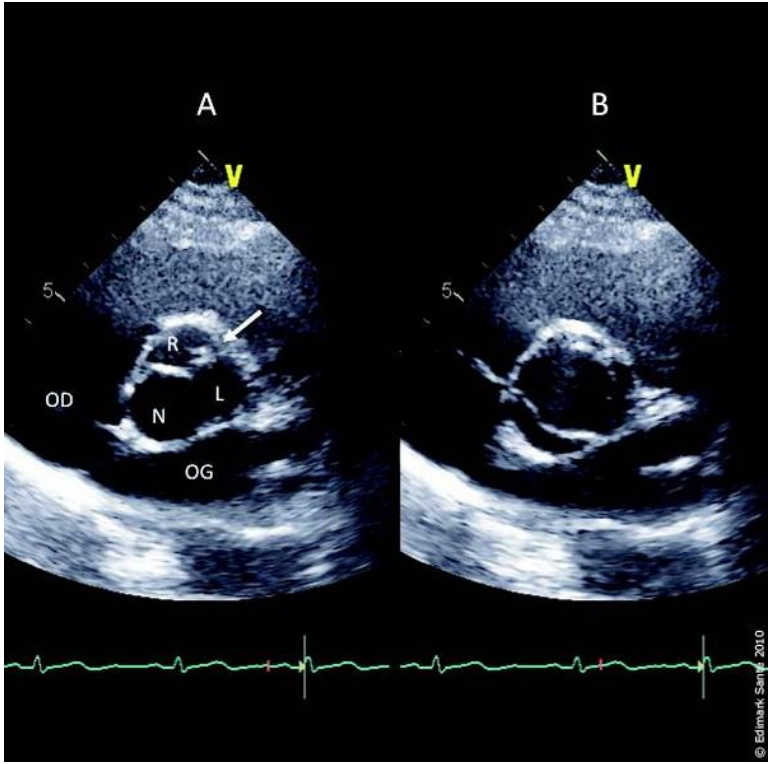


Ao   AP
S = solitus

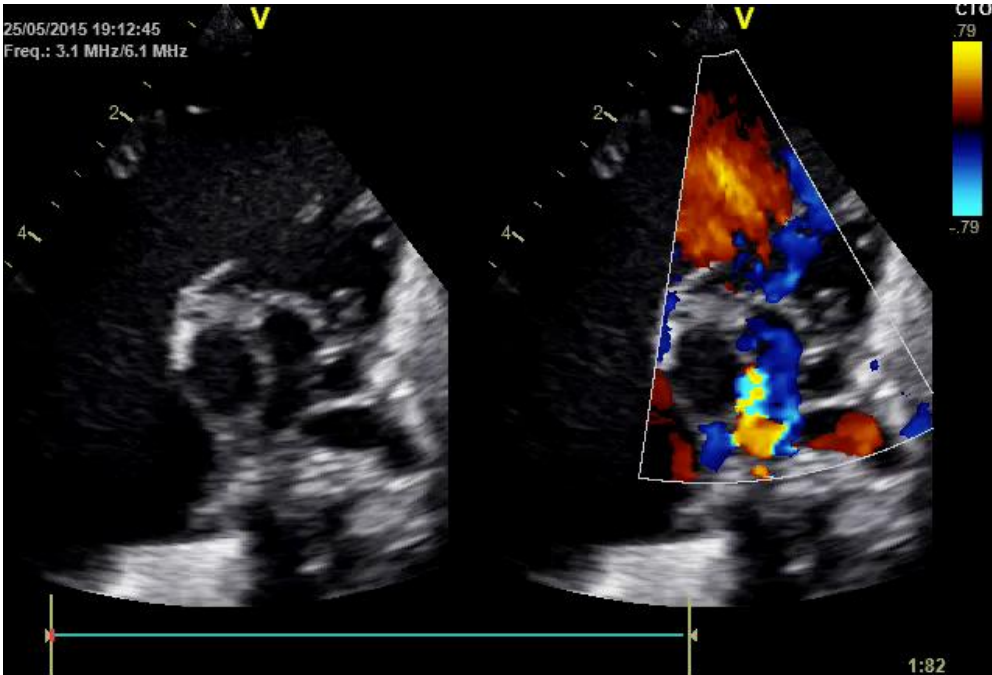


I = inversus  

Anomalies des valves semi lunaires



Anomalies de connexion: Atrésie

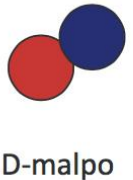


Anomalies de connexion: Discordance VA

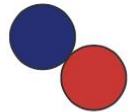
- Malposés ou Transposés :

- **D** = valve AO à D / valve pulm
- **L** = valve AO à G / valve pulm
- **A** = antéropostérieurs : valve AO en AV de la valve pulmonaire

VX MAL (ou TRANS) POSES



D-malpo

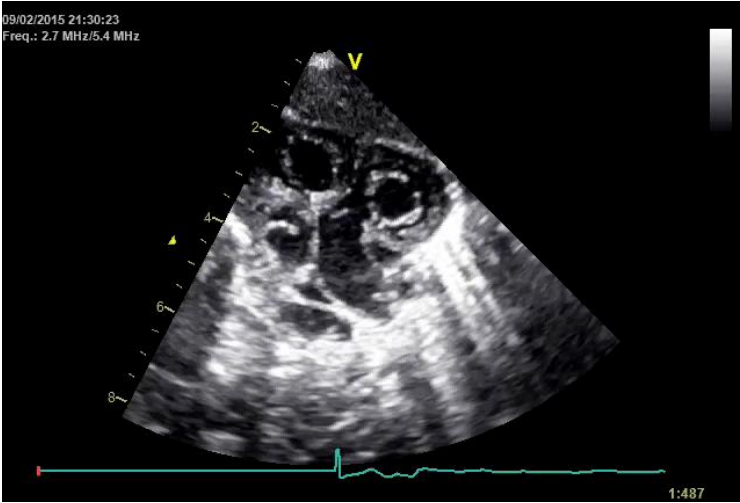


L-malpo



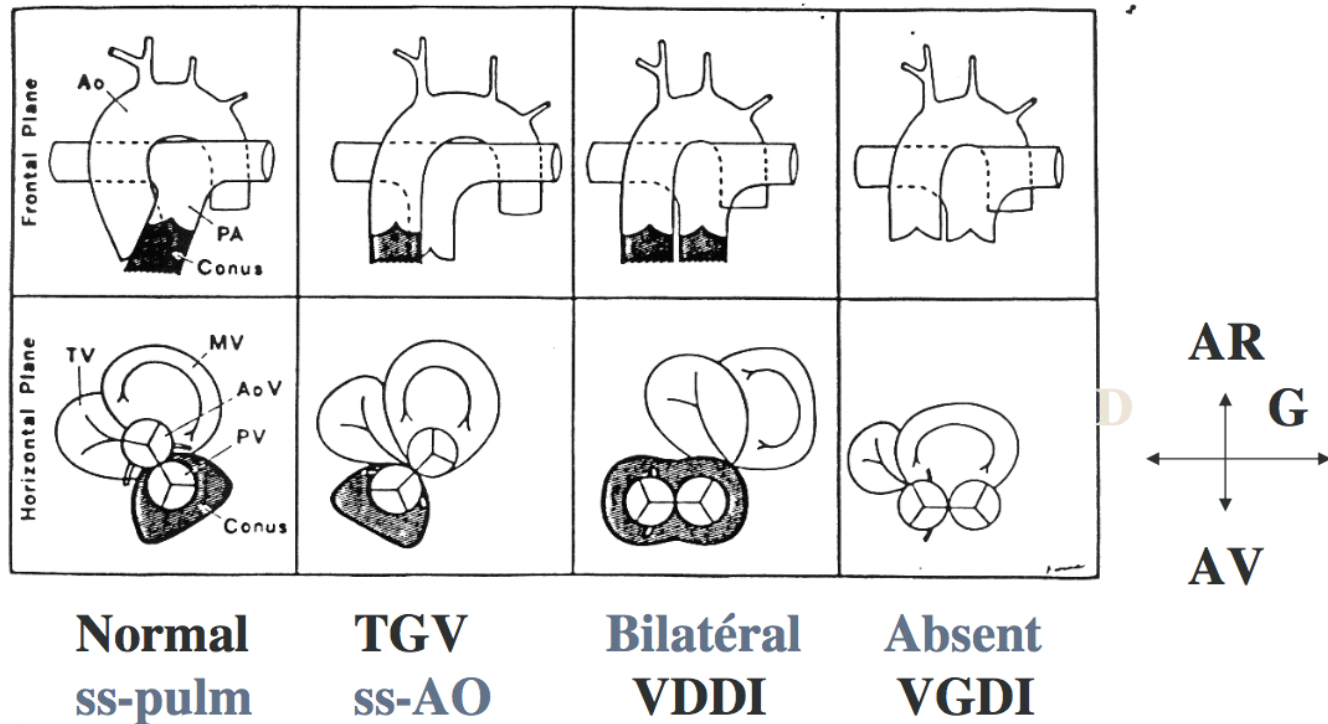
A = antéropostérieurs

Anomalies de connexion: Discordance VA

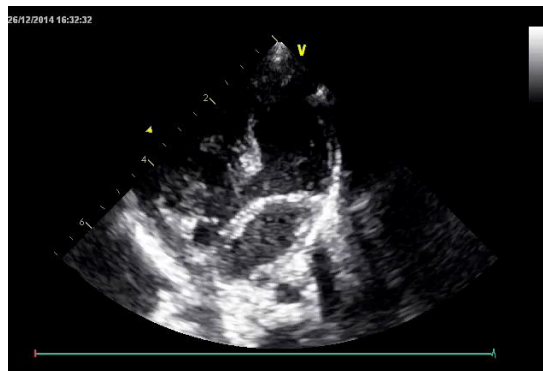
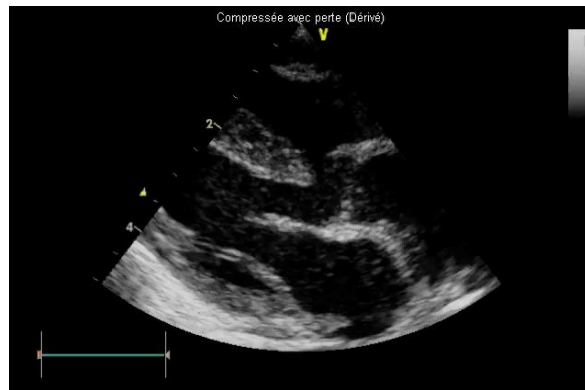


Anomalies de connexion: Anomalie du conus

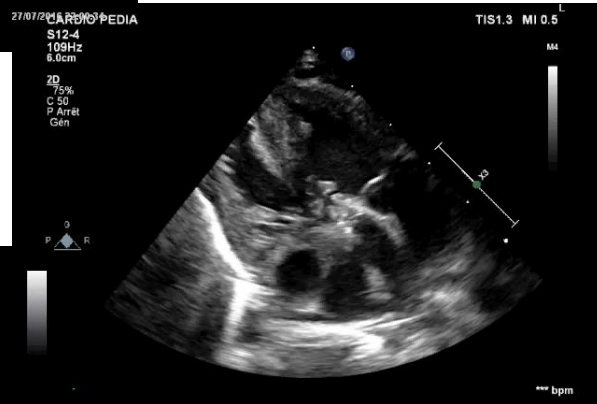
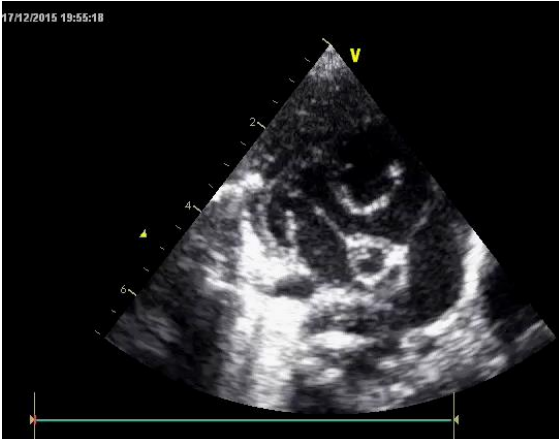
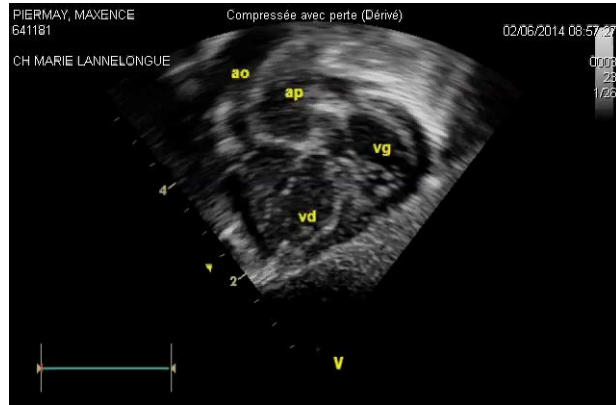
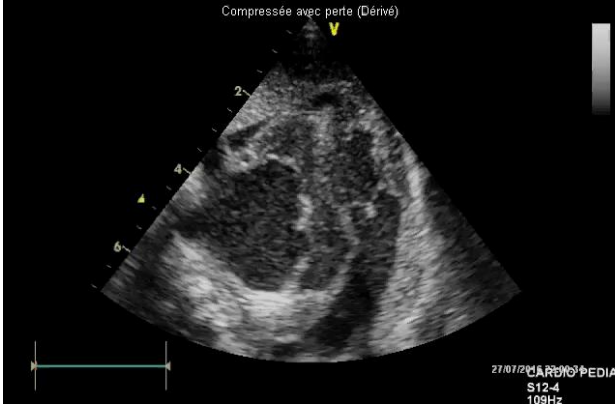
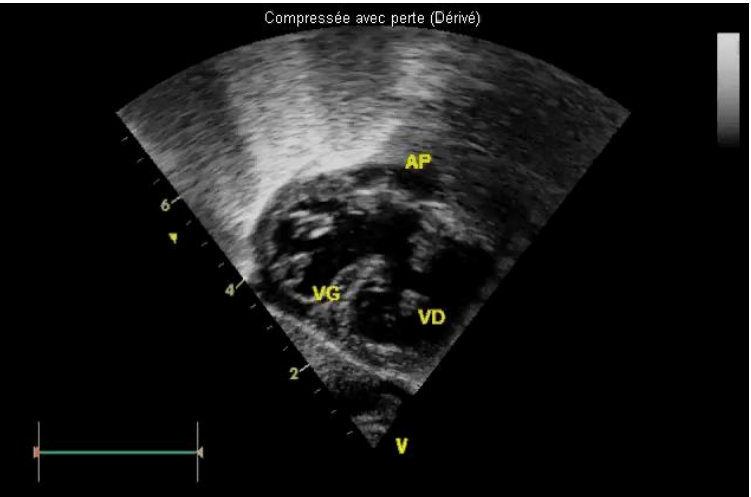
4 TYPES DE CONUS



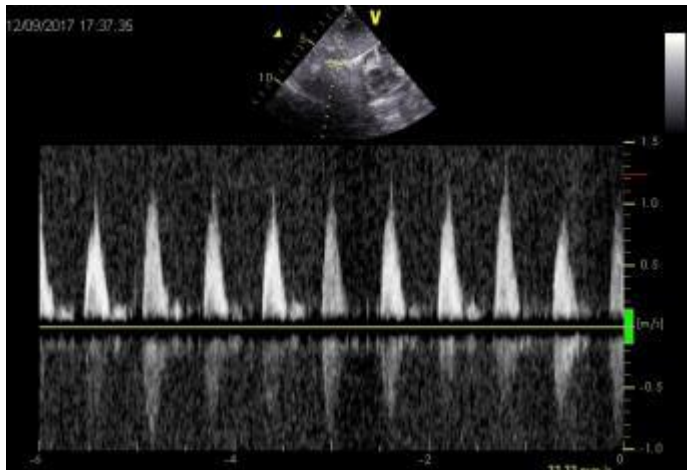
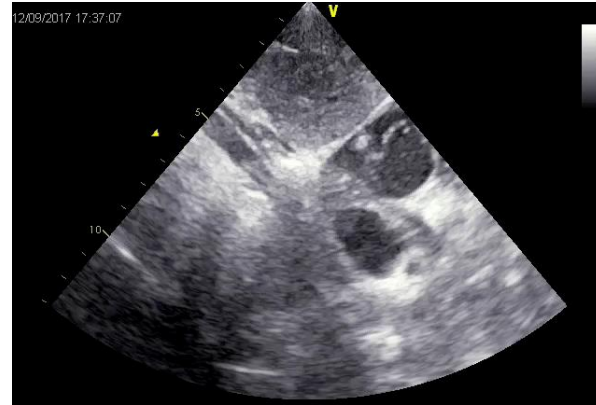
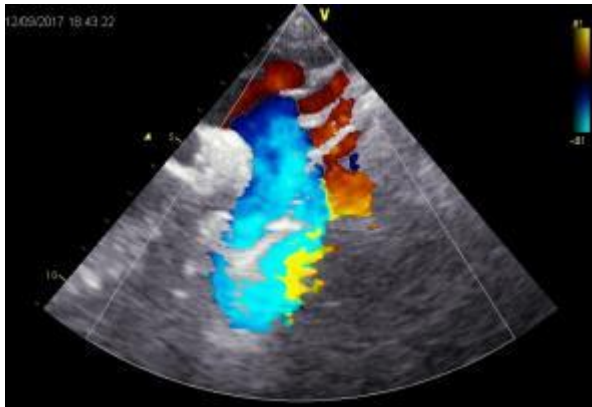
Anomalies de connexion: Anomalie du conus



Anomalies de connexion: Anomalie du conus



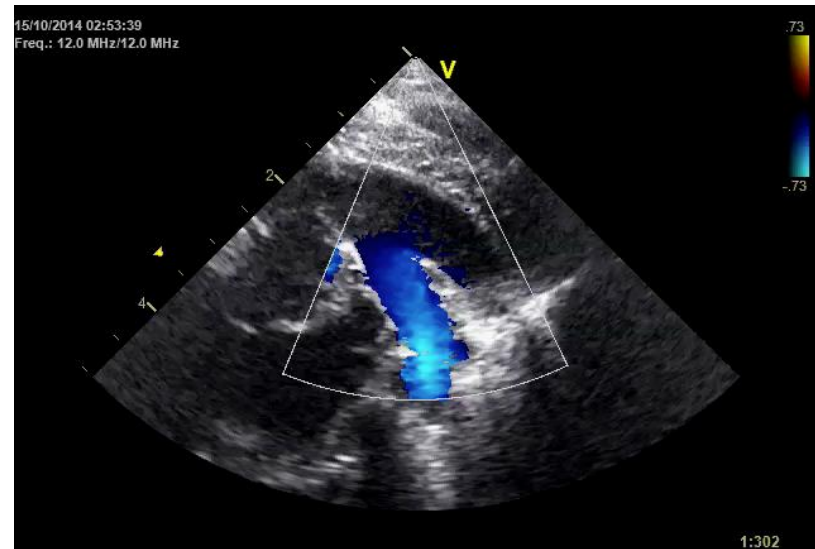
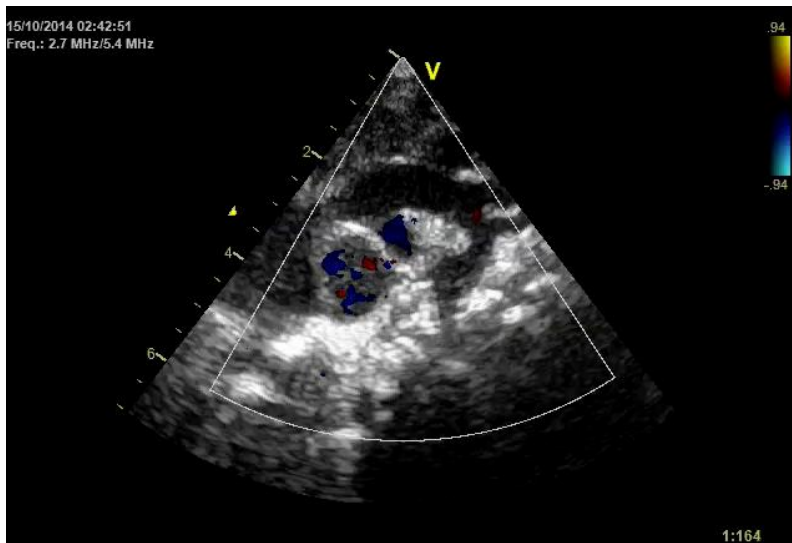
Gros vaisseaux extra-péricardiques



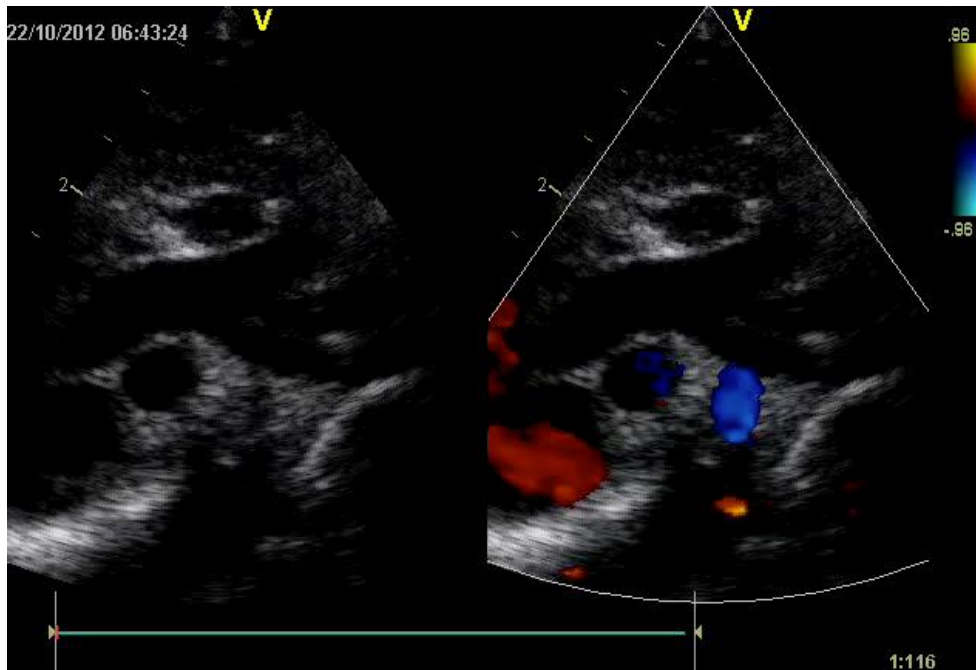
Gros vaisseaux extra-péricardiques



Anomalie des artères pulmonaires



Anomalie de la crosse et des arcs aortiques



SEGMENTS DE JONCTION

Connexions et alignements

- Connexions : définition anatomique
 - « segments de connexion » (= de jonction)
 - exemple : la tricuspide est connectée au VD
- Alignements : définition fonctionnelle
 - relation des différents segments principaux entre eux (O, V, gros vx)
 - concordants ou discordants

CARDIOTYPES

- « SET » : {Oreillettes, Ventricules, Gros vx} + alignements + malformations associées
- Oreillettes : S, I, A
- Ventricules : D, L
- Gros vaisseaux : normoposés : S, I
malposés : D, L, A

CARDIOTYPES : EXEMPLES

- Cœur normal : {S,D,S}
- Situs inversus, cœur normal {I,L,I}
- TGV « classique » : TGV {S,D,D}
- TGV corrigée (dble discordance) : {S,L,L}
- VDDI type Taussig-Bing : VDDI {S,D,D} avec CIV sous-pulmonaire

Analyse fonctionnelle

Communication large = égalisation de pression entre les cavités

Communication restrictive = gradient de pression entre les cavités

Sens du shunt dépend régime de pression de part et d'autre de la communication

L'importance du shunt dépend des résistances vasculaires, compliances ventriculaires, obstacles valvulaires

Le shunt gauche-droite pré-tricuspidé est dépendant de :

- La **COMPLIANCE** des ventricules droit et gauche en diastole.
- Des lésions associées : RM, RT

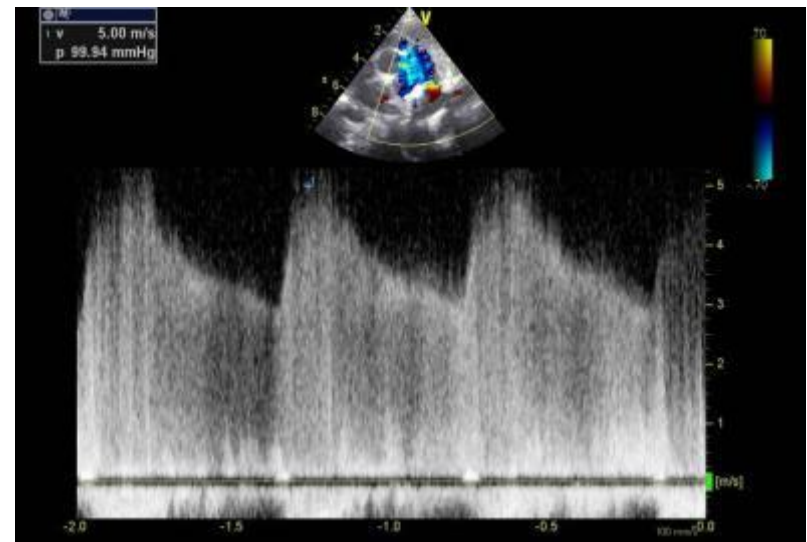
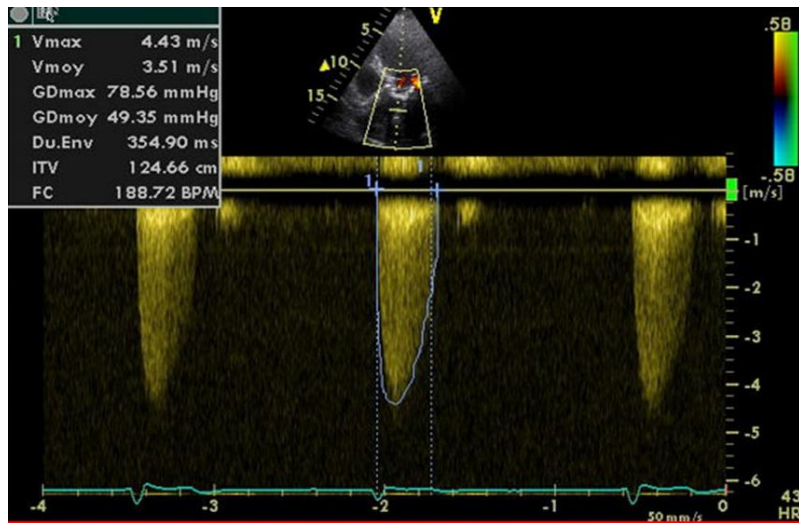
=> Surcharge volumétrique diastolique des cavités droites

Le shunt gauche-droite post tricuspidé est dépendant des :

- **Résistances vasculaires** pulmonaires et systémiques en systole
- Des lésions associées : RA, SP

=> Surcharge volumétrique des cavités gauches (Sauf si CIA large associée)

Utilisation de la La loi de Bernoulli en doppler continu



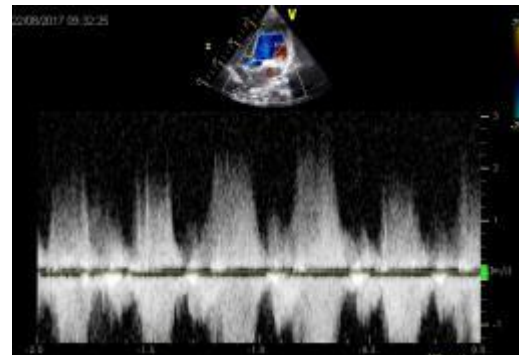
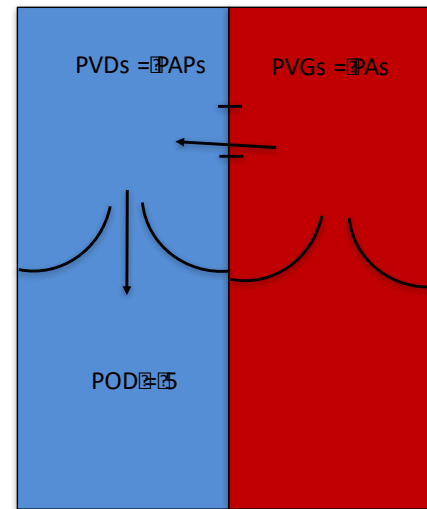
$$\Delta P = 4V_{\max}^2$$

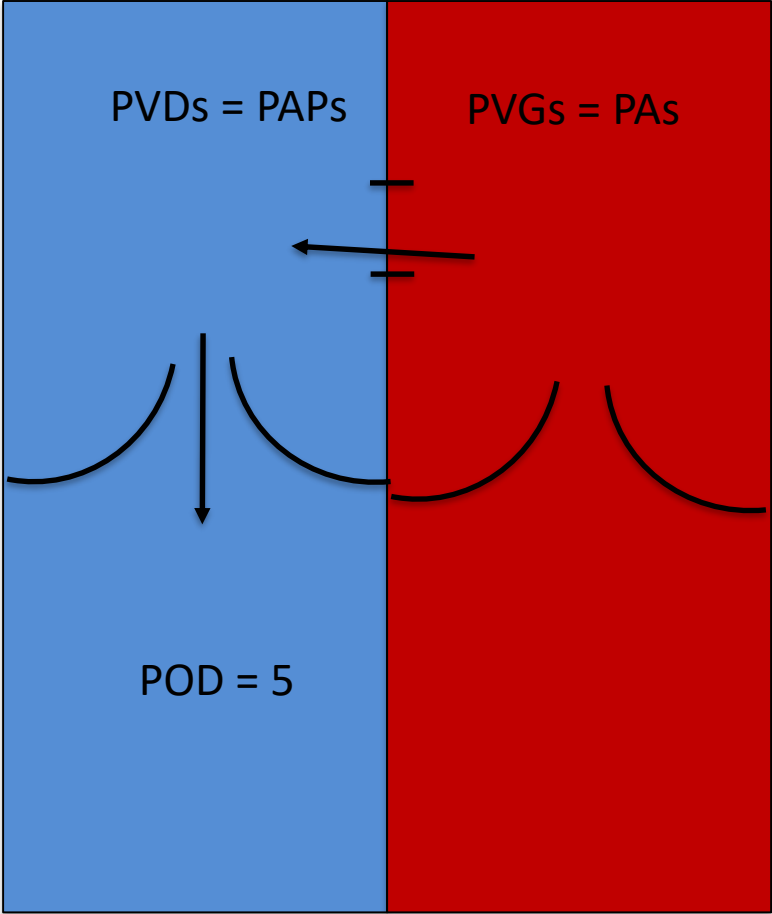
Gradient de pression entre deux cavités

NON Applicable en cas d'obstacle étagé ou tubulaire.

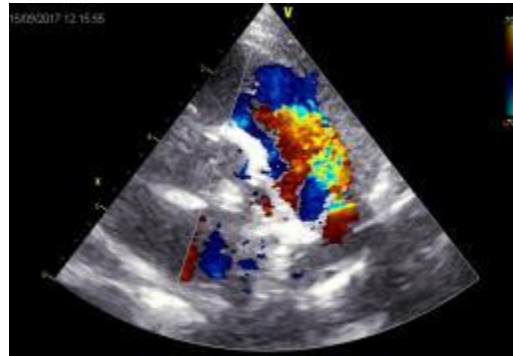
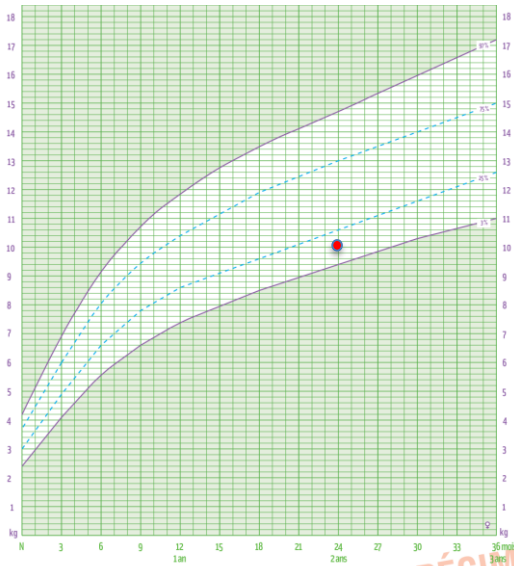
Mesure de la pression pulmonaire systoliques dans une CIV (en l'absence de SP)

- Vélocité Doppler du shunt
 $PVGs - PVDs = 4V^2$
 $PAPs = PVDs = PAOs - 4V_{max}^2$
- Courbure septale
- Fuite tricuspide
 $PVDs - PODs = 4V_{max}^2$
 $PAPs = PVDs = 4V_{max}^2 + 5$





La clinique ++++



Parameter(z)
ECHO Z-SCORE CALCULATORS

M-Mode Z-Scores

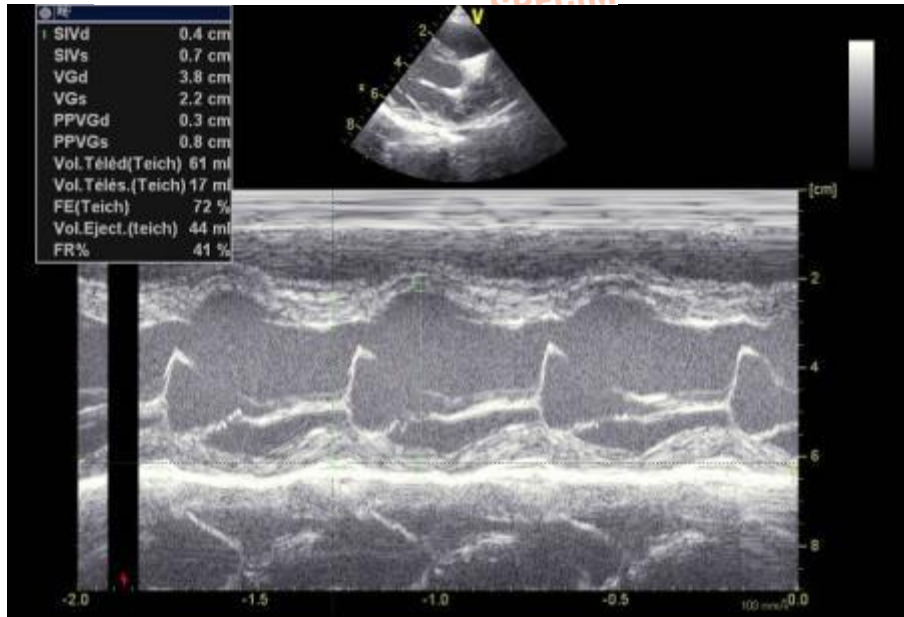
Height (cm):

Weight (kg):

BSA formula:

0.46 M²

Location	Measured	Mean	Range	Z-Score
RVDD (mm):	<input type="text"/>	9	(4.5 - 13.5)	
IVSd (mm):	<input type="text"/>	4.2	(2.6 - 5.8)	
LVEDD (mm):	<input type="text" value="38"/>	27.1	(22 - 32.1)	4.36
LVESD (mm):	<input type="text"/>	17	(13 - 21)	
LVPWd (mm):	<input type="text"/>	4.6	(3.1 - 6.1)	
LAAd (mm):	<input type="text"/>	17.8	(13.8 - 21.8)	



Que retenir ?

Analyser chaque segment par sa morphologie propre et non sa localisation

Analyser les segments de jonctions et connexions

L'analyse morphologique ne permet pas de prendre de décision

Ne jamais oublier l'analyse fonctionnelle et la clinique

Calculer les Z score pour toutes les dimensions mesurées.