



APPORT DE L'ECHOCARDIOGRAPHIE POUR LA REANIMATION DES CARDIOPATHIES CONGENITALES

Dr Elodie Perdreau

DIU Réanimation des Cardiopathies Congénitales

3 Novembre 2016



Plan

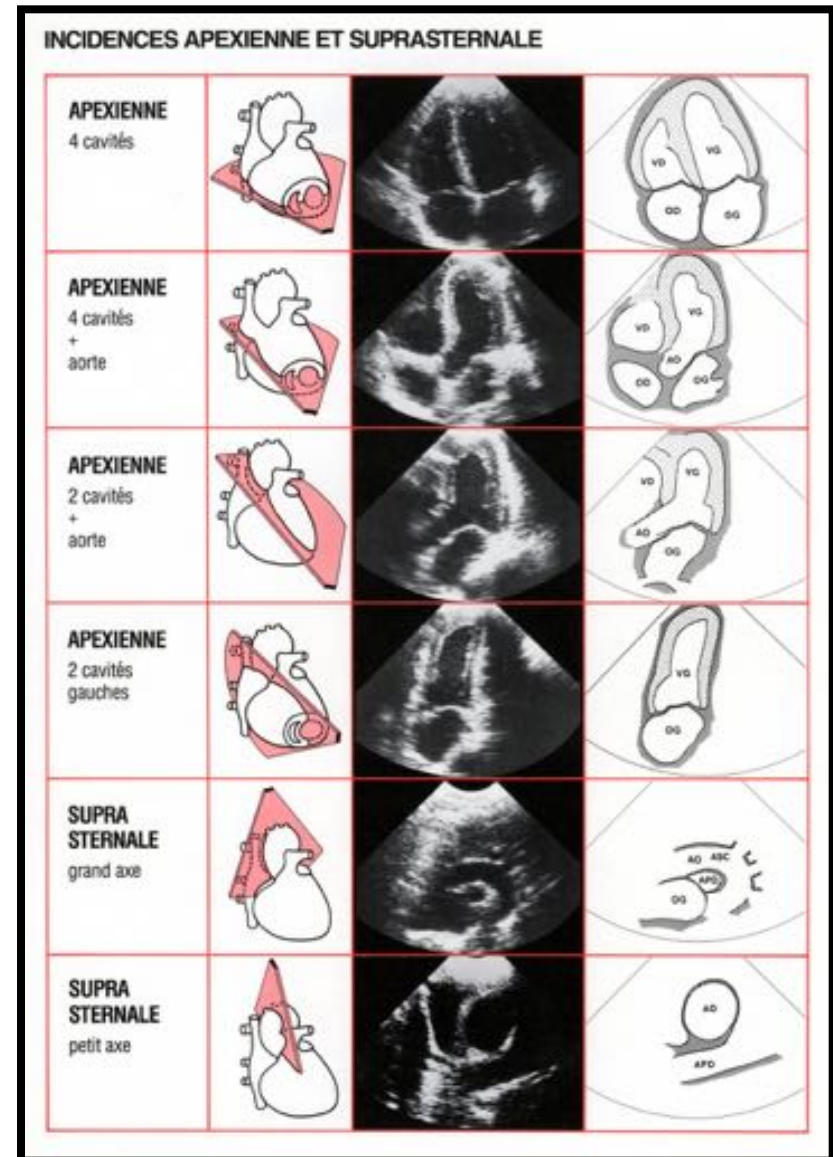
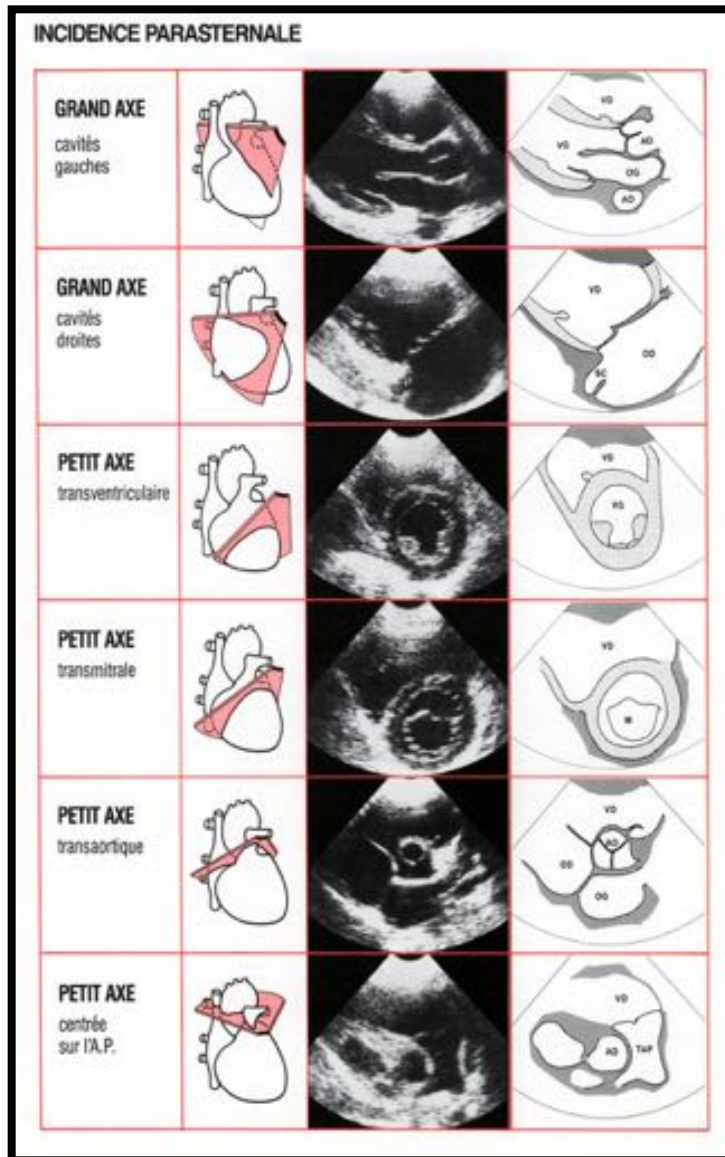
- Introduction
- En pré-opératoire
- En per-opératoire
- En post-opératoire
- Sous assistance circulatoire



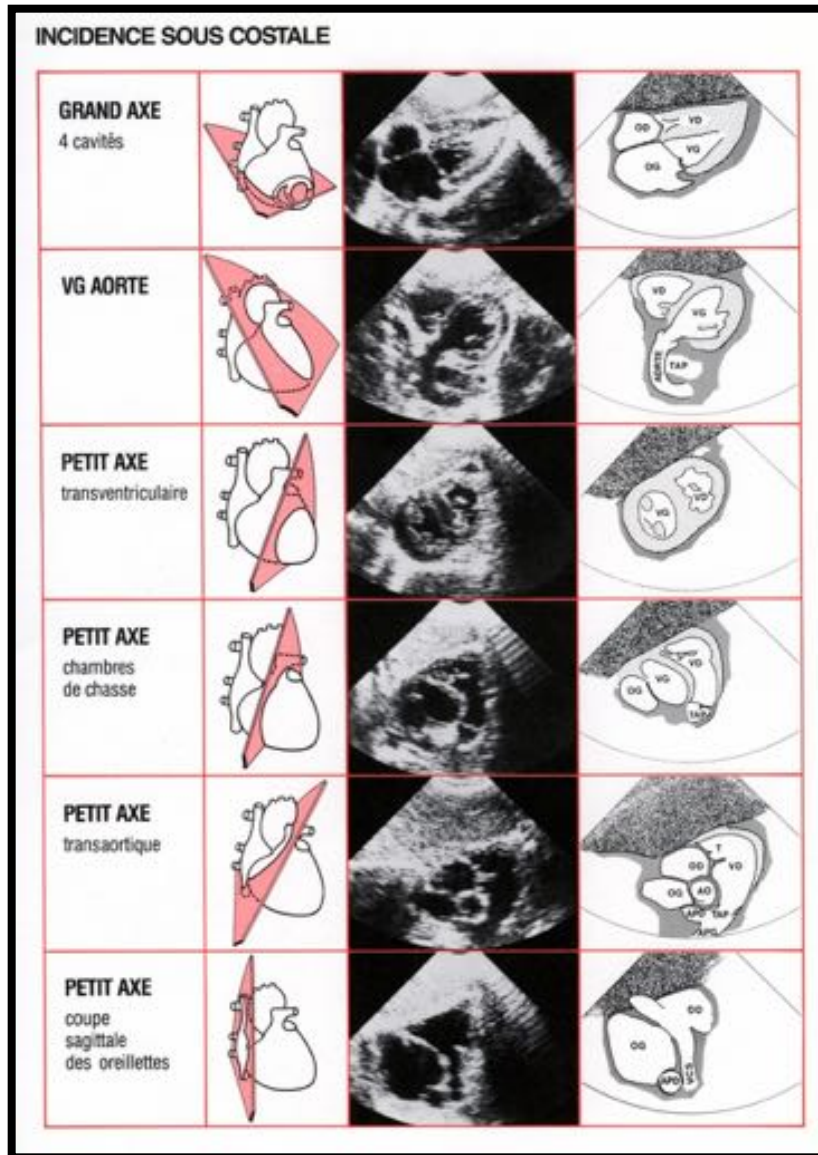
Intérêt de l'échographie

- **A toutes les étapes de la prise en charge**
- En pré-opératoire : diagnostic, fonction
- En per-opératoire : qualité de la réparation, guide pour le sevrage de la CEC, fonction
- En post-opératoire : fonction, remplissage
- Sous assistance : fonction, position des canules

Bref rappel des incidences en pédiatrie



Incidence sous-costale = incidence clé



- Spécifique à la cardiologie pédiatrique
- Analyse segmentaire complète
- Diagnostic spécifique (RVPAT, CIA)
- Parfois seule voie d'abord (Thorax ouvert, ventilation,...)

Matériel

- ETT: sonde 4-12 MHz



- ETO: à partir de 3kg (sonde mini-multi)



- Echo épicardique



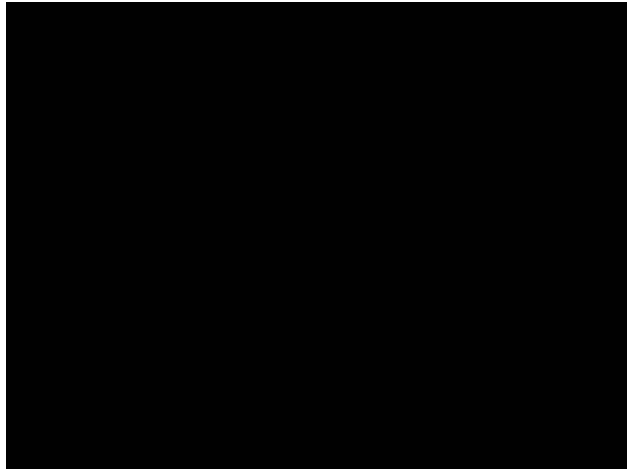


Les incidences importantes pour la réanimation

VCI et Aorte

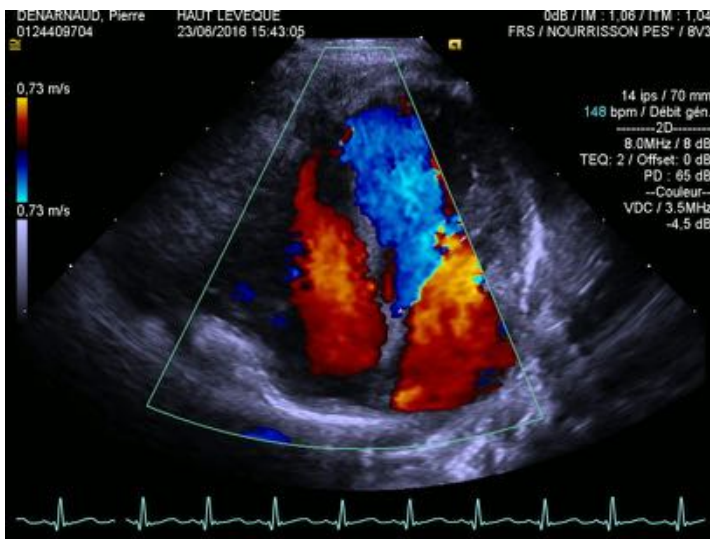


- **VCI**
 - Taille
 - compression



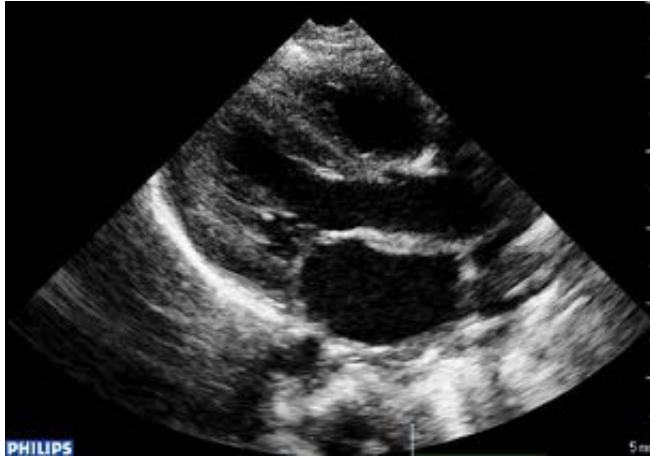
- **Aorte**
 - Pulsatilité
 - Reverse flow

Incidence Apicale 4 cavités



- Analyse visuelle de la fonction
- Mesure de la FEVG par Simpson
- Analyse des valves mitrale et tricuspide : sténose, fuite, doppler
- Estimation des PSVD par l'IT
- Mesure du flux veineux pulmonaire
- Péricarde

Incidence para-sternale grand axe



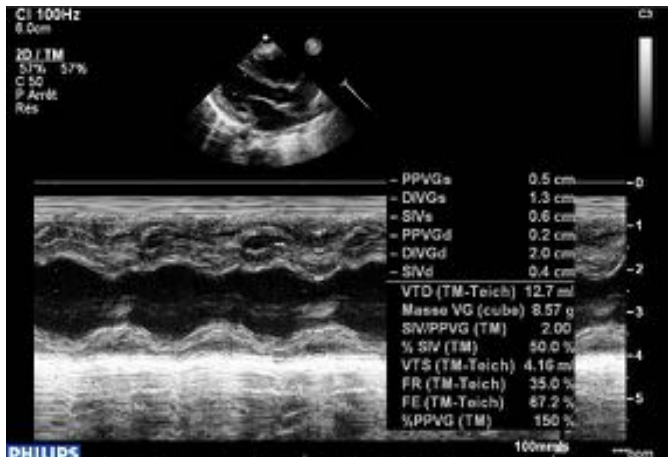
- Analyse de la valve mitrale

- Analyse de la valve aortique

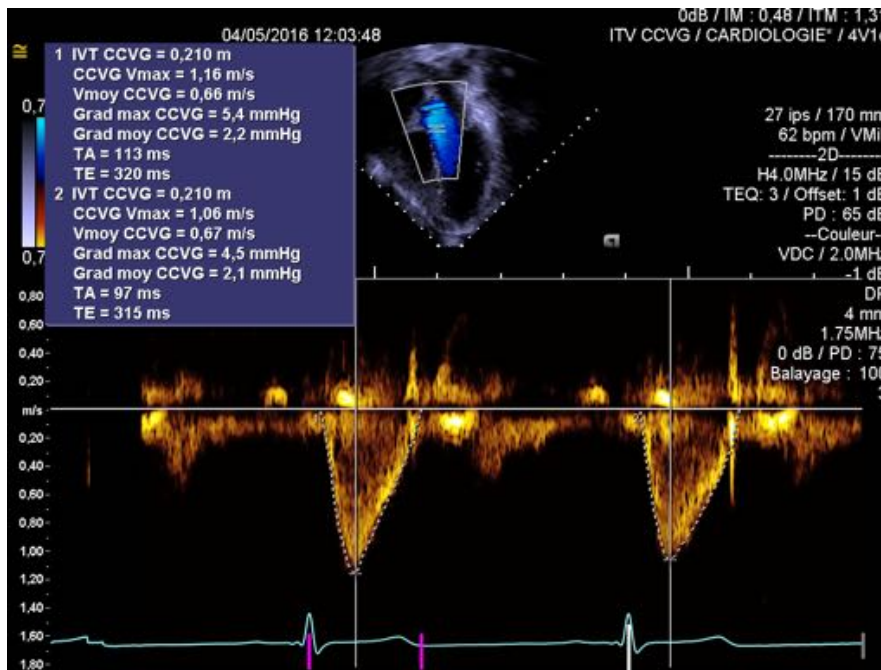
- Mesure de l'anneau aortique => estimation du débit cardiaque

- Shunt ventriculaire

- Evaluation de la fonction cardiaque par TM



Incidence 5 cavités

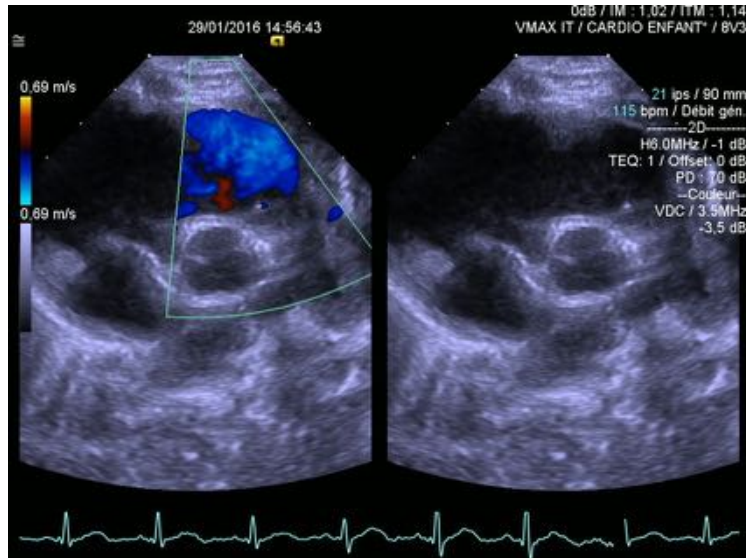


Estimation du débit cardiaque :

- ITV à l'anneau aortique
- Diamètre de l'anneau aortique
- Fréquence cardiaque

$$\text{Débit} = \text{ITV ann} \times \text{S ann} \times \text{FC}$$

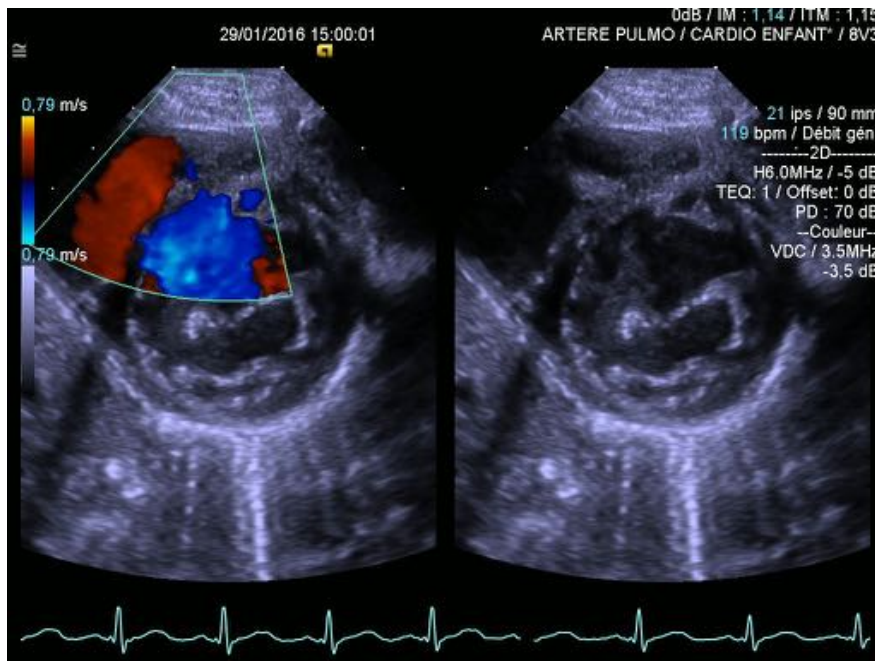
Incidence para-sternale petit axe



- Shunt atrial
- Fuite tricuspide pour estimer les PSVD
- Shunt ventriculaire
- Voie pulmonaire et artères pulmonaires
- Valve aortique

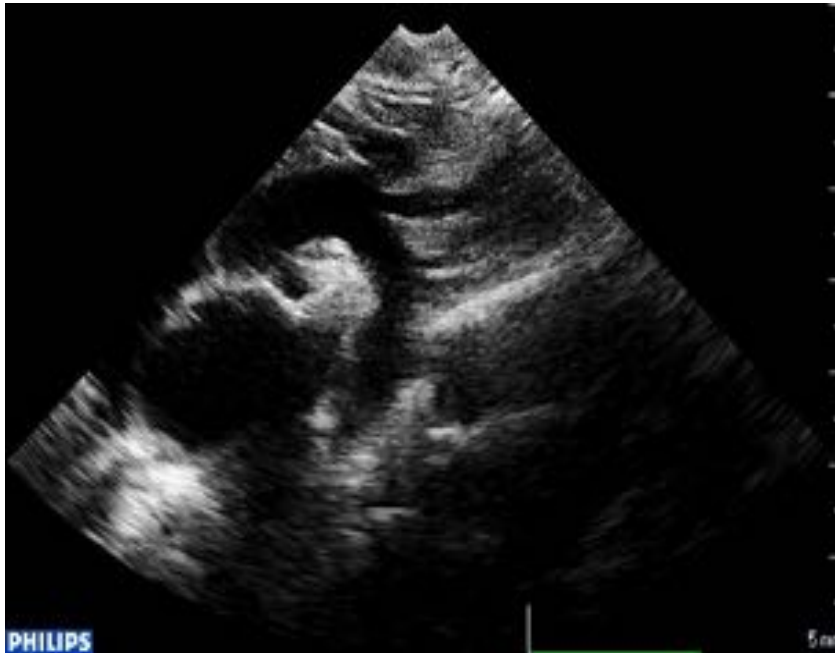


Incidence para-sternale petit axe



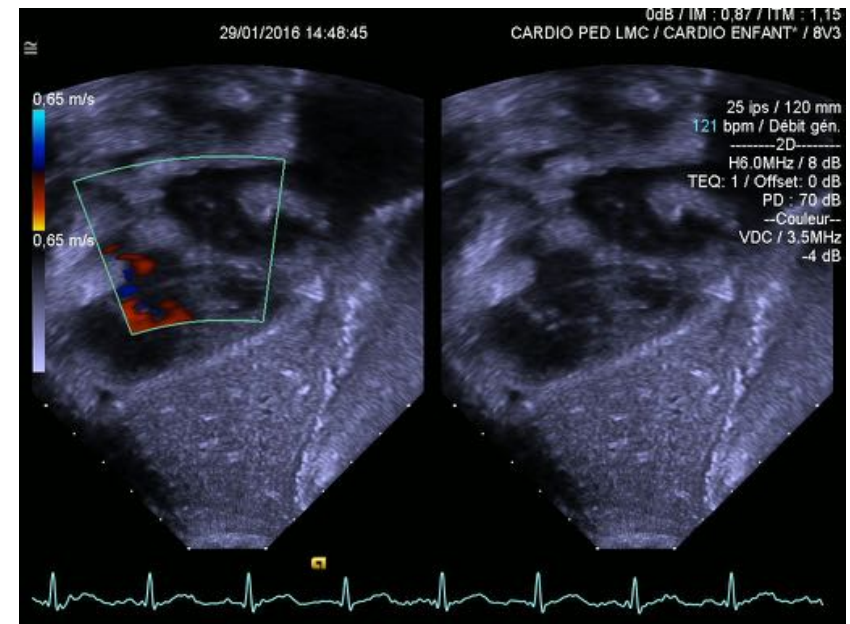
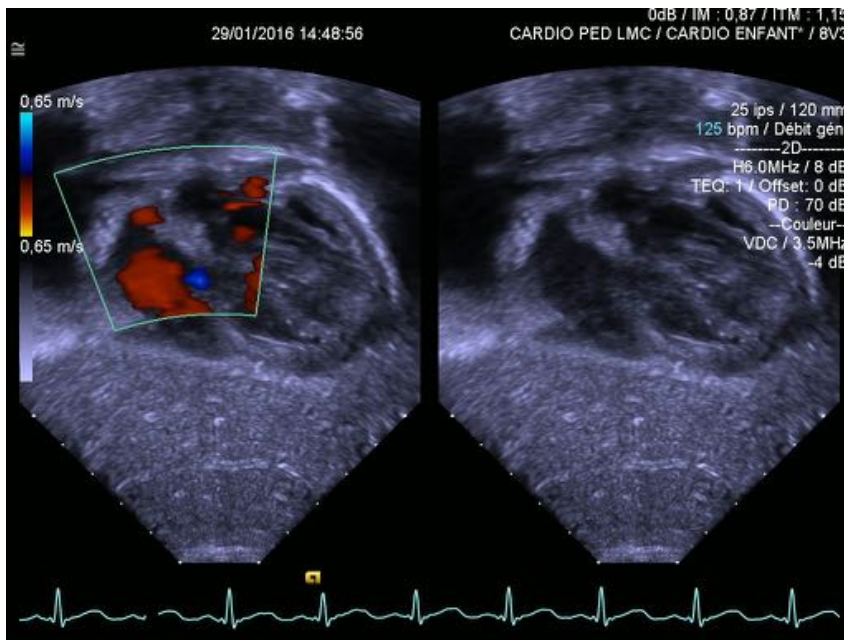
- Evaluation du septum
- Recherche d'un shunt ventriculaire
- valve mitrale, appareil sous-valvulaire mitral
- Fonction
- Taille du ventricule droit
- Epanchement péricardique

Incidence Supra-sternale



- Evaluation du flux dans la crosse de l'aorte
- Reflux à l'isthme

Incidence sous-costale : très utilisée en pédiatrie





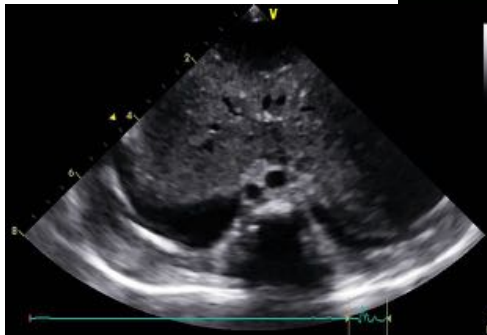
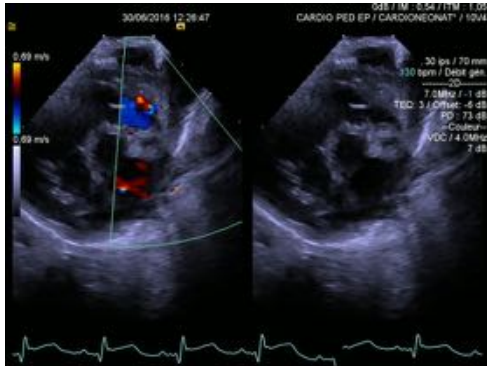
I/ En pré-opératoire

- Description détaillée de la malformation
- Quelques points importants pour le chirurgien
- Présence de shunts
- Savoir comment sont les ventricules et leur fonction
- Voies d'éjection

Description détaillée de la malformation

- CIA: retour veineux pulmonaire
- CIV: topographie exacte, nombre, éléments associés
- TGV: position des coronaires, congruence des anneaux, éléments associés
- Fallot: Ø anneau et branches, coronaires
- CoA: Ø des segments de l'aorte, crosse
- CAV: valves auriculo-ventriculaires, taille des ventricules, éléments associés
- Anastomoses: crosse à droite

Quelques points importants pour le chirurgien



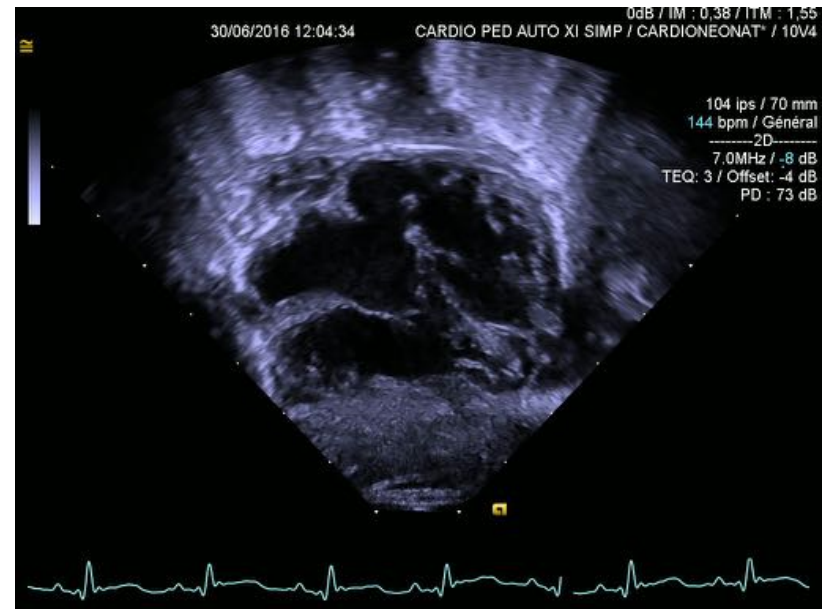
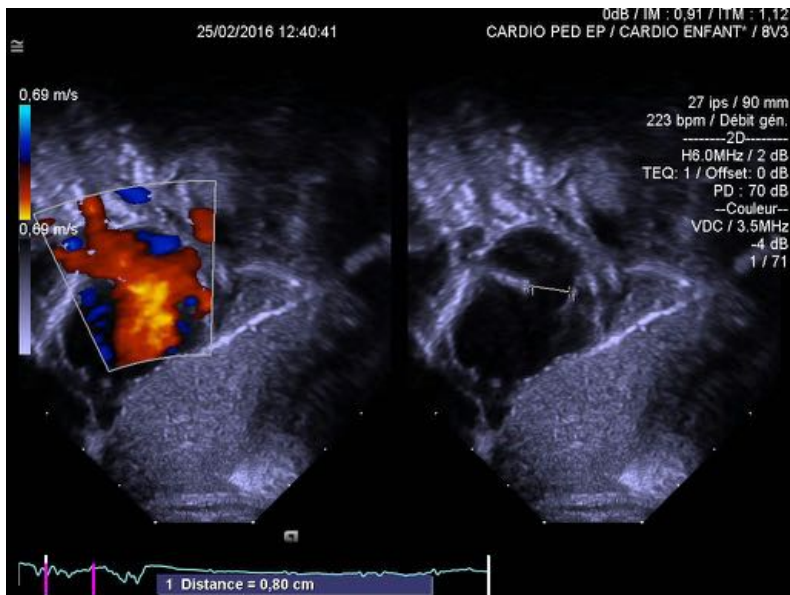
- FOP (chirurgie à cœur battant)
- VCSG avec ou sans TVI
- Latéralité de la crosse si anastomose
- Dextrocardie
- Interruption de la veine cave inférieure



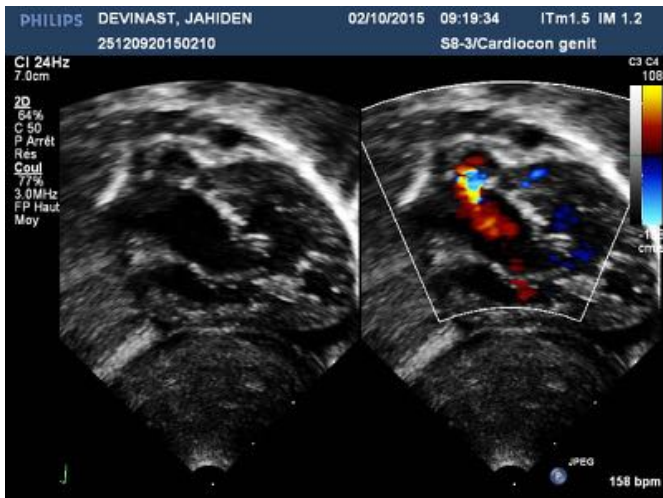
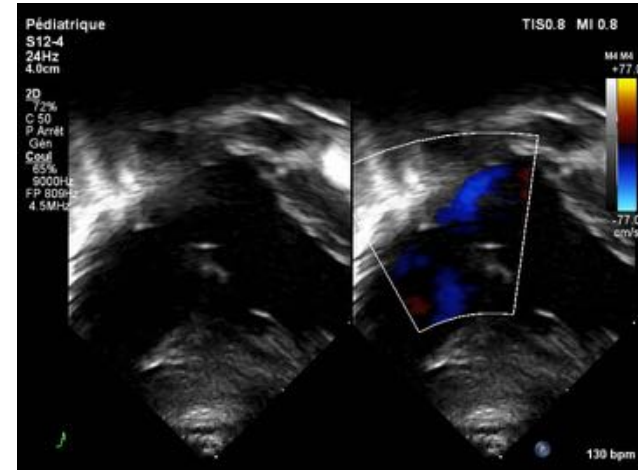
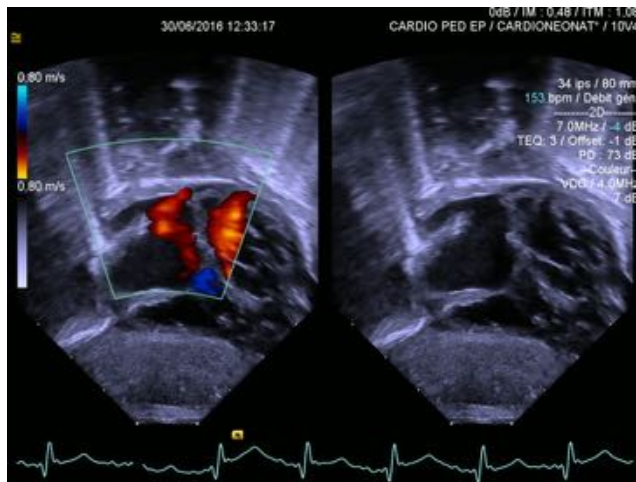
Présence de shunts

- FOP/CIA
- Shunt ventriculaire
- Shunt artériel
- MAPCAs

FOP/CIA

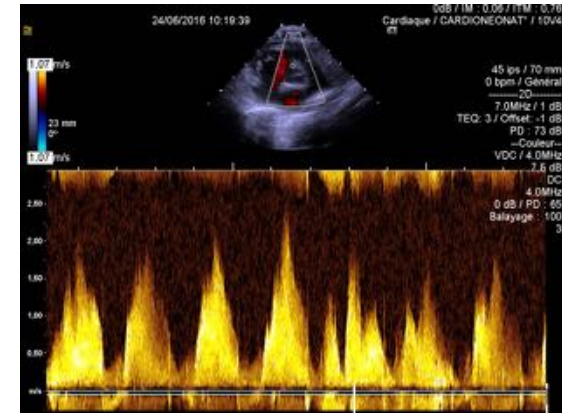


FOP/CIA



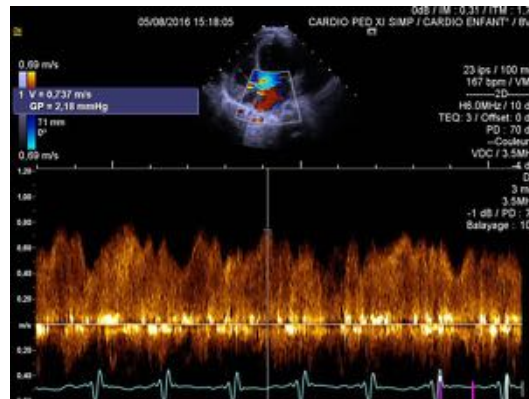
- Caractère restrictif ou non
- Sens du shunt

CIV/Canal artériel



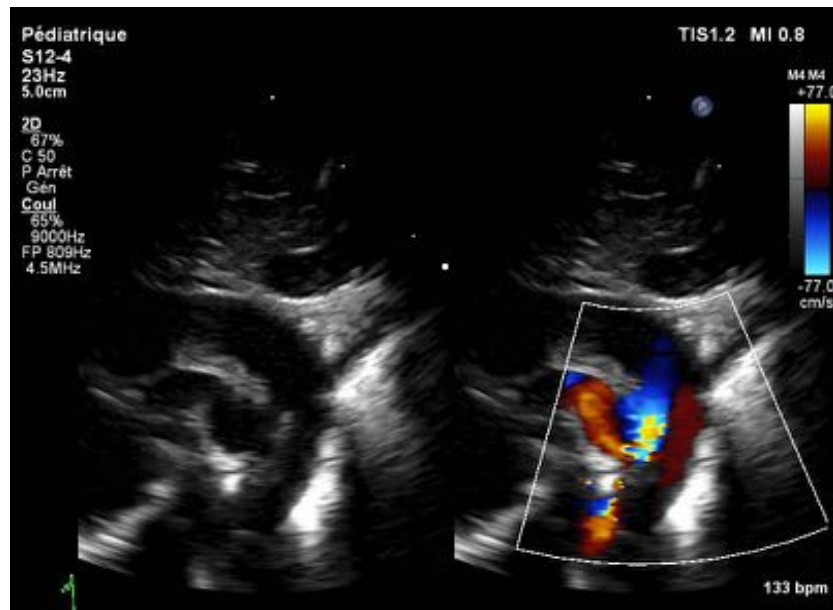
- Taille
- Sens du shunt
- Vitesse
- Retentissement :
hyperdébit
pulmonaire

Hyperdébit pulmonaire

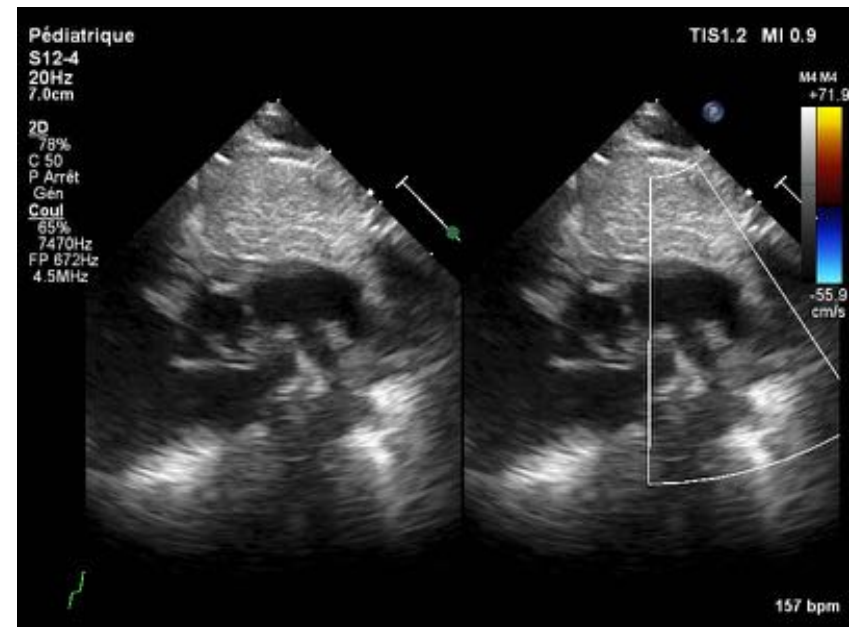


- Dilatation de la voie pulmonaire
- Hyper retour veineux pulmonaire
- Dilatation des cavités gauches

Cardiopathie ducto-dépendante



Shunt gauche droite



Shunt droite gauche

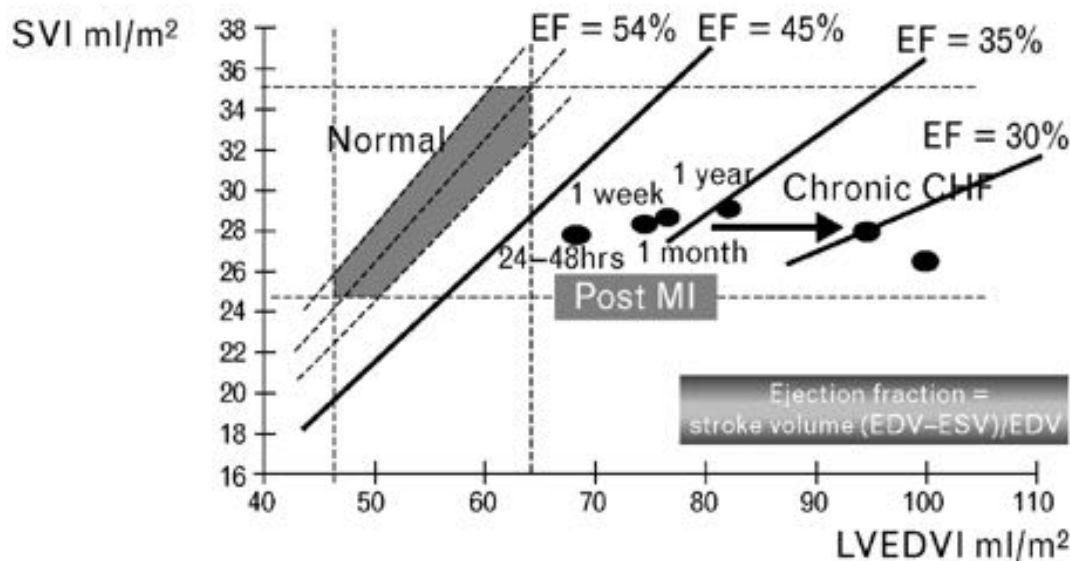


Evaluation des ventricules : CAPITALE

- Dilatation
- Hypoplasie
- Hypertrophie
- Ventricule unique
- Fonction

Dilatation ventriculaire

- Relation entre dilatation VG – FEVG – Débit cardiaque :



ITV aortique
longtemps
conservée

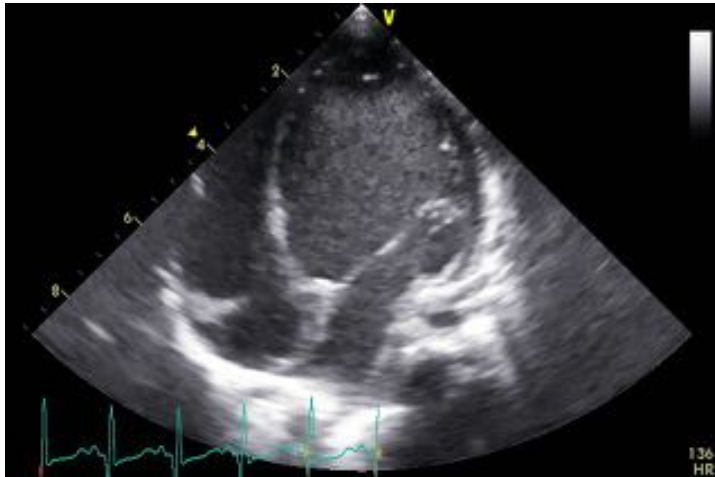
Puis diminution
de l'ITV aortique
et chute du débit
cardiaque

Dilatation ventriculaire gauche



- Dans le cadre d'un hyperdébit pulmonaire : shunt gauche droite à l'étage ventriculaire et artériel
- Insuffisance mitrale
- Sténose/insuffisance aortique

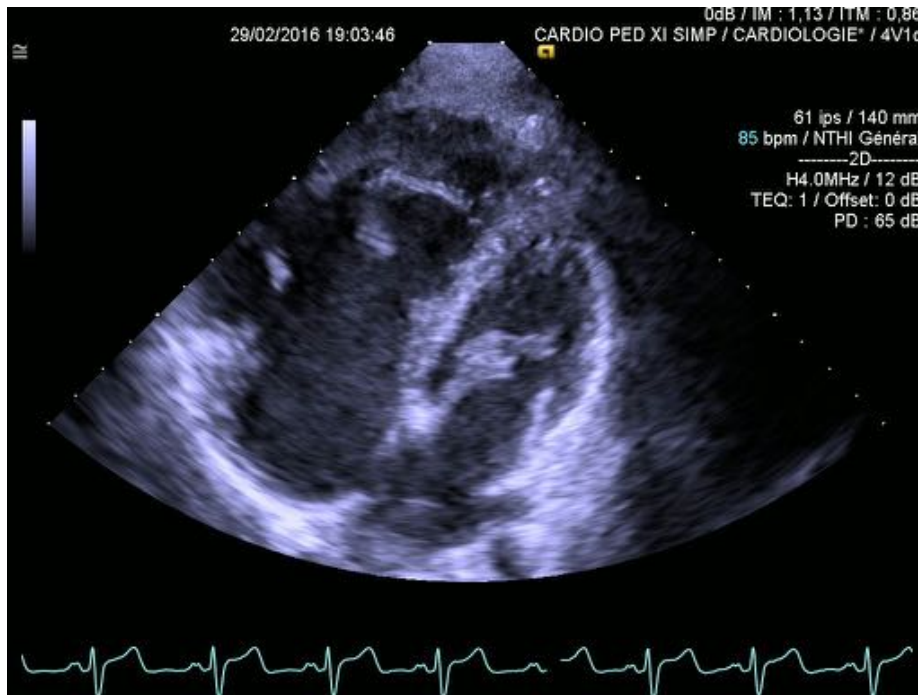
Dilatation ventriculaire gauche



- Dans le cadre d'une cardiomyopathie dilatée
- Coarctation de l'aorte
- ALCAPA

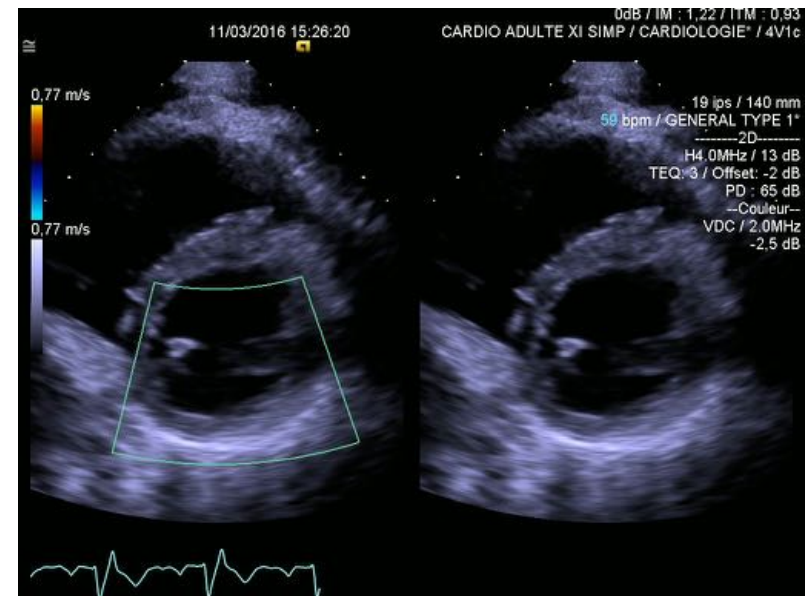
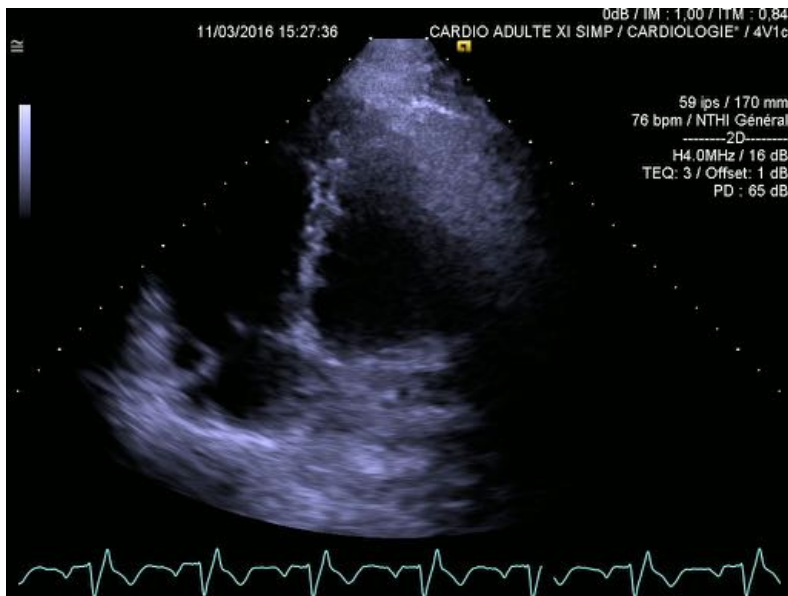


Dilatation ventriculaire droite



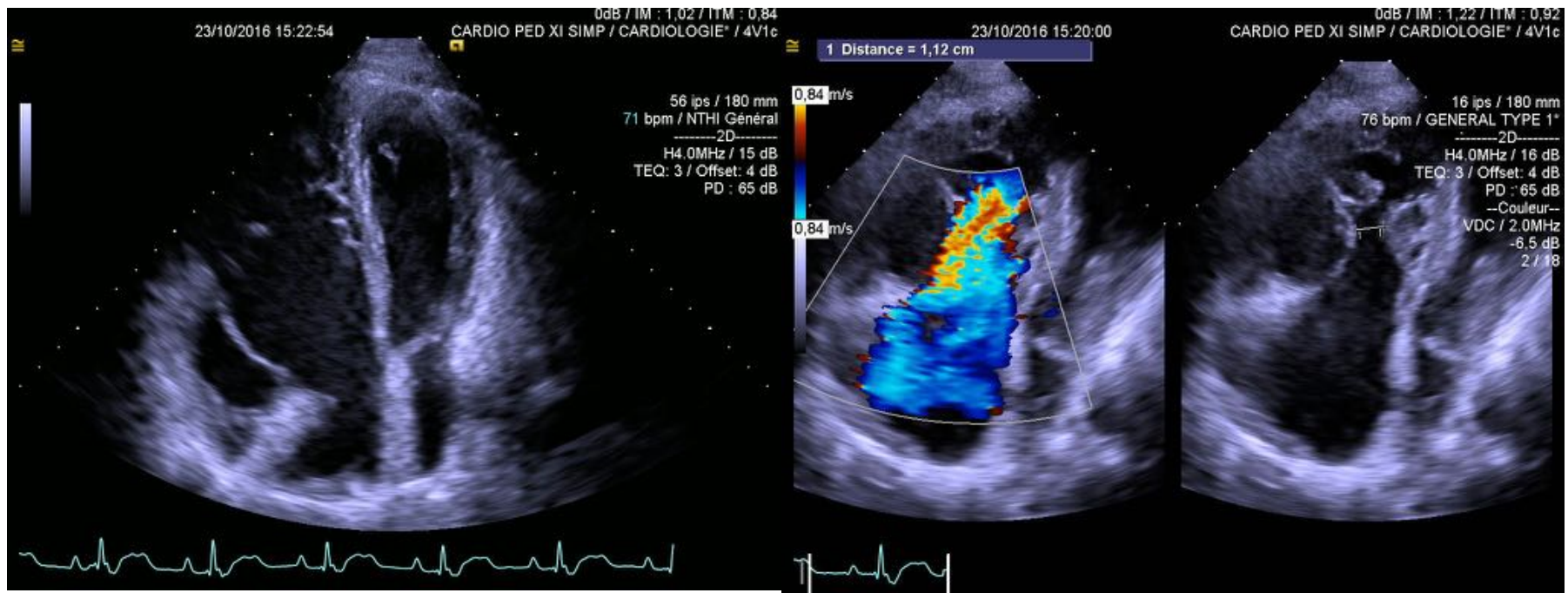
- CIA, RVPA
- Insuffisance pulmonaire (Fallot)
- Maladie d'Ebstein

Dilatation ventriculaire droite

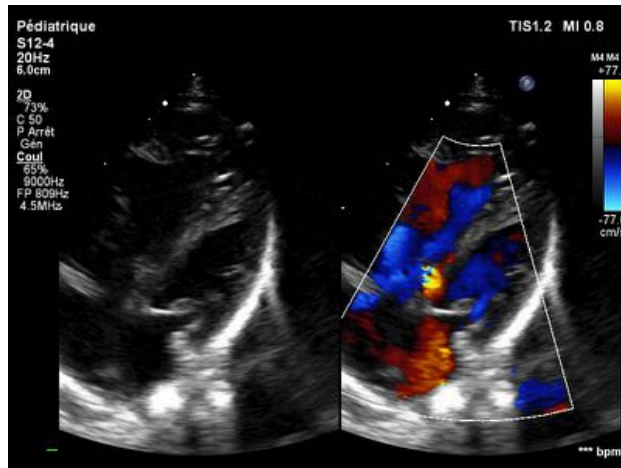


Insuffisance pulmonaire post-correction de tétralogie de Fallot

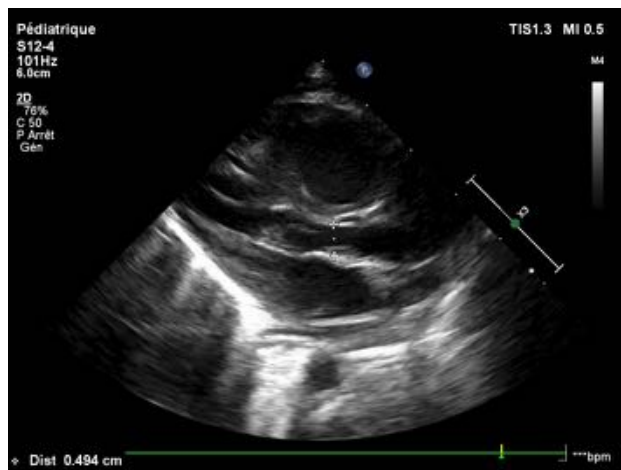
Anomalie d'Ebstein



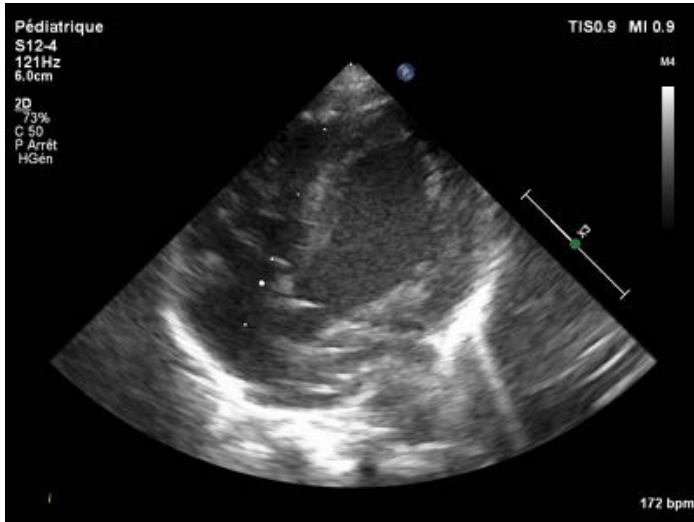
Hypoplasie ventriculaire gauche



- CAV déséquilibré
- Ventricule gauche borderline
- Hypoplasie du ventricule gauche



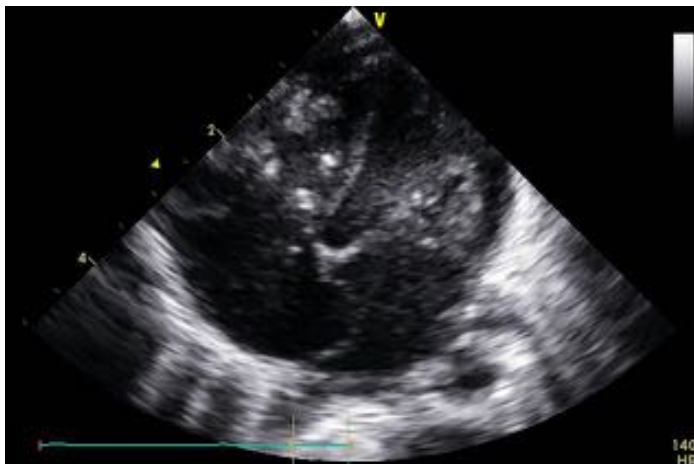
Hypoplasie ventriculaire droite



- Sténose pulmonaire critique

- APSI

=> Ventricule
uni/bi/tripartite,
physiologie restrictive

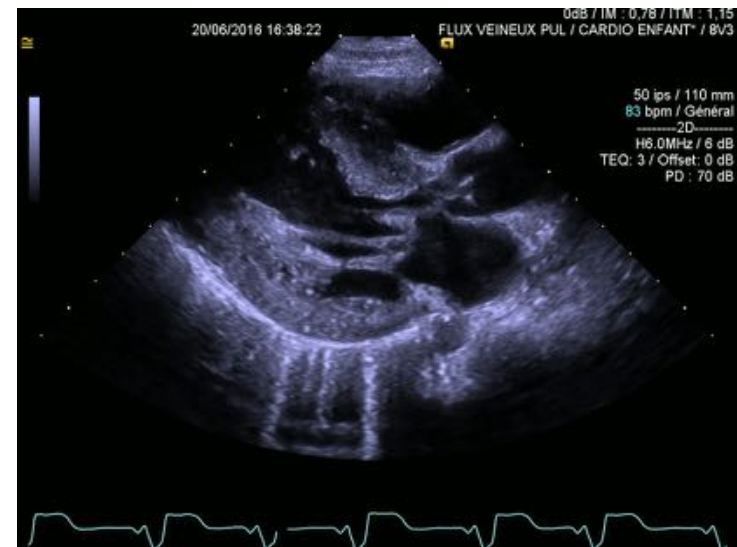
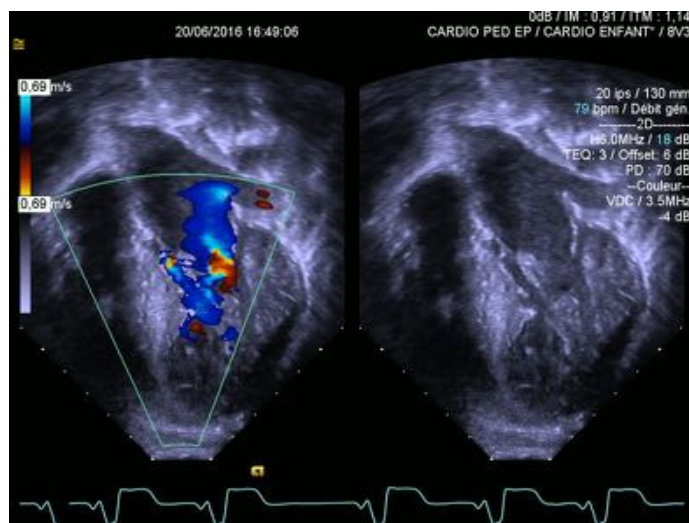


Hypertrophie ventriculaire gauche

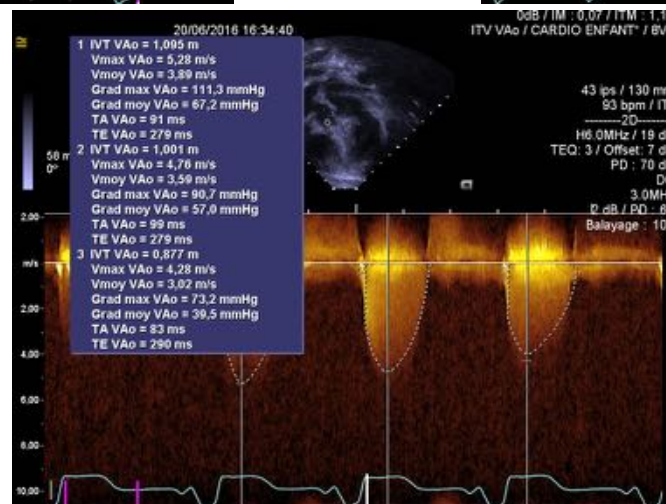
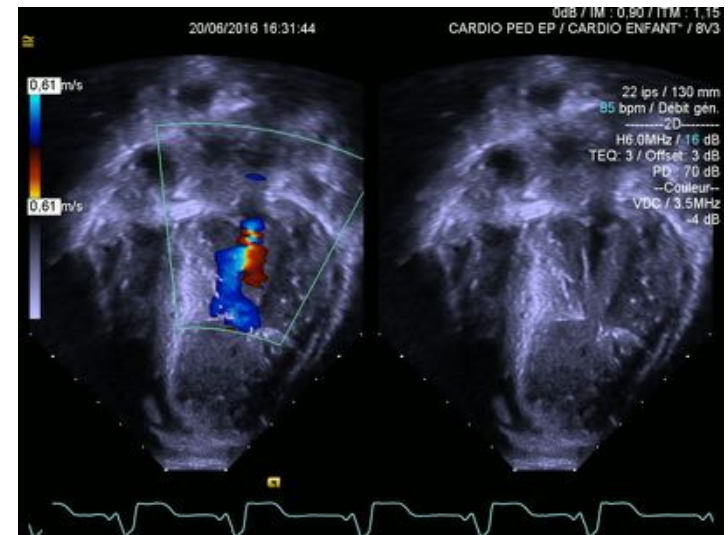
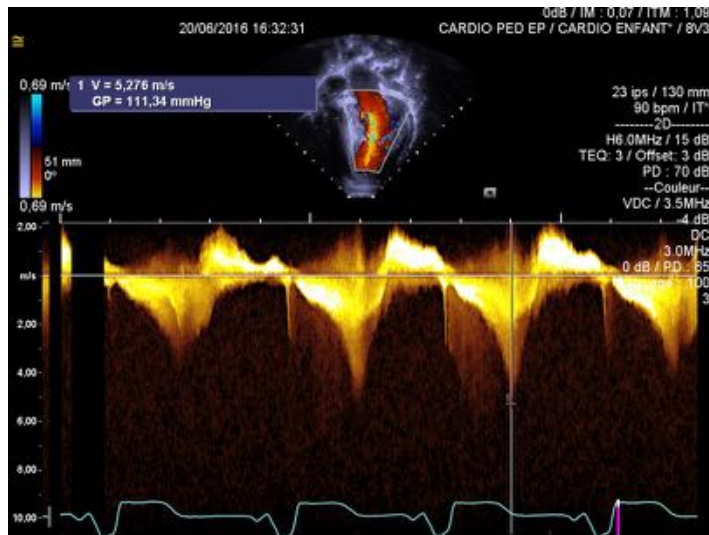


- Sténose aortique
sous-valvulaire
valvulaire
supra-valvulaire
- CMH

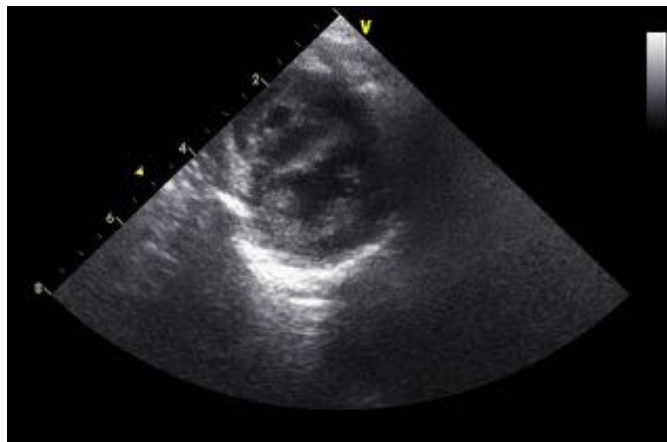
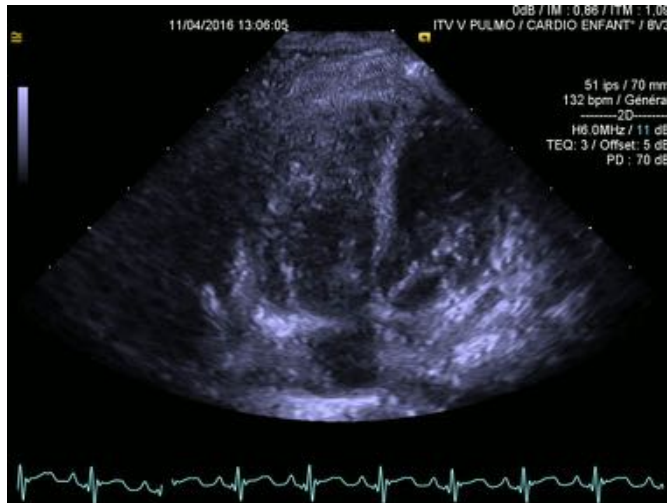
CMH



CMH

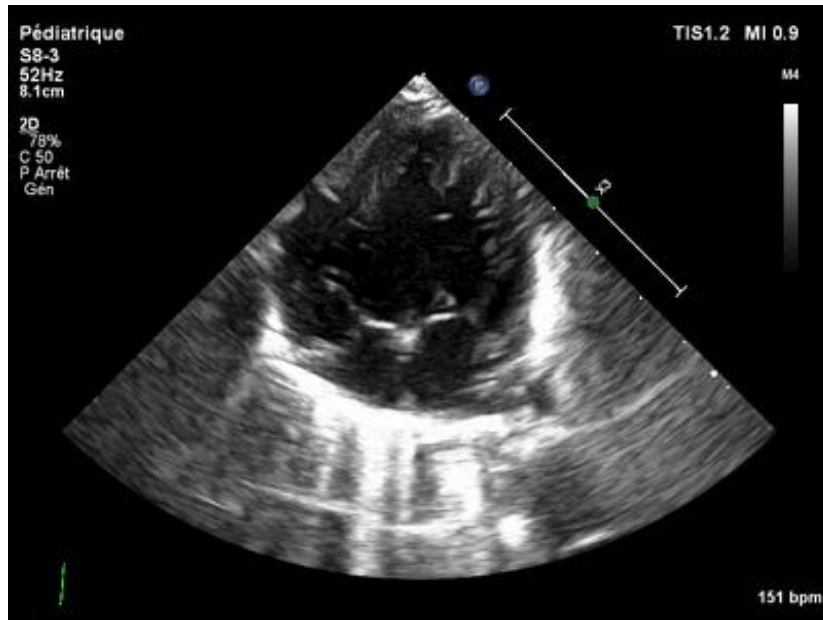


Hypertrophie ventriculaire droite



- Tétralogie de Fallot
- Sténose pulmonaire sous-valvulaire, valvulaire, supra-valvulaire
- APSI

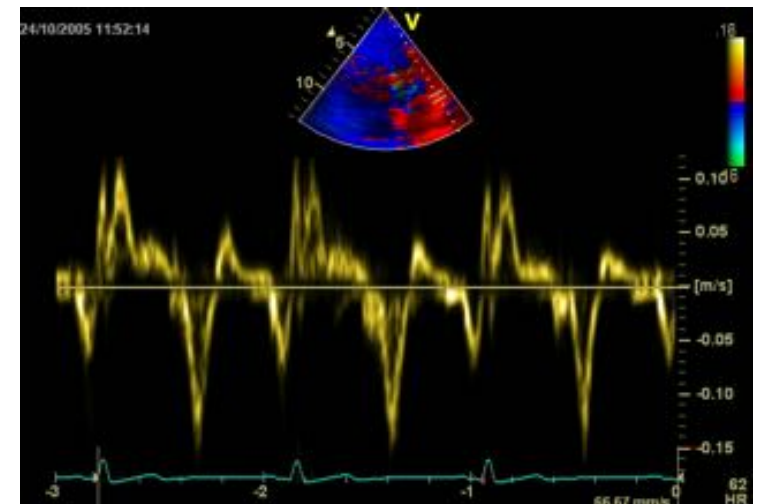
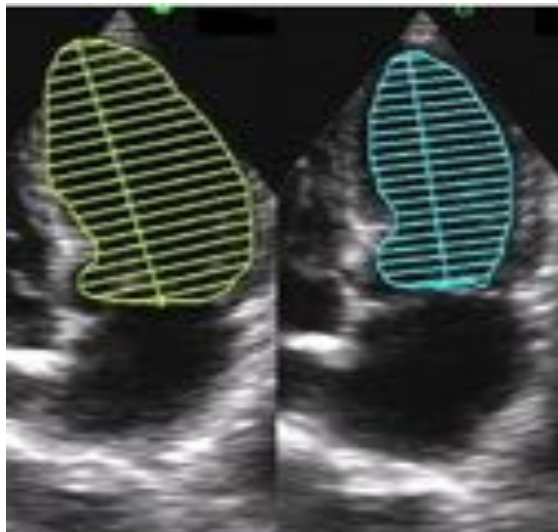
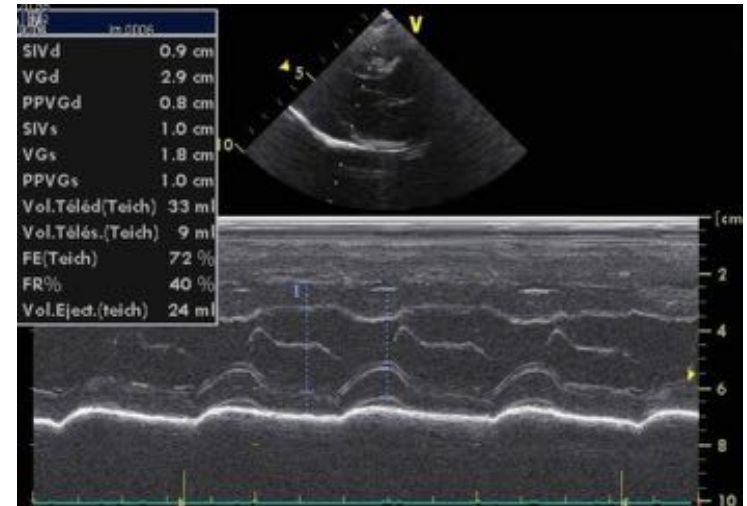
Ventricule unique



- Ventricule à double entrée
- Evaluation des voies de sortie (obstacle ?)

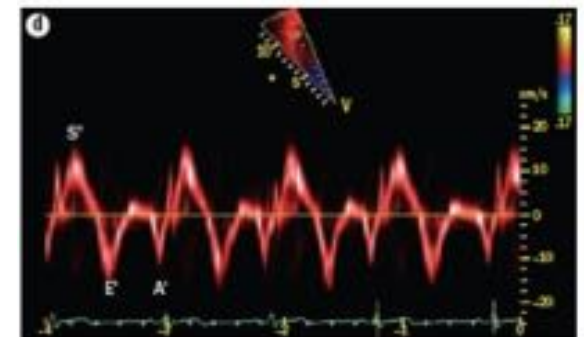
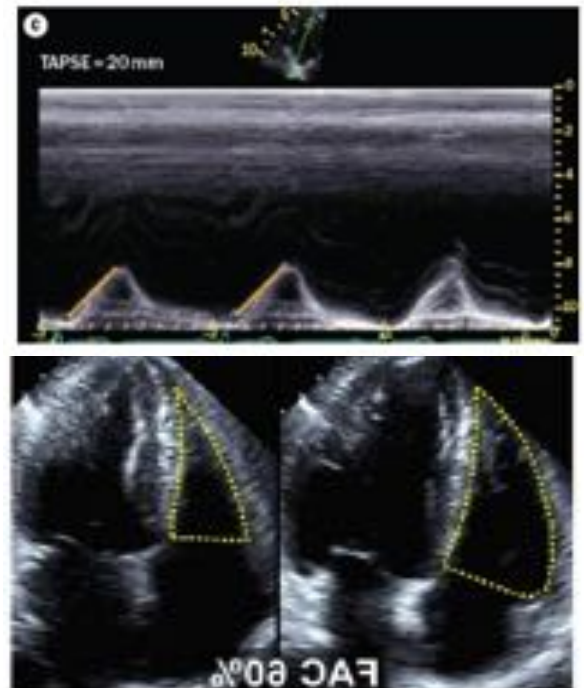
Fonction ventriculaire gauche

- Outils actuels :
 - Evaluation visuelle
 - FEVG (Teicholz)
 - FEVG (Simpson)
 - TDI (anneau mitral)



Fonction ventriculaire droite

- TAPSE
- FRS : $\frac{\text{surf diastole} - \text{surf systole}}{\text{surf diastole}}$
($N > 35\%$)
- S'VD ($N : 15.2 \pm 1.9 \text{ cm/sec}$)
- Tei (0.28 ± 0.04)



Index de performance myocardique (Tei)

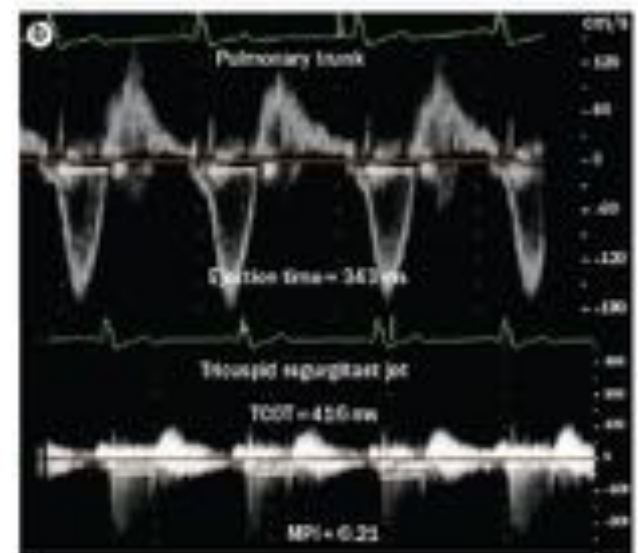
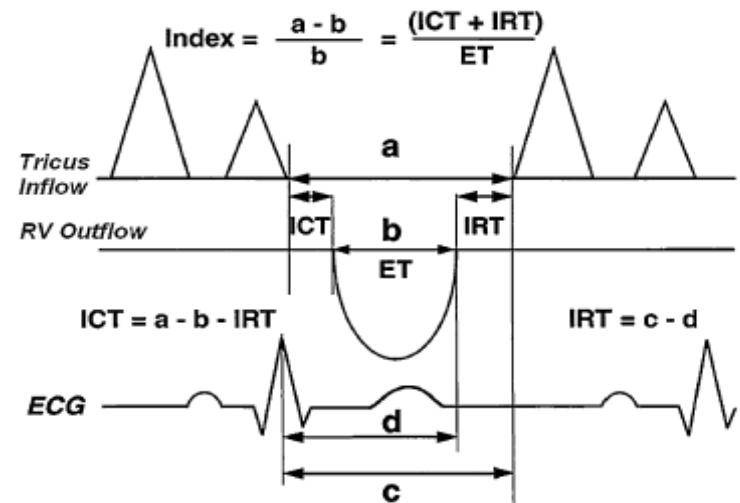
$$\text{TEI VD} = \text{TCI} + \text{TRI} / \text{TE}$$

$$\text{TEI VD} = a - b / b$$

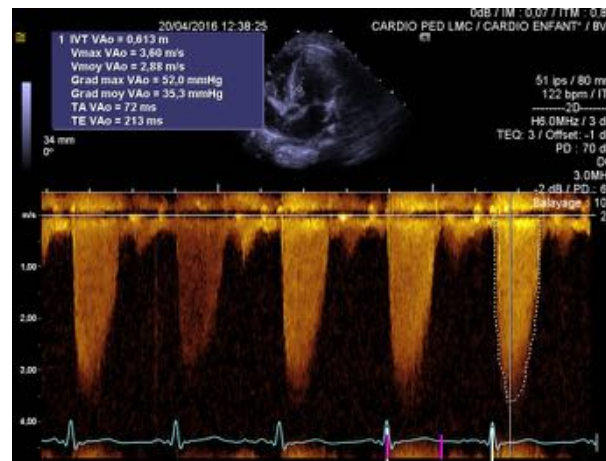
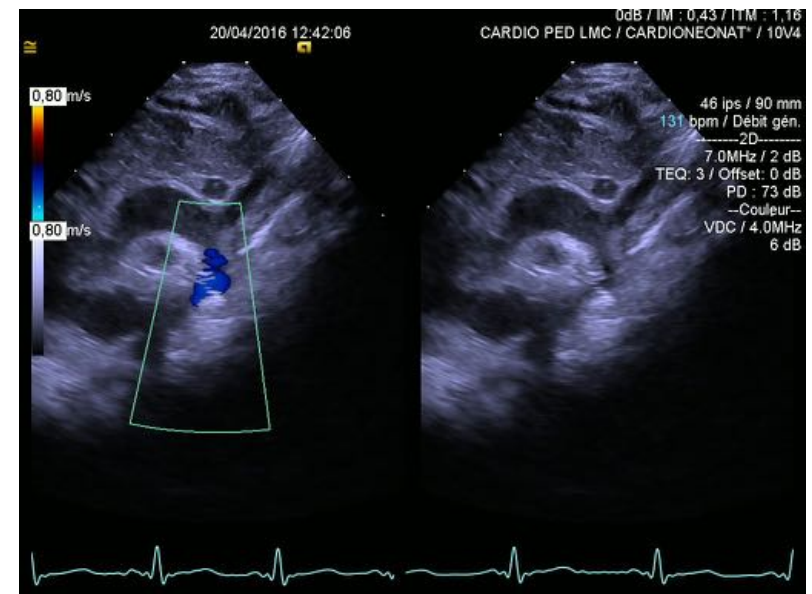
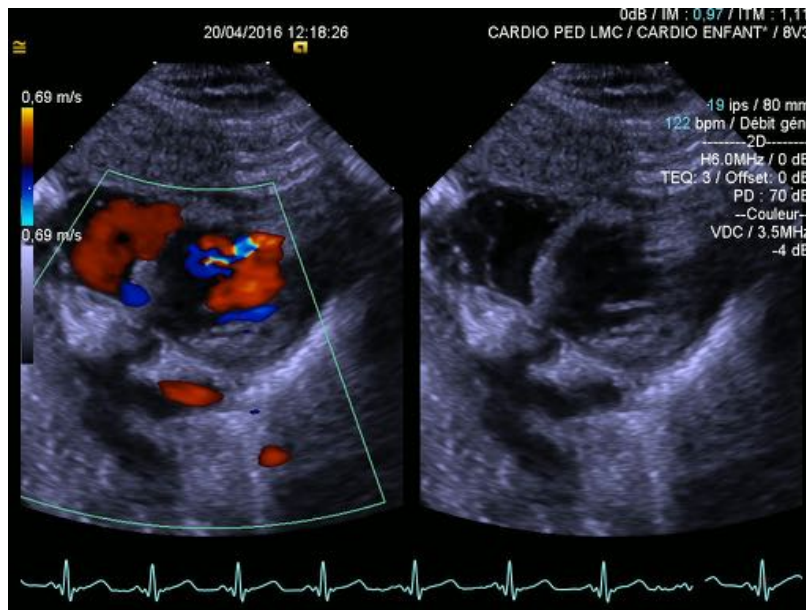
Dépend de la pré-charge +++

Normale = 0.28 ± 0.04

< 0.45-0.5 chez l'adolescent



Voies d'éjection

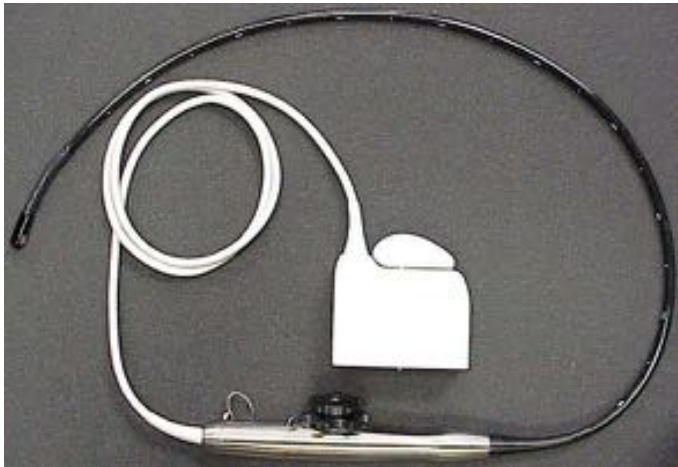


II/ En per-opératoire

- ETO / Echo épicardique
- Mise en place de la sonde en début d'intervention
- Dernière vérification avant le geste chirurgical : valvulopathie +++, shunt atrial ou ventriculaire
- En fin de CEC : présence de bulles
- Analyse une fois la CEC posée
 - ⇒ Évaluation de la réparation
 - ⇒ Évaluation des fonctions ventriculaires
 - ⇒ Évaluation du remplissage

Matériel

- Selon le poids...



S7-2



S8-3t



Impact de l'ETO

Intraoperative transesophageal echocardiography during surgery for congenital heart defects

Randolph et al. J Thorac Cardiovasc Surg 2002;124:
1176-82

TABLE 6. Major impact by primary diagnosis (either before or after bypass)

Primary diagnosis	Patients (No.)	Impact (%)	Odds ratio
Complex right ventricular outflow tract obstruction	23	47.8	6.040
Double-outlet right ventricle	29	31.0	2.892
Transposition of the great arteries with or without VSD	44	27.3	2.432
Complex atrioventricular discordance	33	24.2	2.029
Subaortic stenosis	57	21.1	1.702
Partial atrioventricular canal	55	20.0	1.585

1002 patients

Echocardiographie per-opératoire

- Impact de l'ETO

Intraoperative transesophageal echocardiography during surgery for congenital heart defects

Randolph et al. J Thorac Cardiovasc Surg 2002;124:1176-82

TABLE 3. Major impact by age (either before or after bypass)

Age (y)	Total patients	Major impact	
		No.	%
<6	377	59	15.6
≥6 to <18	289	44	15.2
≥18	336	37	11.0*

* $P = .018$ versus patients younger than 18 years at the time of the operation.

1002 patients

Echocardiographie épicardique

The impact of additional epicardial imaging to transesophageal echocardiography on intraoperative detection of residual lesions in congenital heart surgery

Andreea Dragulescu, MD, PhD,^a Fraser Golding, MD,^a Glen Van Arsdell, MD,^a
Christopher Caldarone, MD,^a Luc Mertens, MD, PhD,^a Osman Al-Radi, MD,^{b,c} and Kyong-Jin Lee, MD^a

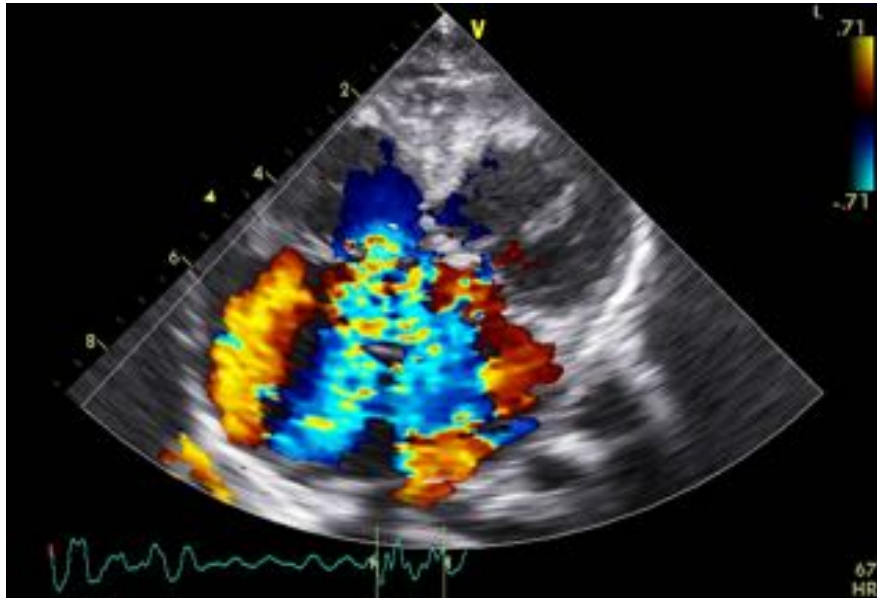


TABLE 1. Indications for surgical revisions

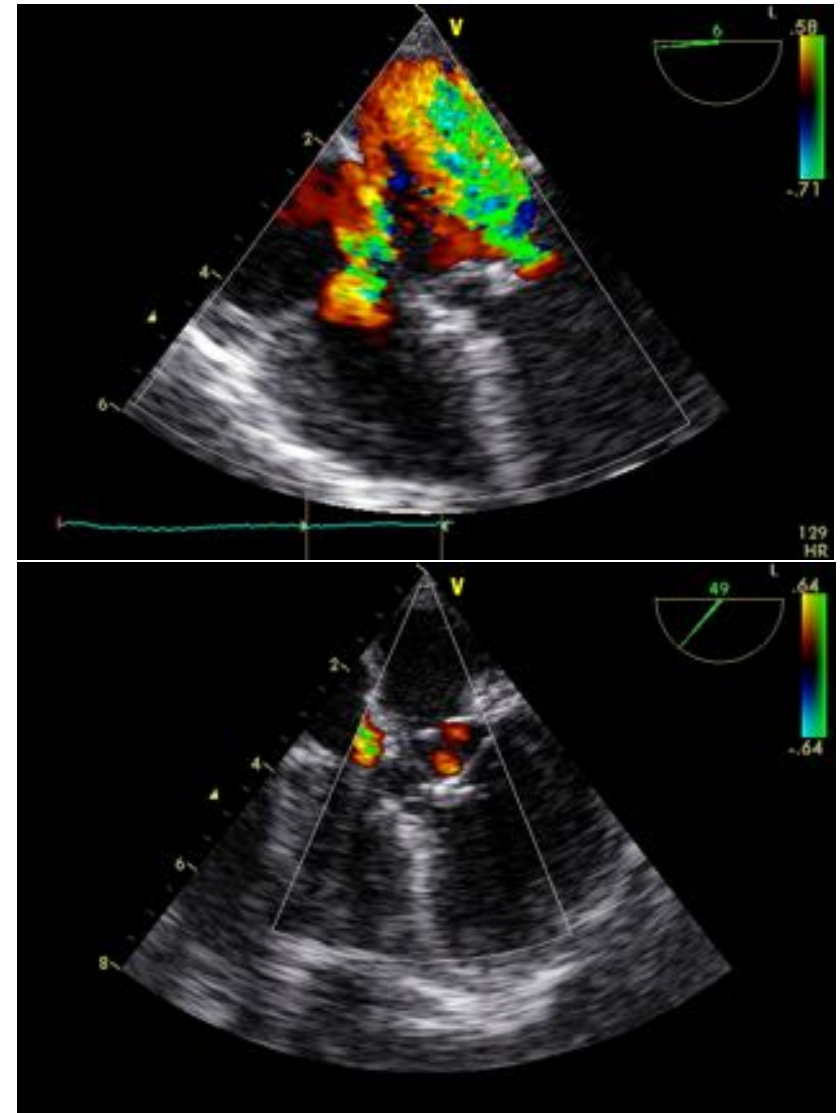
Indications for surgical revisions	TEE alone (n = 100%)	EpE (n = 95)	
		EpE alone	TEE + EpE
Right ventricular outflow tract	36	1	—
Atrioventricular valve	29	1	1*
Coronary arteries	12	—	3
Venotrial connections/baffles (including pulmonary veins)	10	—	1
Ventricular septal defect	8	—	—
Pulmonary arteries	7	—	5
Left ventricular outflow tract	6	—	—
Aortic arch/Ballock- Tanning clamp	1	—	2
Total	100	9.8%	21.1%

*In 1 patient the indication for atrioventricular valve revision was made by TEE. EpE also was performed to evaluate Glenn anastomosis. *P = .02 compared with TEE alone.

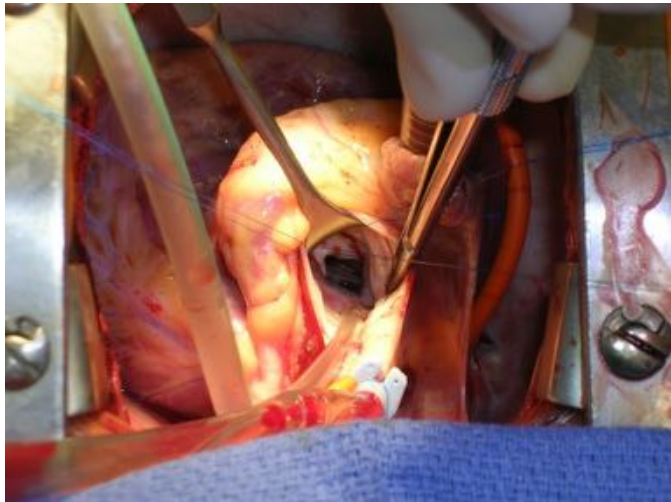
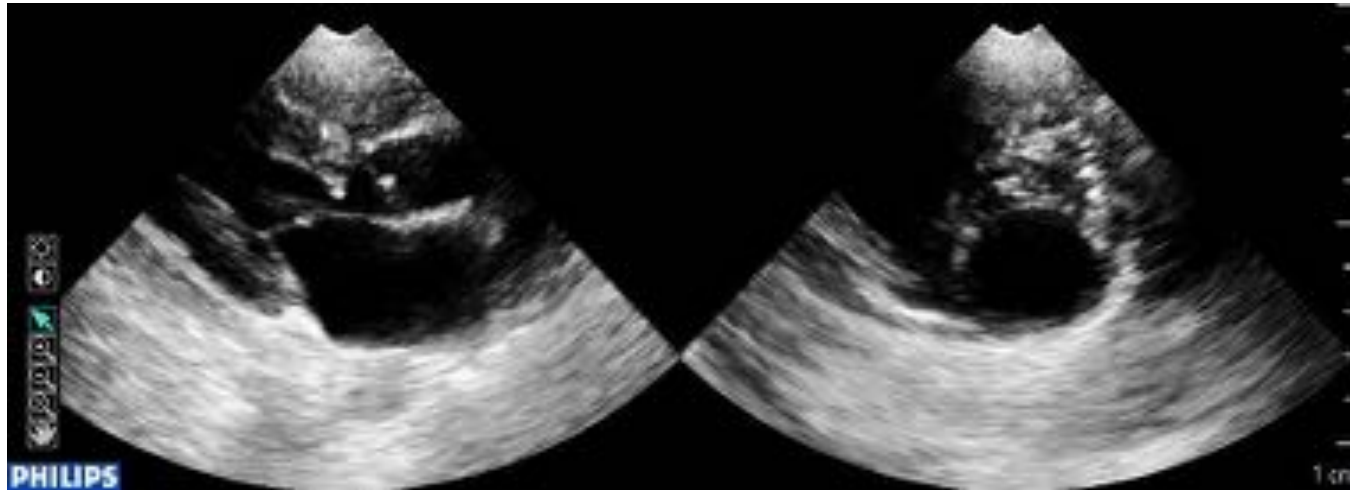
Qualité de la réparation



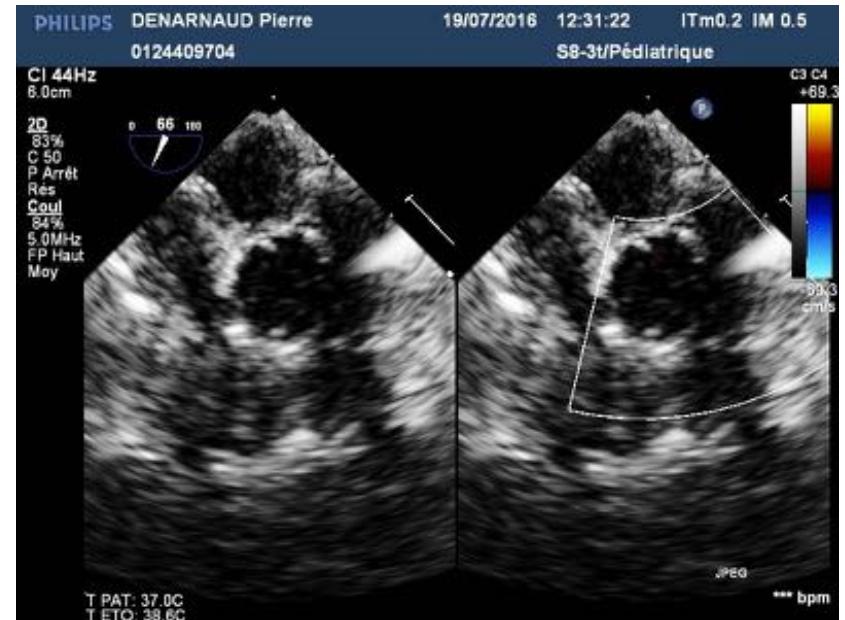
CAV complet



Qualité de la réparation (2)



Absence de shunt résiduel



Fonction pendant le sevrage de la CEC





III/ En post-opératoire

- Qualité de la réparation
- Conditions de remplissage
- Fonction
- Pressions pulmonaires
- Épanchements
- Qp/Qs (anastomose)
- Evaluation des dérivations cavo-pulmonaires

Difficultés

- Accessibilité
- Thorax ouvert
- Pansements
- Ventilation





a/ Qualité de la réparation

- Absence de shunt résiduel
- Absence de valvulopathie auriculo-ventriculaire
- Gradient résiduel intra-VG ou intra-VD
- Absence d'obstacle résiduel sur les voies d'éjection



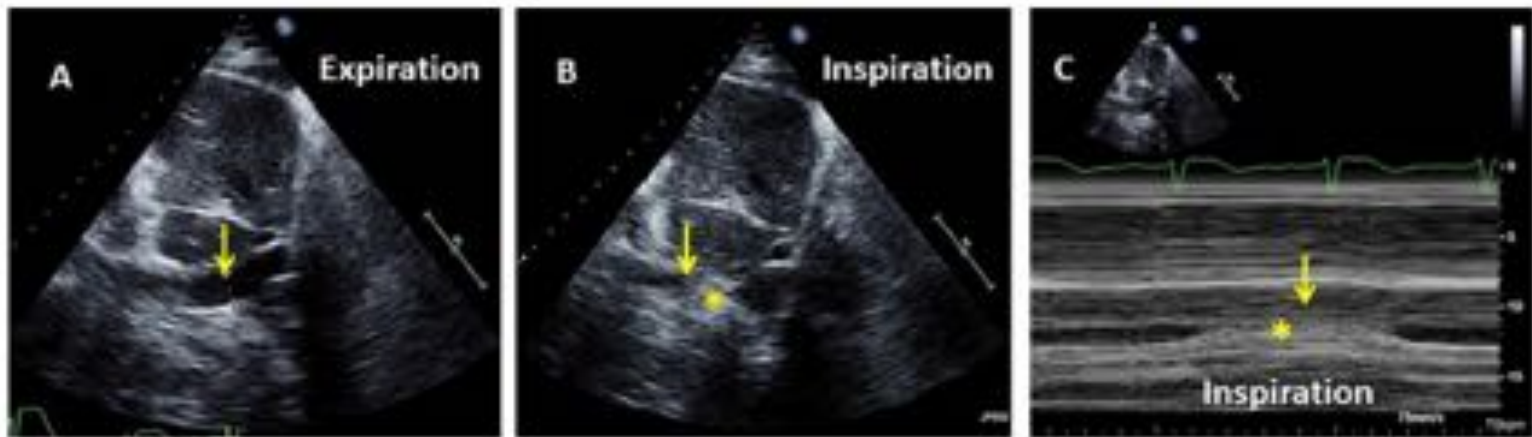
b/ Conditions de remplissage

- VCI
- Taille des ventricules
- Hyperkinésie
- Variation des flux transmitral et transaortique

Diamètre de la VCI

Patient en VS: inspiration (pression négative) =
collapsus

Patient intubé: inspiration (pression positive) = pas de
collapsus



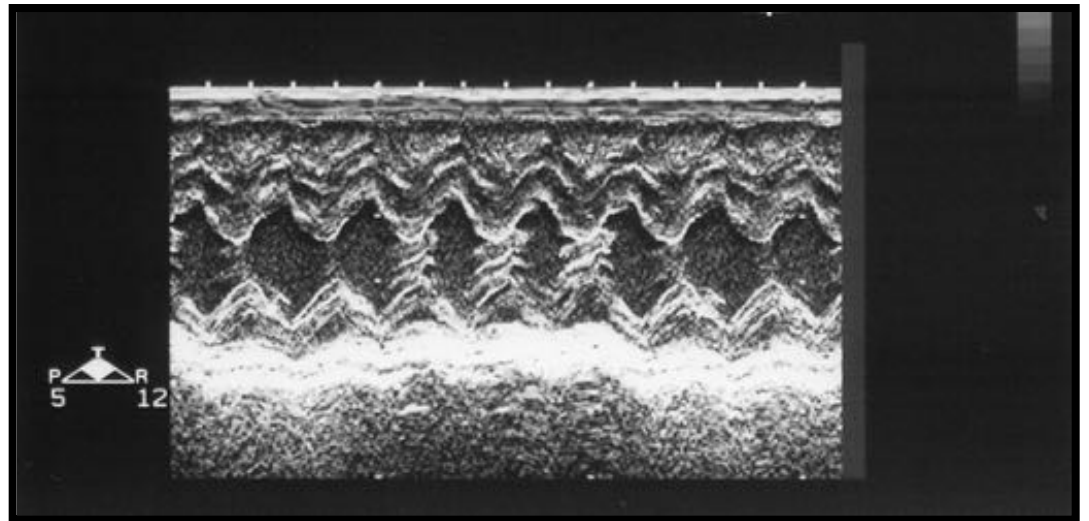
Taille des ventricules

- Mode bidimensionnel



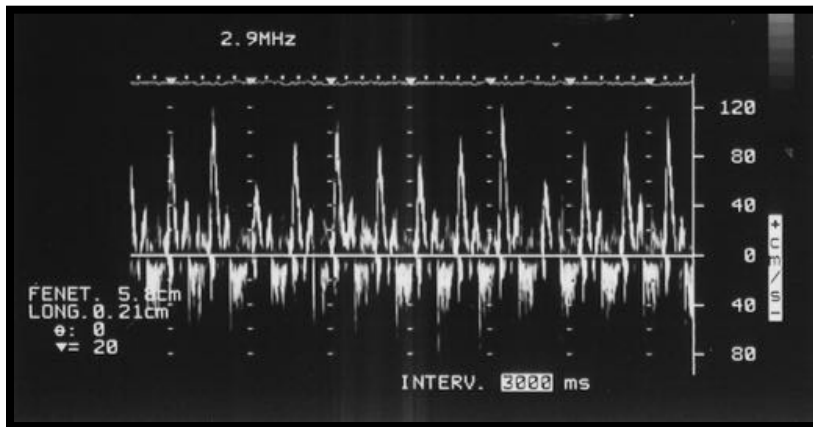
- Mode TM

Hyperkinésie
Tachycardie

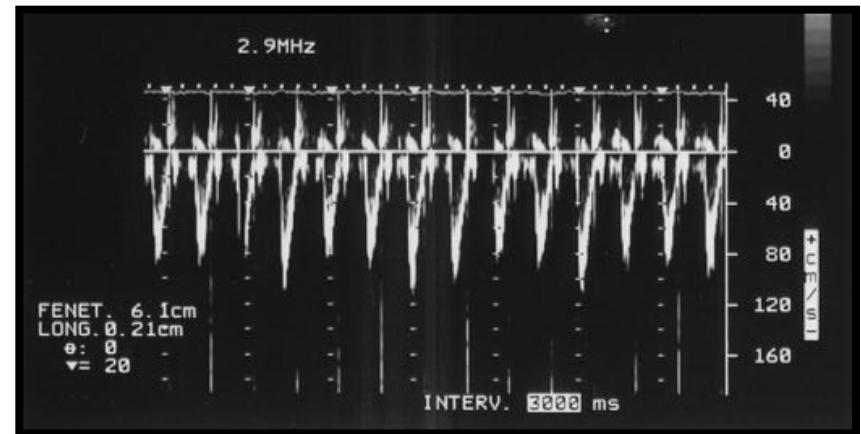


Mode Doppler

- Mode Doppler: variation respiratoire des flux



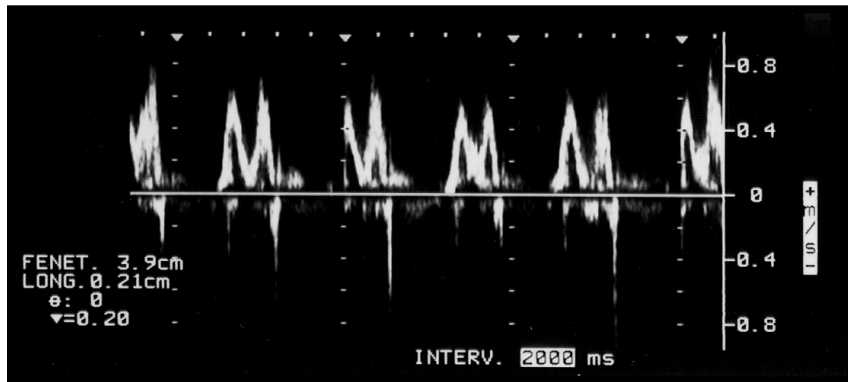
Flux trans-mitral



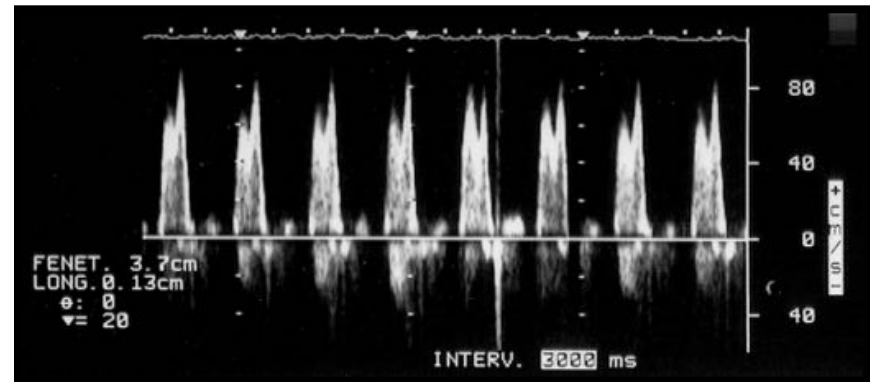
Flux trans-aortique

Mode Doppler

- Mode Doppler: flux trans-mitral modifié



Normovolémie



Hypovolémie:

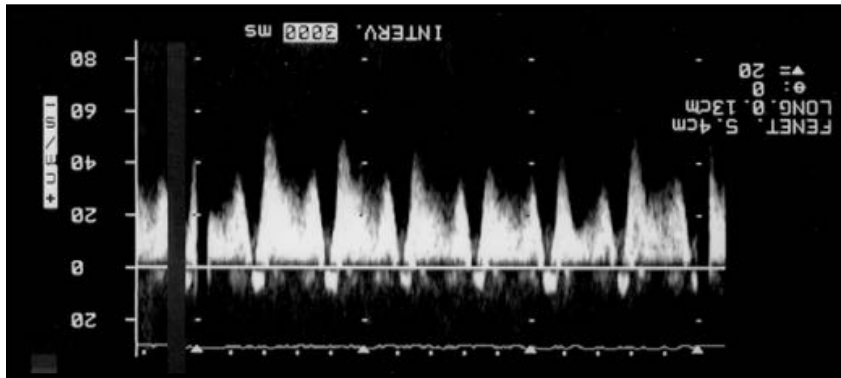
$$E < A$$

Et à cause de la tachycardie:

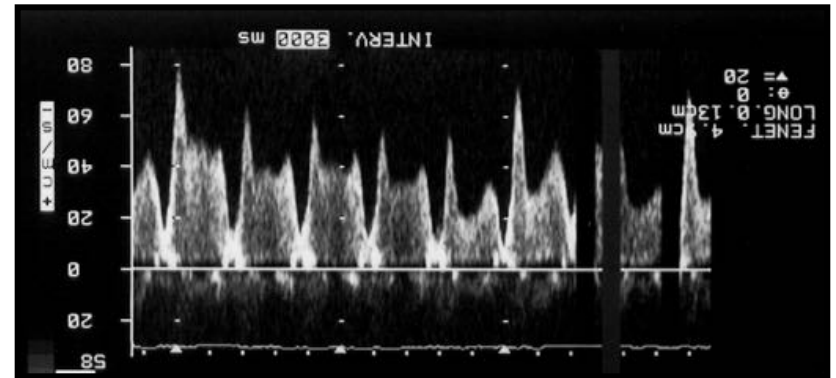
Fusion E et A

Mode Doppler

- Mode Doppler: flux veineux pulmonaire modifié



Normovolémie



Hypovolémie:
POG basse $\Rightarrow$ onde
S $\nearrow$
S $\gg$ D

c/ Fonction biventriculaire

- Evaluation visuelle +++
- Paramètres objectifs
 - VG : TM, TDI, Simpson, ITV Ao et Débit cardiaque
 - VD : TAPSE, S'VD, FRS

Fonction biventriculaire

■ Estimation visuelle

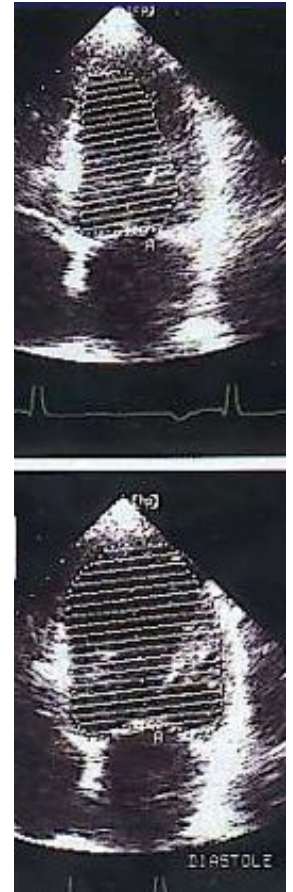
Fiable si opérateur expérimenté

Parfois la seule méthode possible

■ Fonction VG méthode de Simpson

Limites:

- visualisation de l'endocarde
- dysfonction régionale non concernée par les plans de coupe



Fonction biventriculaire

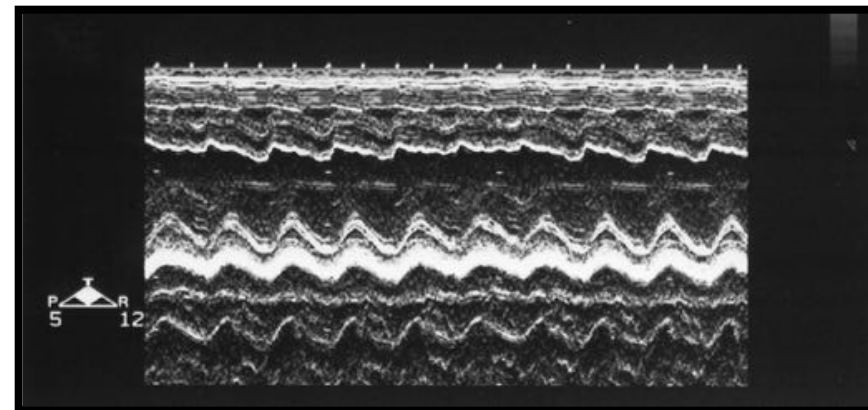
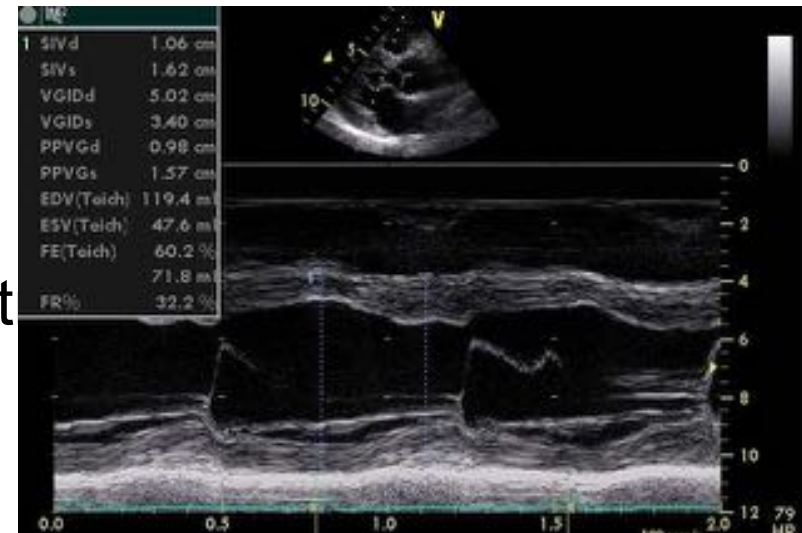
■ Fonction VG mode TM

A partir de la formule de Teicholz
(volumes extrapolés des diamètres)

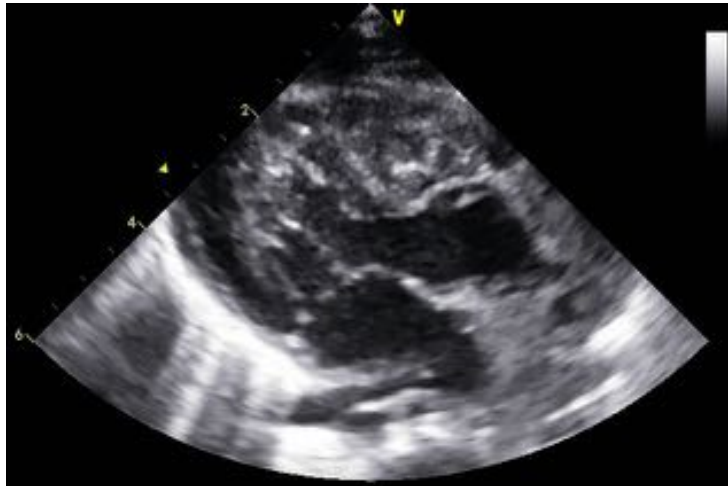
$$FE = \frac{VTD - VTS}{VTD}$$

Limites:

- Septum paradoxal
- Interaction VG-VD
- Présence d'un patch



Situations particulières



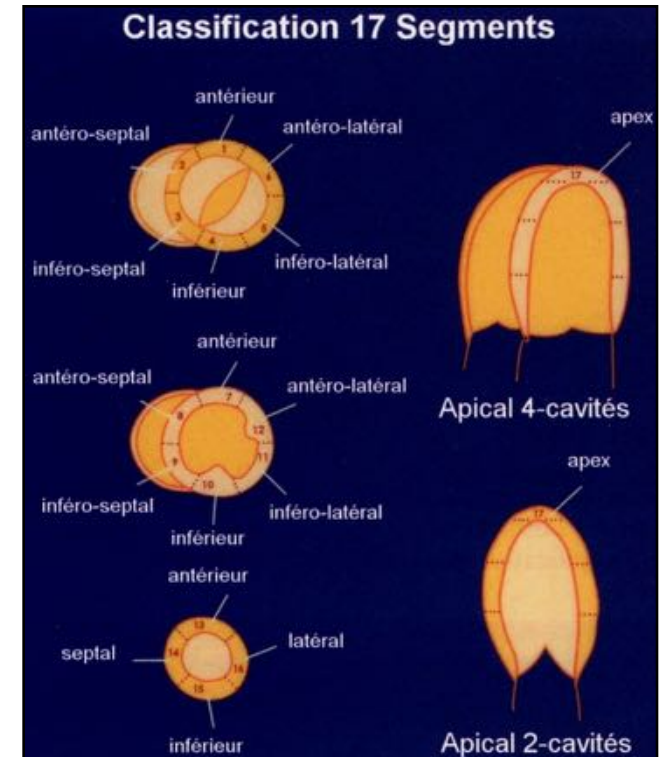
- Pump-off post-fermeture de CIV

- Dysfonction pré-opératoire (ALCAPA..)

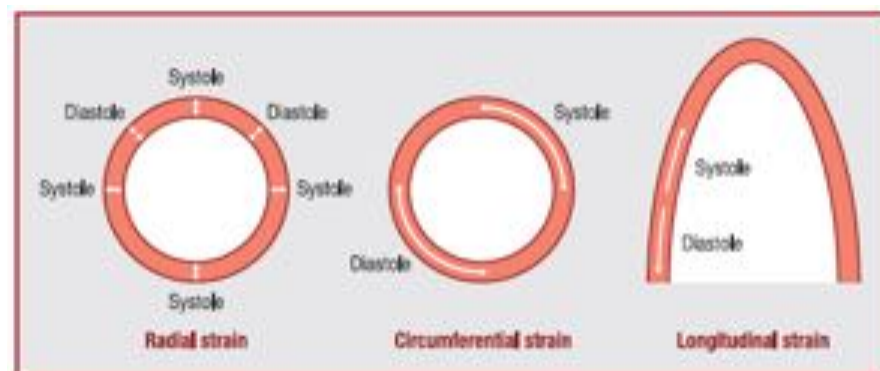
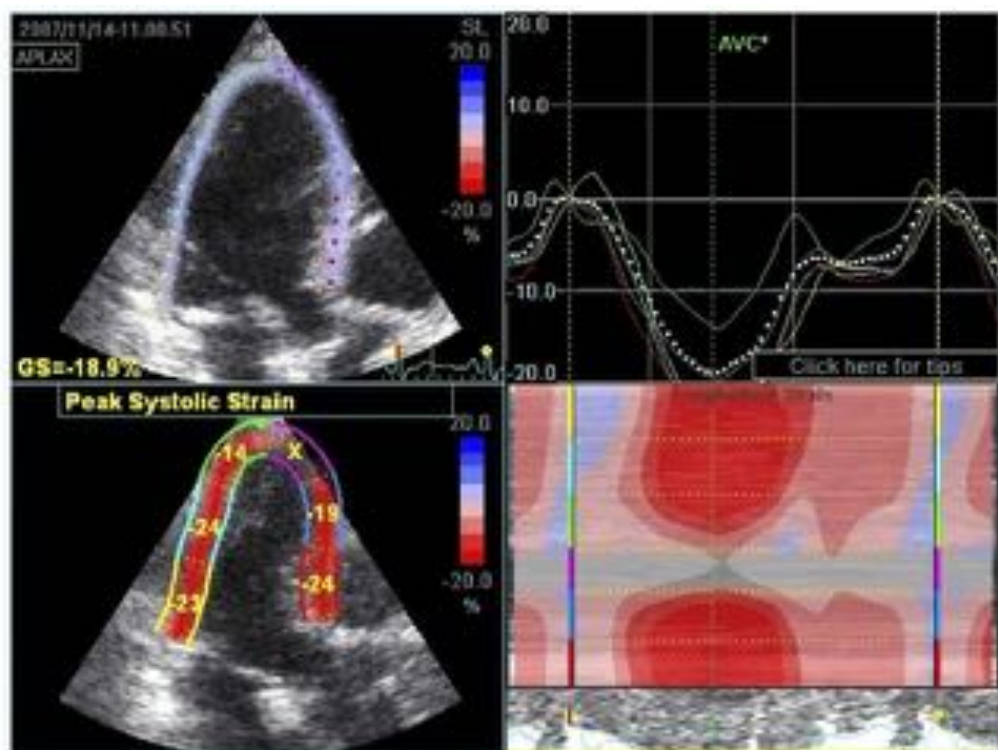


Fonction segmentaire

- Analyse de la cinétique segmentaire
- Recherche de lésions coronaires



Intérêt de l'analyse du Strain



- Faisabilité excellente
- Reproductibilité très bonne

d/ Estimation des pressions pulmonaires

- Par le flux d'IT

$$\text{PAPS} = (4V_{\text{max}}IT^2) + \text{POD}$$

- Par le flux d'IP

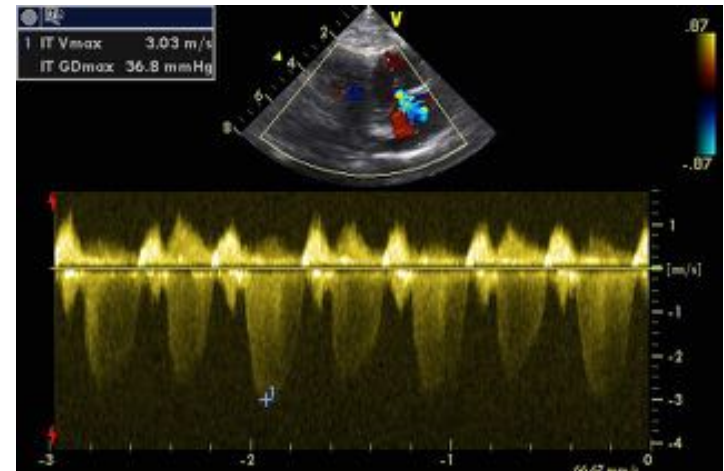
$$\text{PAPS} = (3 \times \text{PAPm}) - (2 \times \text{PAPd})$$

- Par le flux d'une CIV
- résiduelle

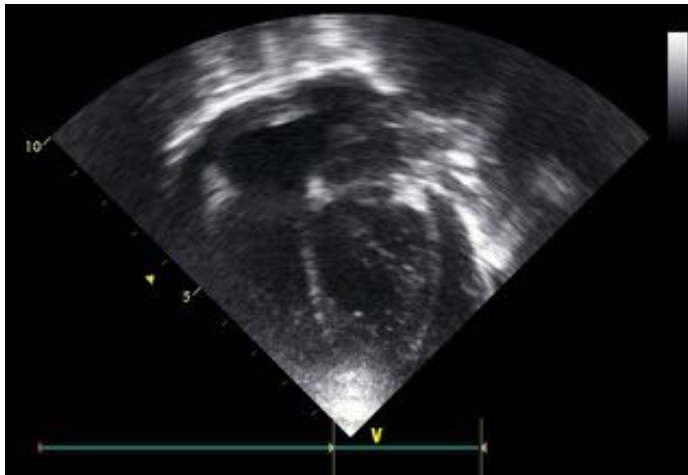
$$\text{PAPS} = \text{PAS} - 4V_{\text{max}}\text{CIV}^2$$

- Par la cinétique septale

Estimation des pressions pulmonaires (2)

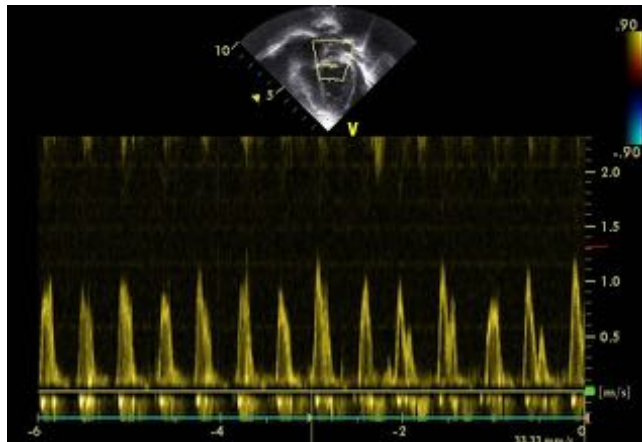


e/ Epanchement péricardique

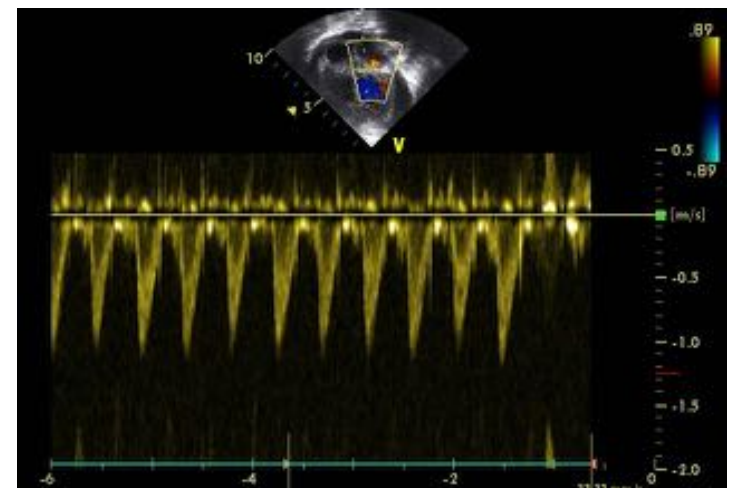
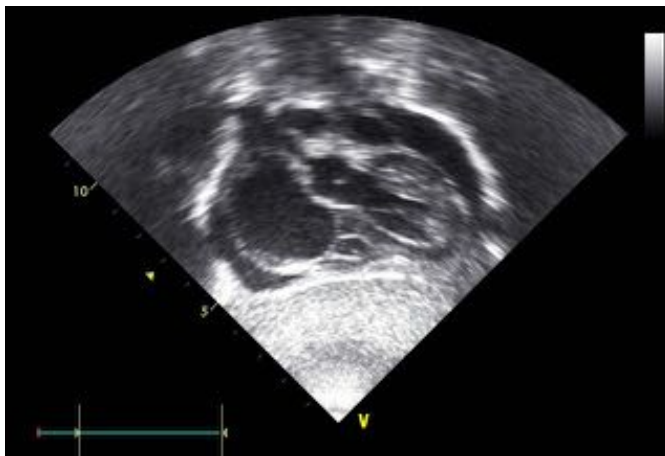


- Localisation
- Abondance
- Retentissement

Retentissement d'un épanchement péricardique

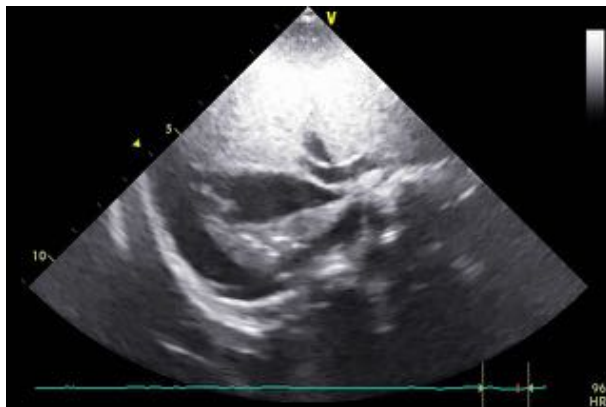
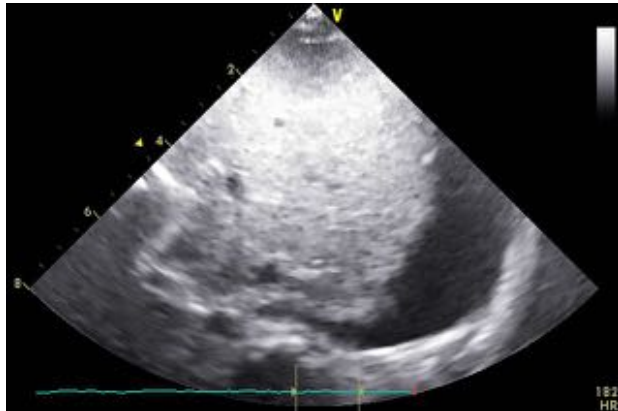


Flux transmitral



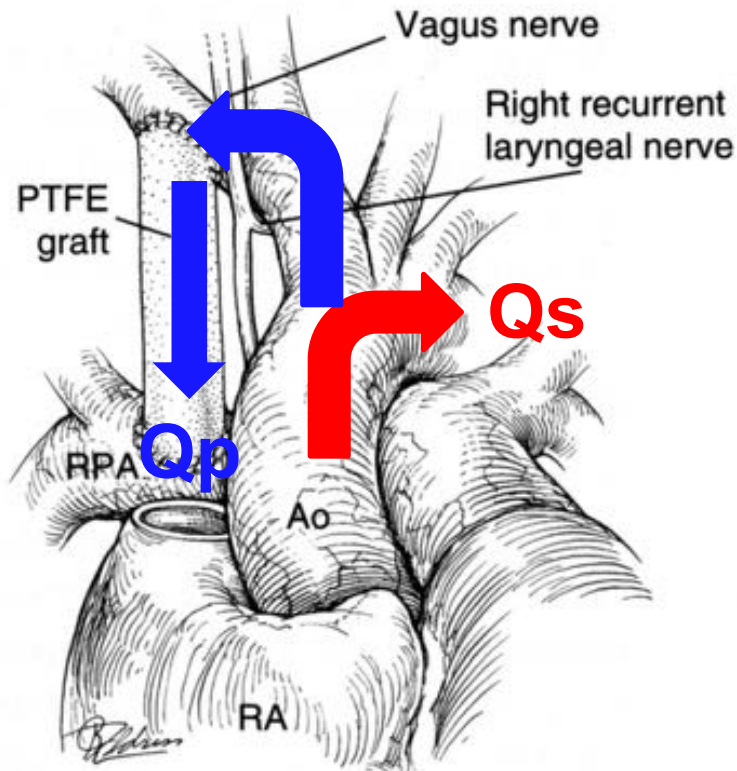
Flux transaortique

Epanchement pleural



- Localisation
- Abondance
- Guide le geste si nécessaire

f/Estimation du rapport Q_p/Q_s : exemple du BT Shunt



- $Q_p \gg Q_s$

⇒ hyperdébit pulmonaire

⇒ hypodébit systémique

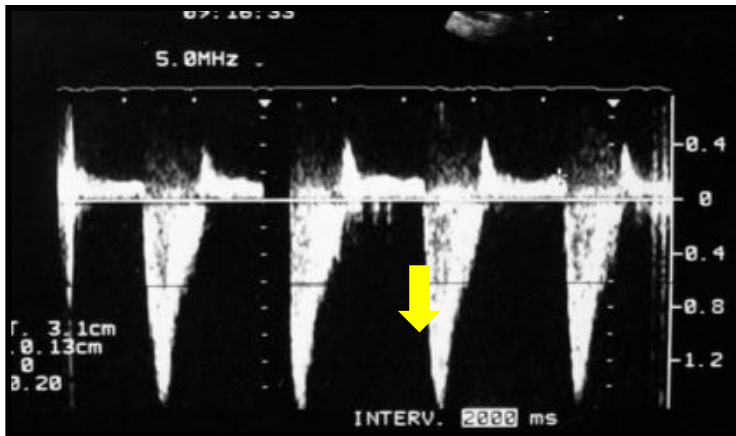
- $Q_p \ll Q_s$

⇒ hypodébit pulmonaire

⇒ cyanose

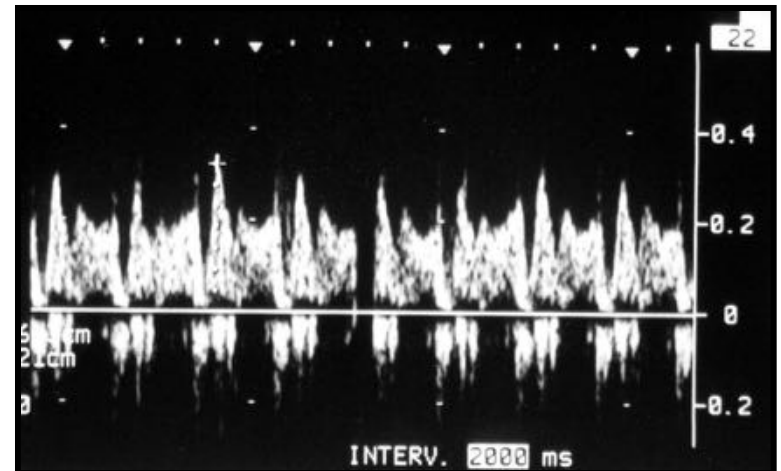


Doppler pulsé
isthme
aortique



$V_{\max} \text{ TD} < 0.2 \text{ m/s}$

Doppler pulsé
veines
pulmonaires



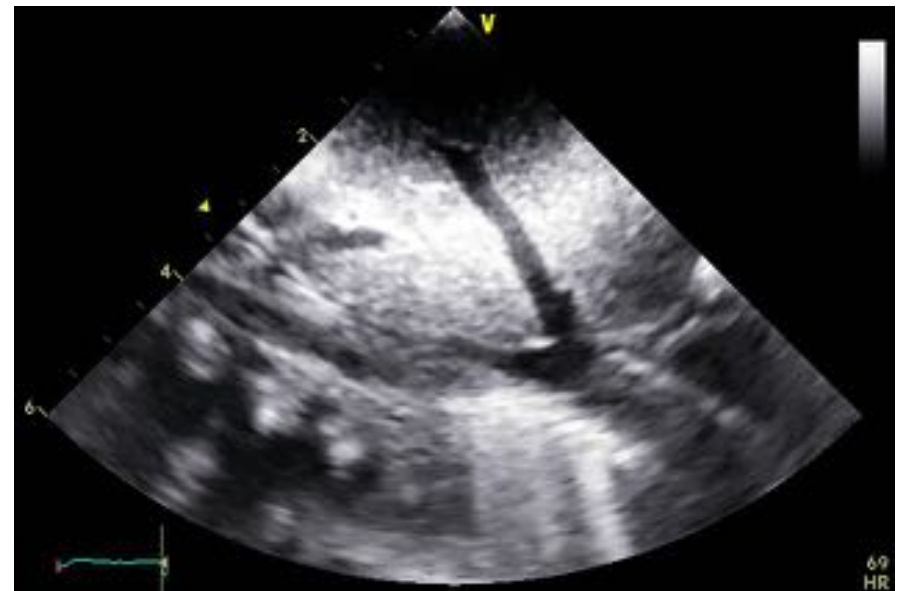
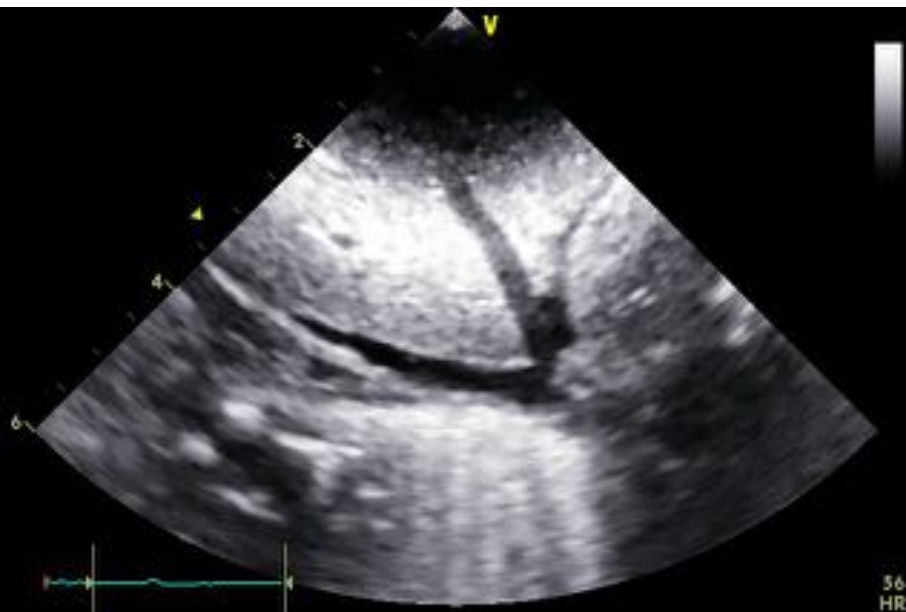
$V_{\max} \text{ vp} < 1 \text{ m/s}$



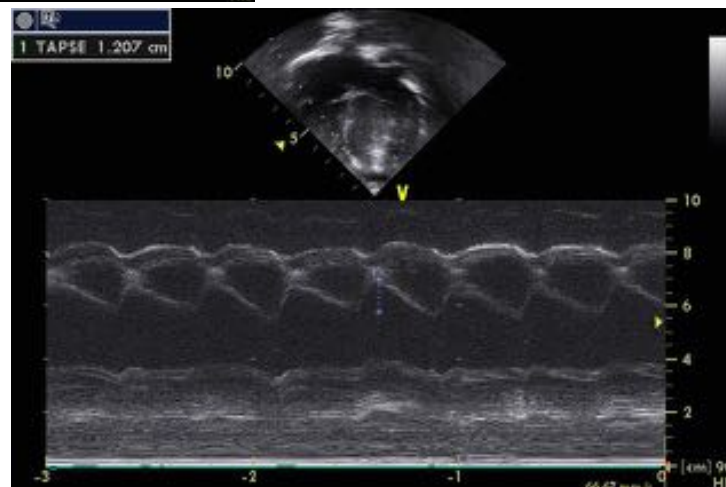
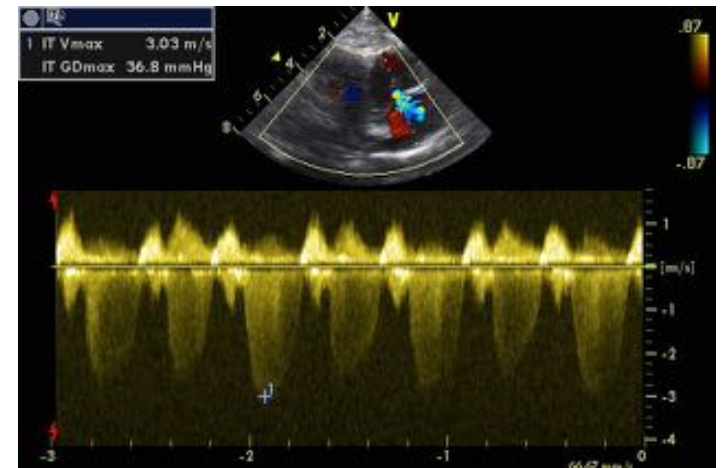
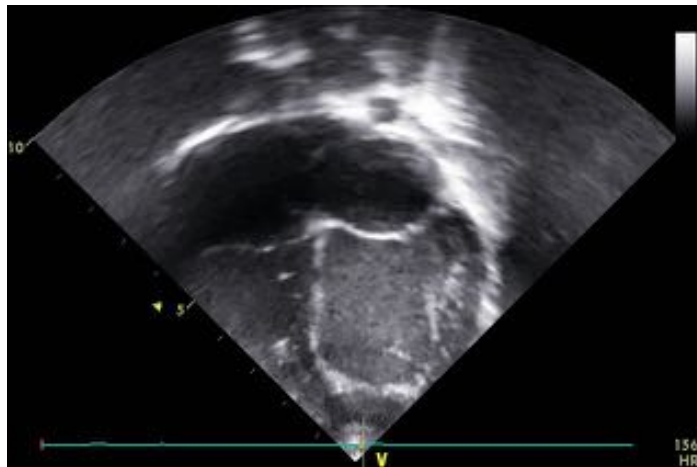
g/ Patient sous assistance

- Position des canules
- Ouverture de la valve aortique
- Remplissage des cavités
- Fonction ventriculaire droite et pressions pulmonaires
- Complication thrombotique
- Epanchements
- Récupération de la fonction myocardique

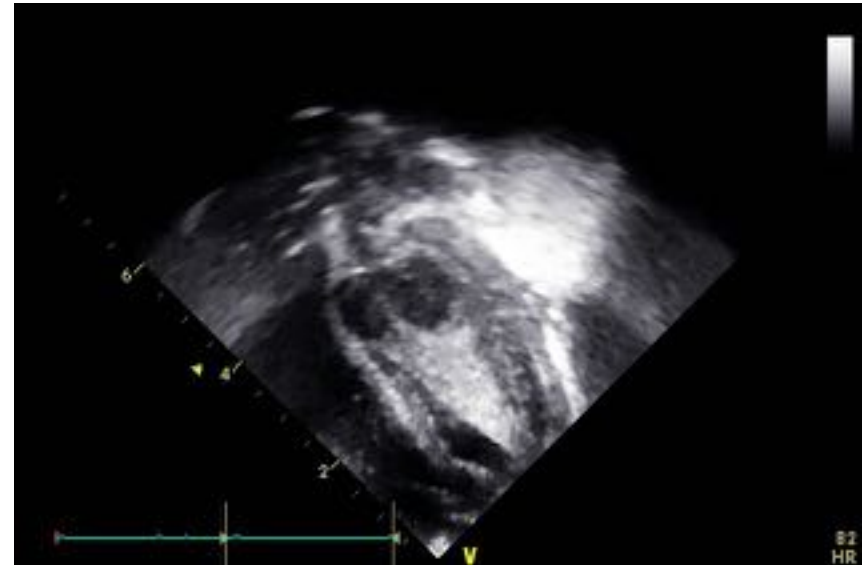
Position des canules



Fonction ventriculaire droite et pressions pulmonaires

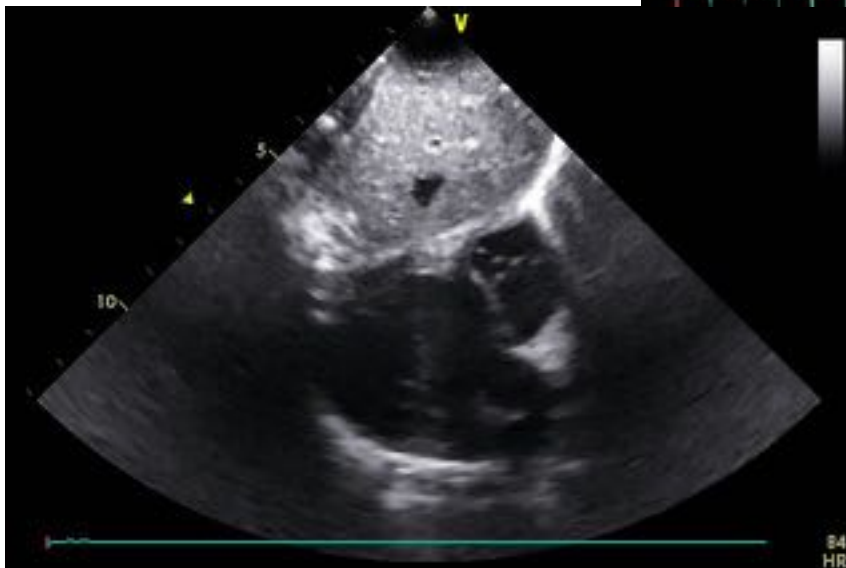


Complication thrombotique



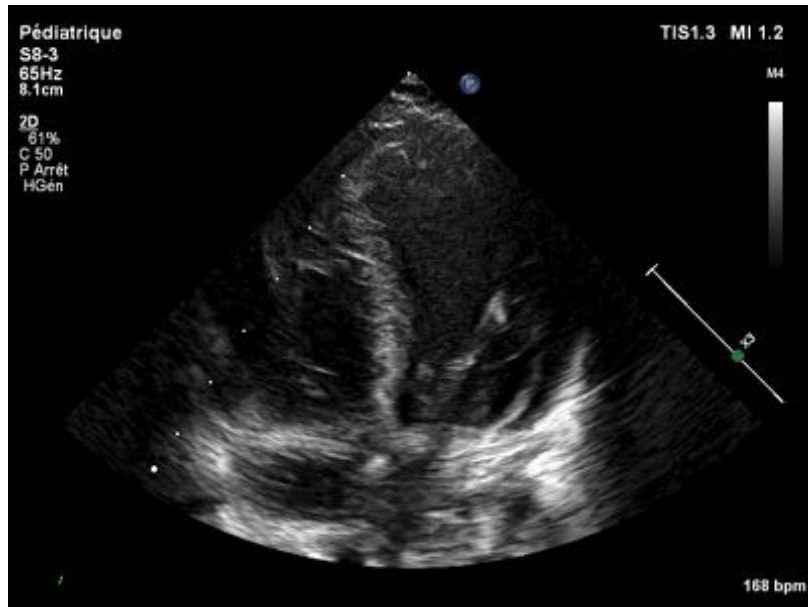
Récupération de la fonction myocardique

Avant Berlin Heart

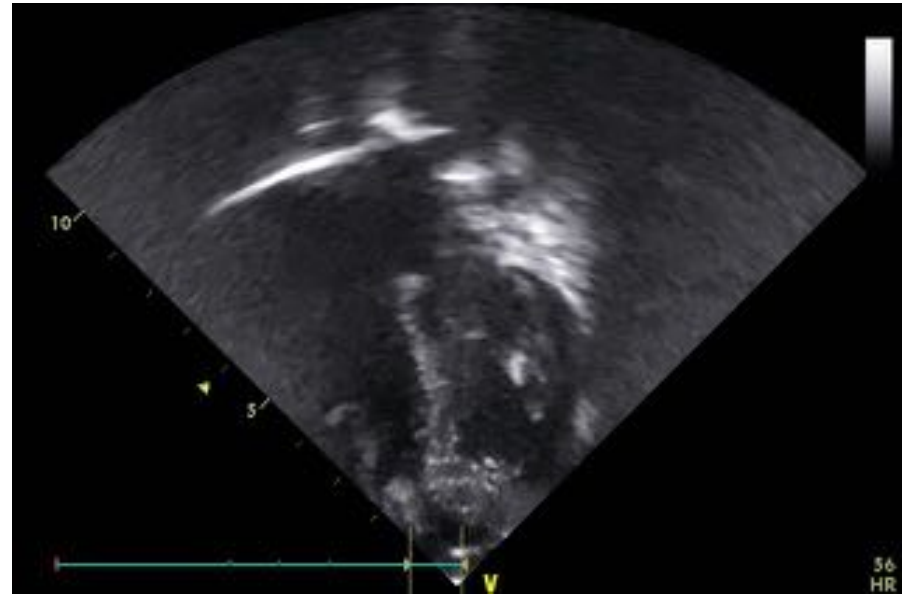


Sous Berlin Heart

Récupération de la fonction myocardique (2)



Sevrage du Berlin Heart



Post ablation du Berlin Heart

Conclusion

- Echocardiographie: indispensable pour la réanimation des cardiopathies congénitales
- A tous les stades de la prise en charge
- Nécessité d'un apprentissage rigoureux
- Collaboration multidisciplinaire