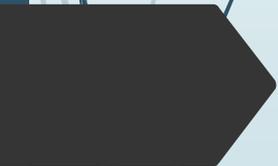


# Hémodynamique foetale

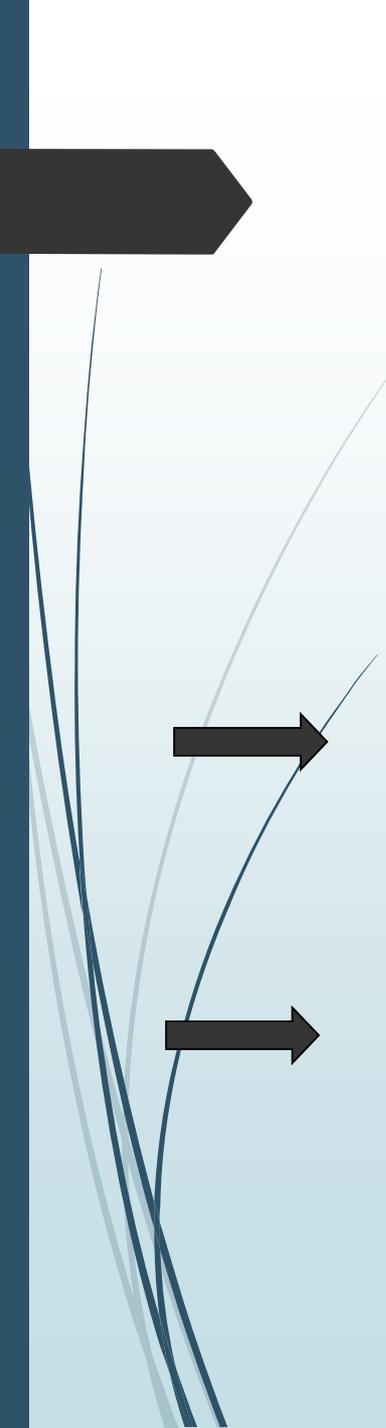
**DIU Cardiologie pédiatrique et congénitale  
05 juin 2019**



Matthias Lachaud, MD

Cardiologie foetale et pédiatrique, CHU Grenoble

- 
- ▶ Quelques repères sur la médecine foetale
  - ▶ L'hémodynamique foetale ou le bien être hémodynamique du foetus
  - ▶ Situation hémodynamique à risque  
(RCIU, grossesses gémellaires, Anémies...)
  - ▶ Cardiopathies à enjeux hémodynamiques prénatal



## CARDIOLOGIE FOETALE

S'inscrit dans le cadre MEDECINE FOETALE

Expertise des cardiopathies (diagnostic, pronostic)  
Evaluation hémodynamique lors de situations  
fœtales à risque (anémie, RCIU ..)

CENTRE PLURI-DISCIPLINAIRE DU DIAGNOSTIC PRÉNATAL

A dark grey arrow points to the right from the top left corner. Several thin, light blue lines curve downwards from the left side of the slide.

TERME DU DEPISTAGE : 18 - 22S

DEPISTAGE DES CARDIOPATHIES :

En France : 50% jusqu' à 80%

Aux USA : 15%

*Allan L, Fetal cardiac scanning today. Prenat Diagn. 2010*

*Bonnet D. Le diagnostic prénatal des cardiopathies congénitales. Arch Pédiatrie 2009*

**COMMENT ?**

**POINTS D' APPEL :**

- ANTECEDENTS 1<sup>er</sup> degré

- POINTS D' APPEL MATERNEL (diabète, toxique)

- POINTS D' APPEL FŒTAL EXTRA-CARDIAQUE :

- nuque épaisse 1<sup>er</sup> trimestre : 6% de cardiopathies si nuque > 3,5mm,  
2 à 4% en l'absence d'anomalie chromosomiques

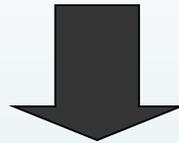
- risque T21 sur marqueurs combinés

- retard de croissance intra-utérin précoce

- ANOMALIE SUR LE DEPISTAGE ECHOGRAPHIQUE  
DE ROUTINE



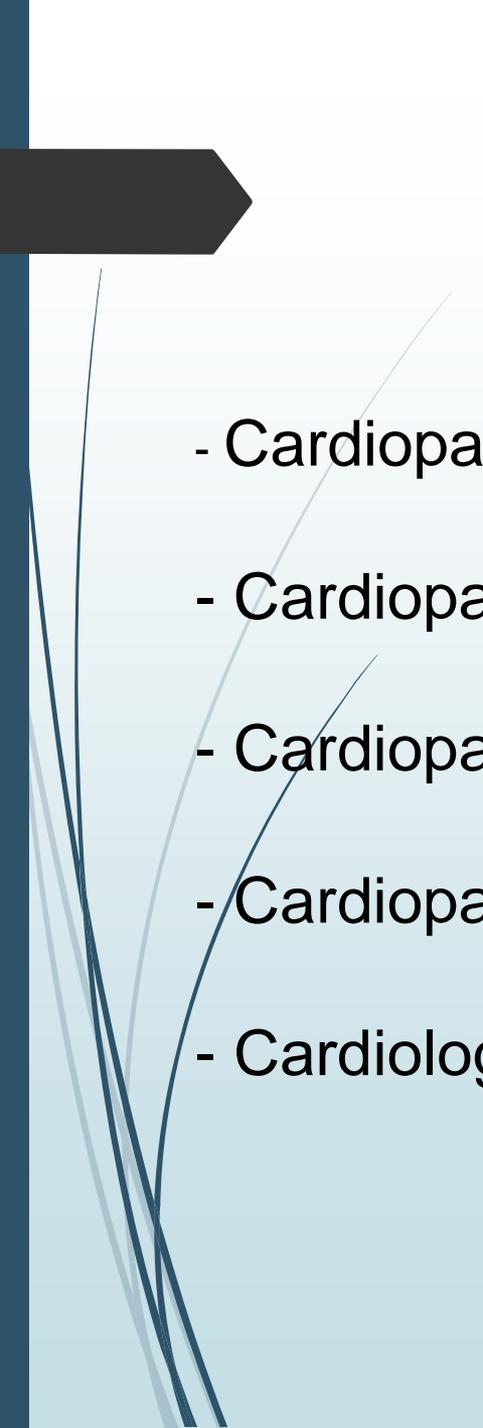
Imposent EXPERTISE par un cardiopédiatre

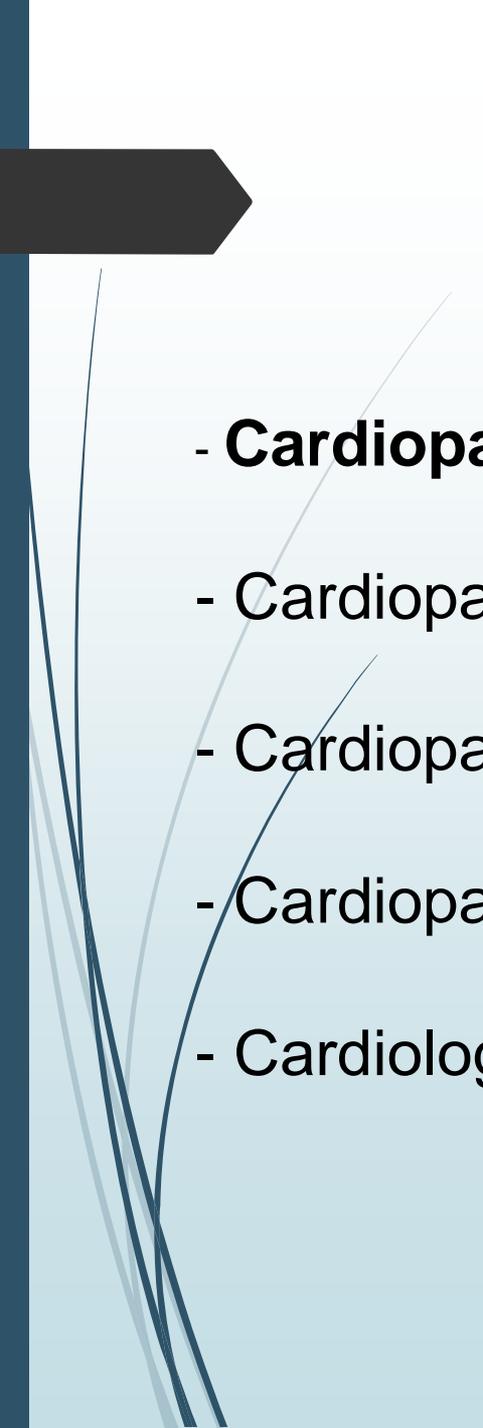


- Confirmer le diagnostic
- Rechercher des lésions cardiologiques associées
- Evaluer le pronostic
- Informers les parents
- Discuter du dossier CPDPN
  - indication caryotype ?
  - échographie morphologique diagnostique
- Organiser la naissance



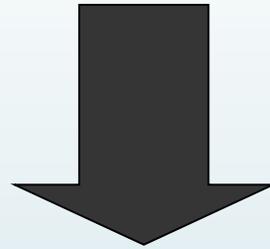
POURQUOI DEPISTER ?

- 
- Cardiopathies mettant en jeu le pronostic vital
  - Cardiopathies point d'appel d'un syndrome malformatif
  - Cardiopathies sans projet curatif
  - Cardiopathies et incertitudes
  - Cardiologie fœtale interventionnelle

- 
- **Cardiopathies mettant en jeu le pronostic vital**
  - Cardiopathies point d'appel d'un syndrome malformatif
  - Cardiopathies sans projet curatif
  - Cardiopathies et incertitudes
  - Cardiologie fœtale interventionnelle



- **Cardiopathies mettant en jeu le pronostic vital**

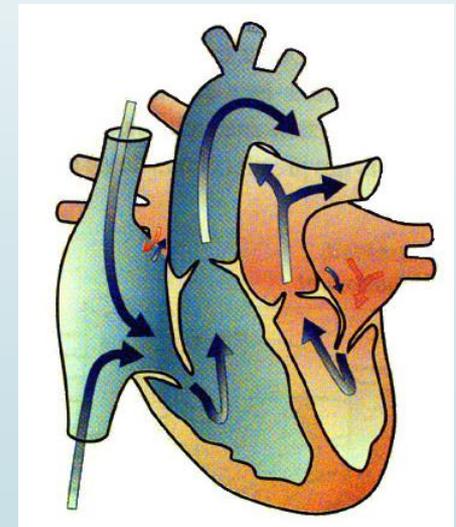
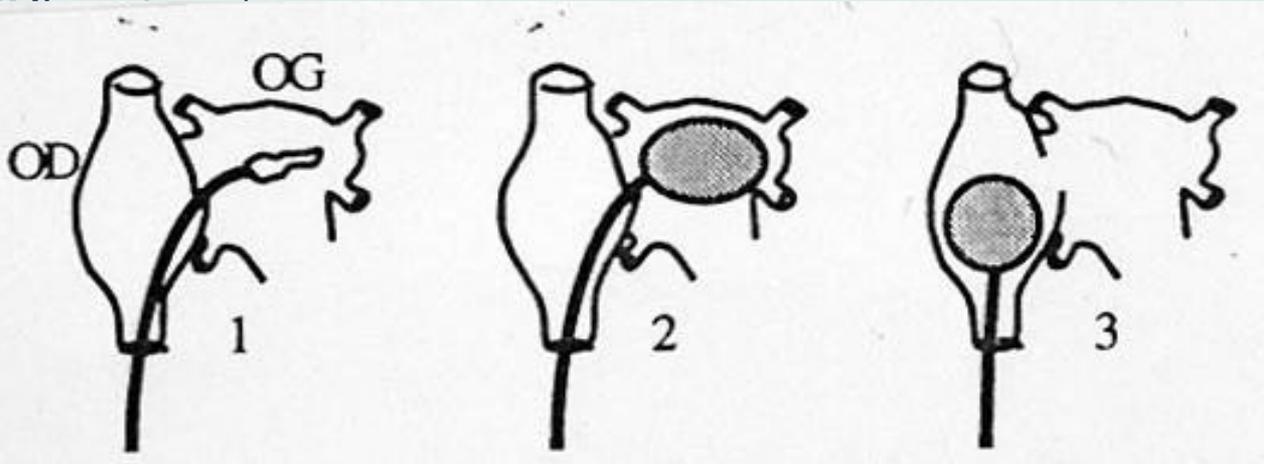


**NAISSANCE EN SOINS INTENSIFS AVEC  
UN CARDIO-PEDIATRE DISPONIBLE**

CARDIOPATHIE METTANT EN JEU  
PRONOSTIC VITAL chez NOUVEAU-NE

# Transposition des gros vaisseaux

Indication en urgence ATRIO-SEPTOSTOMIE DE RASHKIND





# CARDIOPATHIE METTANT EN JEU PRONOSTIC VITAL chez NOUVEAU-NE

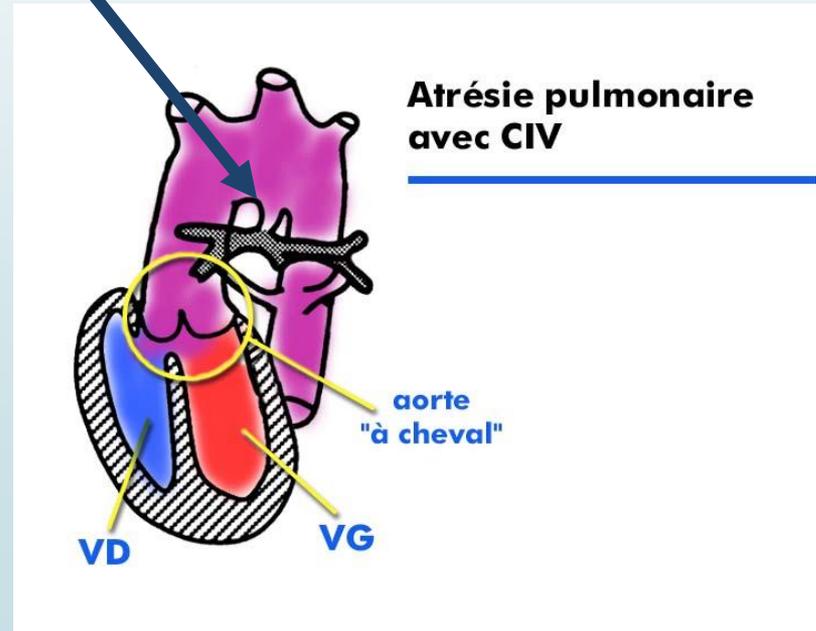
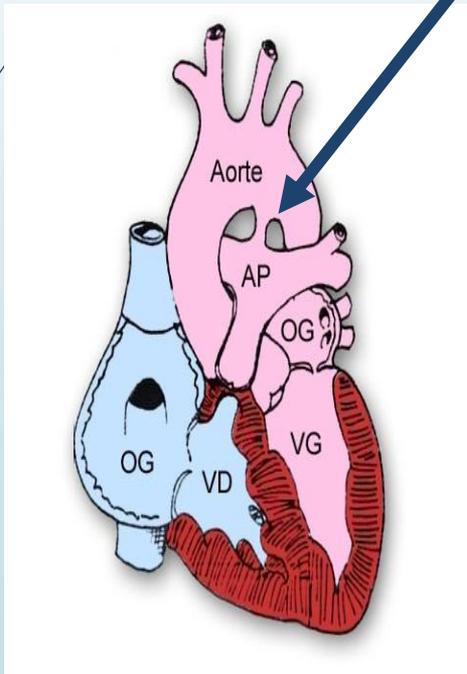


CARDIOPATHIE DUCTO-DEPENDANTE

# CARDIOPATHIE METTANT EN JEU PRONOSTIC VITAL chez NOUVEAU-NE

Atrésie pulmonaire avec ou sans CIV

CARDIOPATHIE DUCTO-DEPENDANTE



Nécessité de prostaglandine à la naissance

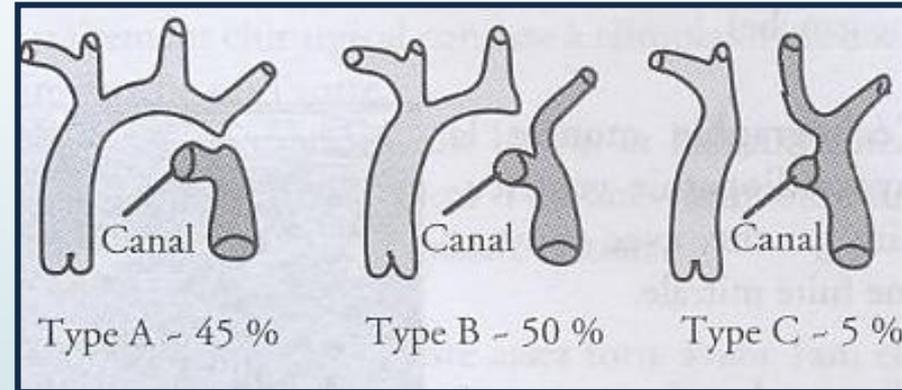
# CARDIOPATHIE METTANT EN JEU PRONOSTIC VITAL chez NOUVEAU-NE

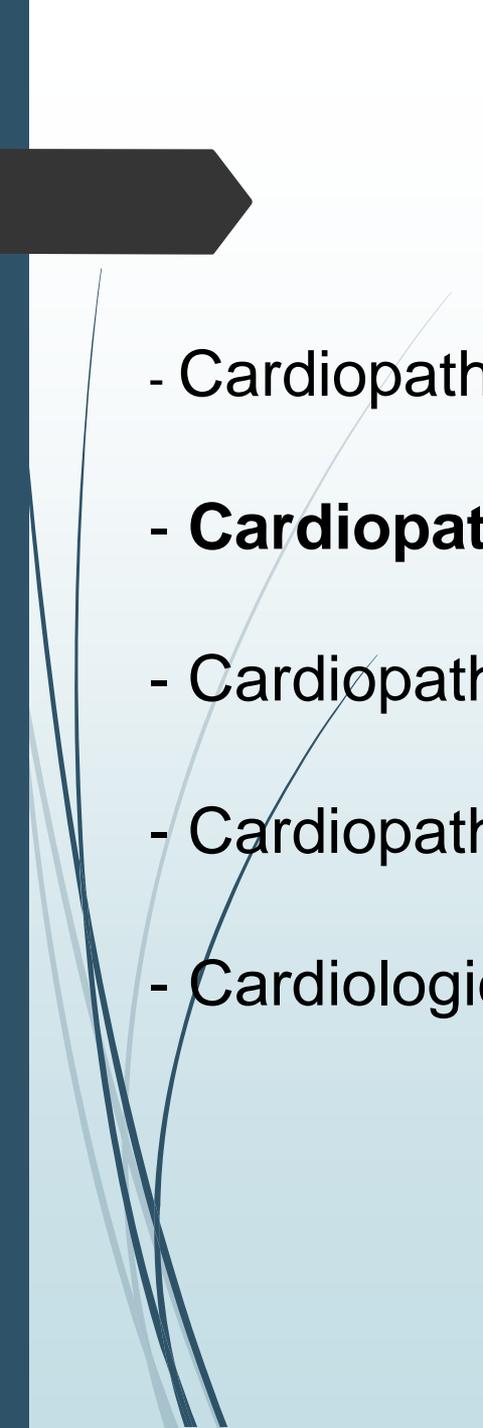
## Interruption crosse aortique

Cardiopathie DUCTO-DEPENDANTE

COLLAPSUS LORS FERMETURE  
CANAL ARTERIEL

PERFUSION PGE



- 
- Cardiopathies mettant en jeu le pronostic vital
  - **Cardiopathies point d'appel d'un syndrome malformatif**
  - Cardiopathies sans projet curatif
  - Cardiopathies et incertitudes
  - Cardiologie fœtale interventionnelle

- 
- T21 : 50% de cardiopathie associées (**CAV**, CIV, T4F, CAP ...)
  - T18 – T13 ...
  - Del 22q11
  - CHARGE, NOONAN, VACTERL ...

Importance du travail en réseau +++

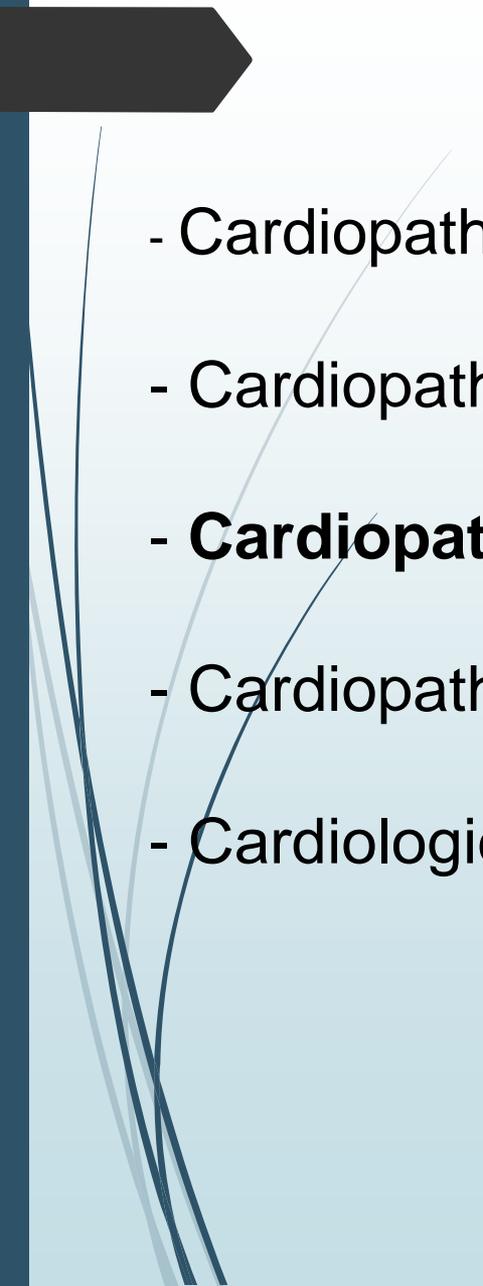
**Echographiste de référence**

-

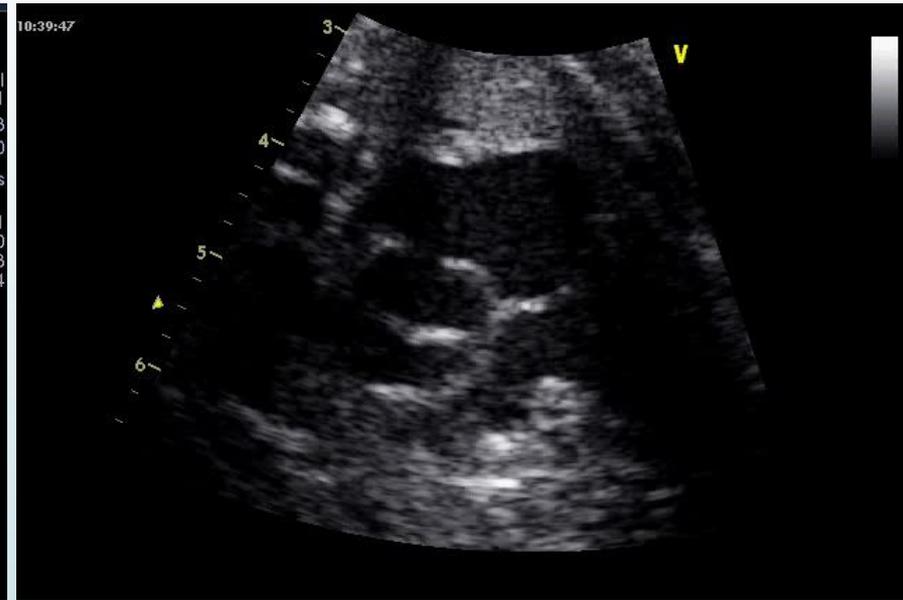
**CPDPN**

-

**Génétique / Amniocentèse**

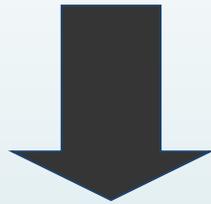
- 
- A dark grey arrow points to the right from the top left corner. Several thin, light blue lines curve downwards from the left side of the slide.
- Cardiopathies mettant en jeu le pronostic vital
  - Cardiopathies point d'appel d'un syndrome malformatif
  - **Cardiopathies sans projet curatif**
  - Cardiopathies et incertitudes
  - Cardiologie fœtale interventionnelle

# VENTRICLE UNIQUE



# DEPISTAGE CARDIOPATHIE SANS PROJET THERAPEUTIQUE CURATIF

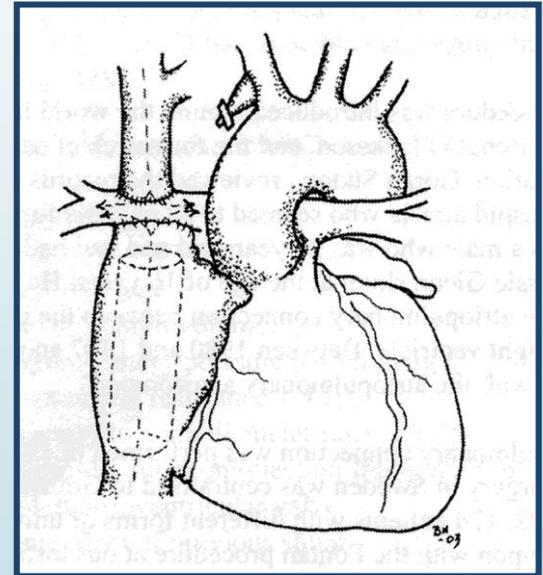
**PROJET TRAITEMENT PALLIATIF**



**DERIVATION CAVO - PULMONAIRE**

**INDICATIONS RESTREINTES  
RESULTATS INCERTAINS**

Atrésie tricuspide > Hypoplasie du VG



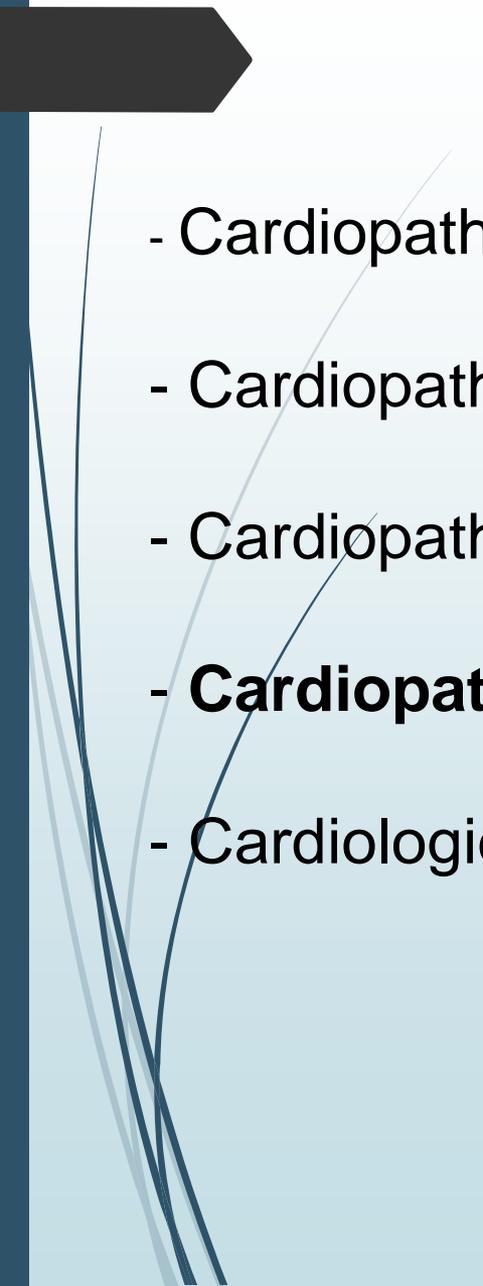
# CARDIOPATHIE SANS PROJET THERAPEUTIQUE CURATIF

## ATTITUDE

- NAISSANCE DE L' ENFANT ET ACCOMPAGNEMENT DECES
- CHIRURGIES COMPLEXES, MULTIPLES AUX RESULTATS INCERTAINS
- ACCEPTATION INTERRUPTION MEDICALE DE GROSSESSE

## DISCUSSION CPDPN

PLUSIEURS ENTRETIENS AVEC PARENTS,  
ECOUTE – ACCOMPAGNEMENT - RESPECT  
CARDIOPEDIATRES - CHIRURGIENS +++

- 
- A dark grey arrow points to the right from the top left corner. Several thin, light blue lines curve downwards from the left side of the slide.
- Cardiopathies mettant en jeu le pronostic vital
  - Cardiopathies point d'appel d'un syndrome malformatif
  - Cardiopathies sans projet curatif
  - **Cardiopathies et incertitudes**
  - Cardiologie fœtale interventionnelle

## INCERTITUDES

**PRONOSTIC difficile à EVALUER**

**Discussion en staff anténatal**

- **Cardiopathies dont on espère bon projet thérapeutique...**
- **Parents prévenus des espoirs et inquiétudes...**
- **Décision de poursuite ou non de la grossesse difficile**
- **Ethique +++**

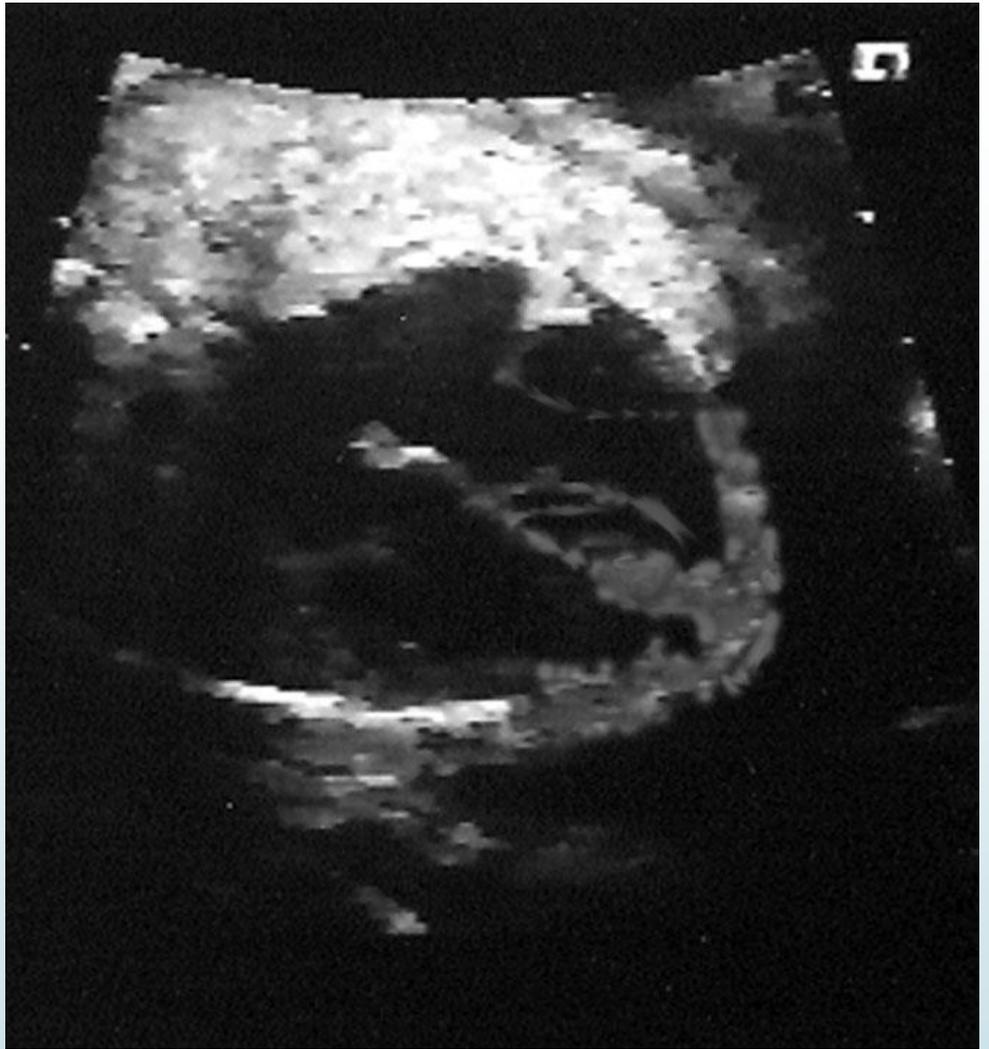
**Paradoxe entre :**

**Besoin d'un suivi évolutif pour affiner le pronostic**

-

**Besoin d'une réponse rapide pour le couple**

## INCERTITUDES



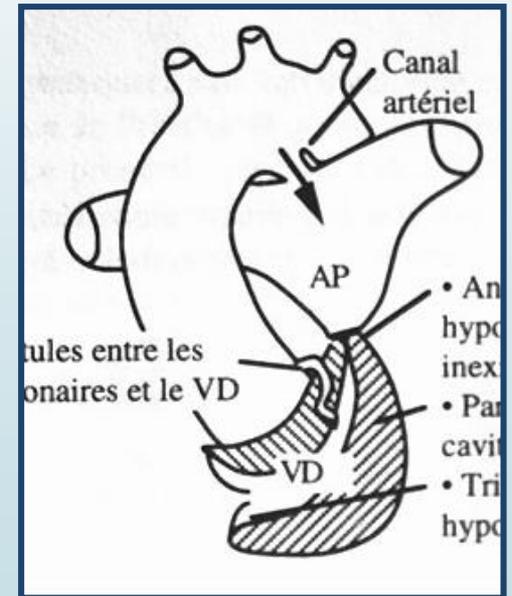
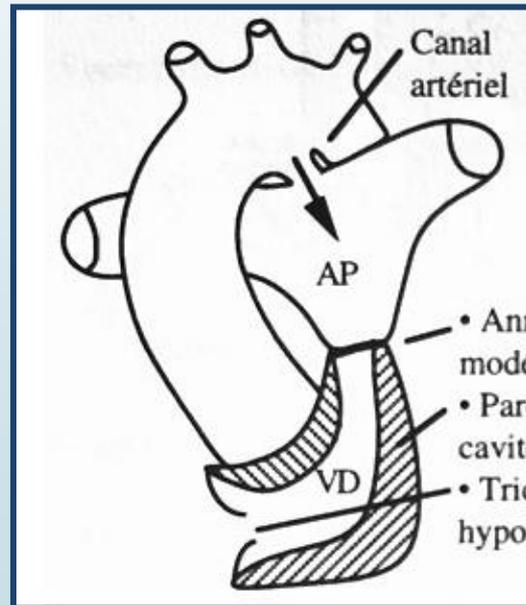
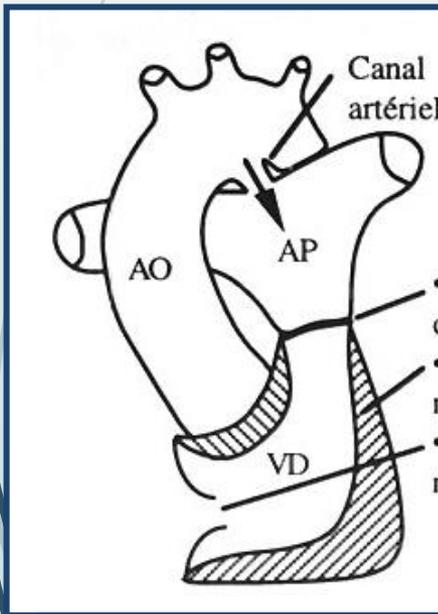
Maladie d' Ebstein

- Sévérité de la fuite
- petit VD peu fonctionnel
- Passage antérograde pulmonaire
- Risque de décès anténatal

## INCERTITUDES

# Atrésie pulmonaire sans CIV

PRONOSTIC : au ventricule droit



## INCERTITUDES

Déséquilibre anténatal :

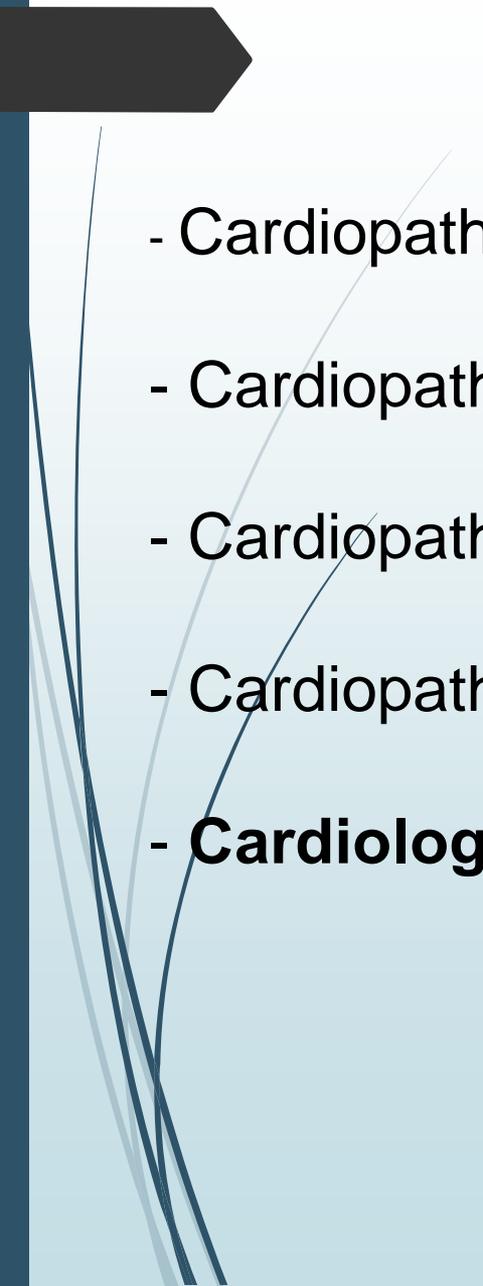


- Coarctation ?
- Réparation biventriculaire ?

Fallot : Voie pulmonaire ? Croissance ?

Rétrécissement aortique,....



- 
- A dark grey arrow points to the right from the top left corner. Several thin, light blue lines curve downwards from the left side of the slide.
- Cardiopathies mettant en jeu le pronostic vital
  - Cardiopathies point d'appel d'un syndrome malformatif
  - Cardiopathies sans projet curatif
  - Cardiopathies et incertitudes
  - **Cardiologie fœtale interventionnelle**

# CARDIOLOGIE FŒTALE INTERVENTIONNELLE

- Traitement des arythmies fœtales
- Rétrécissement aortique



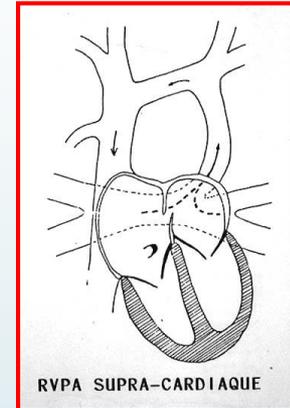
➔ Dilatation in-utéro au ballonnet

Taux de complication élevé mais en diminution  
Amélioration des résultats avec meilleur screening des patients

# CARDIOPATHIES DIFFICILE à DEPISTER

(70 % sont dépistées)

Retour veineux Pulmonaire Anormal Total :  
RVAPT



Coarctation de l'aorte : pas de déséquilibre anténatal

Communication interventriculaire, sténose pulmonaire ...

# DEPISTAGE ANTENATAL

- Dépistage : vrai progrès santé publique :
  - Diminue mortalité et morbidité
  - Permet d'anticiper :
    - La prise en charge néonatale
    - Préparation psychologique des parents
- Importance du travail en équipe : CPDPN
- Evaluation du pronostic : souvent demeurent des incertitudes
  - Parfois DIFFICILE , TRES difficile +++
  - Soulèvent des questions éthiques
  - Place des parents : Ecoute, accompagnement, compréhension, confiance, information
  - **Humilité, formation, vigilance néonatale**



Hémodynamique foetale  
ou  
le bien être hémodynamique foetal

## **Le bien être foétale**

**= Apport suffisant en oxygène et nutriments aux organes.**

**=> Qualité des échanges placentaires (diffusion tissulaire)**

**=> Qualité de la circulation (pressions et débits)**

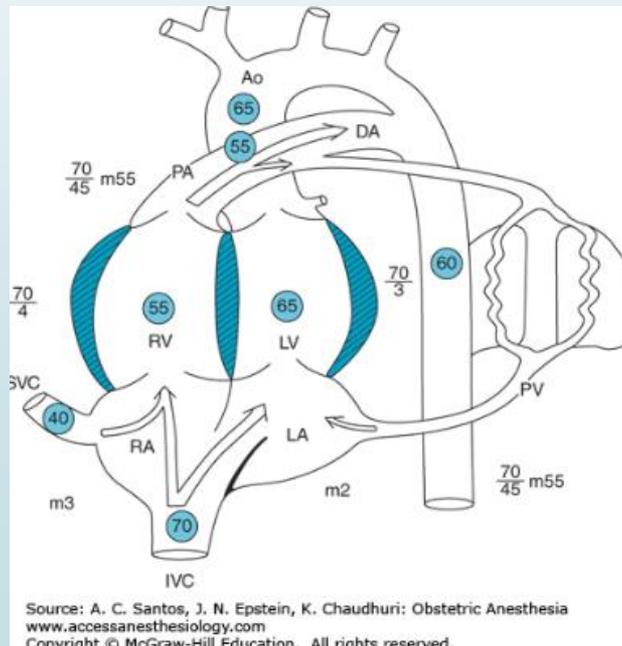




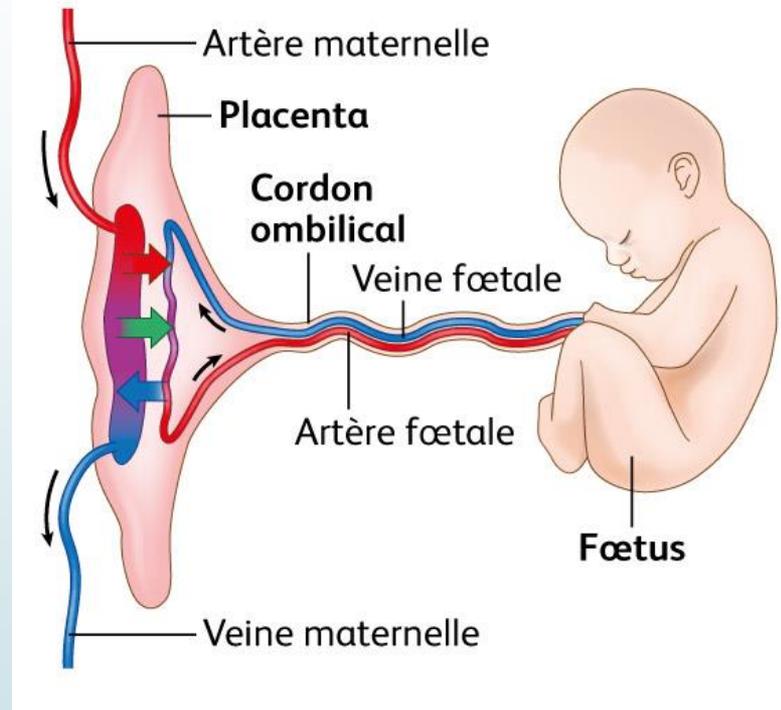
Le fœtus :  
un petit être aux capacités d'adaptation limitées...

# Capacités d'adaptation limitées

- ▶ Hématose placentaire médiocre
  - ▶ Bien moins performante que l'hématose pulmonaire
  - ▶ SaO<sub>2</sub> = 65%
  - ▶ Compensé par l'Hb foétale de forte affinité pour l'oxygène



# Capacités d'adaptation limitées

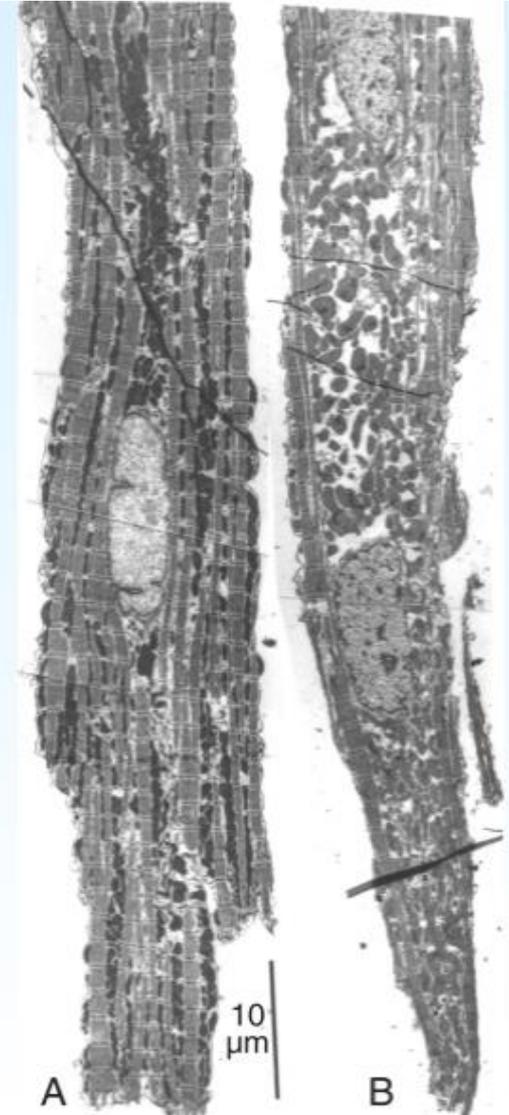


- Le débit cardiaque global doit assurer l'ensemble de la vascularisation de l'unité foeto-placentaire
- Placenta = 20% du débit total

# Capacités d'adaptation limitées

- Fonction myocardique fragile
- = Myocarde immature
- Organisation des myofibrilles
  - Reticulum sarcoplasmique peu développé (stockage Ca)
  - Immaturité des pompes à Ca

A: Adulte  
B: Nouveau-né



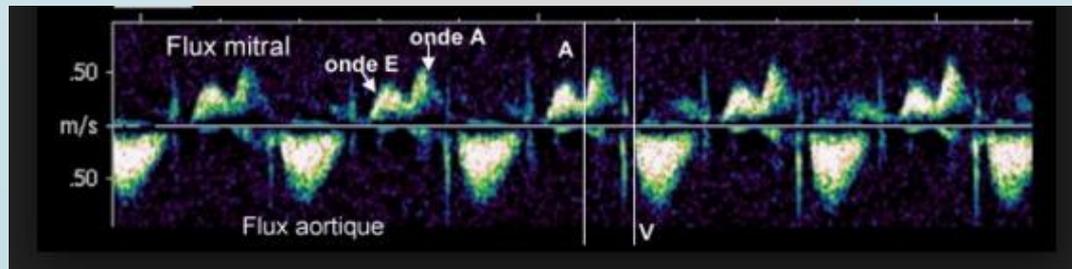
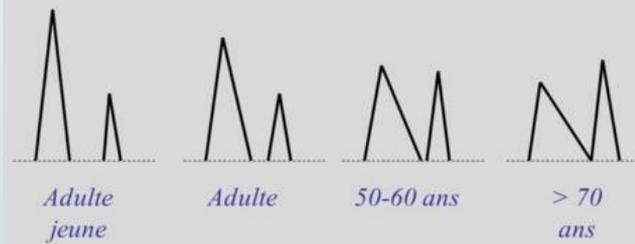
## Fonction myocardique fragile

- ▶ Peu de réserve myocardique



- Peu de réserve myocardique
- Peu de compliance

*Modification du profil mitral lié à l'âge*



- 
- ▶ Peu de réserve myocardique
  - ▶ Peu de compliance
  - ▶ Sensibilité forte à la post charge donc aux résistances placentaires



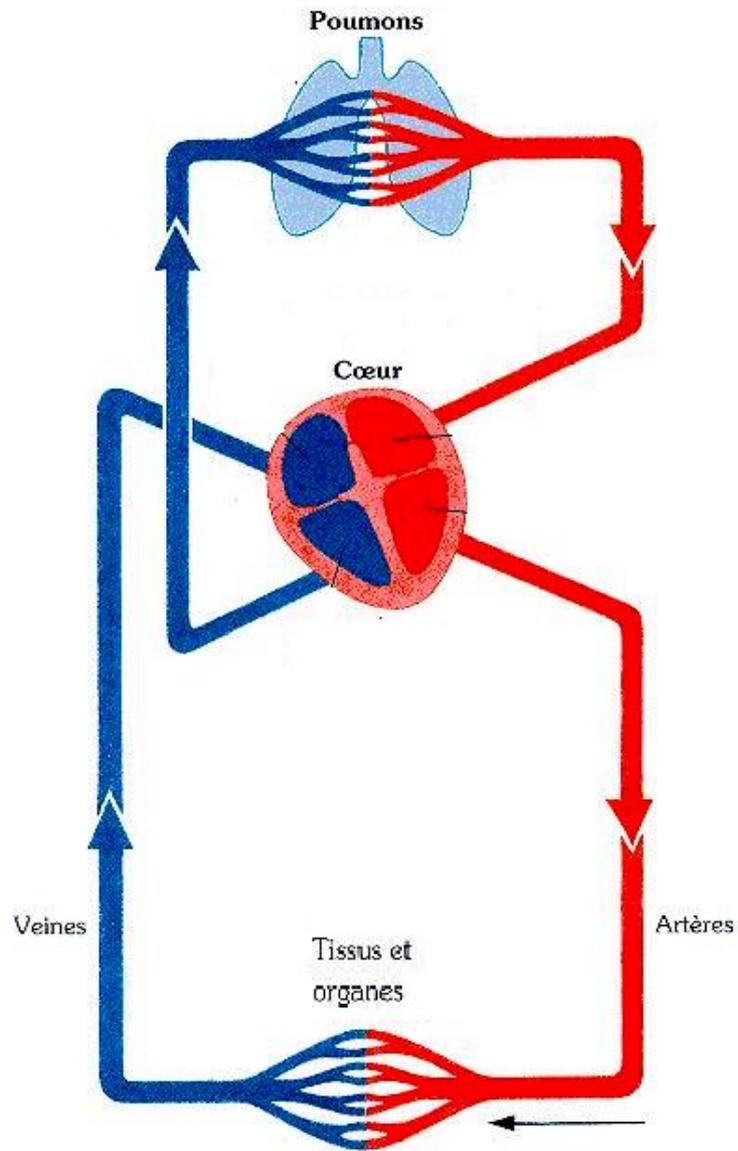
Pour toutes ces raisons,

=> Intérêt d'évaluer le bien être hémodynamique fœtal dans certaines situations à risque.

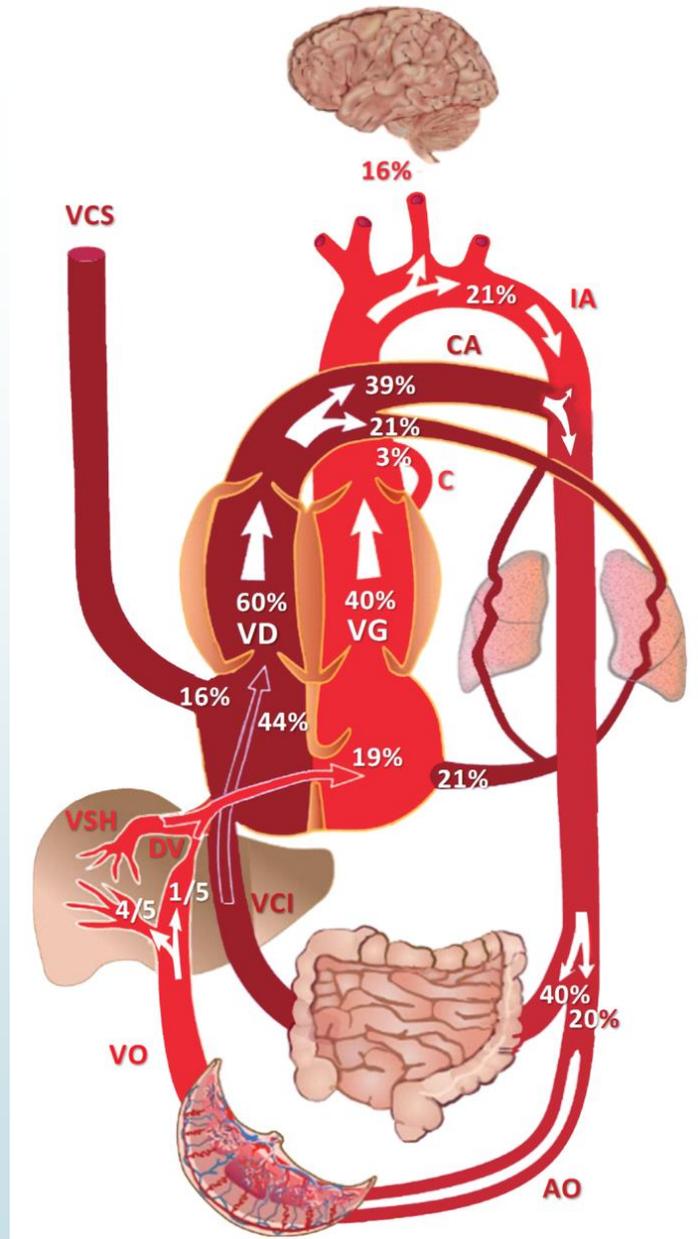
- Cardiopathies ducto dépendantes ou à enjeux hémodynamiques (Ebstein / APSI / Myocardiopathies ...)
- Grossesses gémellaires mono choriales
- RCIU et toute cause d'hypo-débit placentaire d'origine maternelle
- Anémie fœtale
- Hernies diaphragmatiques
- Tumeurs sacro-coccygiennes ou autres shunts extra cardiaques



## Quelques considérations d'hémodynamique cardiaque foetale



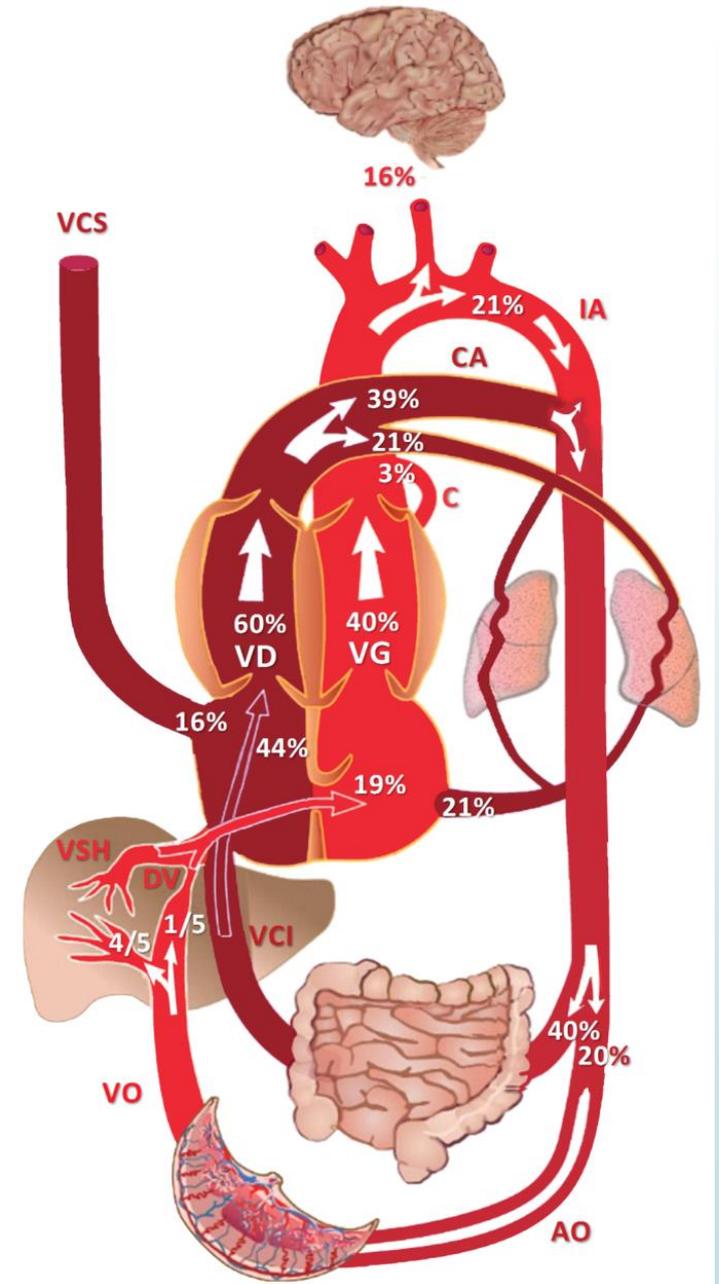
Circulation post natale :  
Circulation en série



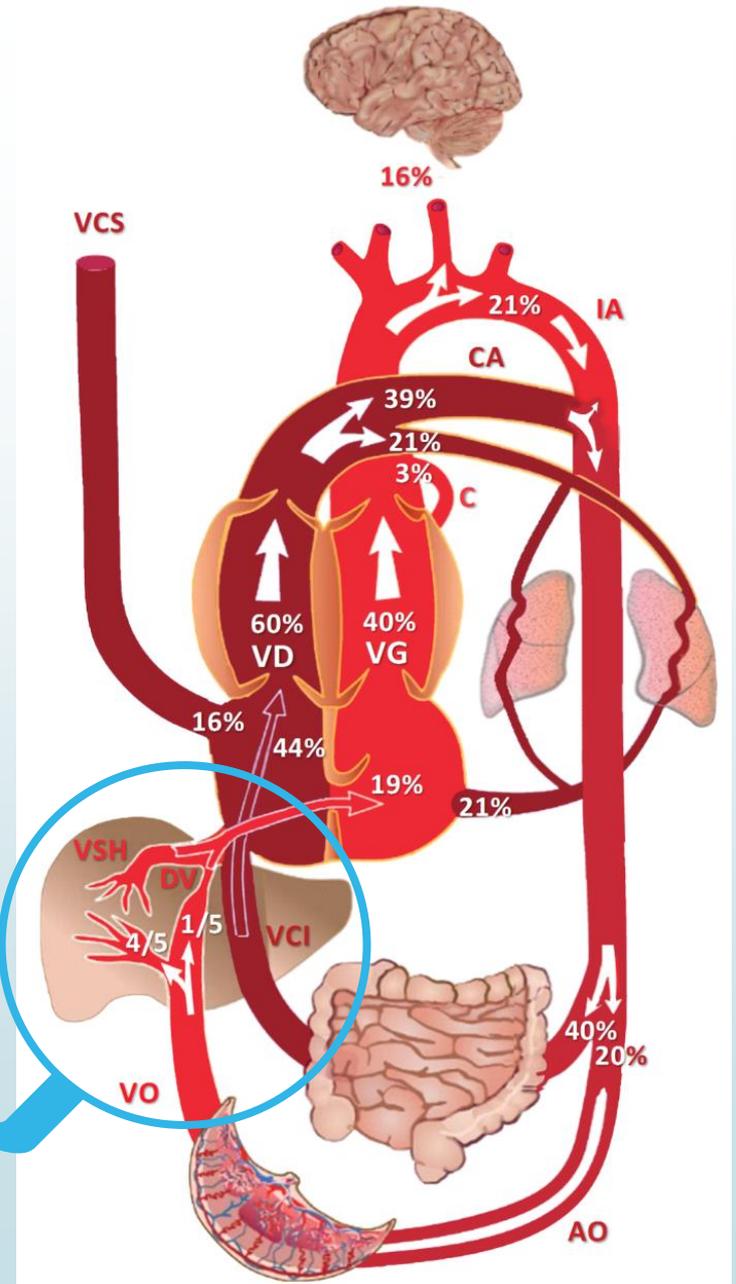
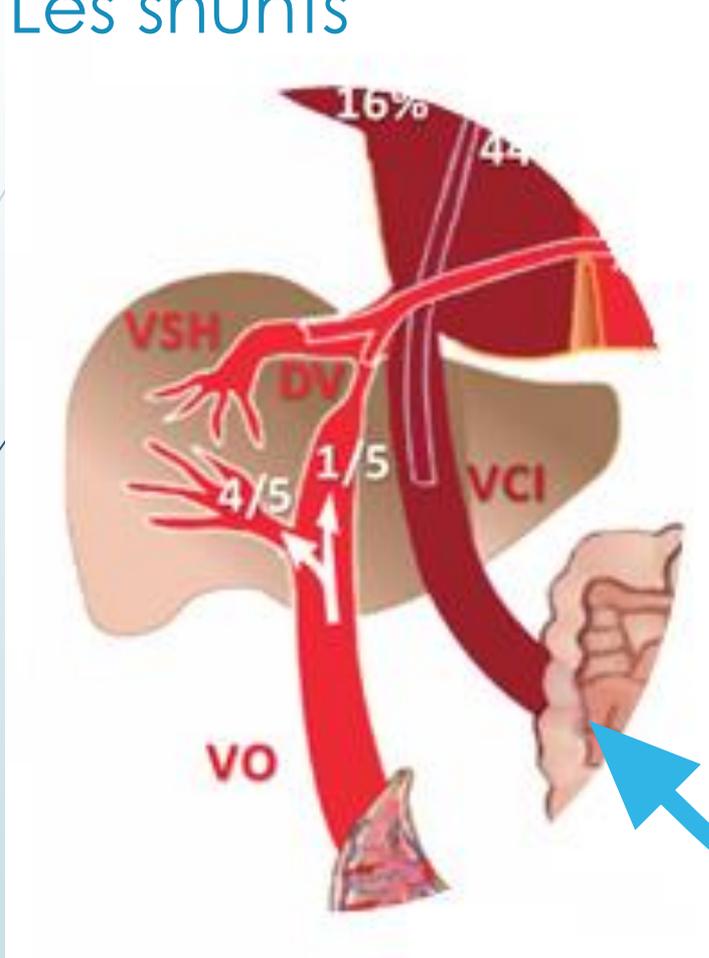
Circulation foetale :  
Circulation en parallèle

# Circulation en parallèle

## - Les shunts

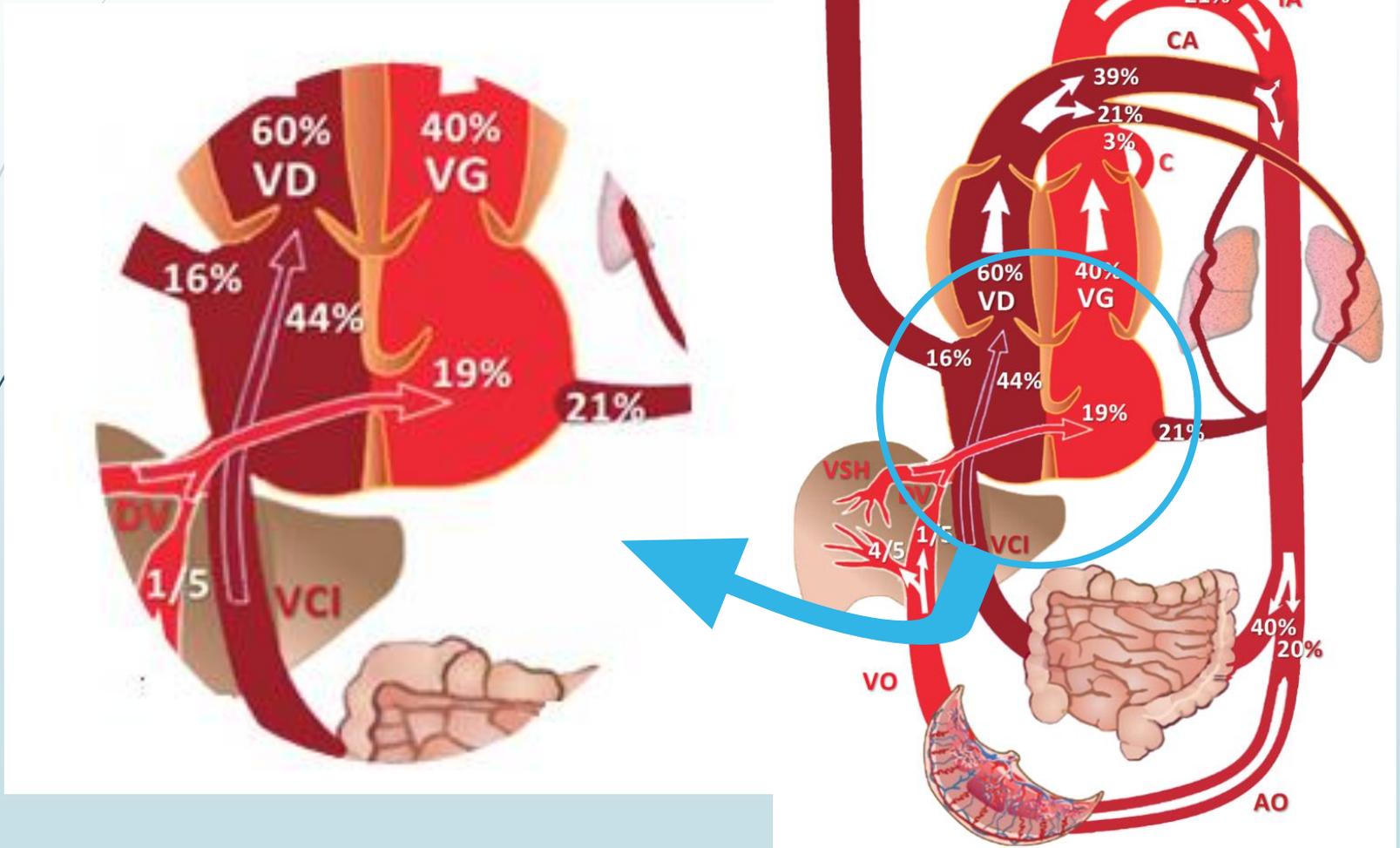


# Circulation en parallèle - Les shunts



DV : Circulation placentaire + porte – circulation systémique

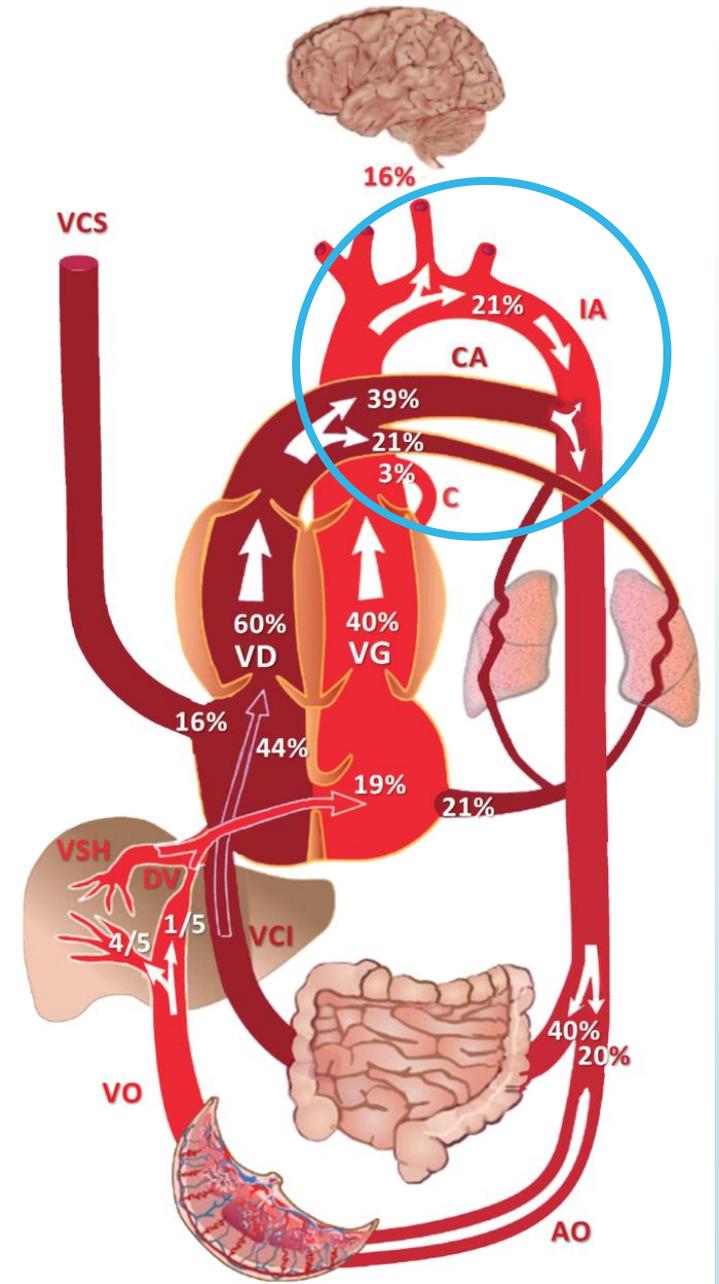
# Circulation en parallèle - Les shunts



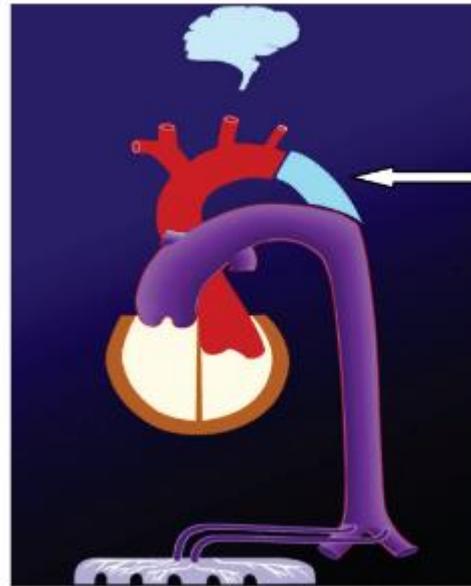
Le Foramen Ovale : Circulation VG - Circulation VD

# Circulation en parallèle

## - Les shunts



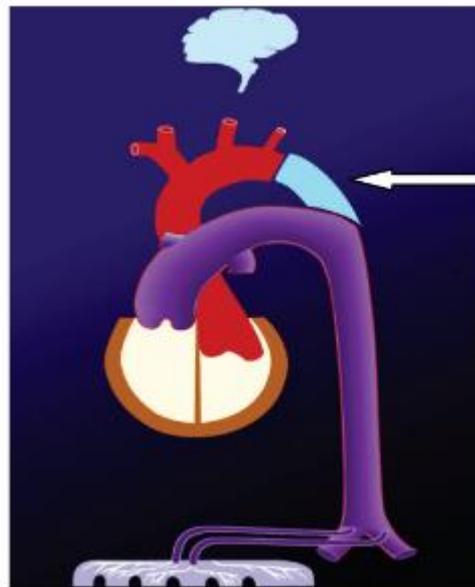




Isthme aortique

- 2 circulations en parallèle
- La circulation VG : pour le cerveau et le haut du corps
- La circulation VD : Pour le placenta le placenta et le bas du corps

- La clé de l'hémodynamique fœtale
- = Equilibre permanent entre ces deux circulations
  - Le VG regarde le cerveau
  - Le VD regarde le placenta



R cérébrale ↔ R placentaire

Explique la prépondérance physiologique



## Prépondérance droite physiologique à partir de 28SA

- Baisse des résistances placentaires tout au long de la grossesse
- Augmentation du débit placentaire
- Prépondérance droite



Comment évaluer le bien être  
hémodynamique foetal ?

A dark grey arrow points to the right from the top left corner. Several thin, light blue lines curve downwards from the left side of the slide.

Face à une hypoxie : Assurer l'oxygénation des organes nobles = Cerveau + coronaires

- Vasodilatation cérébrale et coronaire
- Vasoconstriction périphérique et digestive

Deux objectifs :

- Evaluer la qualité de la perfusion cérébrale en évaluant les résistances cérébrales et placentaires
- Evaluer la pompe cardiaque

A dark grey arrow points to the right from the top left corner. Several thin, light blue lines curve downwards from the left side of the slide.

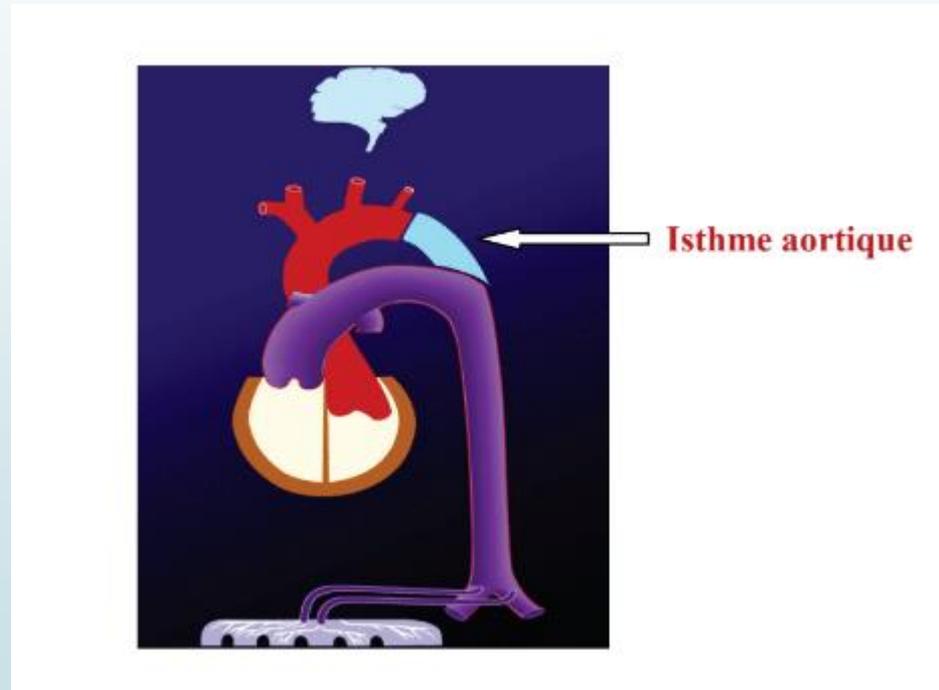
Face à une hypoxie : Assurer l'oxygénation des organes nobles = Cerveau + coronaires

- Vasodilatation cérébrale et coronaire
- Vasoconstriction périphérique et digestive

Deux objectifs :

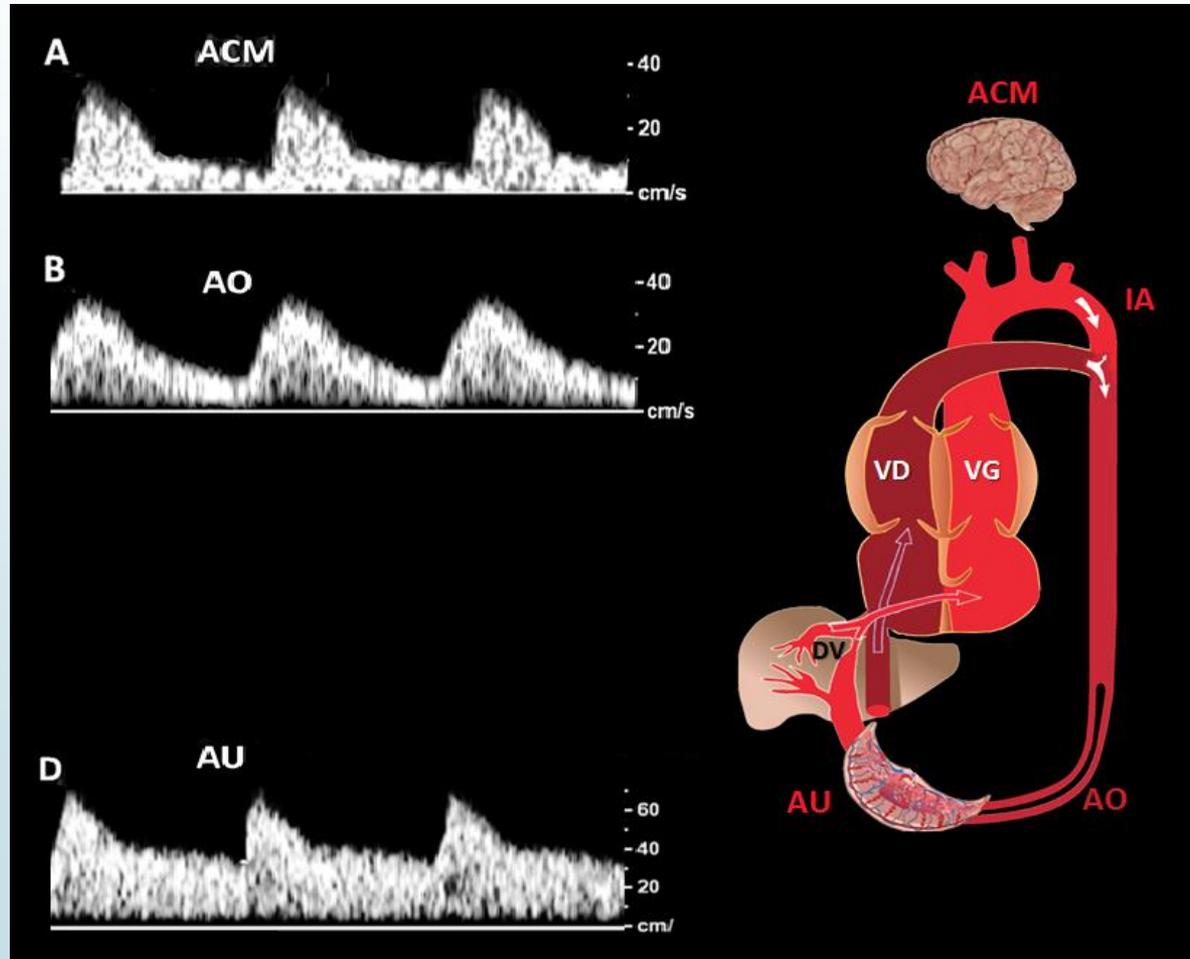
- **Evaluer la qualité de la perfusion cérébrale en évaluant les résistances cérébrales et placentaires**
- Evaluer la pompe cardiaque

# Evaluer la qualité de la perfusion cérébrale en évaluant les résistances cérébrales et placentaires

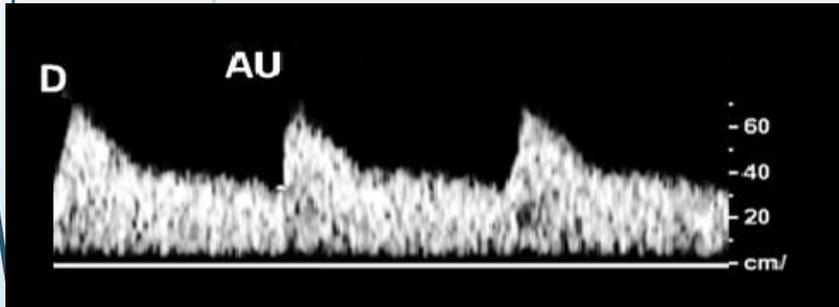


- Le cerveau est-il suffisamment perfusé et avec du sang de qualité

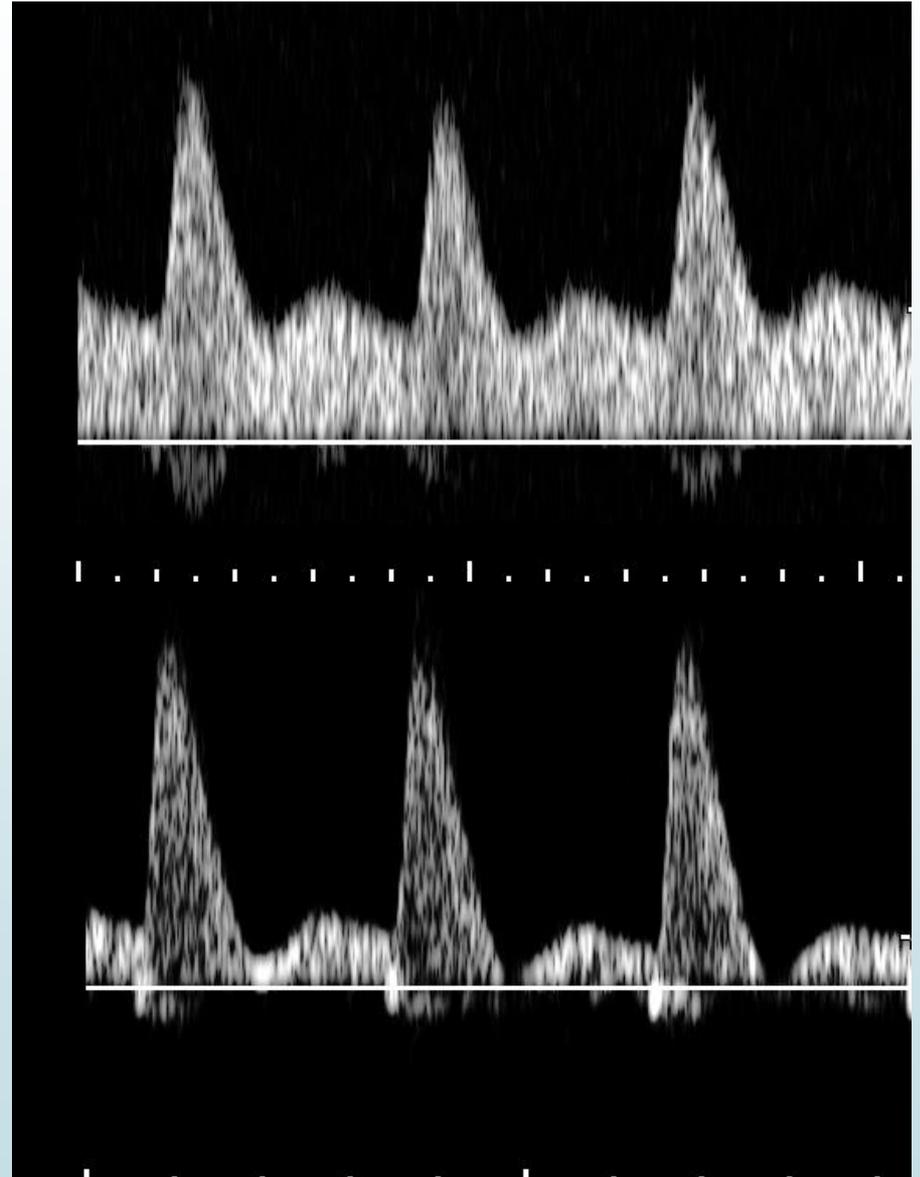
# Analyse des résistances cérébrales et placentaires

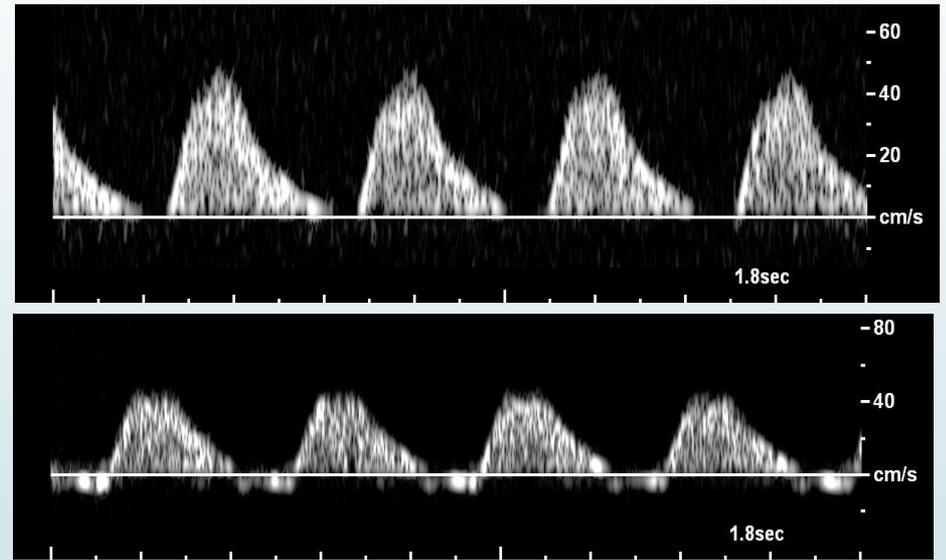
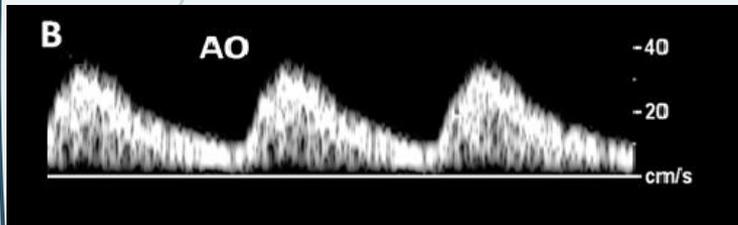


= Travail de l'obstetricien

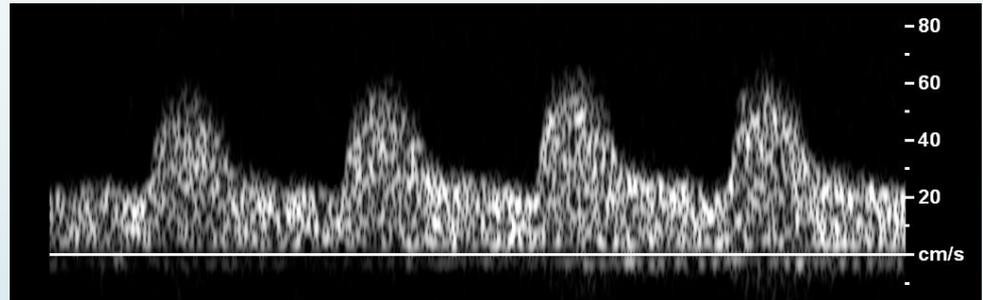
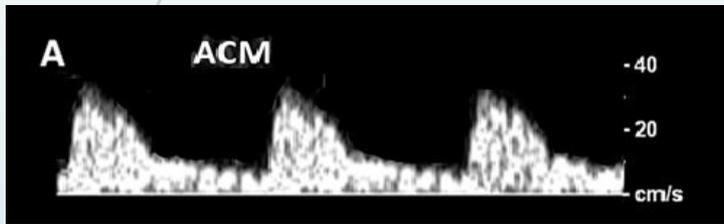


$$IR = (S-D)/S$$
$$IP = P/M$$





$$IR = (S-D)/S$$
$$IP = P/M$$

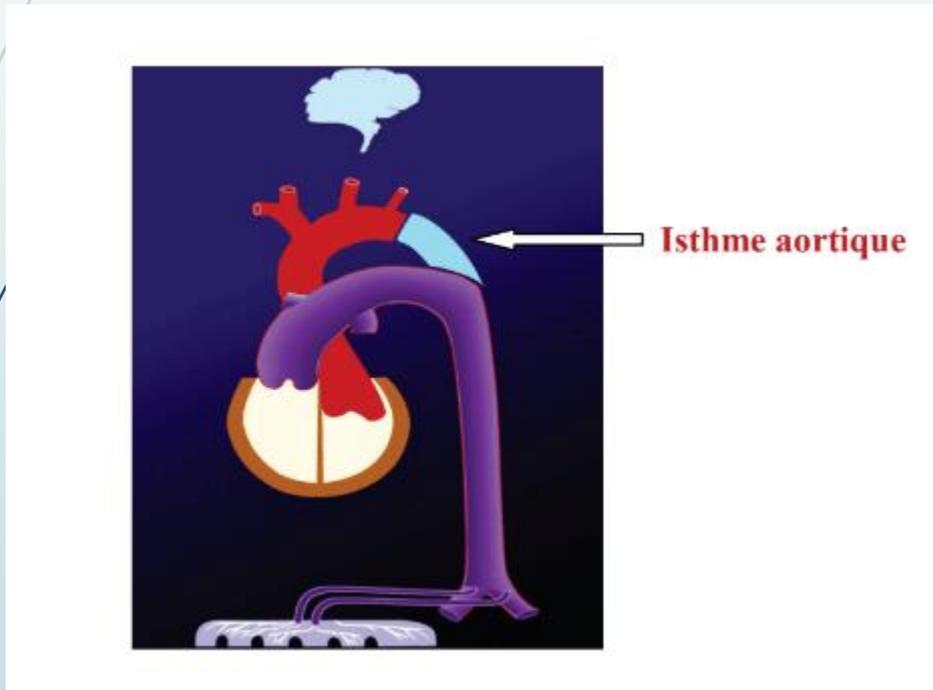


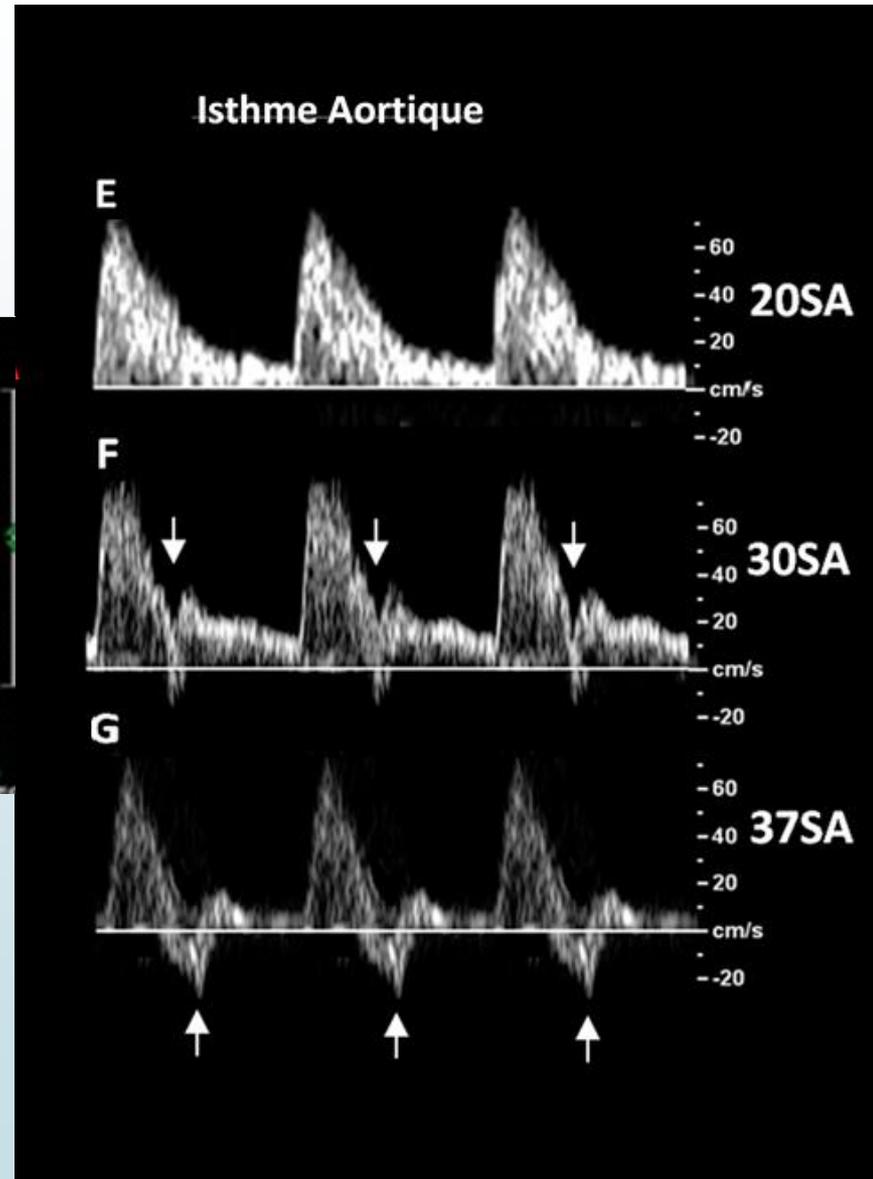
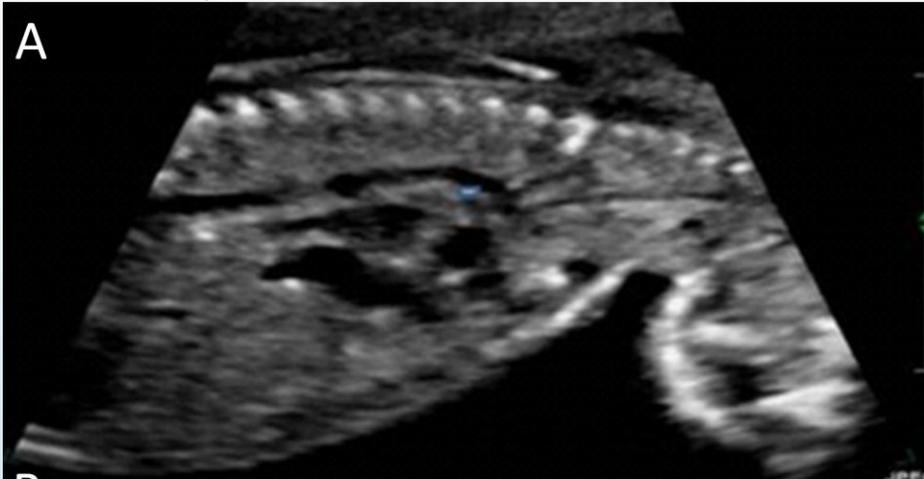
$$IR = (S-D)/S$$
$$IP = P/M$$

# Analyse de l'isthme

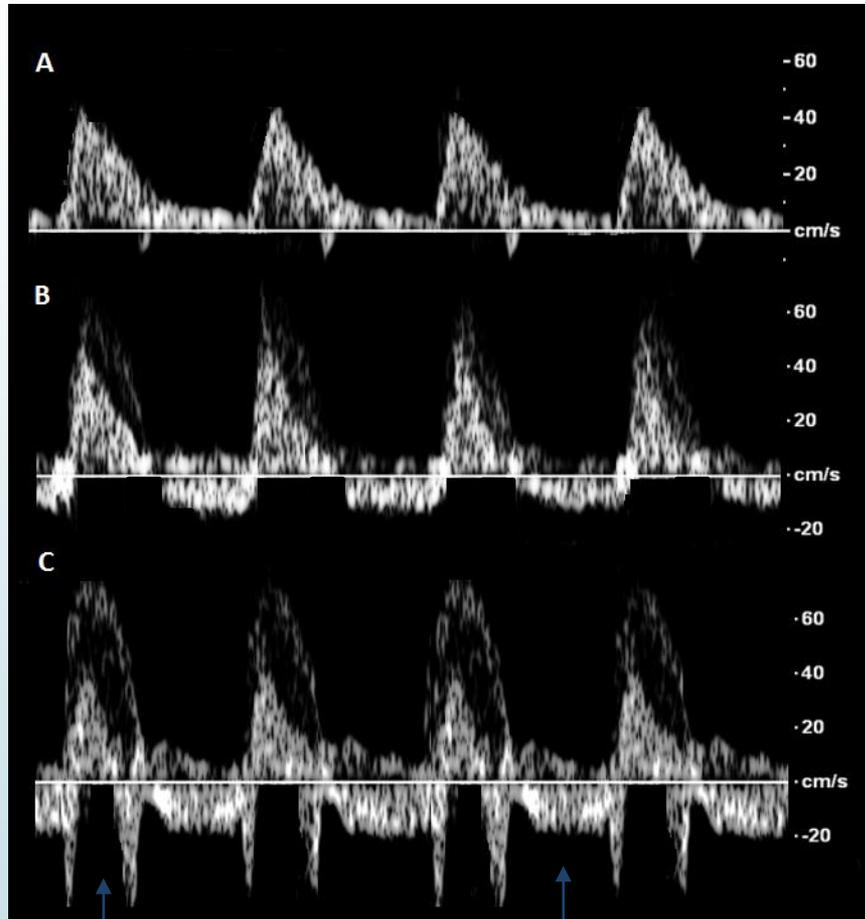
= Donnera de riches informations sur

- La prépondérance de chaque ventricule = SYSTOLE
- Analyse plus globale sur l'équilibre des résistances cérébro-placentaires = DIASTOLE





# L'isthme pathologique

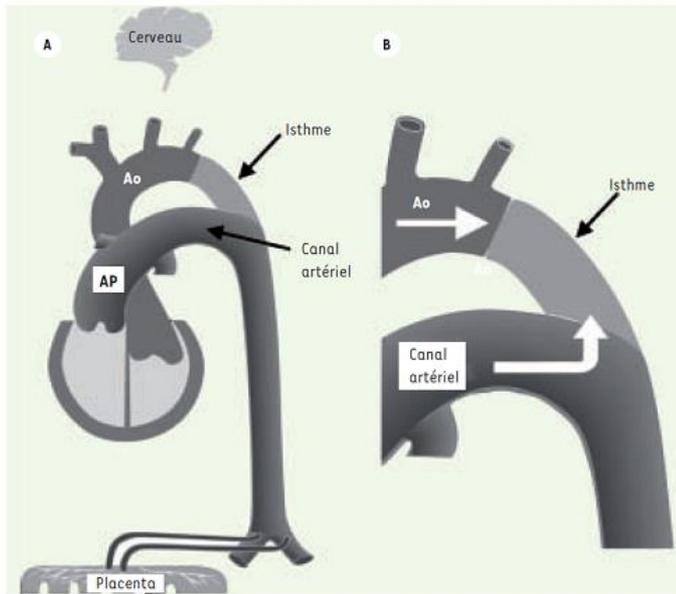


Prépondérance  
droite

Resistance placentaire élevées  
+  
Vasodilatation cérébrale

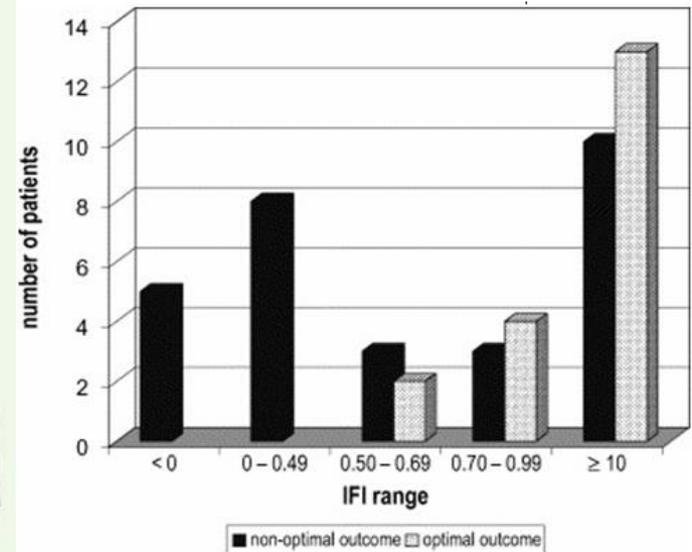
# L'isthme pathologique

## Aortic isthmus



**Abnormal isthmus flow predicts suboptimal neurodevelopment**

$$IFI = (S+D) / S$$





Face à une hypoxie : Assurer l'oxygénation des organes nobles = Cerveau + coronaires

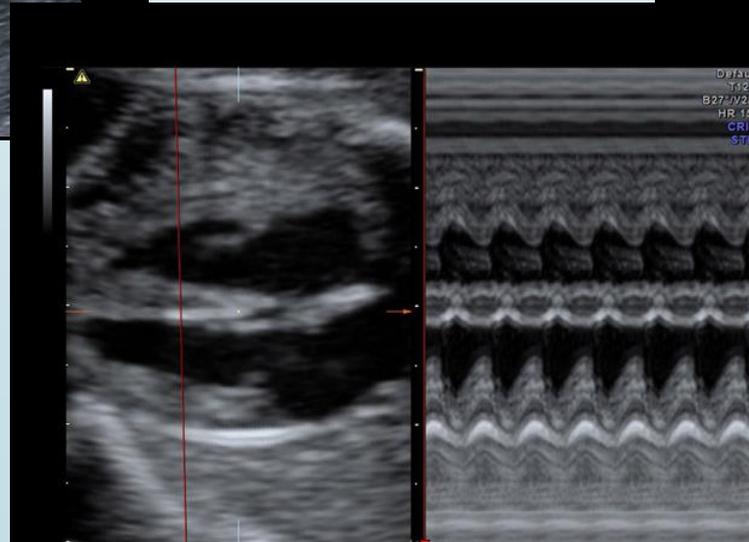
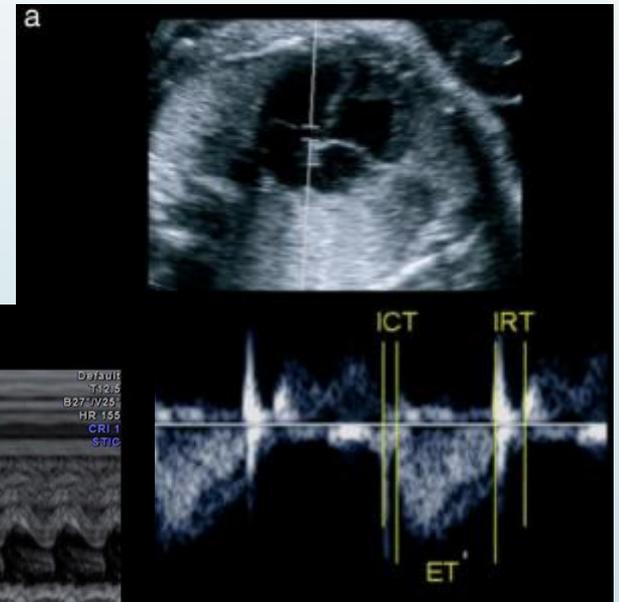
- Vasodilatation cérébrale et coronaire
- Vasoconstriction périphérique et digestive

Deux objectifs :

- Evaluer la qualité de la perfusion cérébrale en évaluant les résistances cérébrales et placentaires
- **Evaluer la pompe cardiaque**

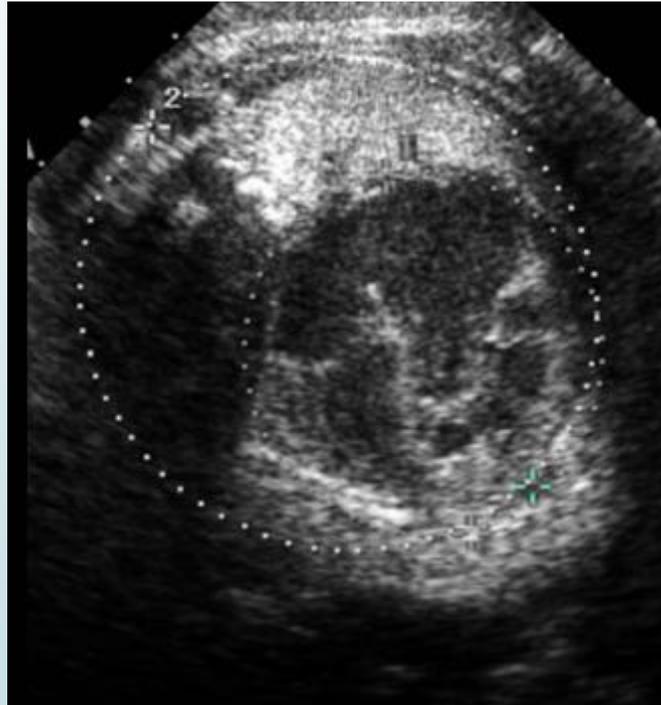
# Tolérance cardiaque de la situation hémodynamique défavorable

- Fonction systolique cardiaque : Visuelle, M mode, IPM



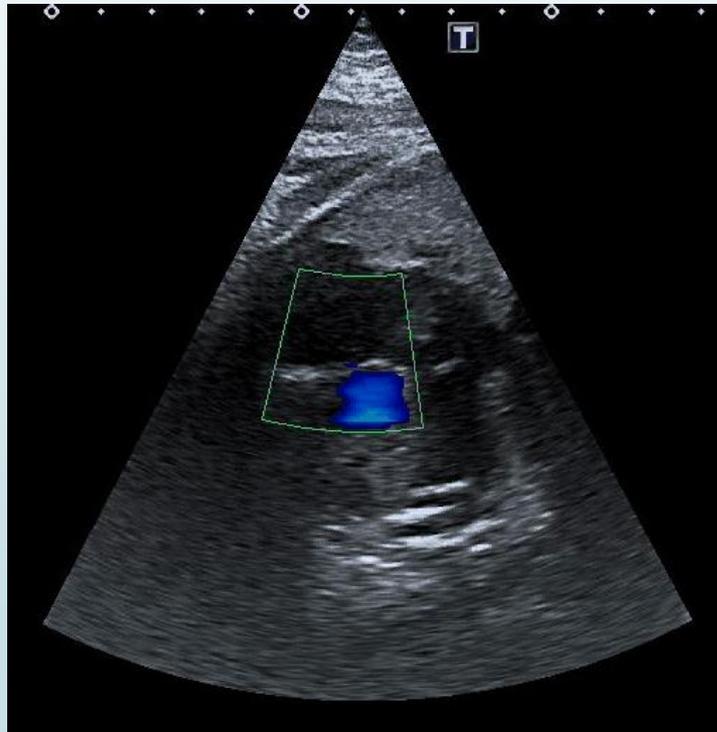
# Tolérance cardiaque de la situation hémodynamique défavorable

- Fonction systolique cardiaque : Visuelle, M mode, IPM
- ICT :  $N < 0,45$



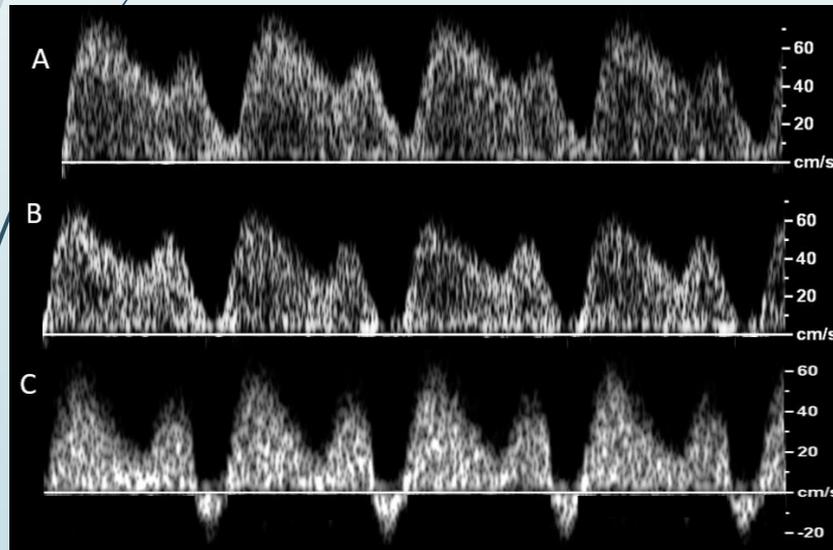
# Tolérance cardiaque de la situation hémodynamique défavorable

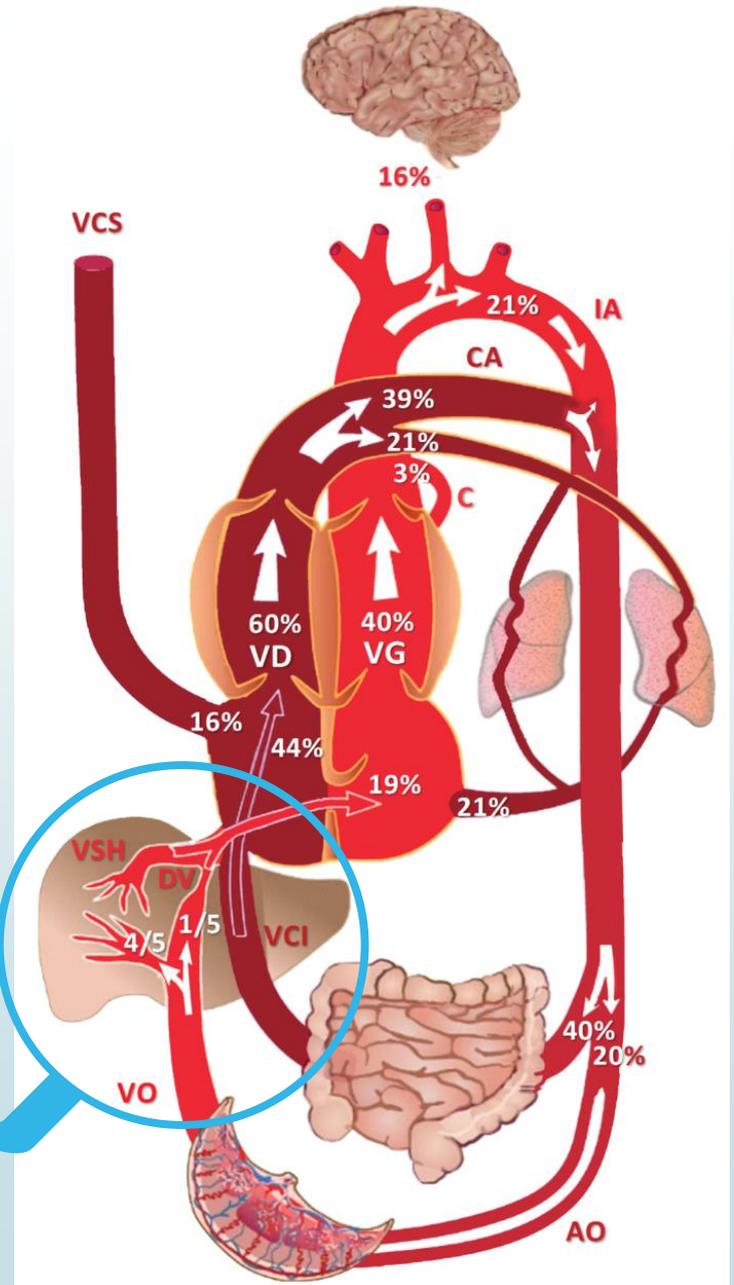
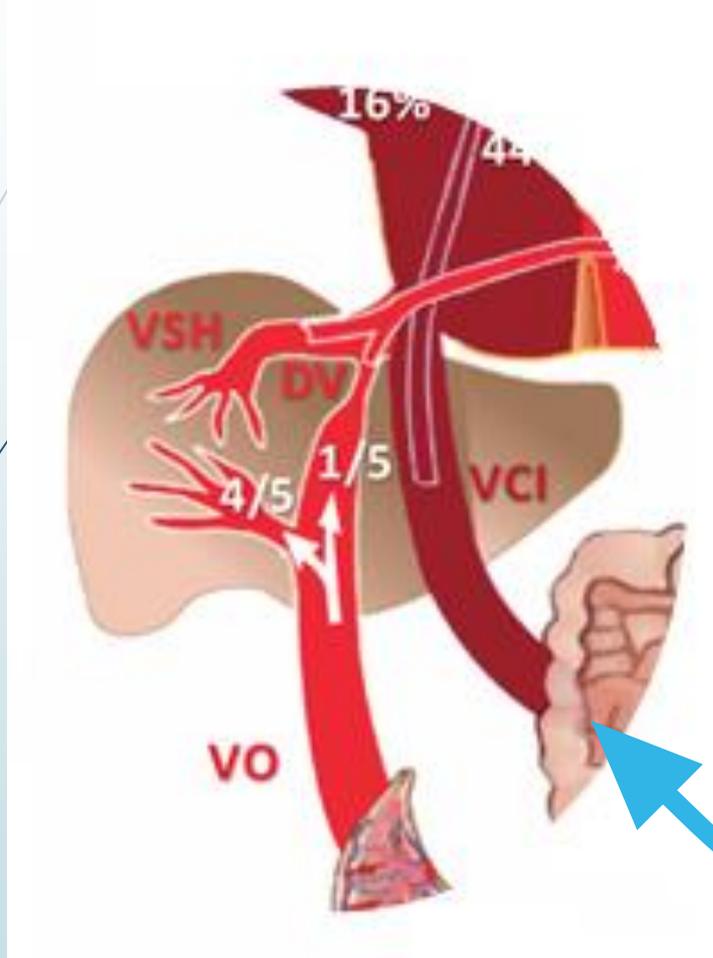
- Fonction systolique cardiaque : Visuelle, M mode, IPM
- ICT
- Fuites VAV



# Tolérance cardiaque de la situation hémodynamique défavorable

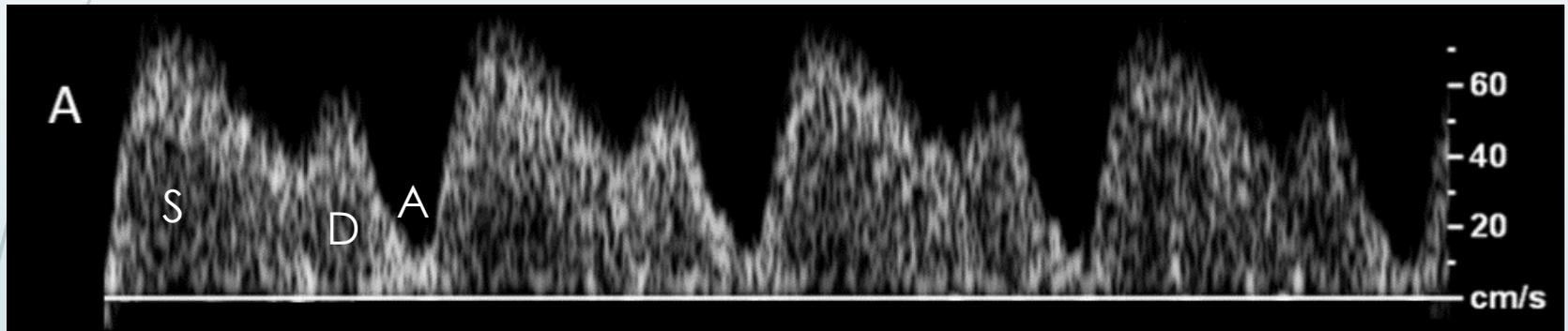
- Fonction systolique cardiaque : Visuelle, M mode, IPM
- ICT
- Fuites VAV
- Ductus Venosus = Reflet de la dysfonction diastolique



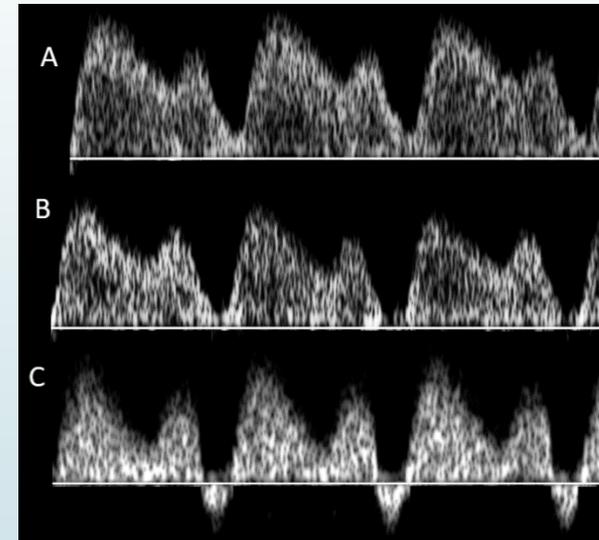
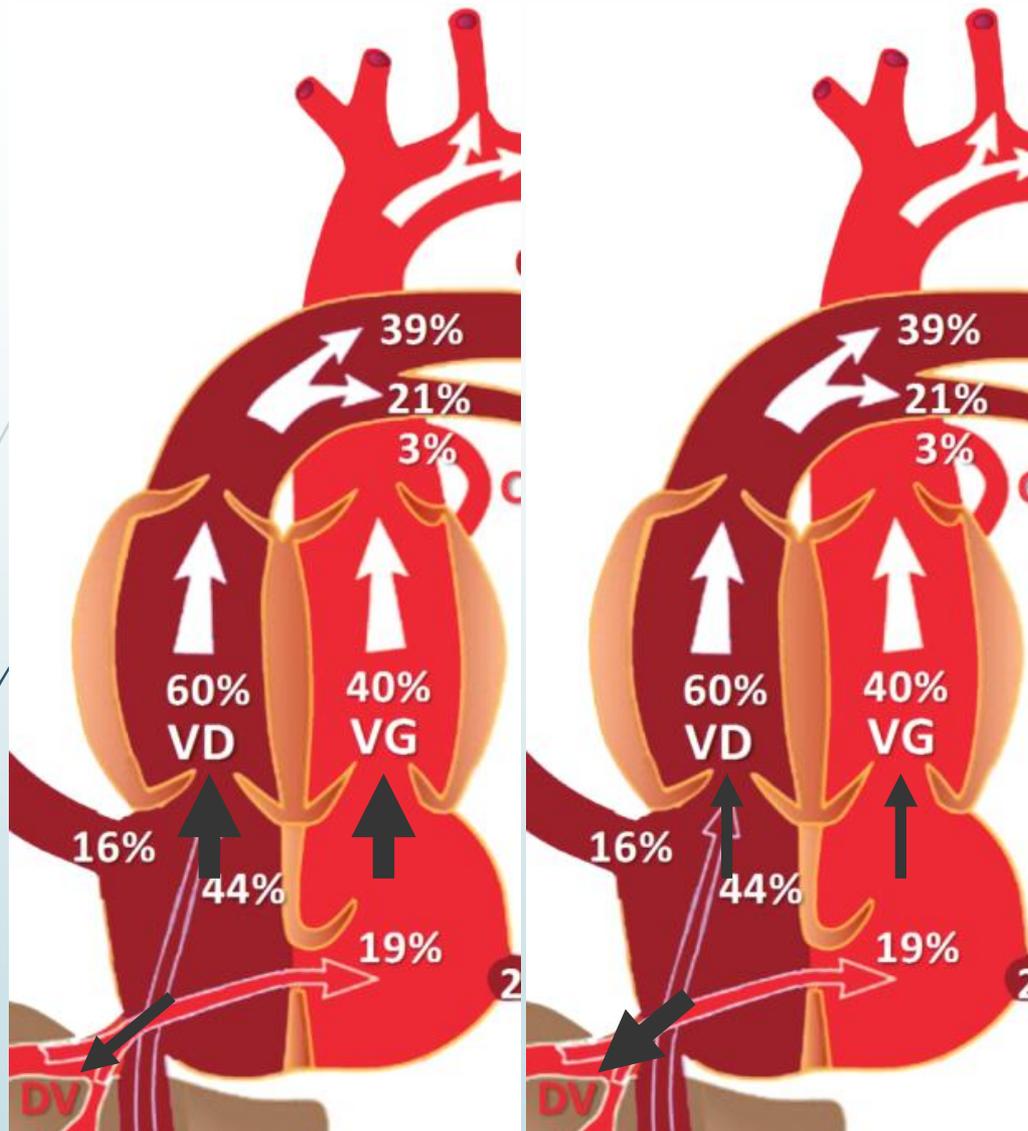


DV : Circulation placentaire + porte – circulation systémique

## DV: Zone d'accélération du flux



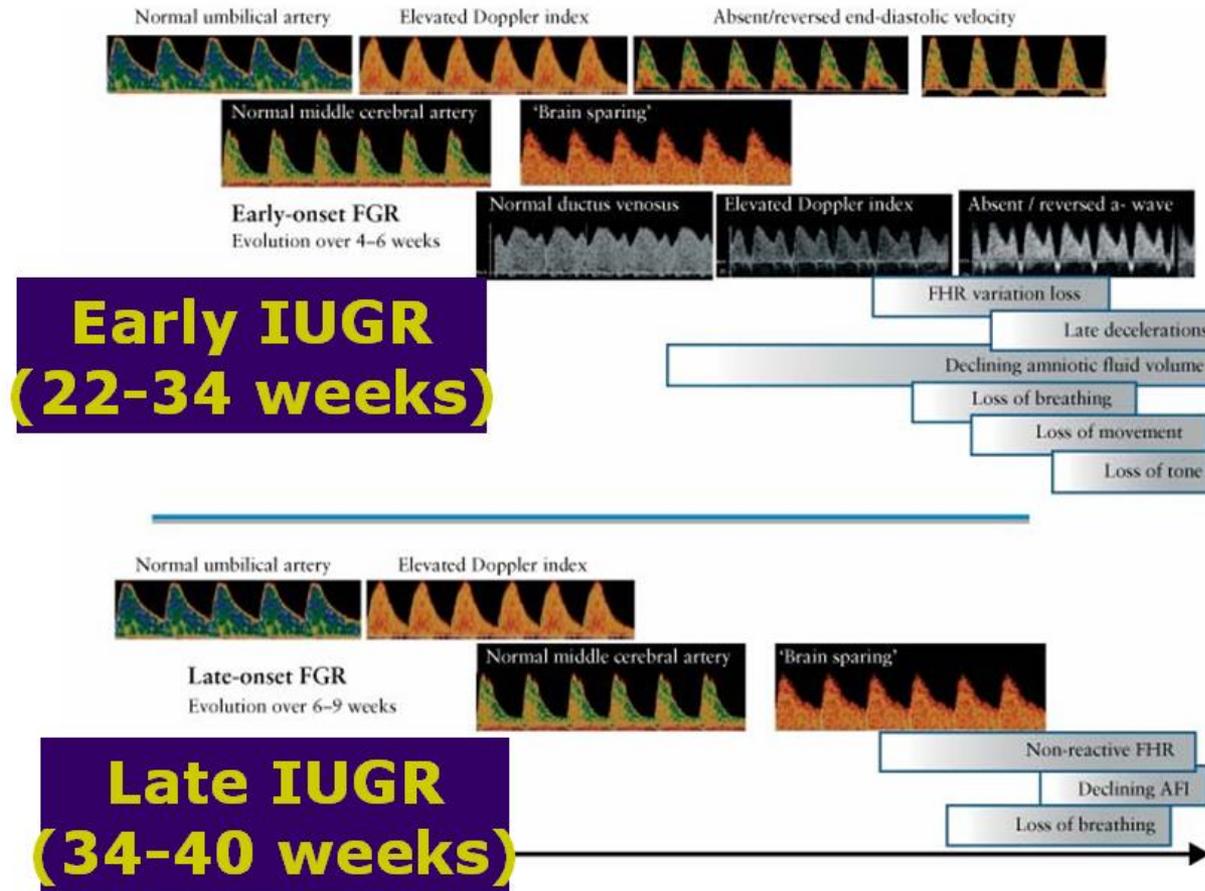
L'onde A sera le reflet de la fonction diastolique



L'onde A sera le reflet de la fonction diastolique

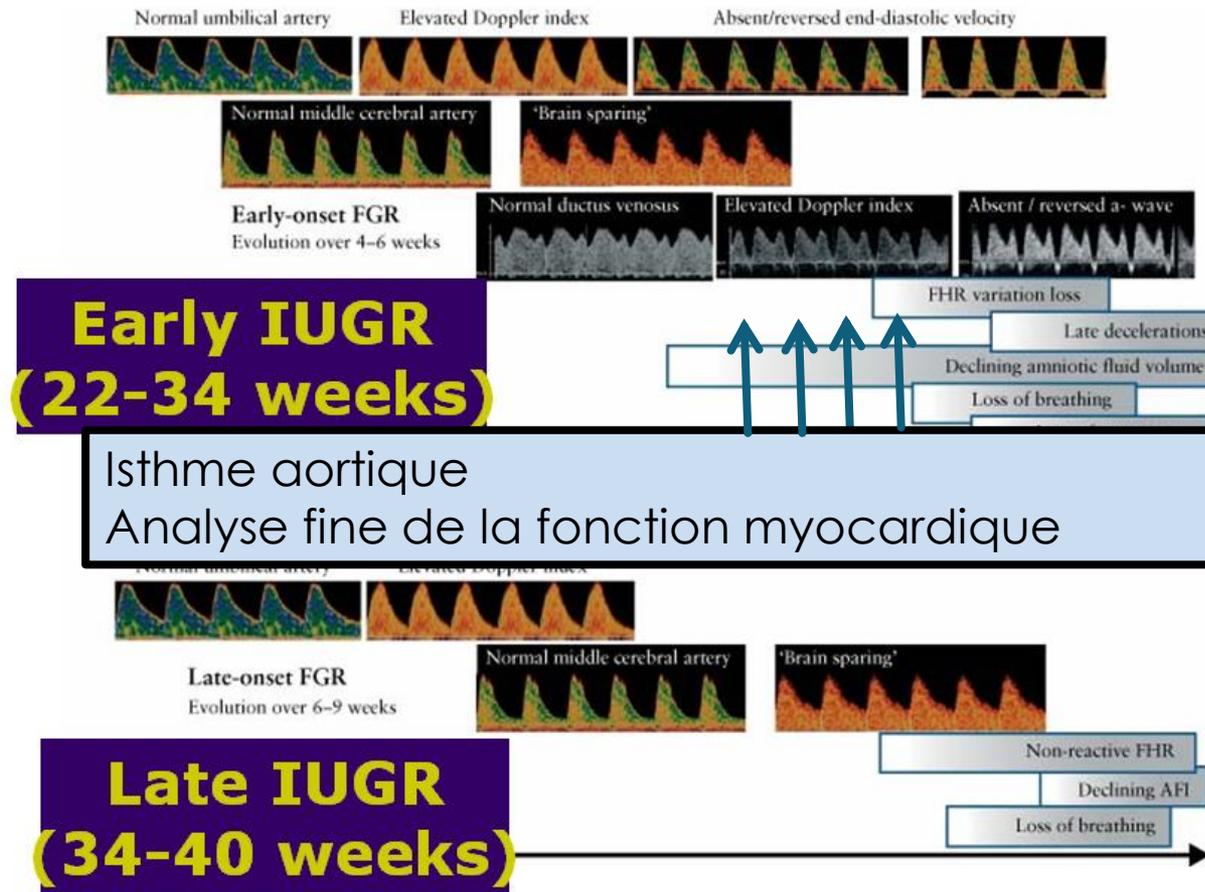
# Retard de croissance intra utérin

## Doppler evolution



# Retard de croissance intra utérin

## Doppler evolution



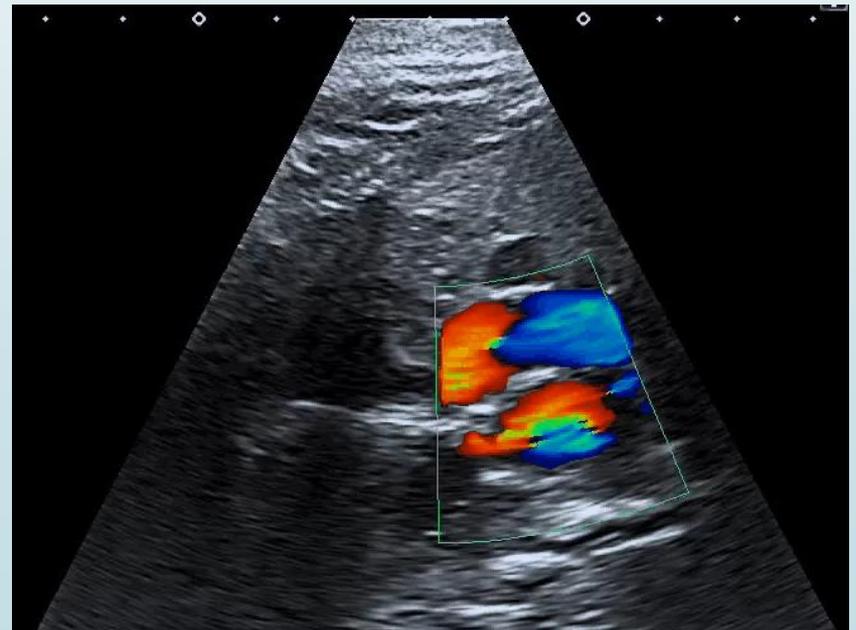
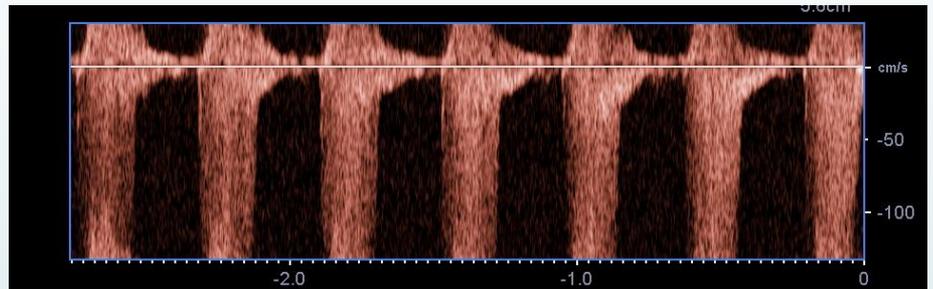
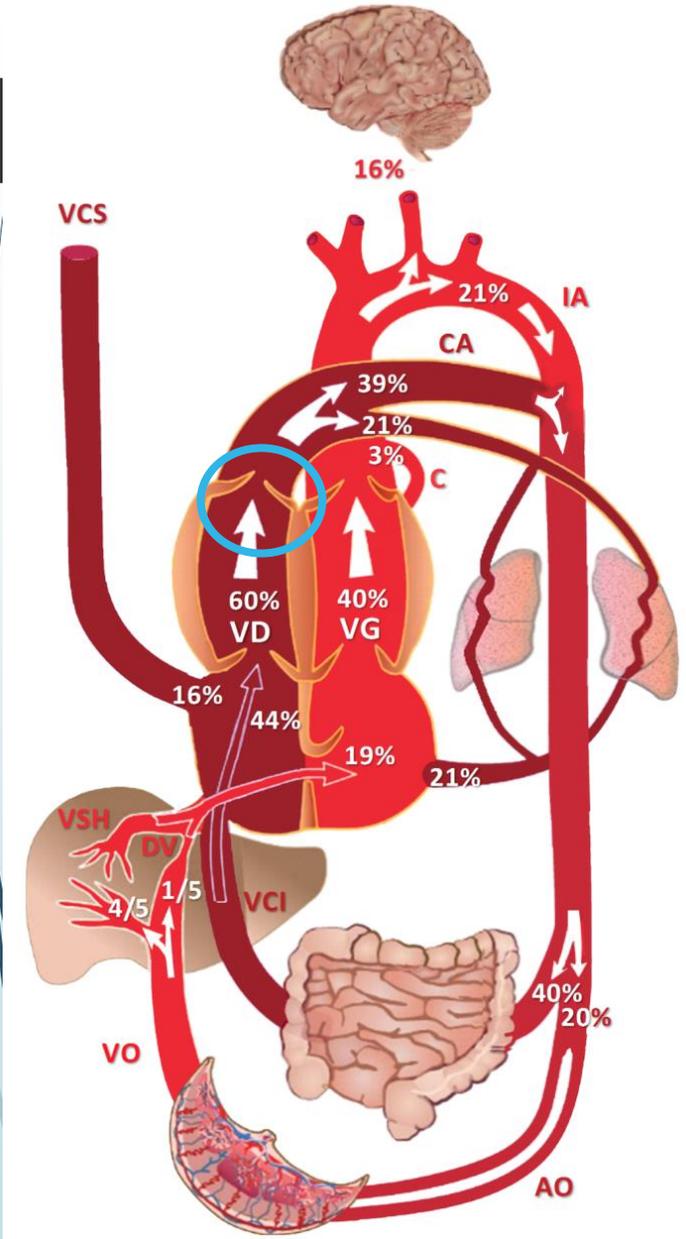


Besoin d'évaluer le bien être  
hémodynamique foetale dans certaines  
cardiopathies ?

**Exemple des obstacles à l'éjection**

# Obstacles droits

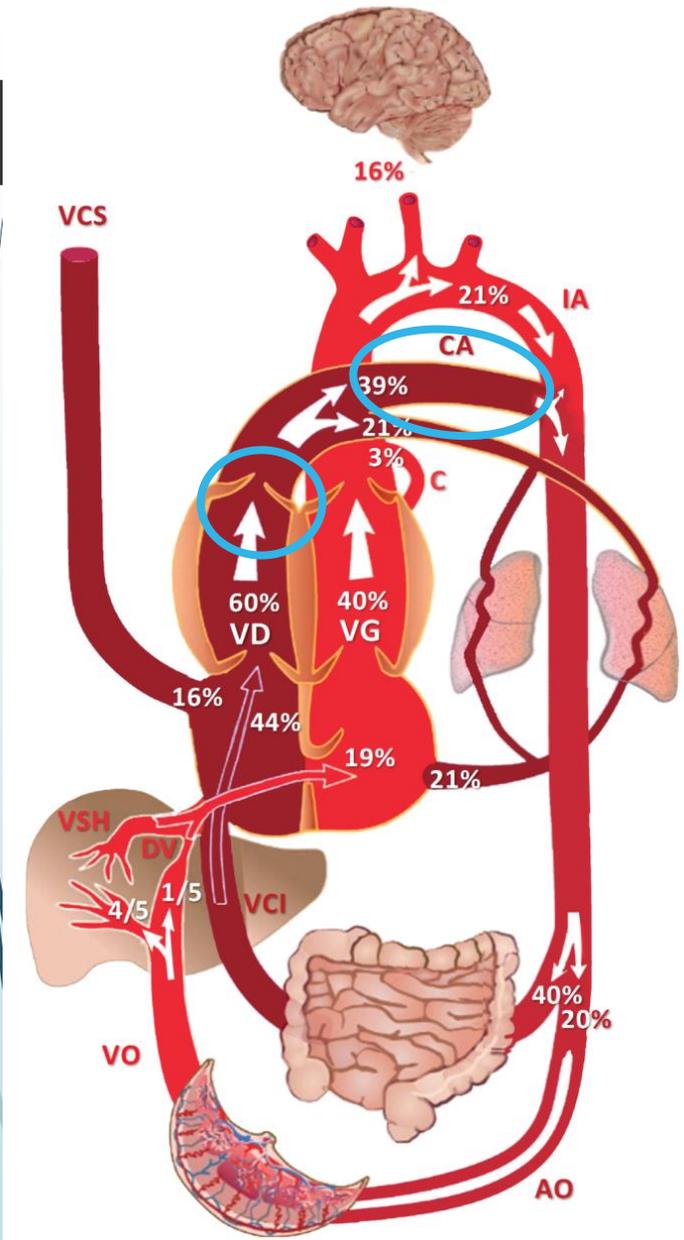
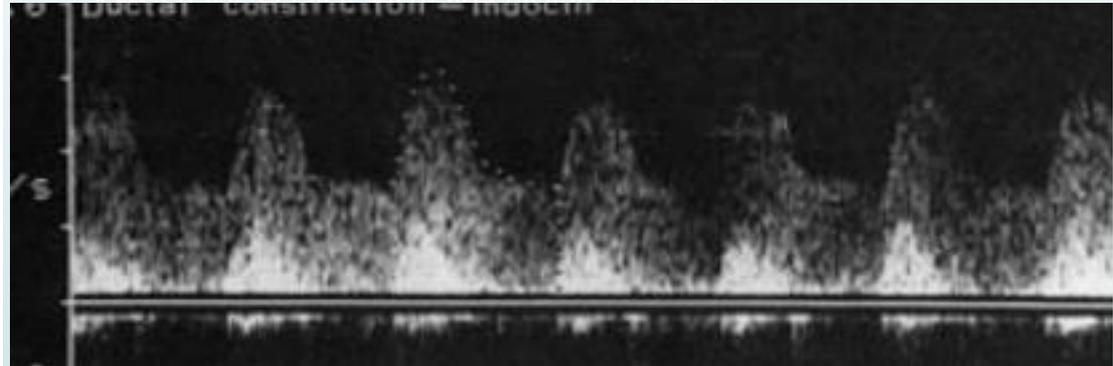
► Sténose – Atrésie pulmonaire



## Obstacles droits

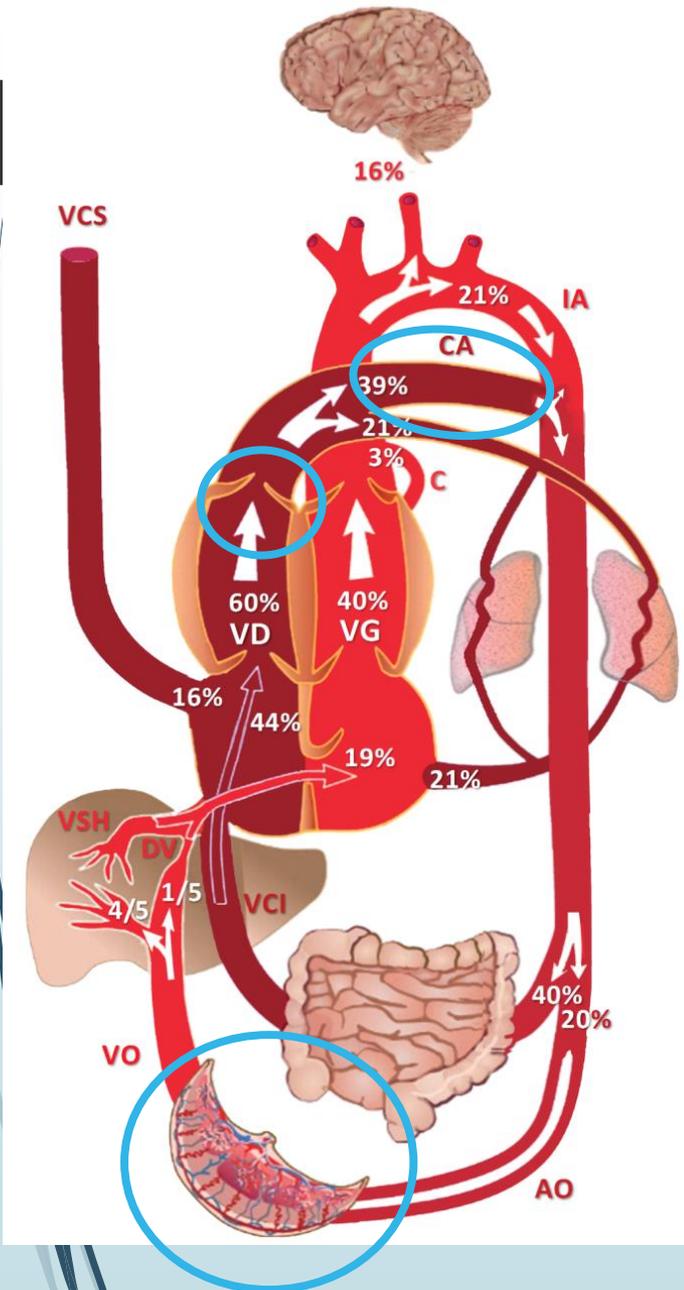
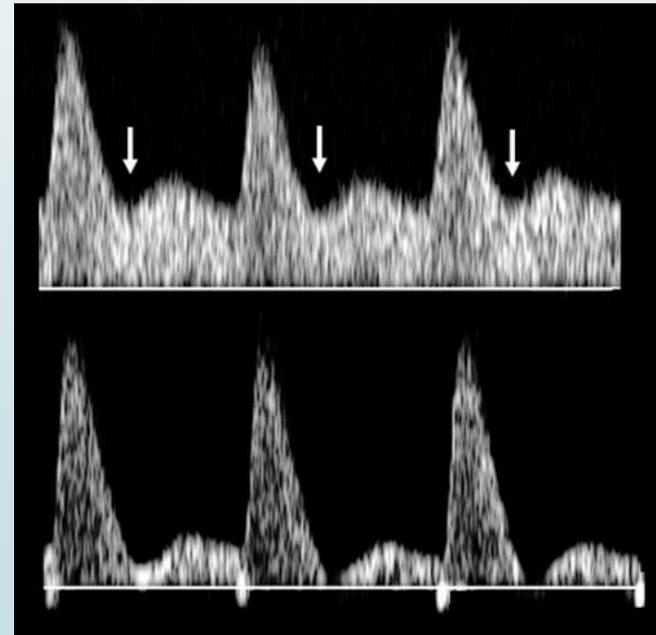
- Sténose – Atrésie pulmonaire
  - Restriction – Fermeture du CA
- = Rare

Résistance placentaire augmentées



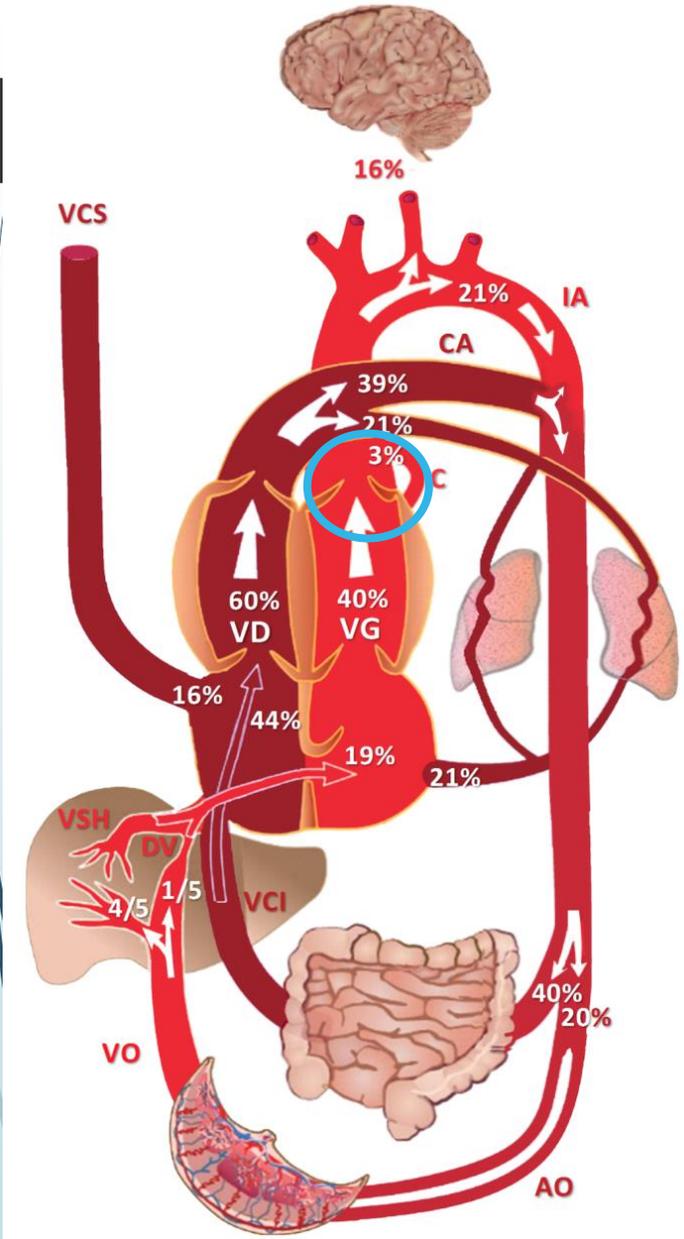
## Obstacles droits

- Sténose – Atrésie pulmonaire
- Restriction – Fermeture du CA.
- Résistances placentaires augmentées.

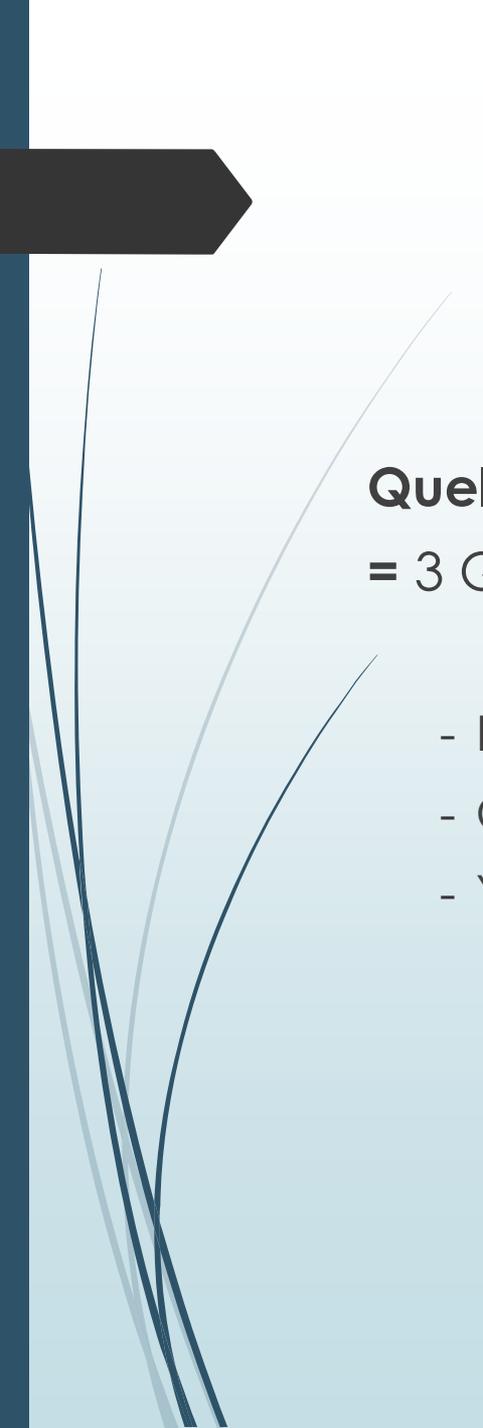


## Obstacles gauches

► Sténose – Atrésie aortique.



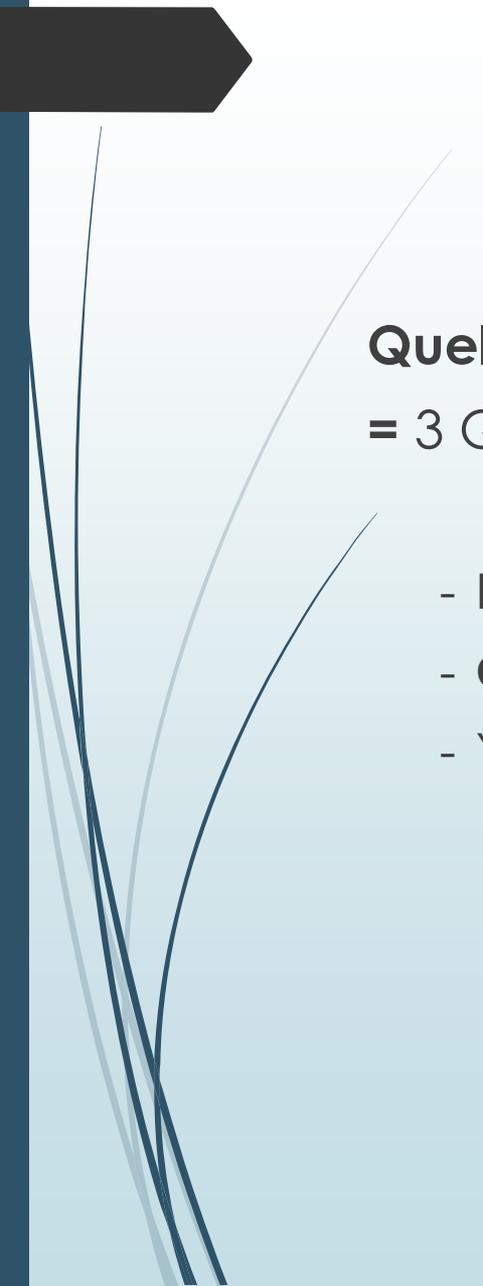




## **Quel est le retentissement et la sévérité de l'obstacle ?**

= 3 Questions à se poser

- Le ventricule est il petit ?
- Comment est sa contraction ?
- Y a-t-il d'autres signes de souffrance myocardique ?

A dark grey arrow points to the right from the left edge of the slide. Below it, several thin, light blue lines curve upwards and to the right, creating a decorative background element.

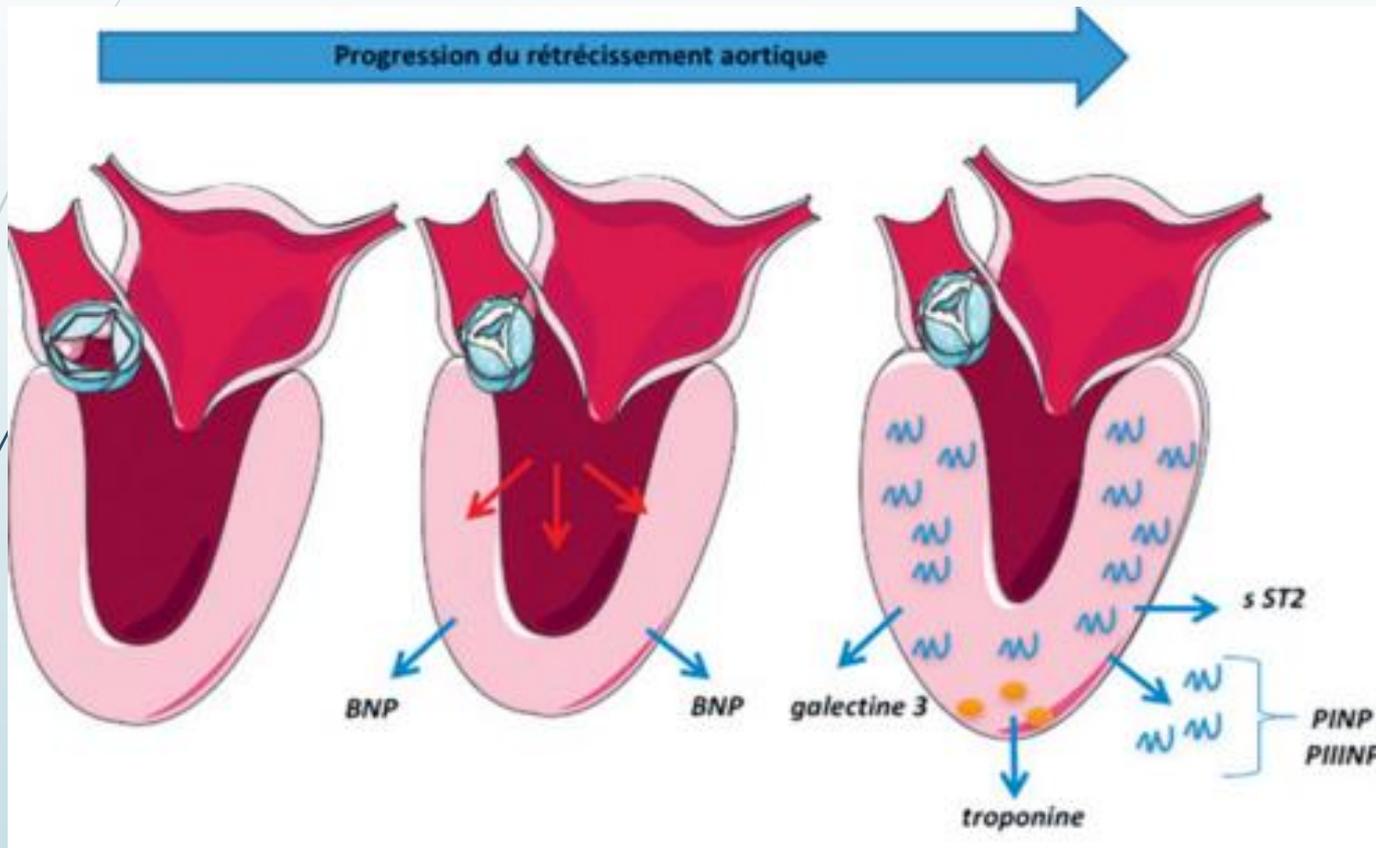
**Quel est le retentissement et la sévérité de l'obstacle ?**

= 3 Questions à se poser

- **Le ventricule est il petit ?**
- **Comment est sa contraction ?**
- Y a-t-il d'autres signes de souffrance myocardique ?

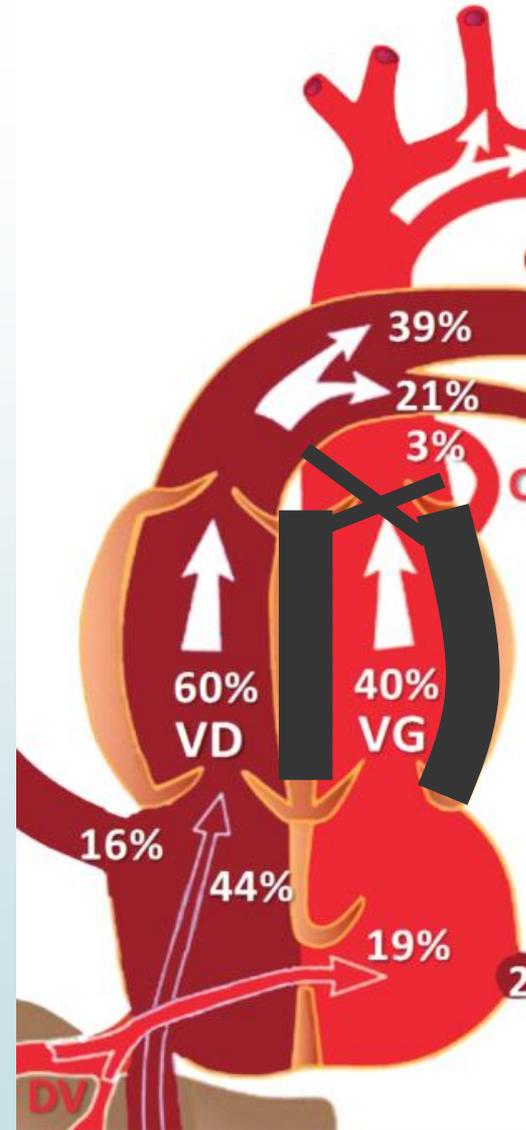
# Retour à la physio ...

Chez l'adulte

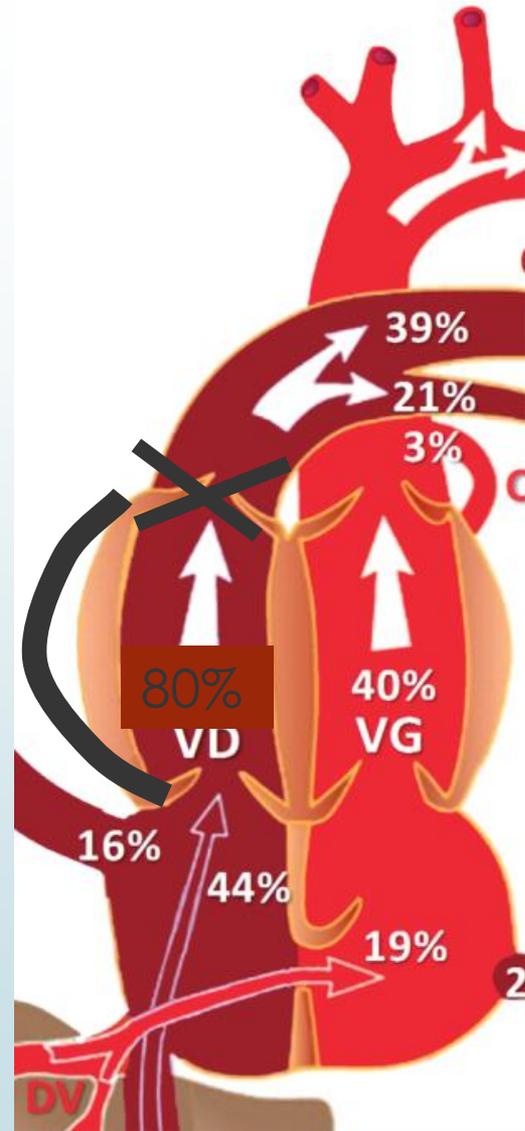
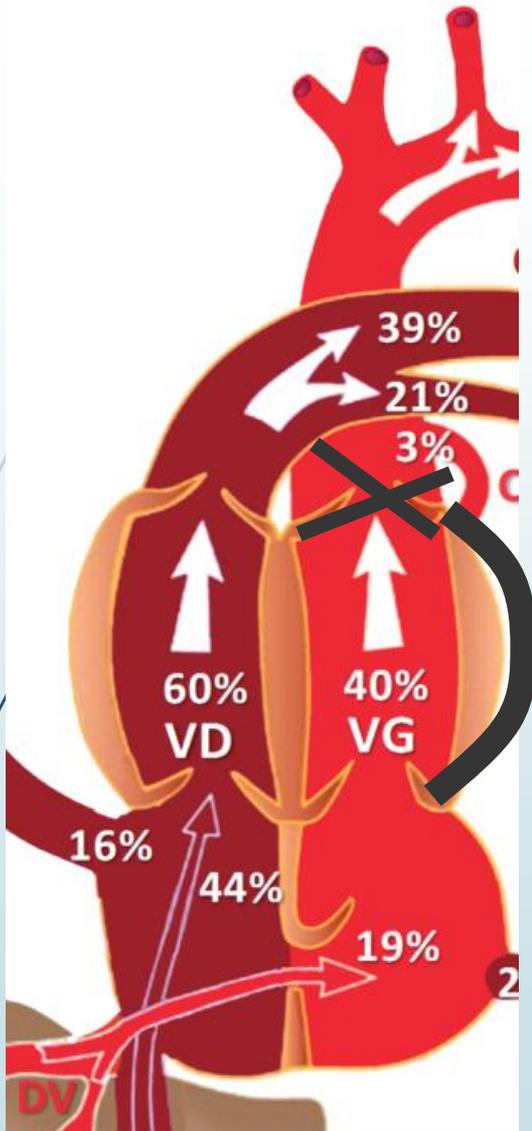


Adaptation : Hypertrophie puis dilatation et dysfonction

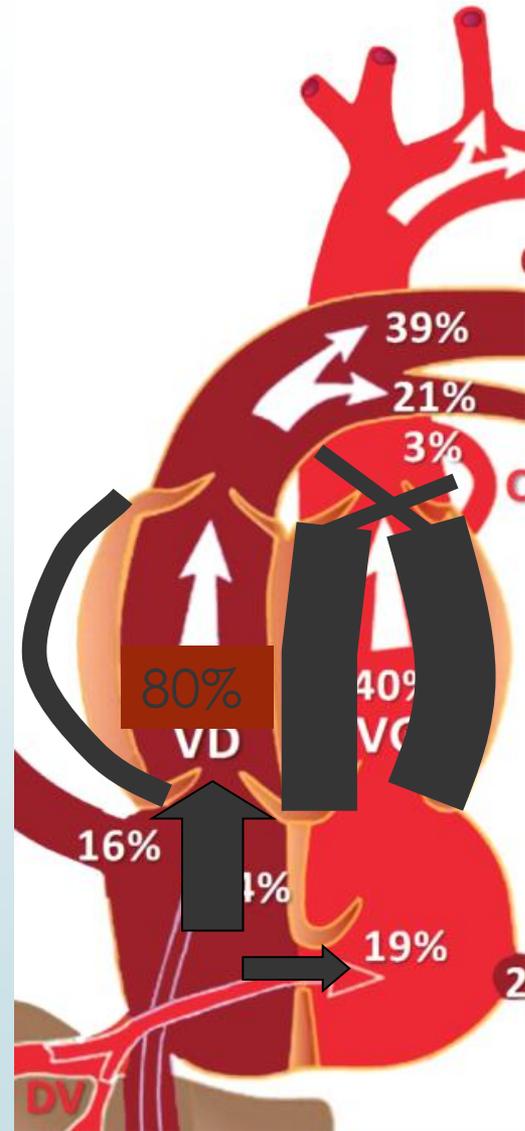
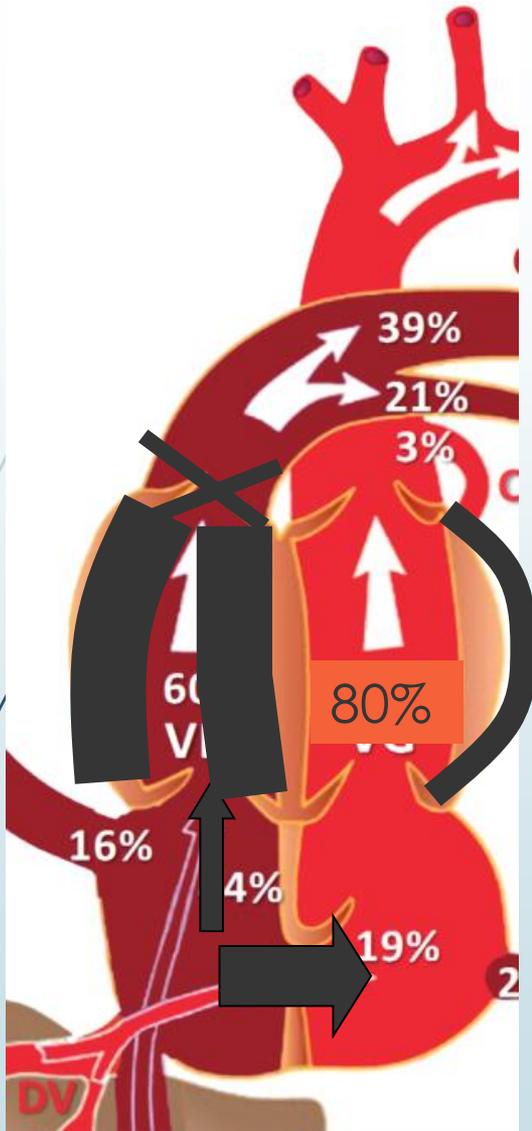
# Chez le foetus



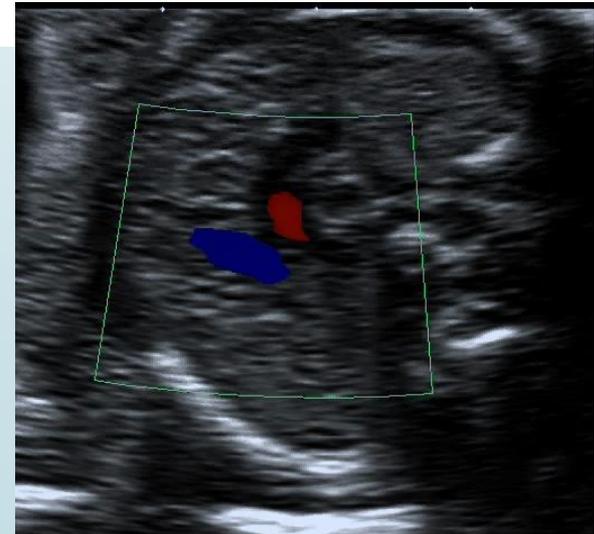
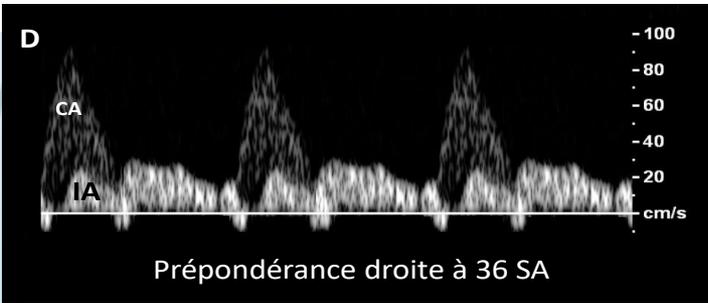
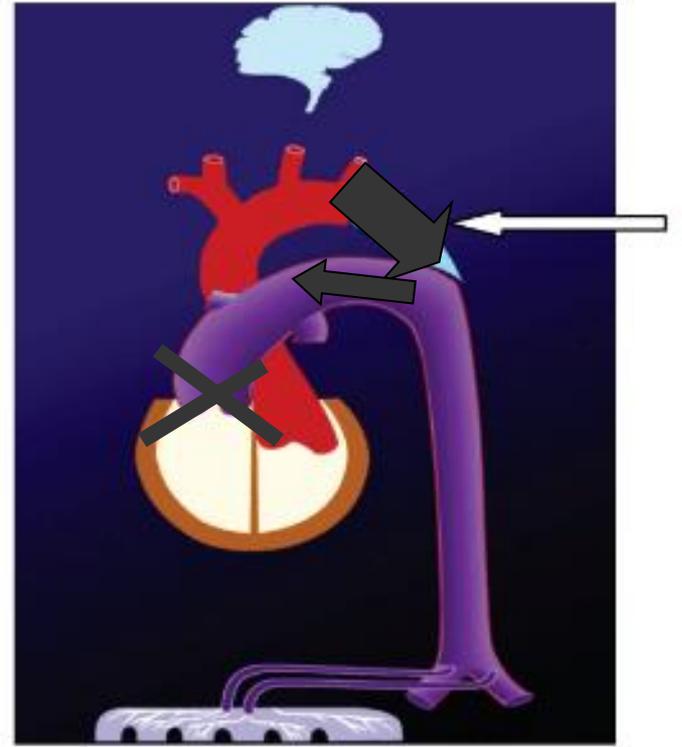
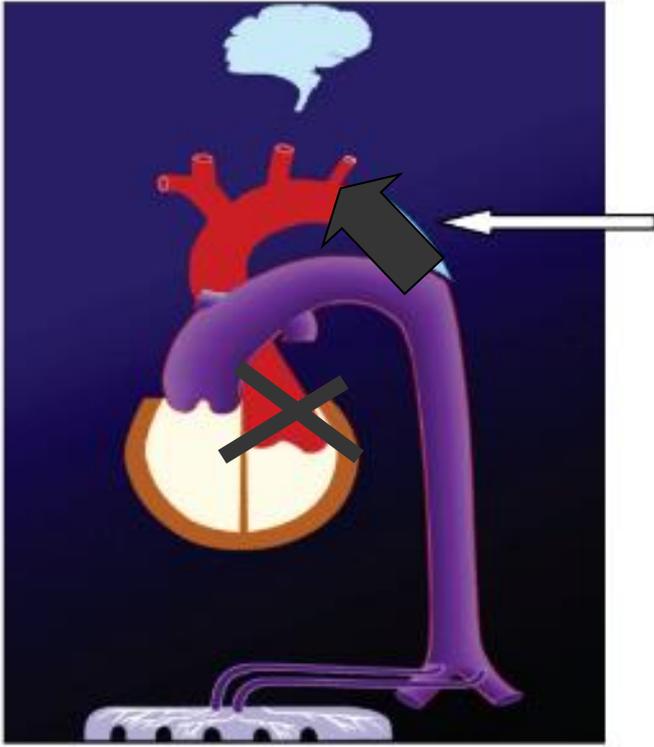
**Adaptation : Hypertrophie puis dilatation + Dysfonction**



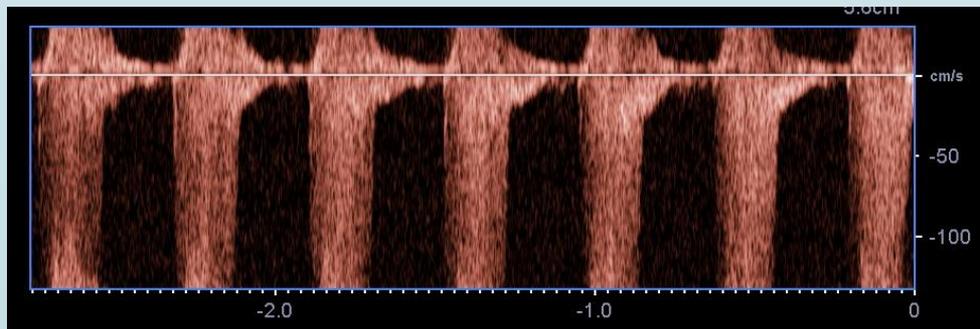
**Adaptation : Hypertrophie puis dilatation + Dysfonction**



**Redistribution : Hypoplasie et préponérance**



# Prépondérances



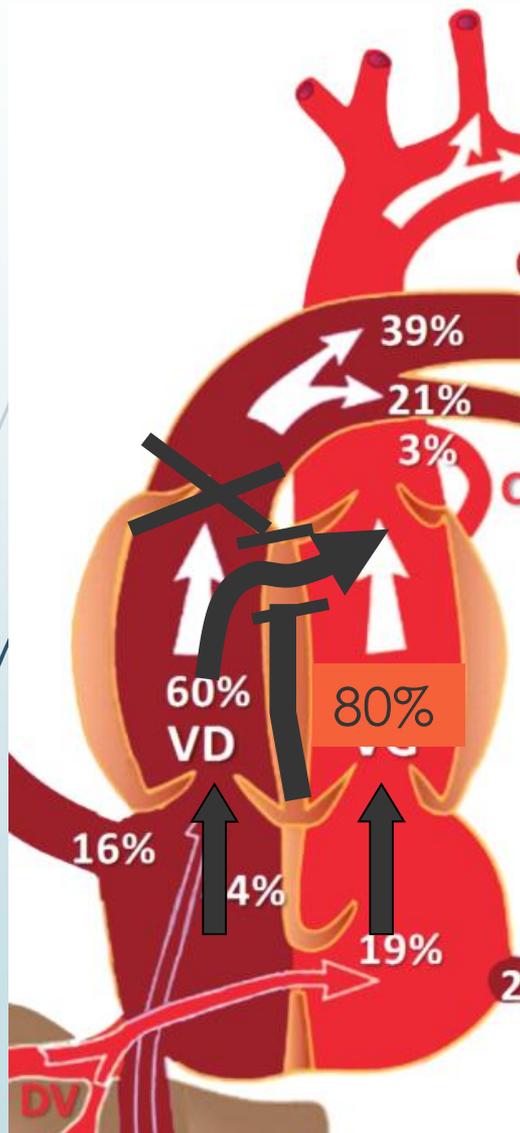
Sauf si CIV



Tétralogie de Fallot / APSO

- Jamais d'hypoplasie VD
- Hypertrophie souvent modeste

# Sauf si CIV





**Donc, face à un obstacle sans CIV,**

**2 formes possibles d'évolution**

- **Hypertrophie puis dysfonction – dilatation**
- **Hypertrophie et hypo développement**

Evolutivité au cours de la grossesse :

- Nécéssité d'un suivi évolutif
- Pronostic parfois difficile à établir

Exemple de la prépondérance droite  
= Facteur de risque de coarctation

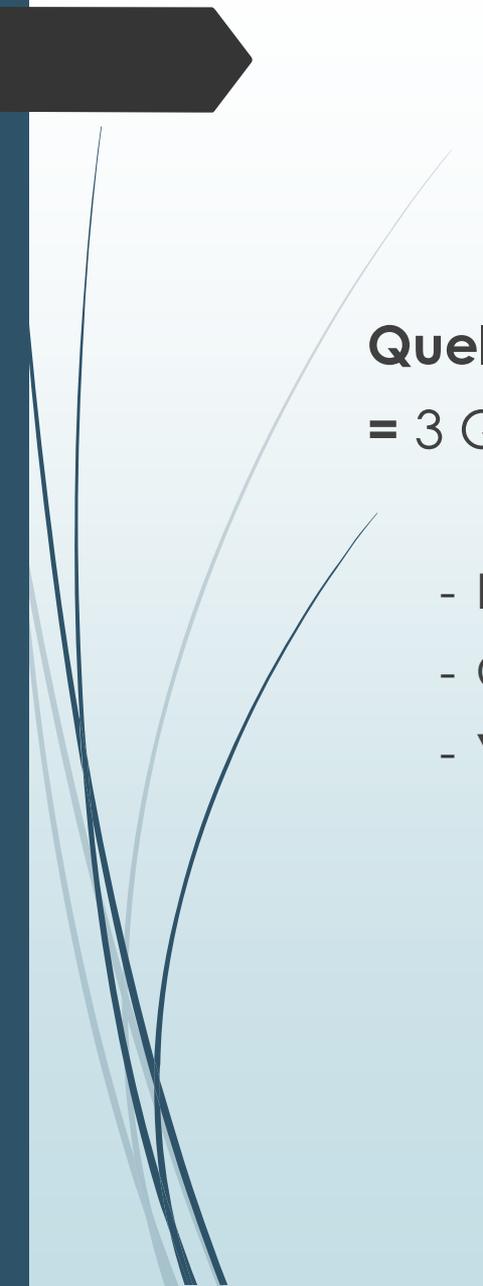


Physiologique vs Pathologique



# Exemple de la prépondérance droite = Facteur de risque de coarctation

- On est mauvais pour prédire la survenue d'une coarctation post natale
- Car facteurs neonataux influencent l'installation d'une coarctation
  - Contraintes mécaniques à la fermeture du CA
  - Cellules ductales dans l'isthme...
- Critères prédictifs : multiples études décevante
- Prépondérance visible dès le 2<sup>ème</sup> trimestre
- Taille anneau aortique <5mm à 36SA<sup>1</sup>

A dark grey arrow points to the right from the left edge of the slide. Several thin, light blue lines curve upwards and to the right from the bottom left corner.

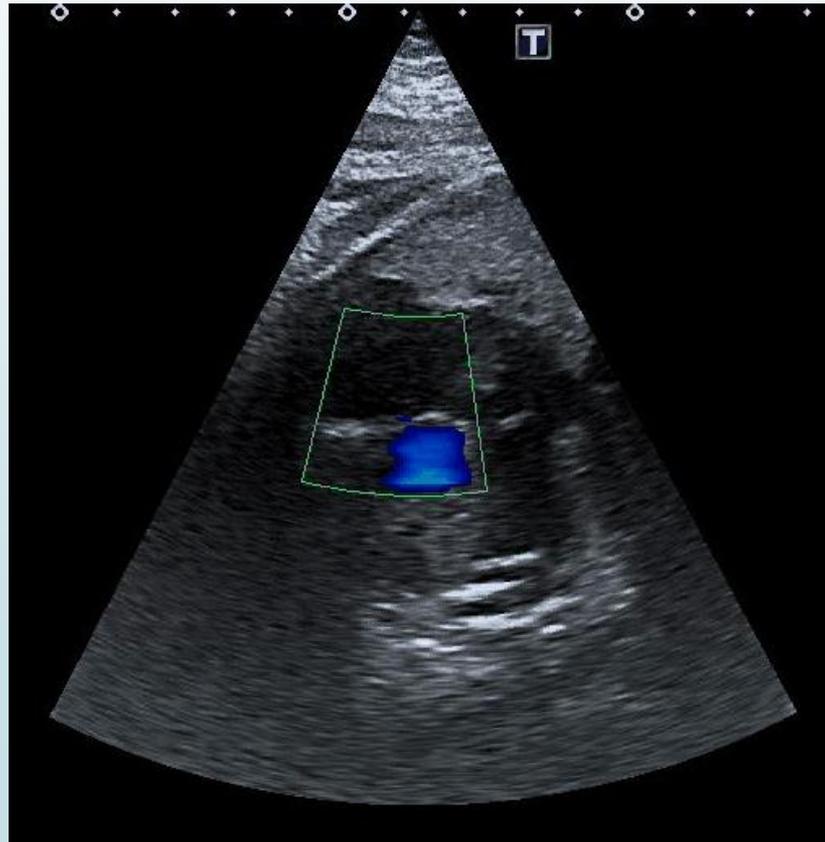
## Quel est le retentissement et la sévérité de l'obstacle ?

= 3 Questions à se poser

- Le ventricule est il petit ?
- Comment est sa contraction ?
- **Y a-t-il d'autres signes de souffrance myocardique ?**

# signes de souffrance myocardique

- Fuites valvulaires auriculo-ventriculaire



## signes de souffrance myocardique

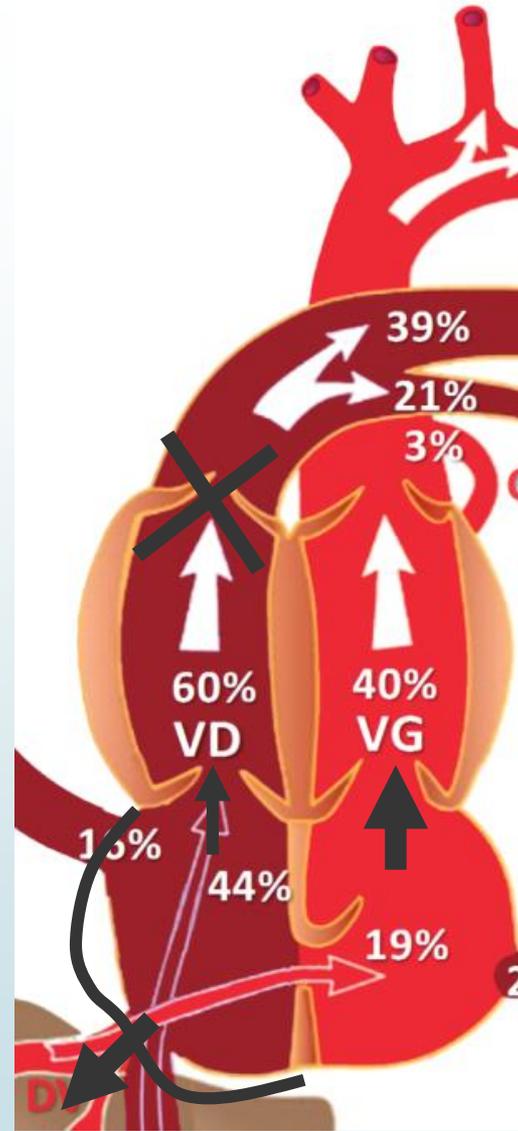
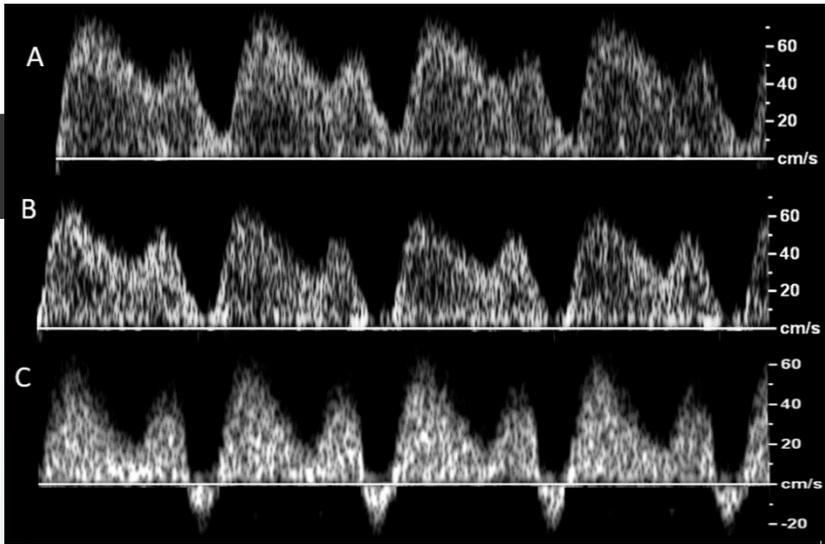
- ▶ Fuites valvulaires auriculo-ventriculaire
- ▶ Fibro-élastose – Aspect hyperéchogène

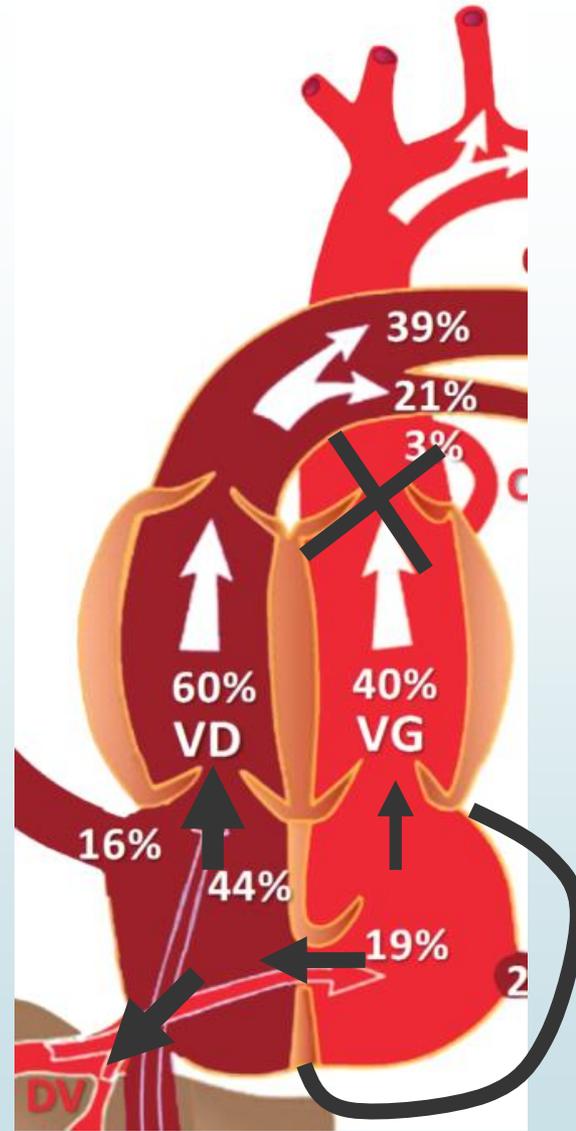
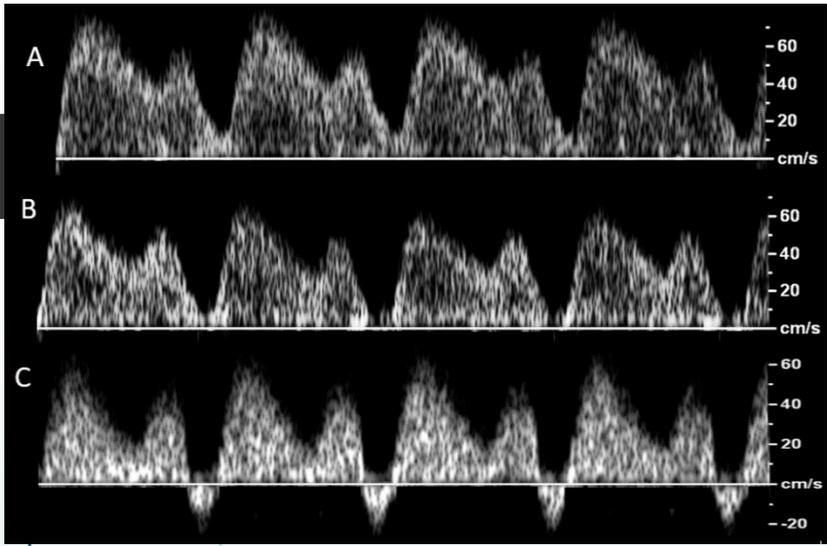




## signes de souffrance myocardique

- ▶ Fuites valvulaires auriculo-ventriculaire
- ▶ Fibro-élastose
- ▶ Dysfonction diastolique
  - ▶ Dilatation des oreillettes
  - ▶ Anomalie du ductus venosus
  - ▶ Inversion du FO si obstacle gauche







# Conclusion

- ▶ Le cœur foetal est fragile et son adaptation est limitée
- ▶ L'hémodynamique foetale est un ensemble complexe d'interactions entre
  - ▶ le cerveau
  - ▶ le placenta
- ▶ pour lesquelles le cœur joue le rôle d'arbitre.



# Conclusion

- ▶ L'apport de l'analyse cardiologique dans les situations à enjeux hémodynamiques est importante:
  - ▶ RCIU / hypo débit placentaire sur pathologie maternelle
  - ▶ Grossesses gémellaires mono choriales
  - ▶ Anémie foetale
  - ▶ Hernie diaphragmatique
  - ▶ Tumeurs sacrococcygiennes ou autres shunts extracardiaques
- ▶ L'apport de l'analyse hémodynamique dans certaine cardiopathie est importante
  - ▶ Déséquilibre ventriculaires
  - ▶ Obstacles à l'éjection
  - ▶ Maladie d'Ebstein ...

