

Physiologie de la circulation foetale



Formation ECHOFOETUS
16 septembre 2016



Claire MIRY

Sage-femme échographiste

Conseillère en génétique du CPDPN de Strasbourg

CMCO - HUS

Plan

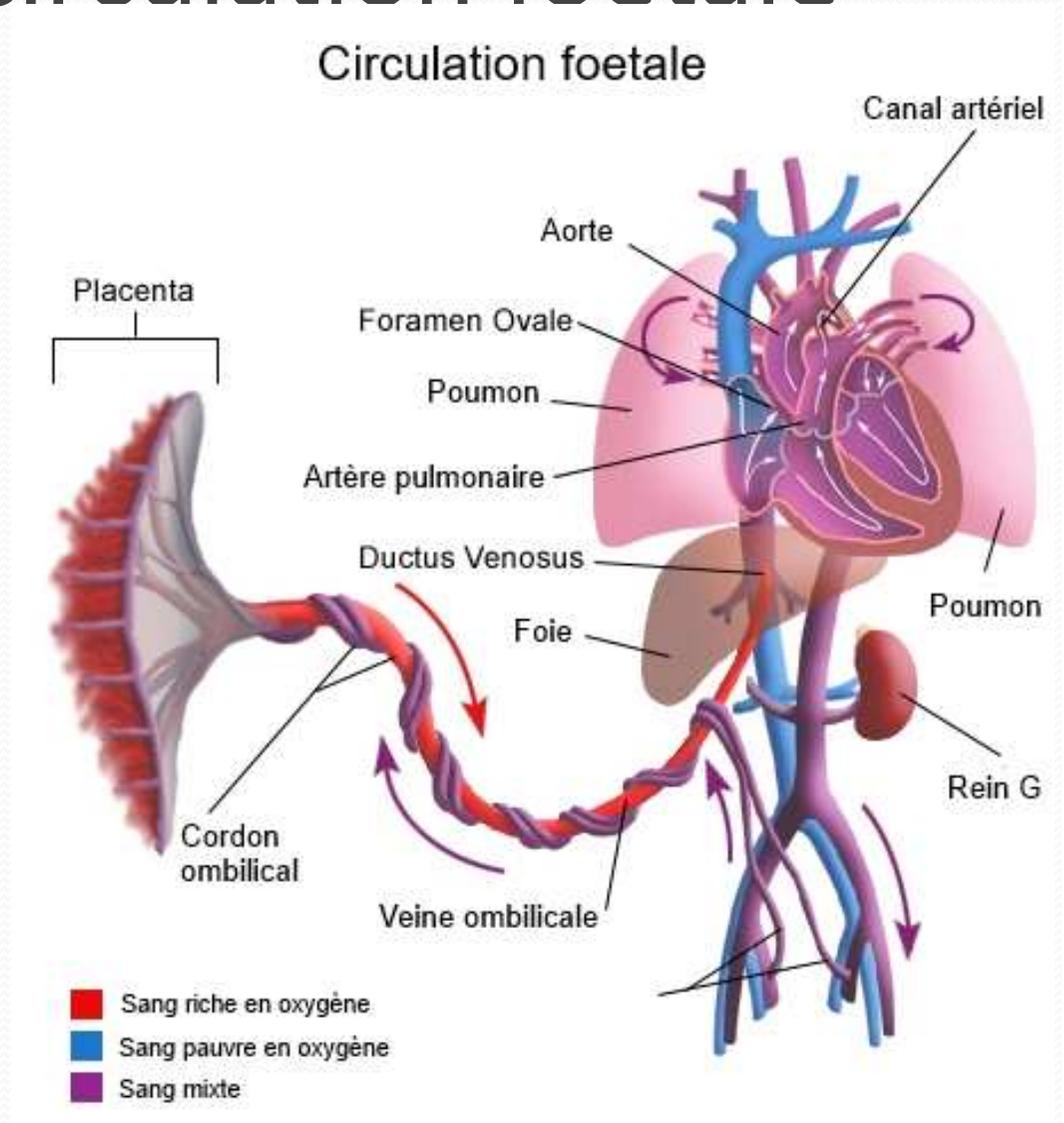
- I. La circulation fœtale normale
- II. Etude de la perfusion fœtale
 - Doppler des artères ombilicales
 - Doppler aortique
 - Doppler des artères cérébrales
 - Doppler du Ductus venosus



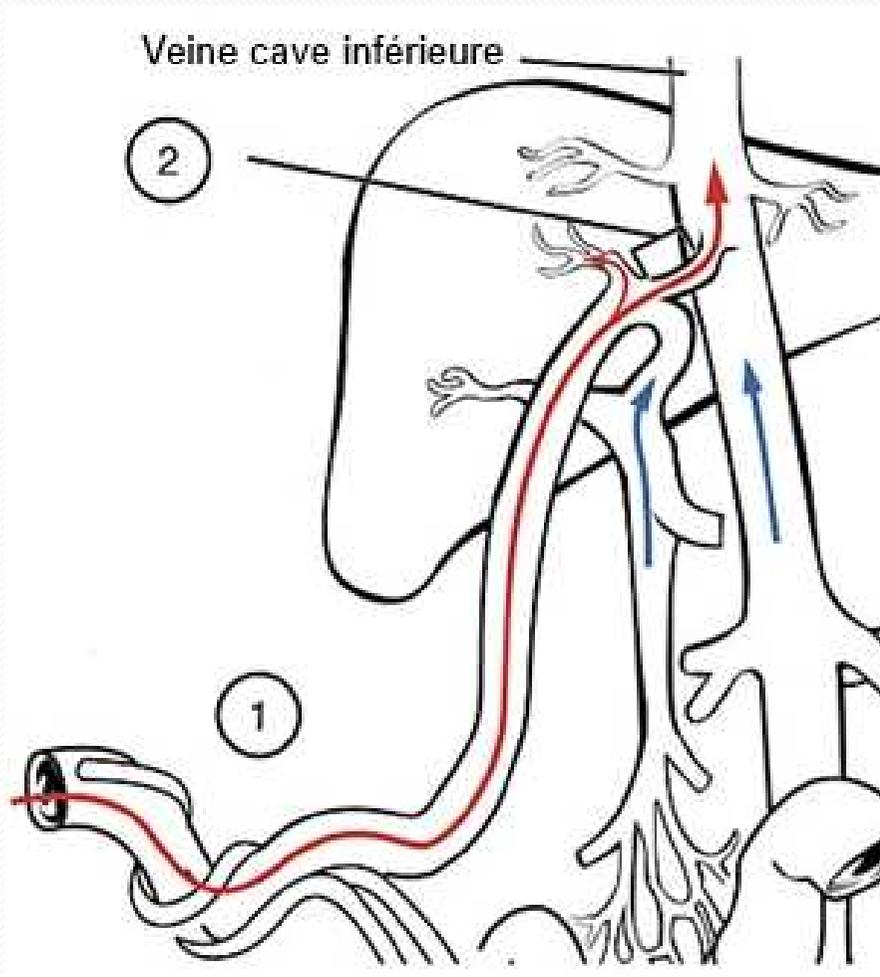
I. Physiologie circulation foetale

=> 2 shunts en amont et en aval du cœur : courts-circuits « évitant » la circulation pulmonaire

- Participent au dvl't préférentiel du cœur G
- Résistances circulatoires pulmonaires +++

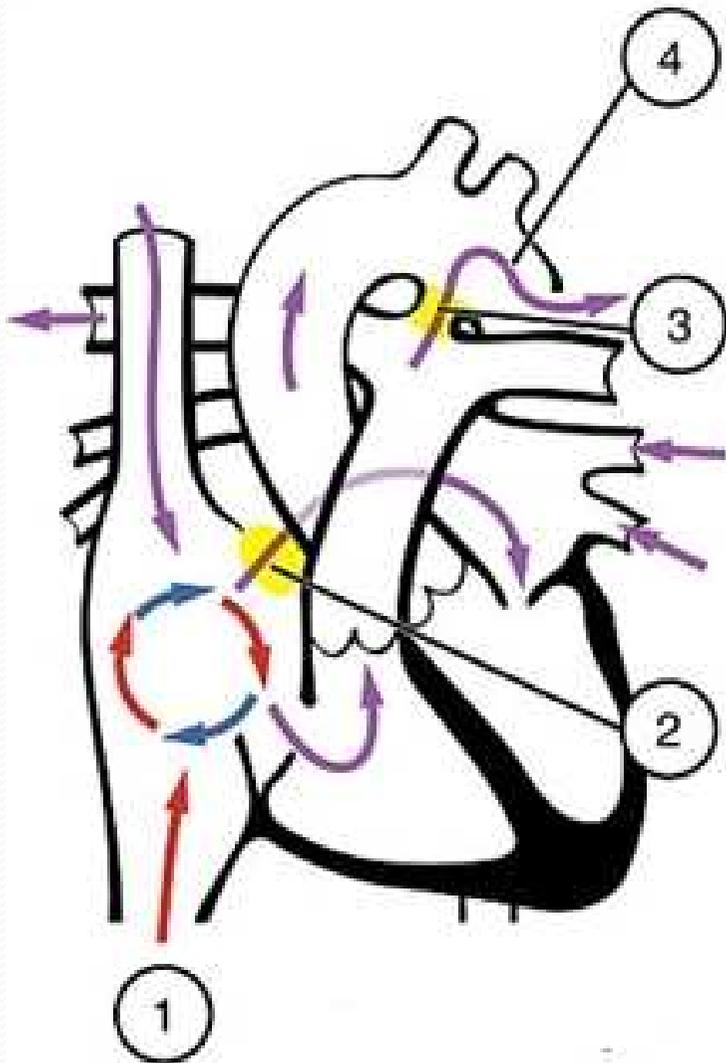


1. Shunt en amont : ductus venosus



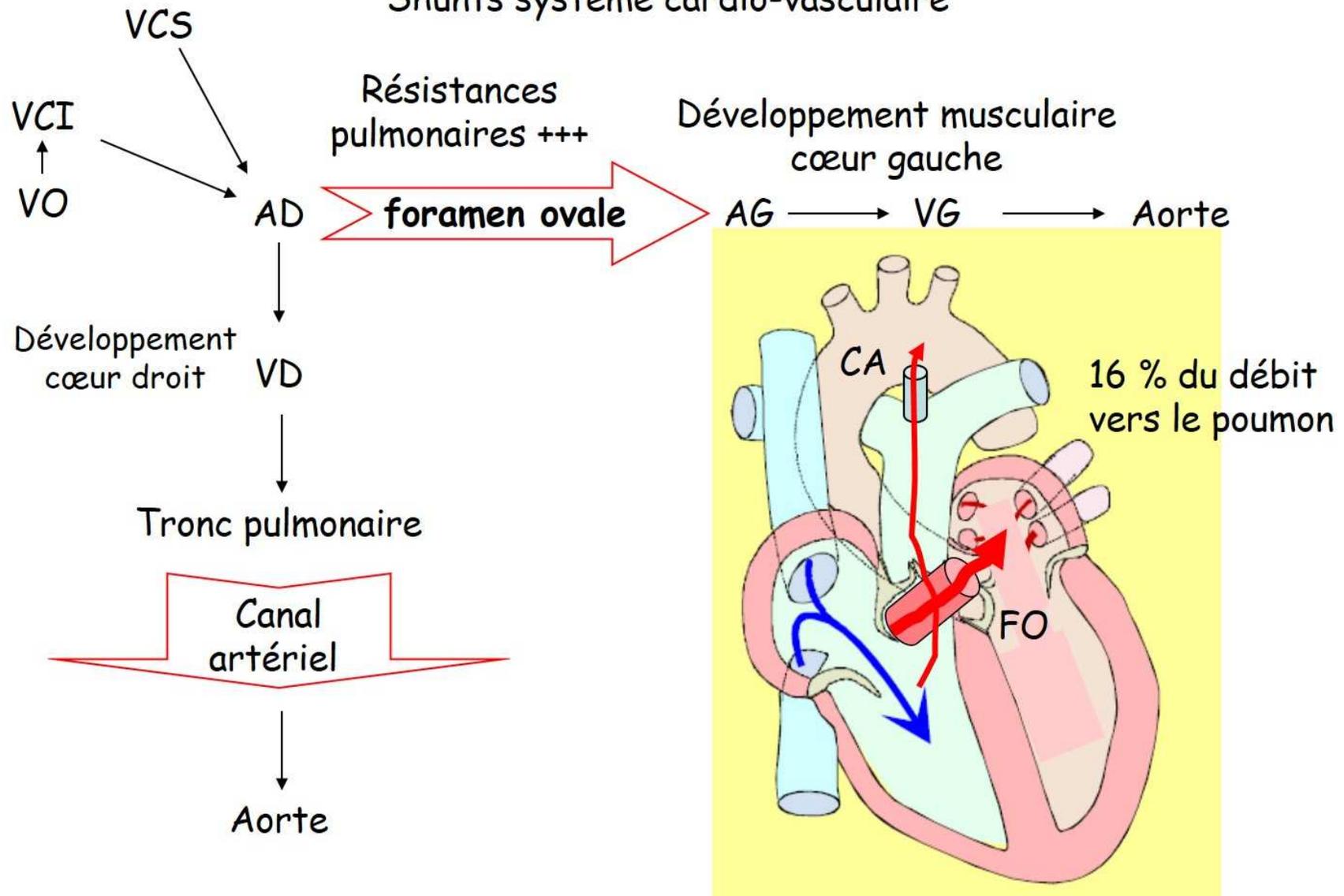
- 1 : Le sang oxygéné arrive par la veine ombilicale
- 2 : Le **ductus venosus** permet le shunt du sang oxygéné provenant du placenta vers le foie foetal, puis remonte jusqu'au cœur par la VCI

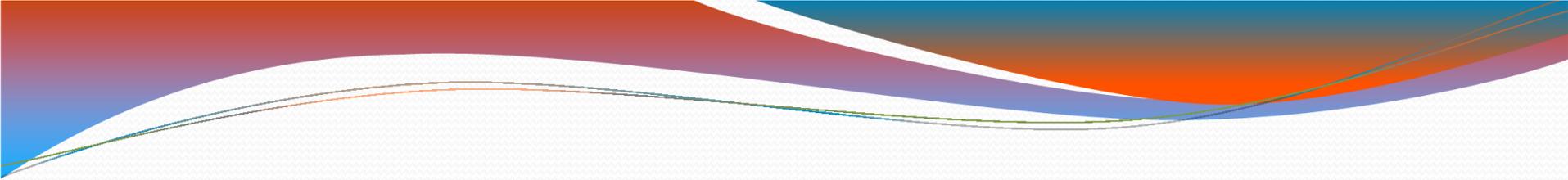
2. Shunt en aval : le canal artériel



- 1 : Sang oxygéné provenant du placenta entre dans l'AD via la VCI
- 2 : Le **foramen ovale** permet le shunt de sang oxygéné de l'AD à l'AG
- 3 : Le **canal artériel** permet le shunt du sang désoxygéné provenant du VD/de l'AP vers l'aorte
- 4 : le sang mixte irrigue la tête et le corps puis retourne au placenta via l'aorte

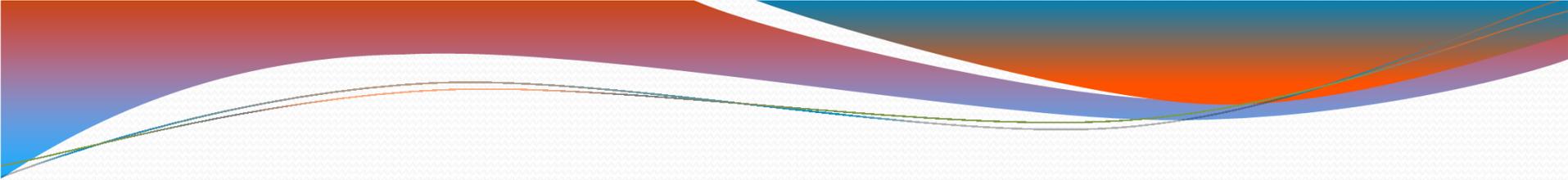
Shunts système cardio-vasculaire





II. Les Doppler

- Aspects généraux des techniques de mesure
 - Repérage site d'exploration en 2D
 - Fenêtre Doppler pulsé englobe tout le vaisseau
 - Angle de tir Doppler $< 60^\circ$, **se rapprocher au maximum de l'axe du vaisseau**
 - Spectres les plus amples \searrow risques d'erreur de mesure
 - Ligne de base placée de façon à avoir une composante négative

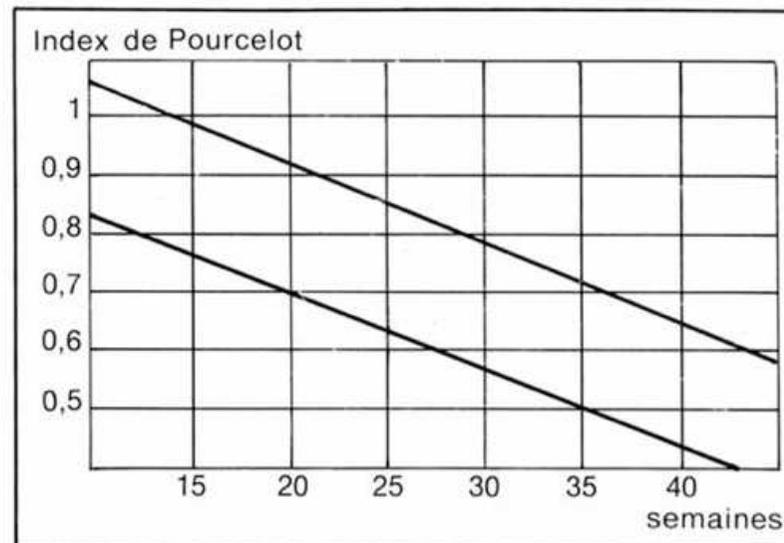


Aspects généraux des techniques de mesure

- Bon réglage du filtre :
 - Elimination des basses vitesses
 - Attention de ne pas tronquer le spectre (diastole nulle ou reverse flow non visualisés !)
- Arrêt défilement bande passante après **5 ou 6 cycles identiques de bonne qualité** au dessus de la ligne de base
- Conseil : Réaliser 2 à 3 mesures avant de donner un résultat
- Si besoin, position maternelle latéralisée (syndrome cave)
- Absence de mouvements fœtaux ou respiratoires
- Fréquence cardiaque fœtale normale
- Examen répété à distance relative dans le temps : intérêt de l'évolution des index dopplers

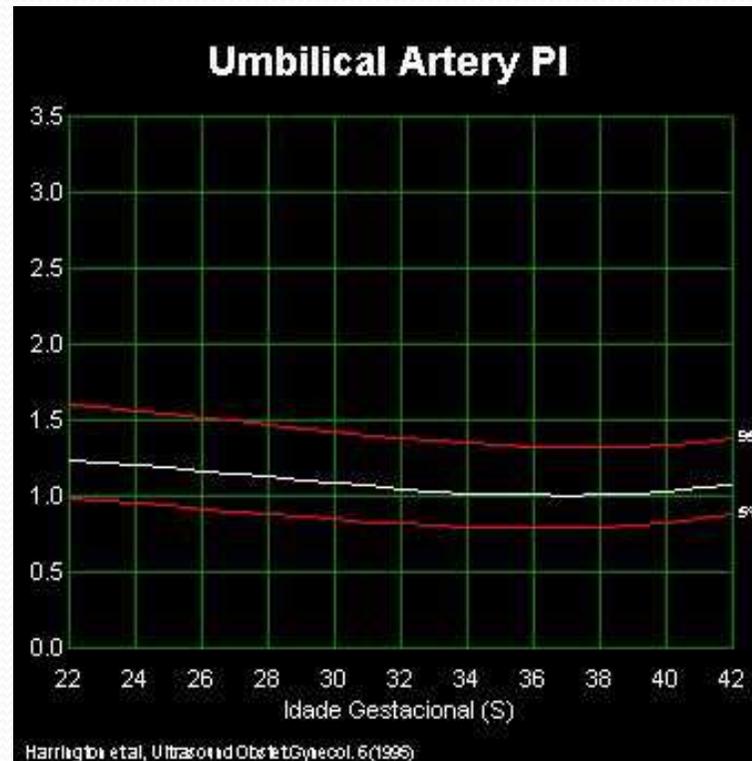
Les indices utilisés

- **1. IR : index de résistance** S-D/S (Pourcelot)
 - ↗ avec la résistance vasculaire
 - Plafonne à 1 lorsque la diastole est nulle
 - Représente l'effet global de l'état de vasodilatation ou de vasoconstriction du réseau artériel d'aval



Les indices utilisés

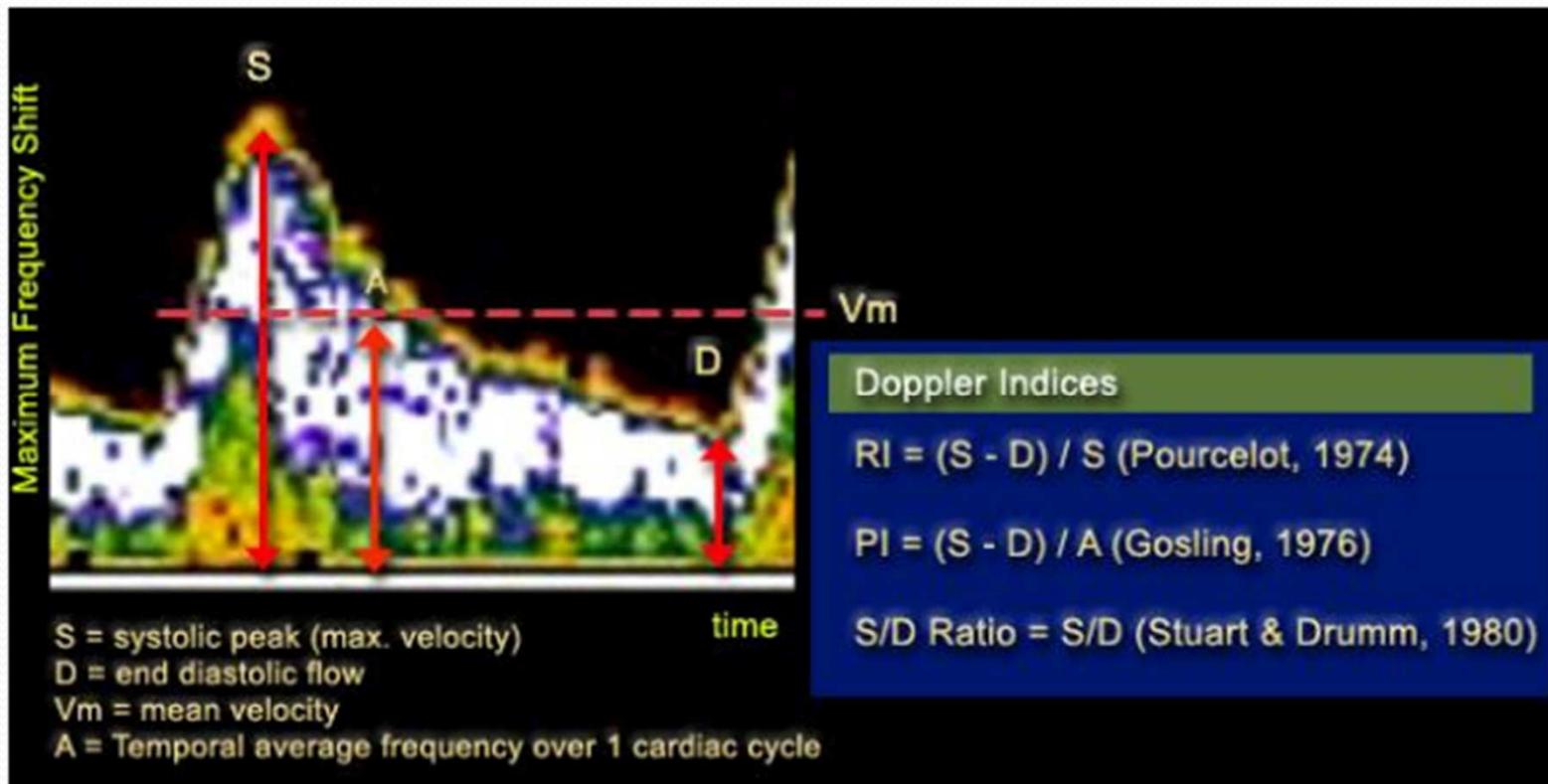
- 2. **IP : index de pulsatilité** $VS - VD / Vm$
 - ↗ avec la résistance vasculaire
 - Permet l'étude des flux rapides à haute résistance



Les indices utilisés

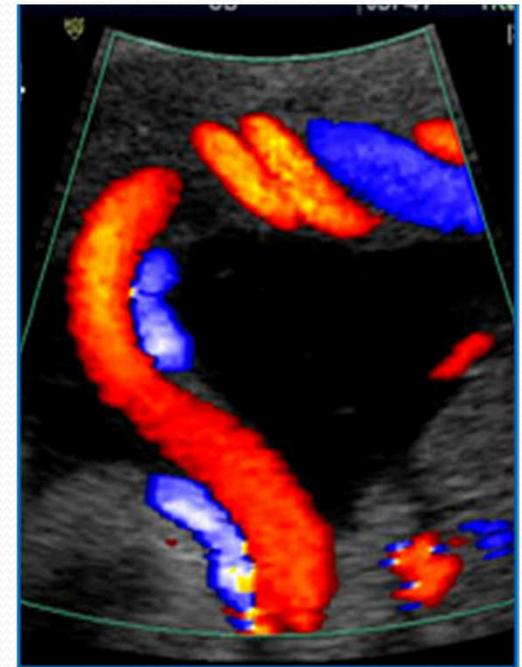
- **3. Index diastolique = D/S : diastole / systole**
 - \searrow quand les résistances \nearrow
- **4. Index systolique = S/D : systole / diastole**
 - \nearrow avec les résistances

Les index



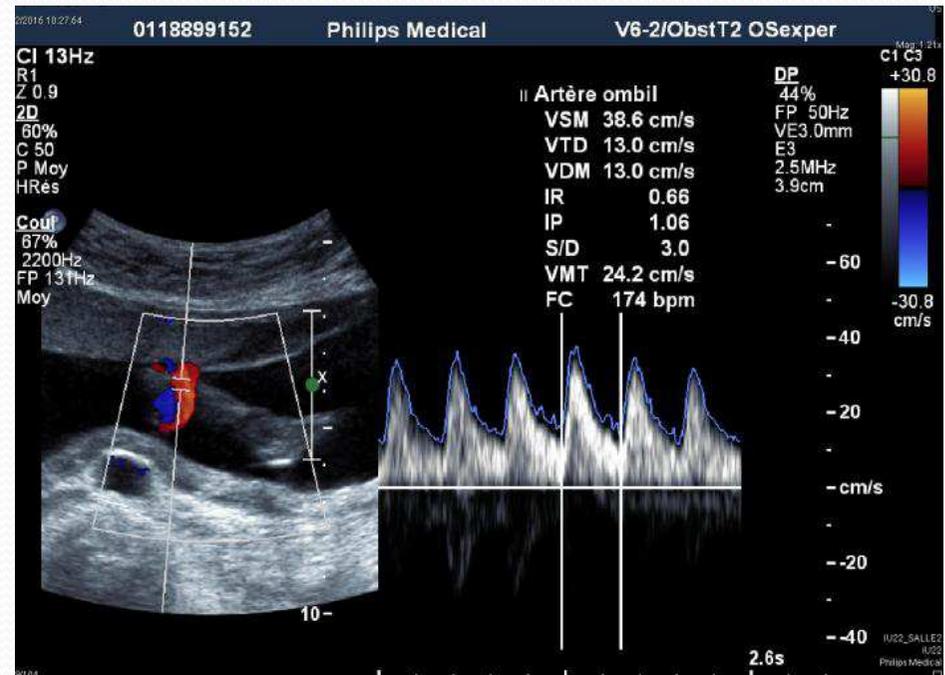
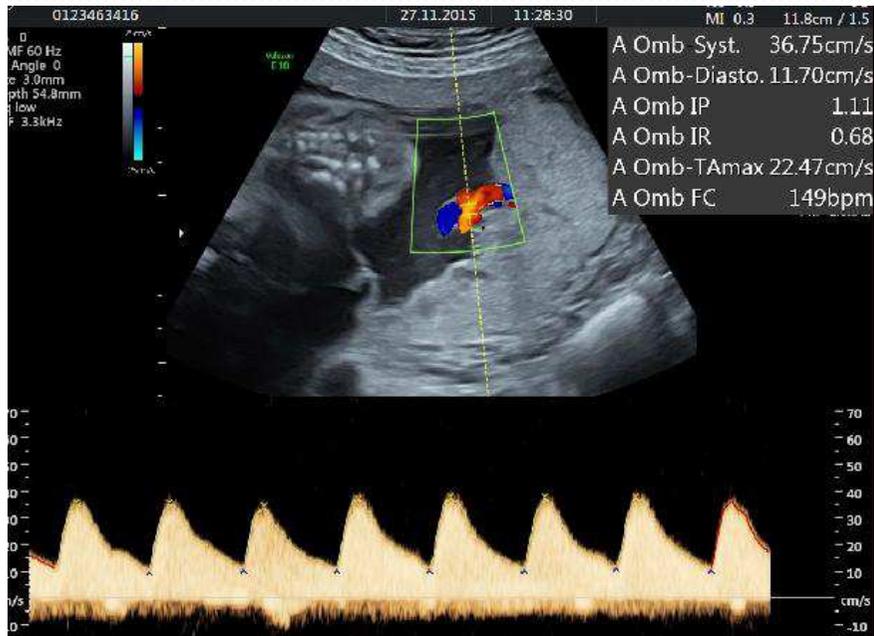
1. Le doppler ombilical

- Mesure les résistances au niveau des artères ombilicales (-> versant foetal)
- Reflet des résistances vasculaires placentaires
=> influencé par l'insuffisance placentaire
- De réalisation facile
- Indices étudiés : IP; IR, D/S, S/D
- Pas de variations inter-opérateurs
- Mesure sur FC normale



Technique de mesure

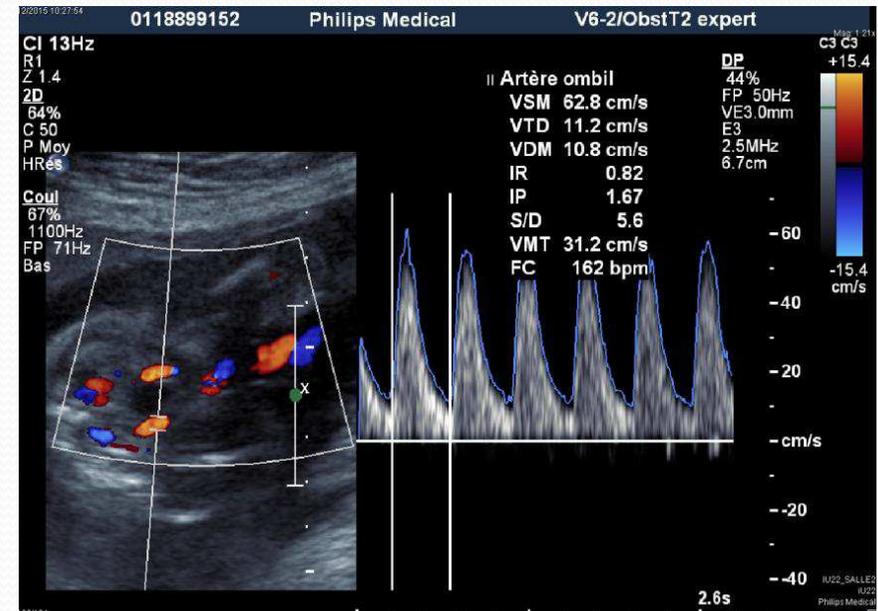
- Site préférentiel de mesure :
 - Insertion placentaire
 - Dans l'axe du vaisseau



En pratique : boucle libre possible
tenir compte du gradient placentaire

Technique de mesure

- Situation para-vésicale ou à l'insertion cordonale
 - Grossesses multiples
 - => Éviter confusion des cordons

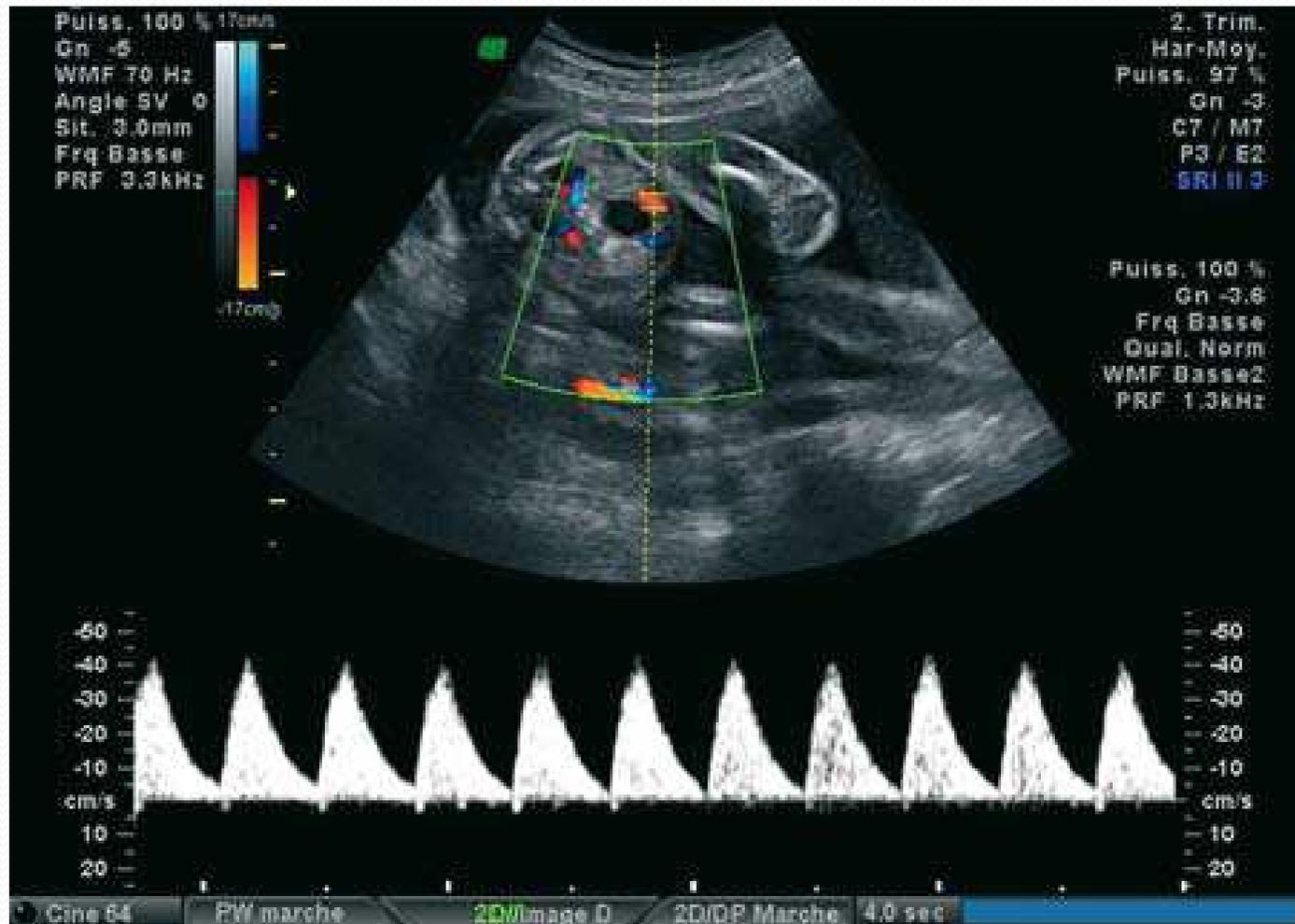


- Résistances ↗↗ plus on s'éloigne de l'insertion placentaire
- PRF moyenne ou basse
- Angle d'attaque $< 90^\circ$ (fausse diastole nulle)

Spectre normal



Diastole basse



Diastole nulle

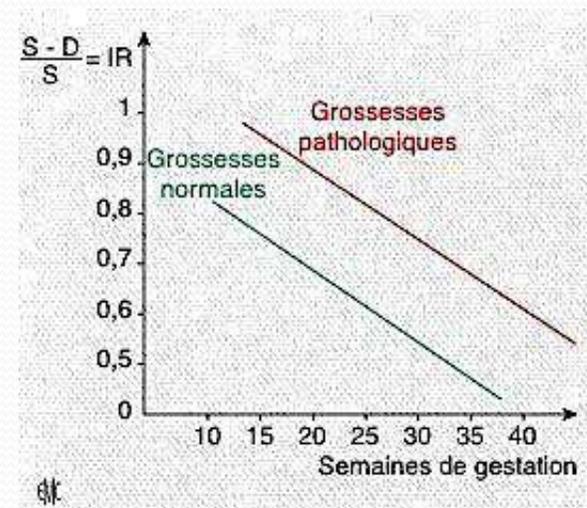


Reverse flow



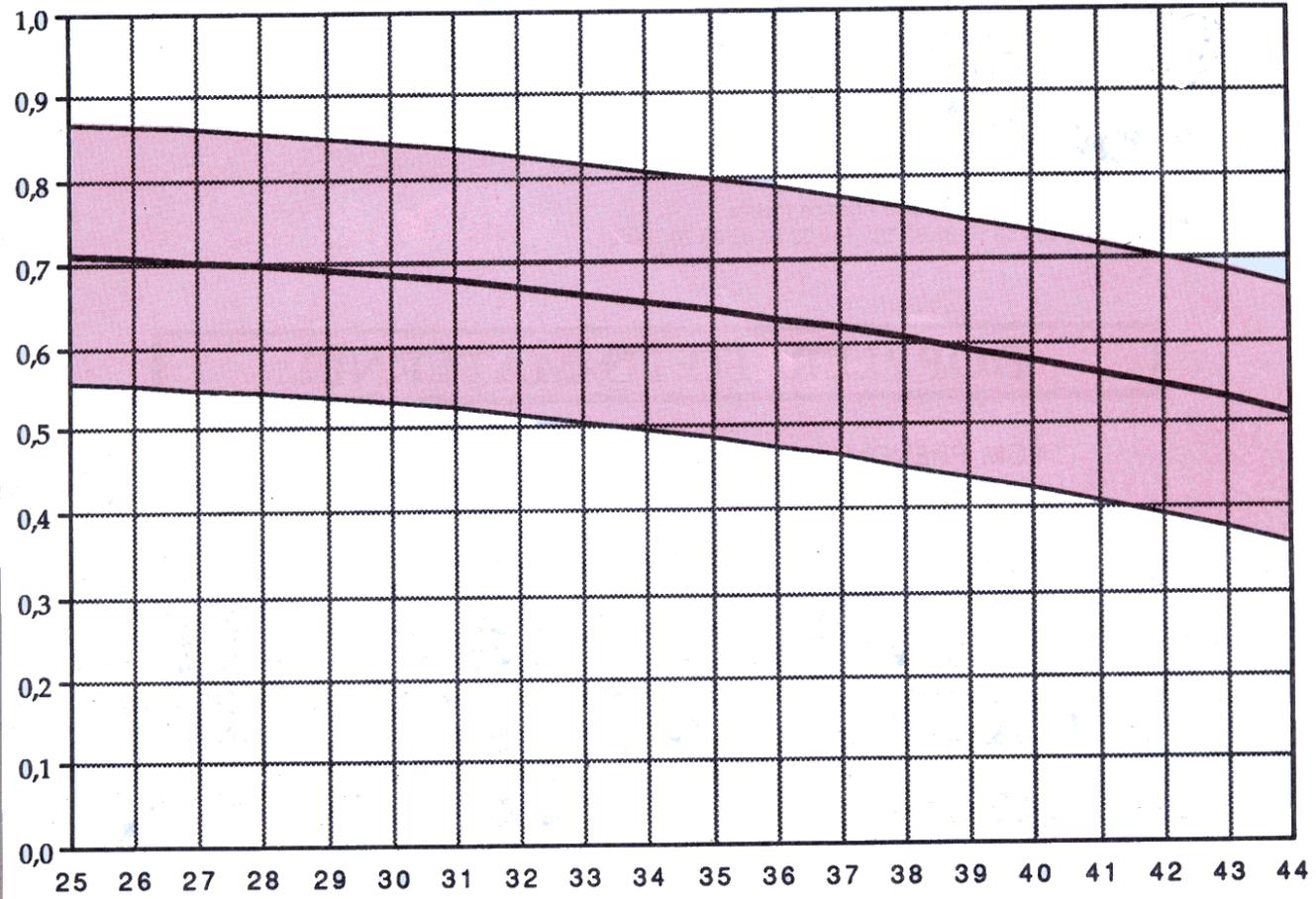
Applications cliniques

- Aspect physiologique
 - Onde systolique ample suivie d'une décroissance progressive au cours de la diastole
= Normalement flux basse résistance
 - Interprétation du spectre selon l'âge gestationnel
 - Diminution progressive des résistances au cours de la Grossesse (Gadelha 2007)
 - Index omb normal = croissance Normale pendant 15j



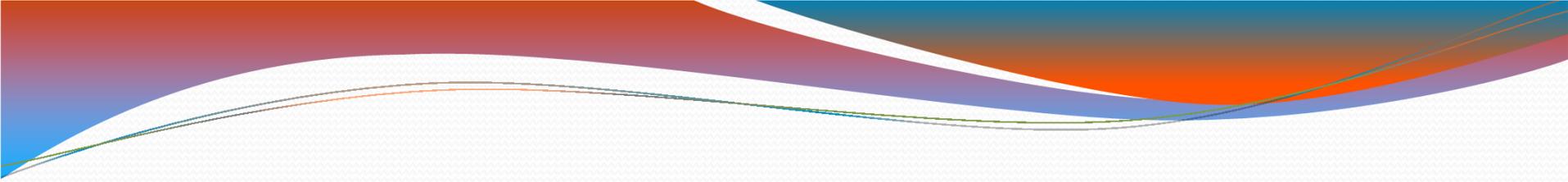
INDEX DE RESISTANCE OMBILICAL

RI



Applications cliniques

- Modifications pathologiques : risque de souffrance foetale
 - Syndrome vasculo-rénal
 - Altérations vasculaires placentaires
 - Seuil pathologique 90-95^e percentile
 - Conséquences fœtales : RCIU et hypoxie chronique
 - Significativement associés à un DO anormal
 - Résistance des artères ombilicales ↗↗
 - Redistribution du sang fœtal au dépend des organes périph et du squelette, au bénéfice du cerveau
 - Association aux anomalies chromosomiques dans 10% cas
 - Penser au bilan génétique en l'absence de contexte vasculaire

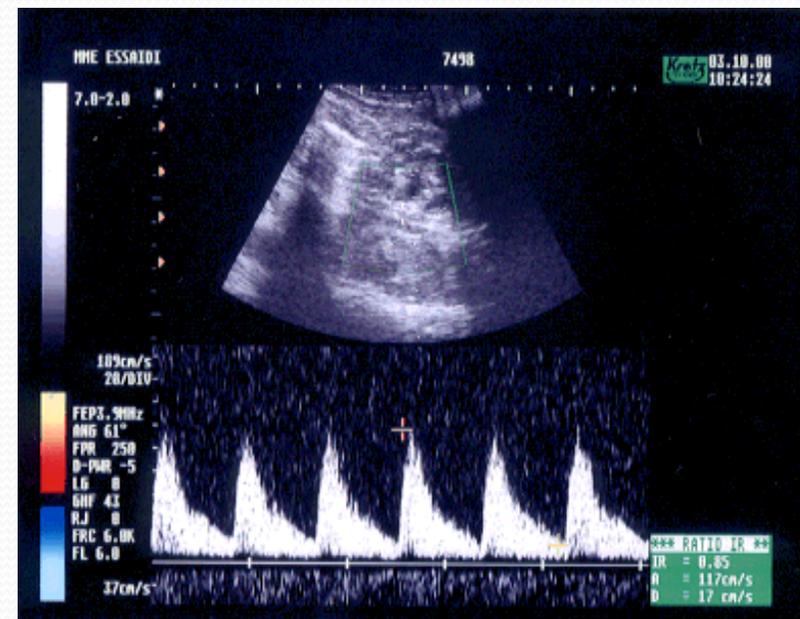


Le dépistage par le DO

- Population à bas risque
 - Sensibilité <25% pour le dépistage du RCIU, bcp FP
 - Non recommandé dans cette population
- Population à haut risque
 - RCIU ou haut risque d'en présenter un
 - Repère les fœtus dont le pronostic périnatal est le moins favorable
 - DO patho associé à une ↗morbidity / mortalité
 - DO normal permet d'alléger la surveillance
 - Le dépistage permet de diminuer de 33-36% la mortalité périnatale

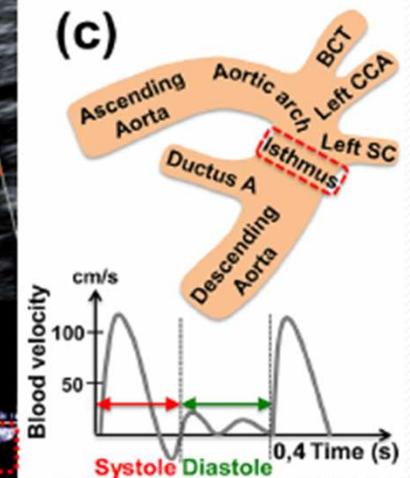
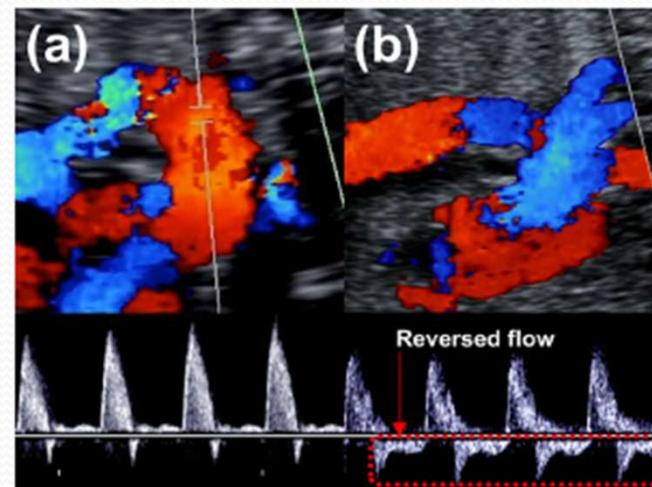
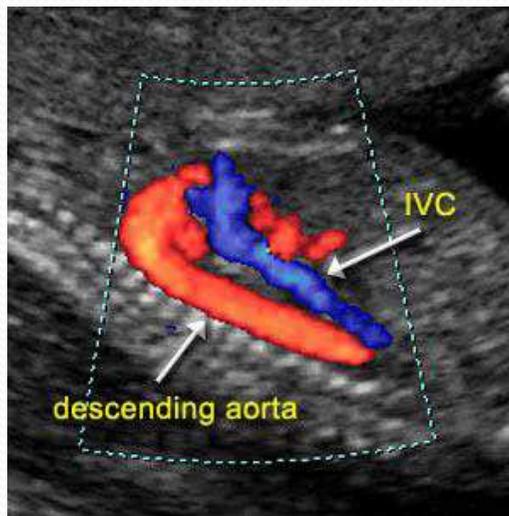
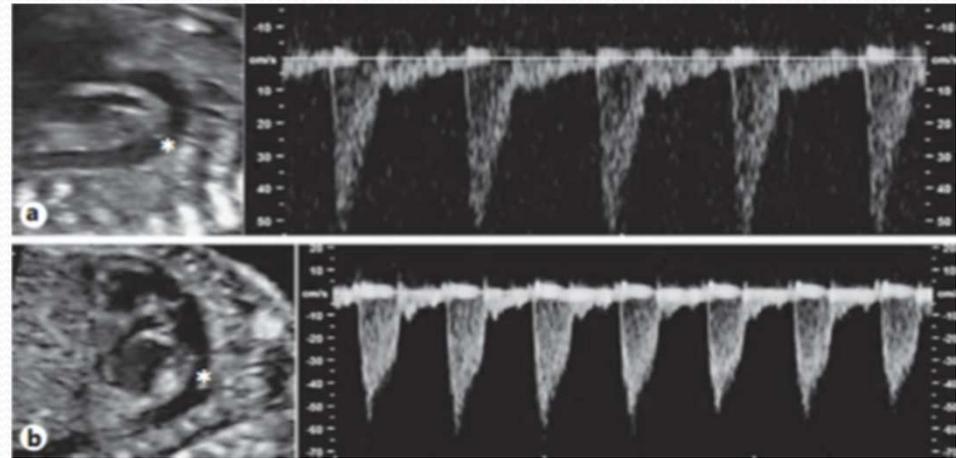
2. Doppler aortique

- Reflète la **redistribution sanguine viscérale** et le **degré d'oxygénation fœtale**
- Un spectre pathologique marque la sévérité de la souffrance fœtale
- Flux normal à résistance élevé
- Intérêt du rapport cérébro-aortique
- Peu utilisé

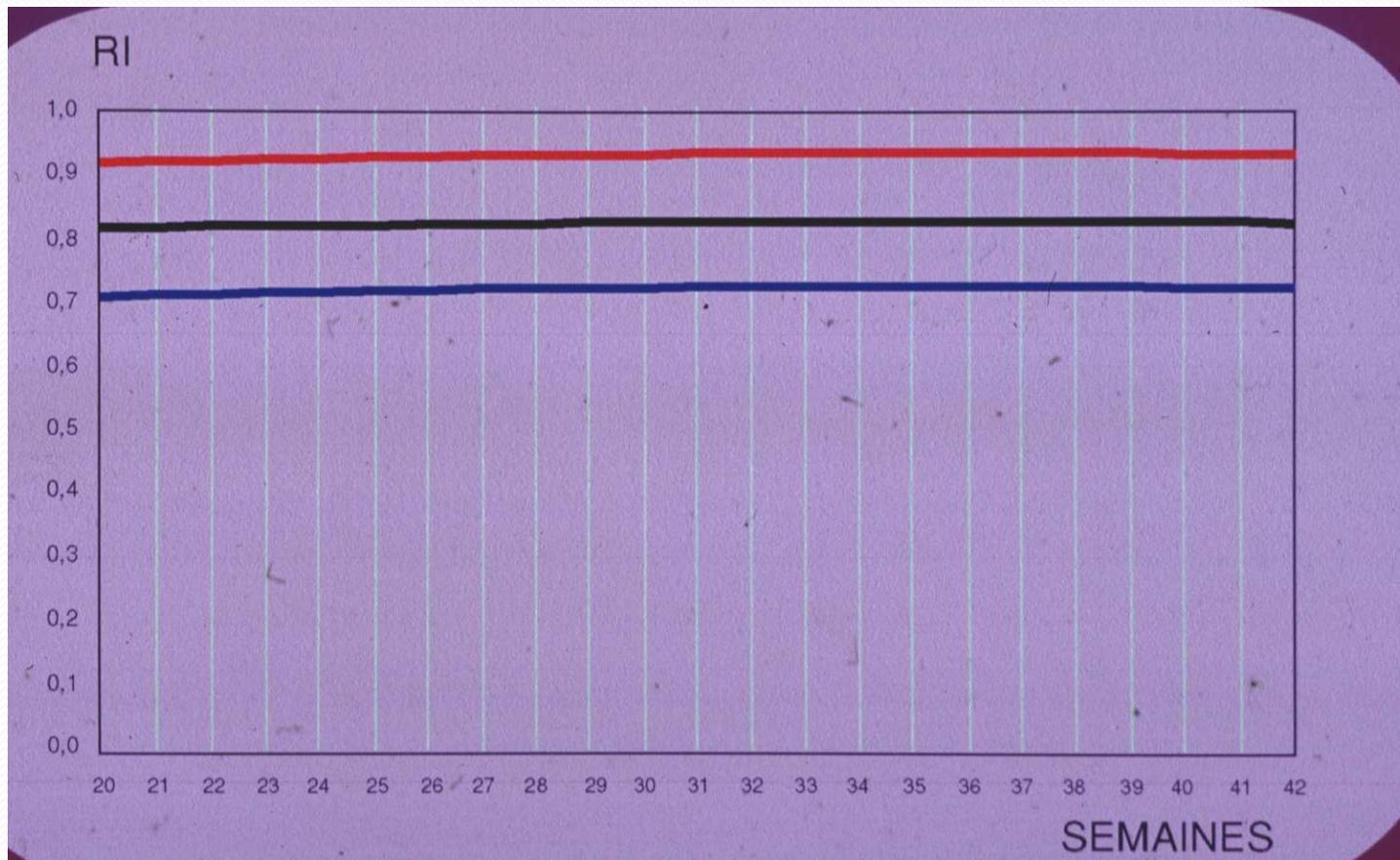


Méthode de mesure

- Isthme aortique ou aorte descendante
- Coupe sagittale
- Dans l'axe du vaisseau

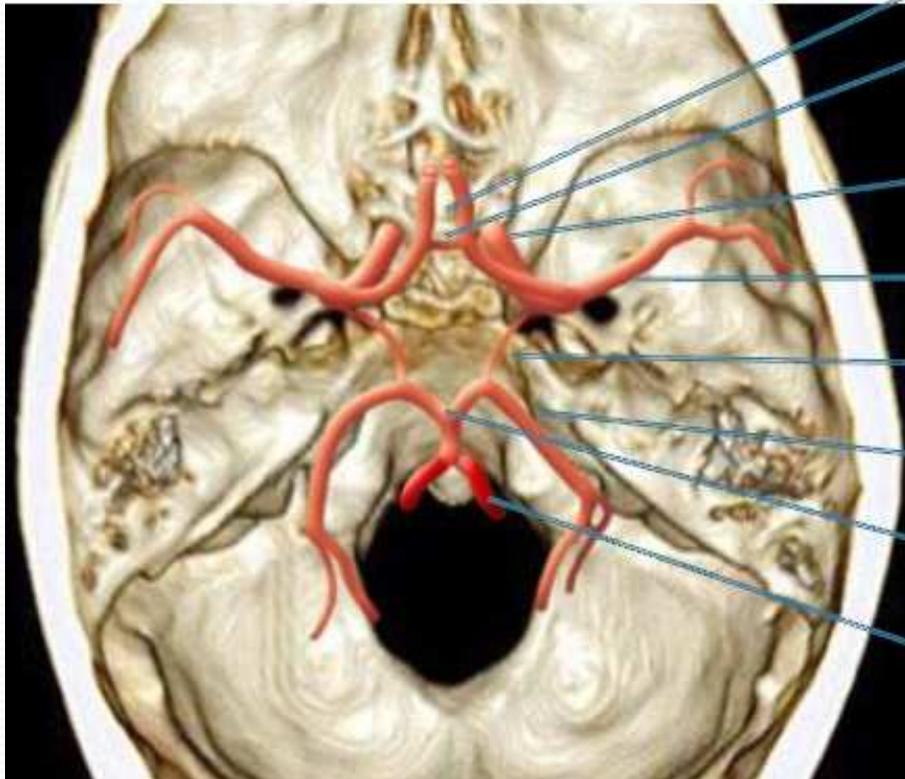


Doppler aortique



3. Doppler des artères cérébrales

Anatomie:



A cérébrale antérieure

Communicante antérieure

A carotide interne

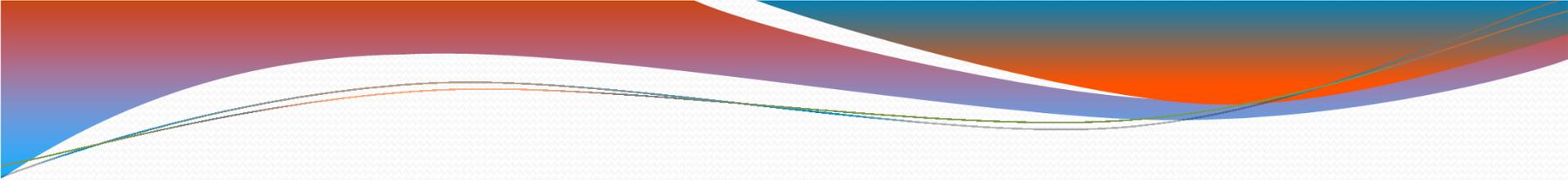
A cérébrale moyenne

Communicante postérieure

A cérébrale postérieure

Tronc basilaire

A vertébrale



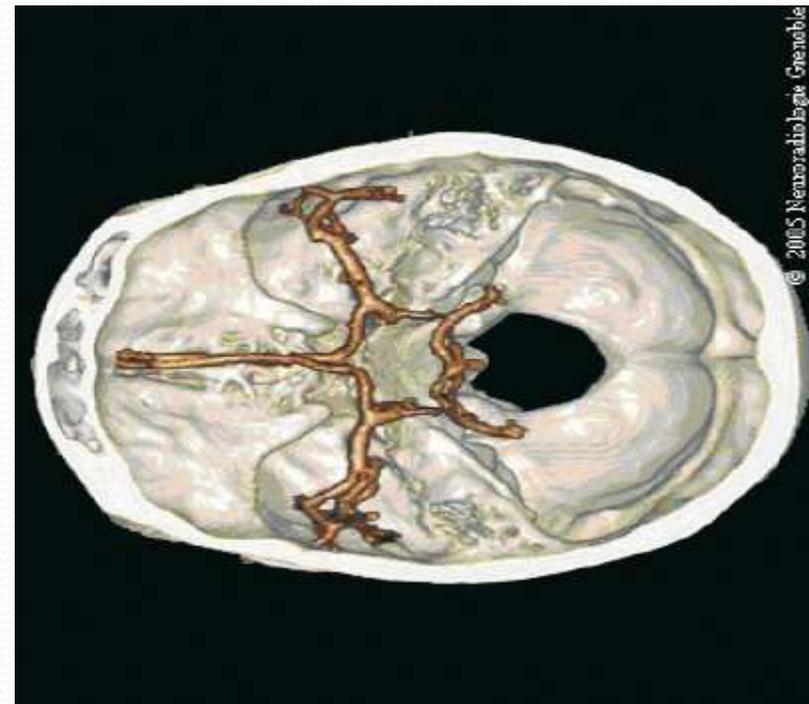
Doppler cérébral

- Destiné aux fœtus avec doppler ombilical perturbé
- 2^e et 3^e trim
- Marque la sévérité de la souffrance fœtale

- Témoin de la mise en place de mécanismes de compensation
- Intérêt de l'index cérébro-placentaire « cérébro-ombilical » (ICP)

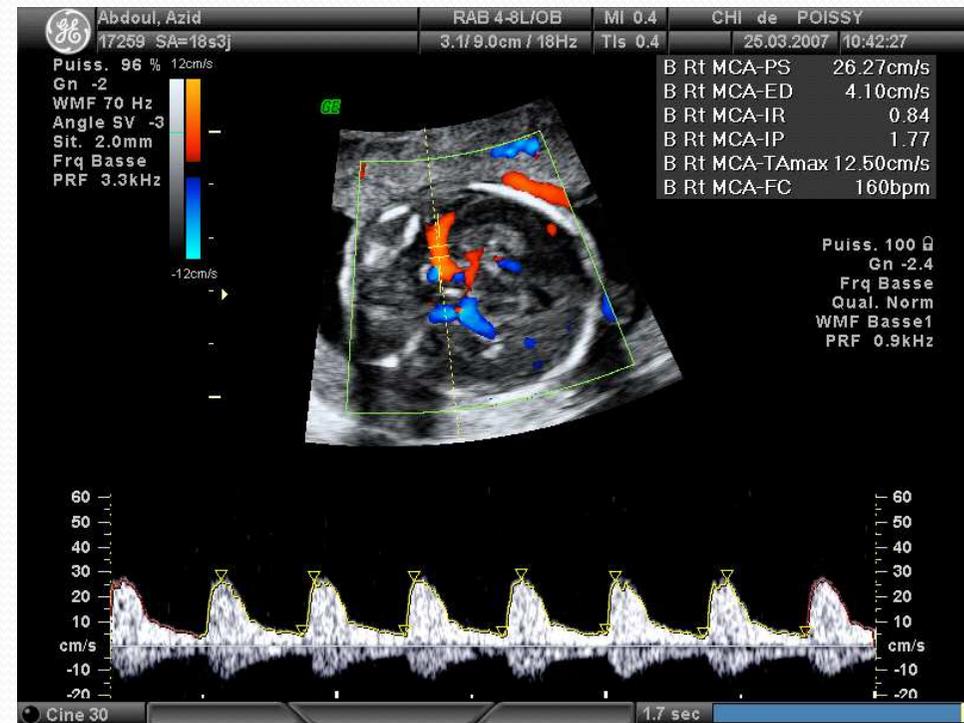
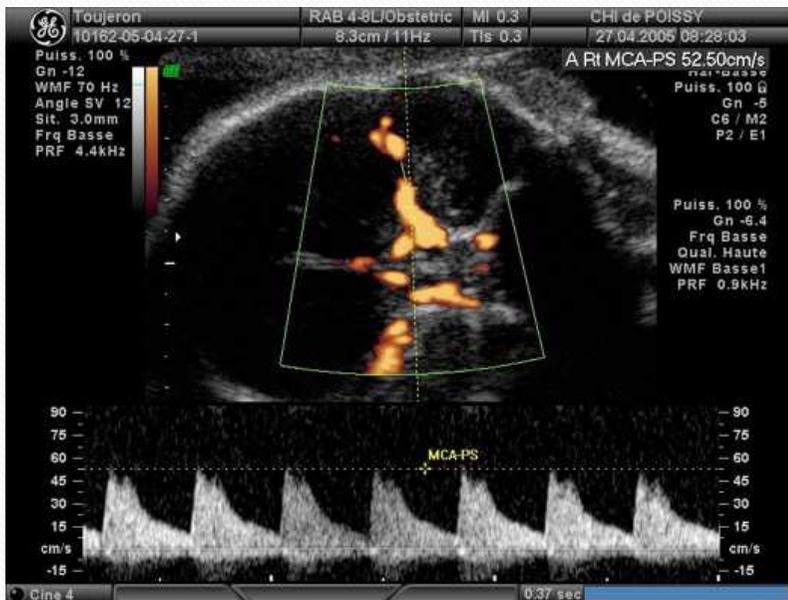
Technique de mesure

- Mesures prises si possible en apnée maternelle (modification du flux par des mouvements de grande amplitude)
- Couple axiale du cerveau
- Pas de compression de la tête foétale



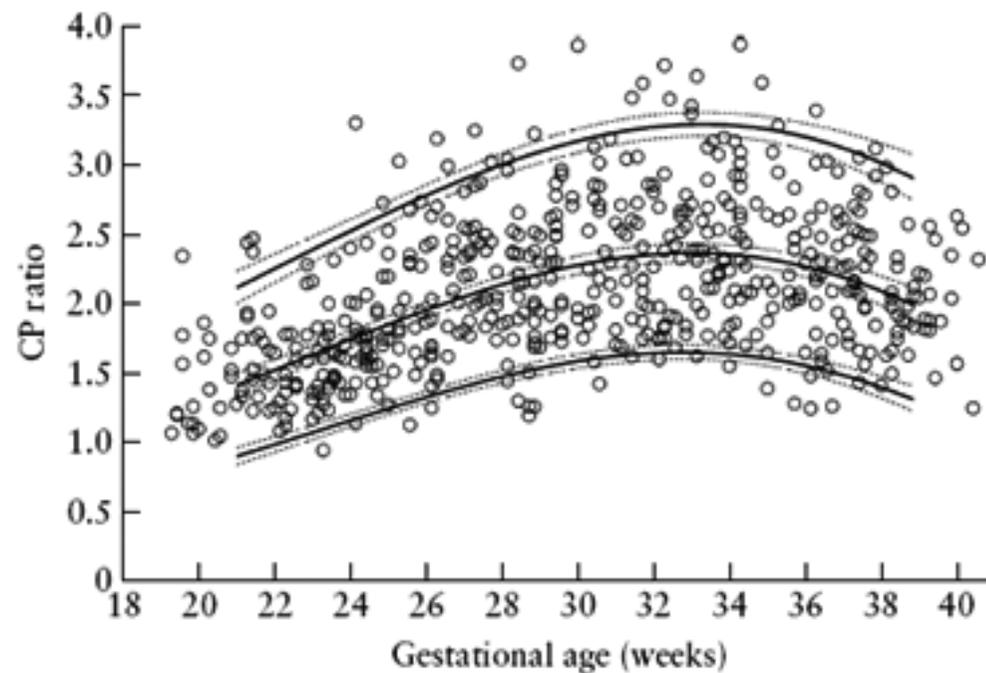
Technique de mesure

- Sonde 2,5 / 3,5 / 5MHz
- Détection des vaisseaux par doppler couleur au doppler énergie
- Filtre bas (50-150 Hz)
- Angle d'ouverture < 3mm

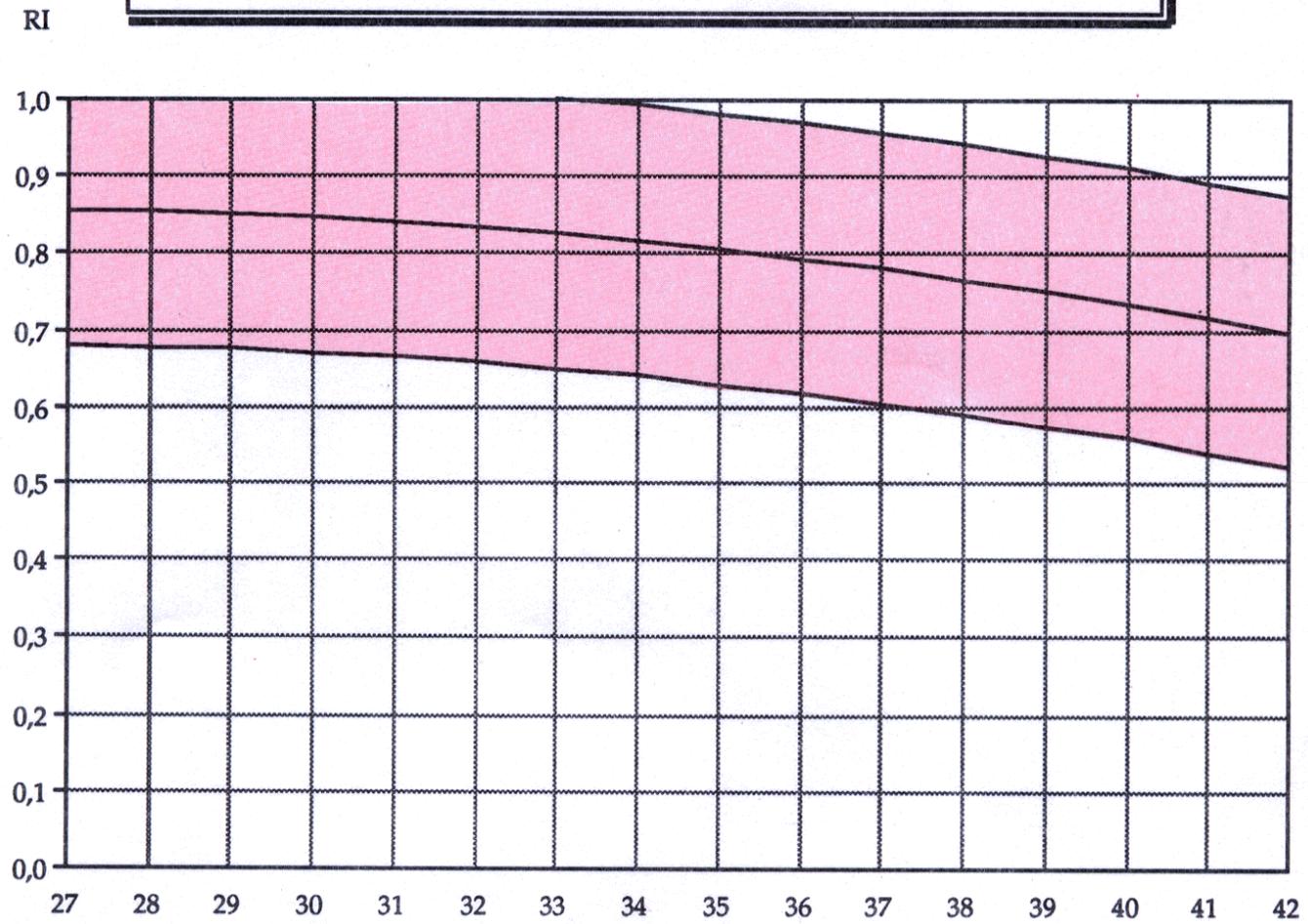


Paramètres étudiés

- IR, IP, ICP
 - Courbes varient en fonction de l'AG
 - IR dans l'ACM : reflet de la post-charge



INDEX DE RESISTANCE DE L'ARTERE CEREBRALE MOYENNE



L'inversion cérébro-placentaire

- **Index cérébro-placentaire normal : $ICP > 1$**
- Insuffisance placentaire -> RCIU -> **IR ombilical \nearrow**
- Mécanismes compensatoires : vasodilatation cérébrale, élévation de la diastole, adaptation à l'hypoxie chronique-> **IR cérébral \searrow**
- -> **$ICP < 1$** signe une redistribution des flux au sein de la circulation placento-foetale

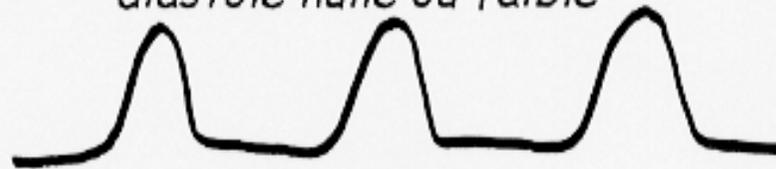
=> Implique une prévention de l'hypoxie cérébrale foetale

En temps normal, le cerveau est un système à haute résistance



cérébral normal

diastole nulle ou faible



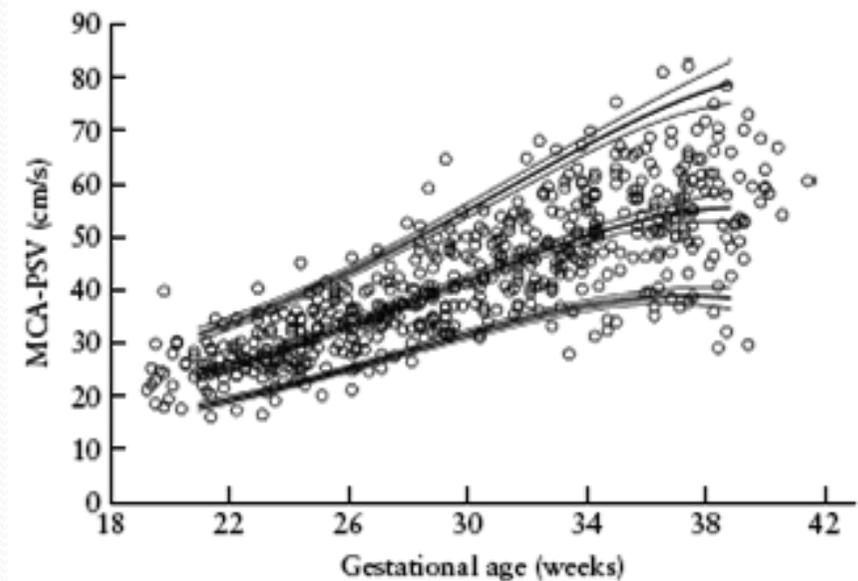
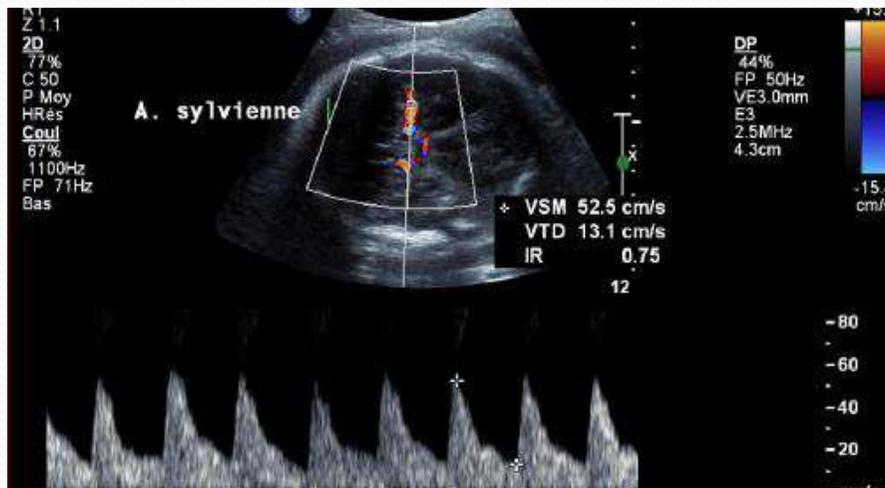
cérébral pathologique

diastole importante

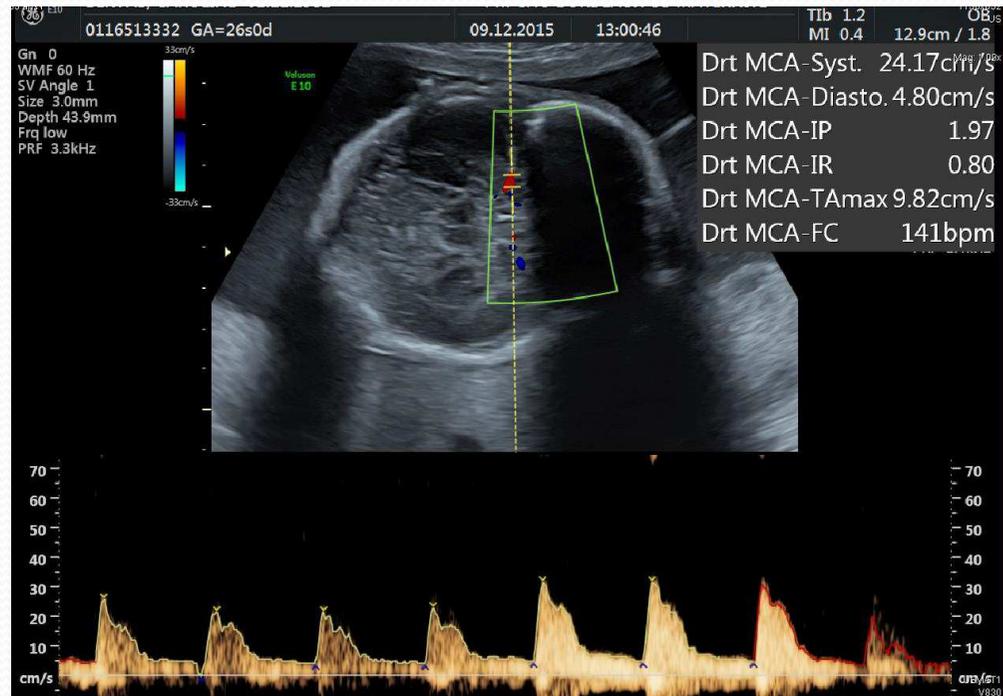
vasodilatation cérébrale pour palier à l'hypoxie

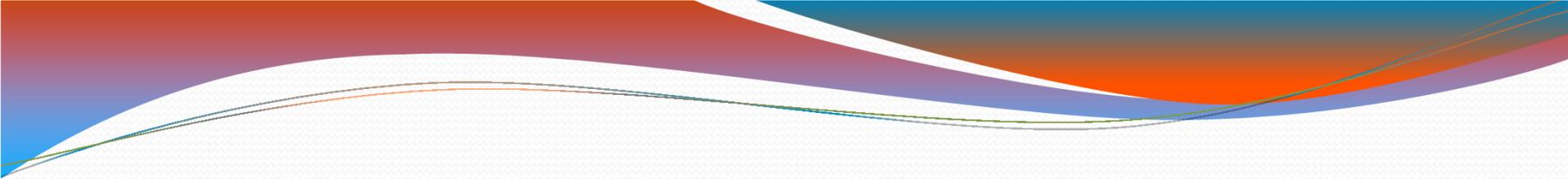
Paramètres étudiés

- PSV-ACM (pic systolique de vélocité dans l'artère cérébrale moyenne)
 - Mesure de IR
 - Dans l'axe du vaisseau
 - Sans pression sur la tête (sinon \nearrow PSV)



- Mesure de la Vmax
 - Absence d'angle :
angle <math>< 15^\circ</math>
 - Absence de pression de la tête
 - Mesure à l'origine de l'ACM
 - 1/3 proximal de l'ACM





Analyse de la PSV

= pic systolique de vélocité

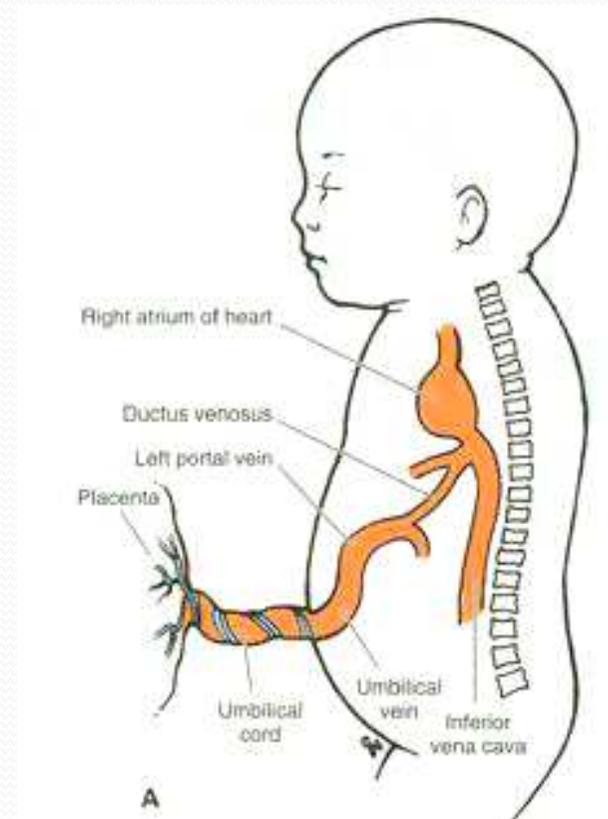
- Permet le diagnostic de l'anémie
- Mécanisme de l'anémie: \nearrow débit cardiaque / \searrow viscosité
- PSV-ACM \nearrow en cas d'anémie fœtale (pathologies : allo-immunisation, parvovirus, TAPS, anasarques, hémorragie foeto-mat...)
- Technique non invasive : \searrow 70% PSF diagnostiques
- Corrélation entre vitesse et degré d'anémie
- Seuil $> 1,5\text{MoM}$ = anémie
- Seuil $< 0,8\text{MoM}$ = polyglobulie

4. Doppler du ductus venosus

= Canal d'Arantius

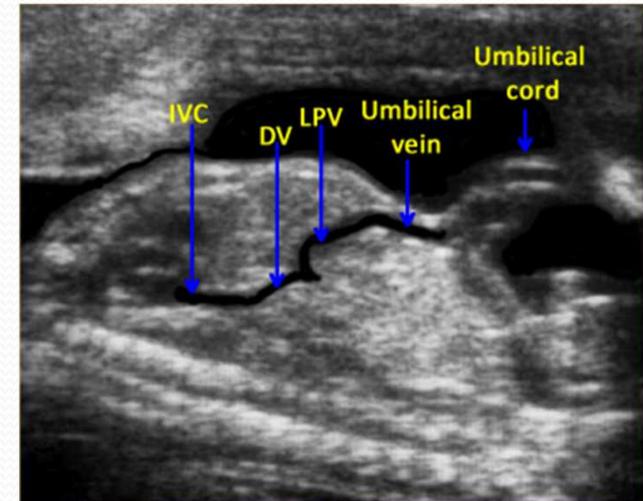
- Anatomie

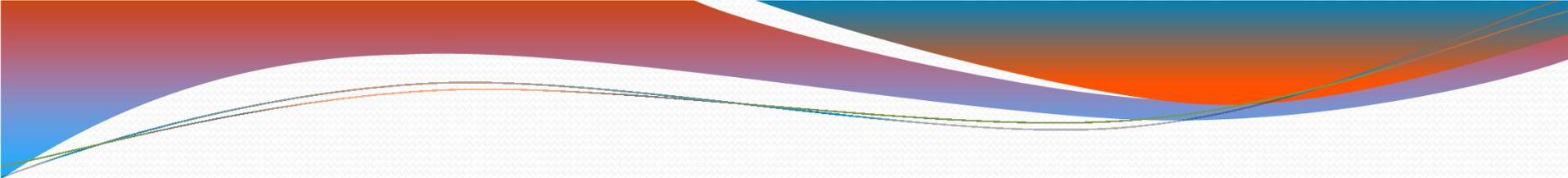
- Entre la terminaison de la veine omb dans son trajet intra-hépatique et la veine cave inférieure
- Veine omb se termine dans le sinus porte qui se coude à angle droit pour se prolonger dans la veine porte droite
- Ductus naît au niveau de cette angulation dans l'axe de la veine omb



Technique de mesure

- Coupe sagittale de préférence
- Doppler couleur
- PRF basse
- Taille de la fenêtre (entre 1 et 3 mm)
- Angle $< 30^\circ$



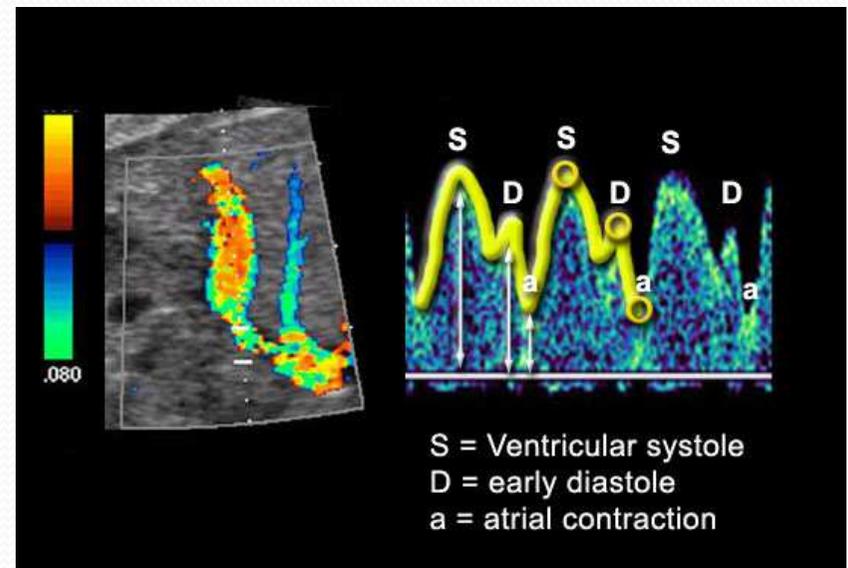


Fonction du ductus venosus

- Permet à une partie du sang oxygéné provenant du placenta par l'intermédiaire de la veine omb d'aller presque directement dans l'oreillette D
- Sans passer par le foie
- Un flux préférentiel dirige le sang de l'oreillette D à l'oreillette G à travers le foramen ovale
- Une grande partie de ce sang oxygéné est dirigé vers la circulation coronaire et cérébrale
- Grâce au canal veineux, $\pm 20\%$ du sang oxygéné provenant du placenta va directement dans l'OD

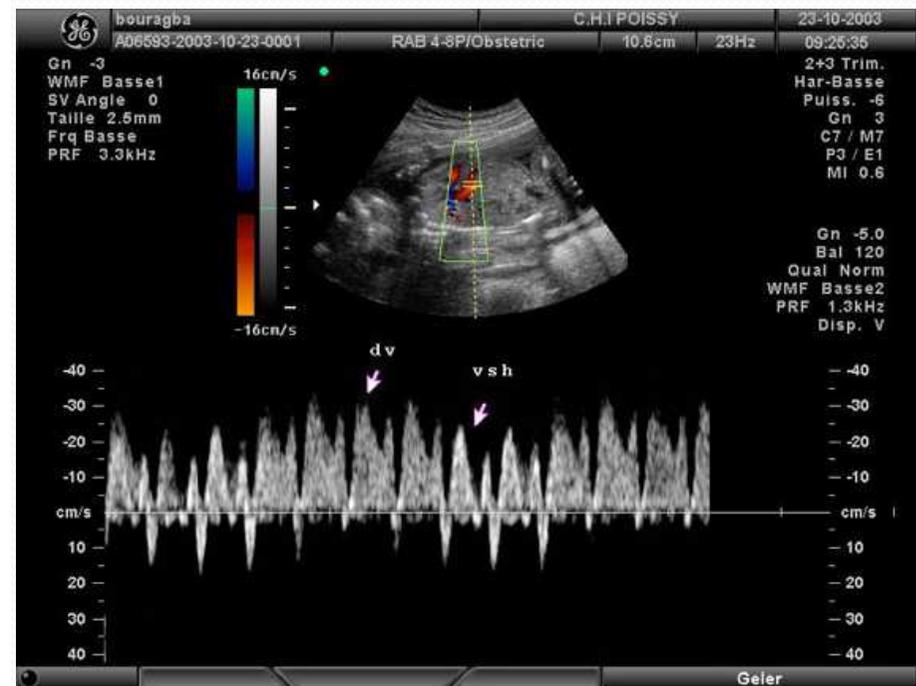
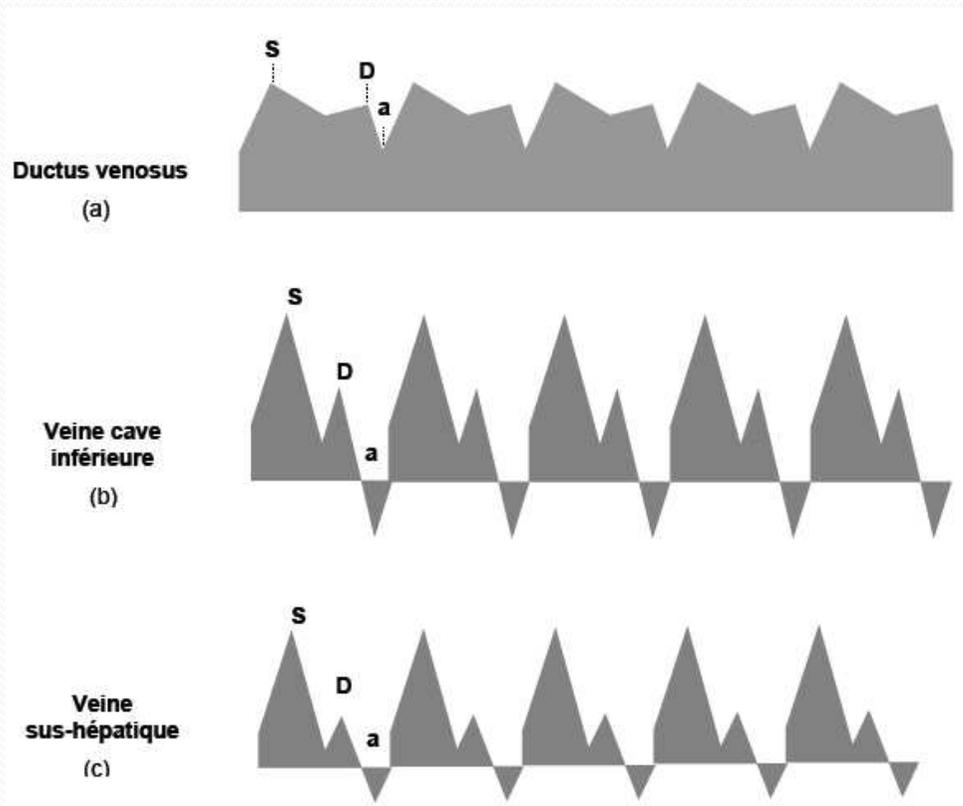
Physiologie du ductus venosus

- Spectre du DV
 - Onde S : systole ventriculaire D
Ouverture des valves AV
 - Onde D diastole ventriculaire
 - Onde a : systole auriculaire
= reflet des pressions intra
ventriculaires D



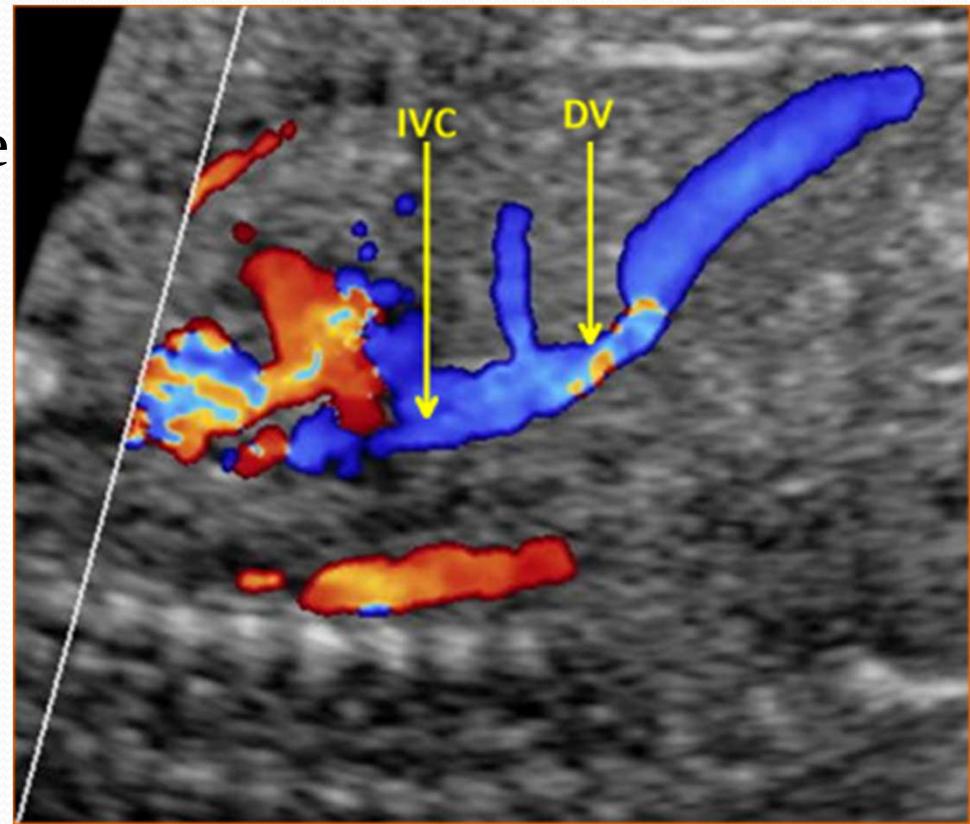
- En cas d'anomalie de la pré-charge : RCIU sévère, anomalie de l'onde a observée **nulle ou négative** (reverse flow)
- Plus le cœur est en hypoxie, plus l'onde a va se creuser
- Ductus patho reflet de : insuffisance myocardique/utéro-placentaire, hypoxie fœtale, cardiopathie...

Attention à ne pas confondre avec la VCI ou la veine sous-hépatique !



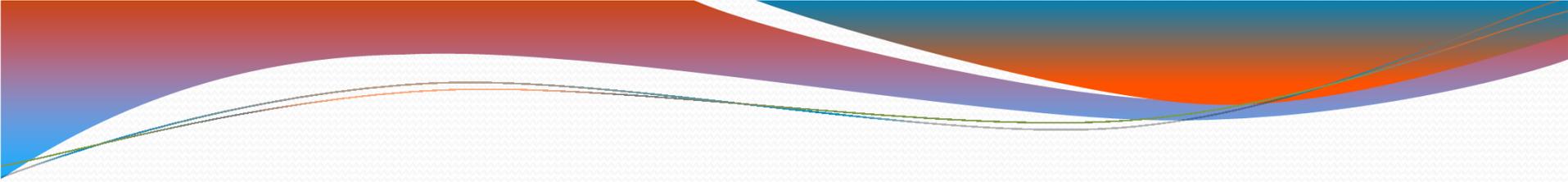
Doppler du DV au 1^{er} trimestre

- Place dans le dépistage des aneuploïdies
- Fœtus en position horizontale immobile, image agrandie
- Repérage doppler couleur,
- Aliasing permettant la reconnaissance du DV
- Angle $< 30^\circ$
- Taille de la fenêtre (0,5-1 mm)
- Filre 50-70Hz
- Vitesse entre 2-3cm/s



Interprétation du DV

- Anormal si négatif
- Marqueur indirect d'une fonction cardiaque compromise
- CN \nearrow et DV anormal : **marqueur d'aneuploidie**
 - 91% fœtus T21 anomalie du DV contre 3% fœtus normaux
 - CN et DV dépiste 80% des fœtus T21 (Mathias 2008)
 - Détection 94,2% des fœtus trisomiques en 2^{nde} intention (risque intermédiaire dépistage combiné 1/100 à 1/1000) (Nicolaidis 2009)
- CN \nearrow et DV anormal : **anomalies cardiaques**
 - Chez les fœtus euploïdes, risque d'anomalies cardiaques x3



Conclusion

- Le Doppler s'intègre dans un examen échographique complet du fœtus comprenant :
 - Un examen morphologique
 - Un examen biométrique
 - Un examen fonctionnel.
- = Outil de dépistage, de diagnostic et de surveillance foetale