



Persistance du canal artériel



Dr Neil.Derridj

CCU-AH

DU de cardiologie pédiatrique et congénitale 2021-2022

Hôpital Necker Enfants malades

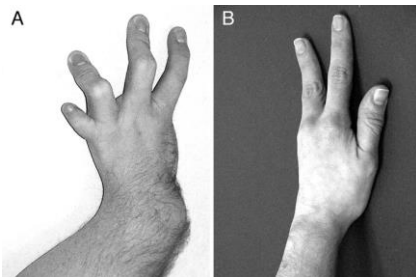
Centre de Référence des Malformations Cardiaques Congénitales
Complexes M3C

Epidémiologie

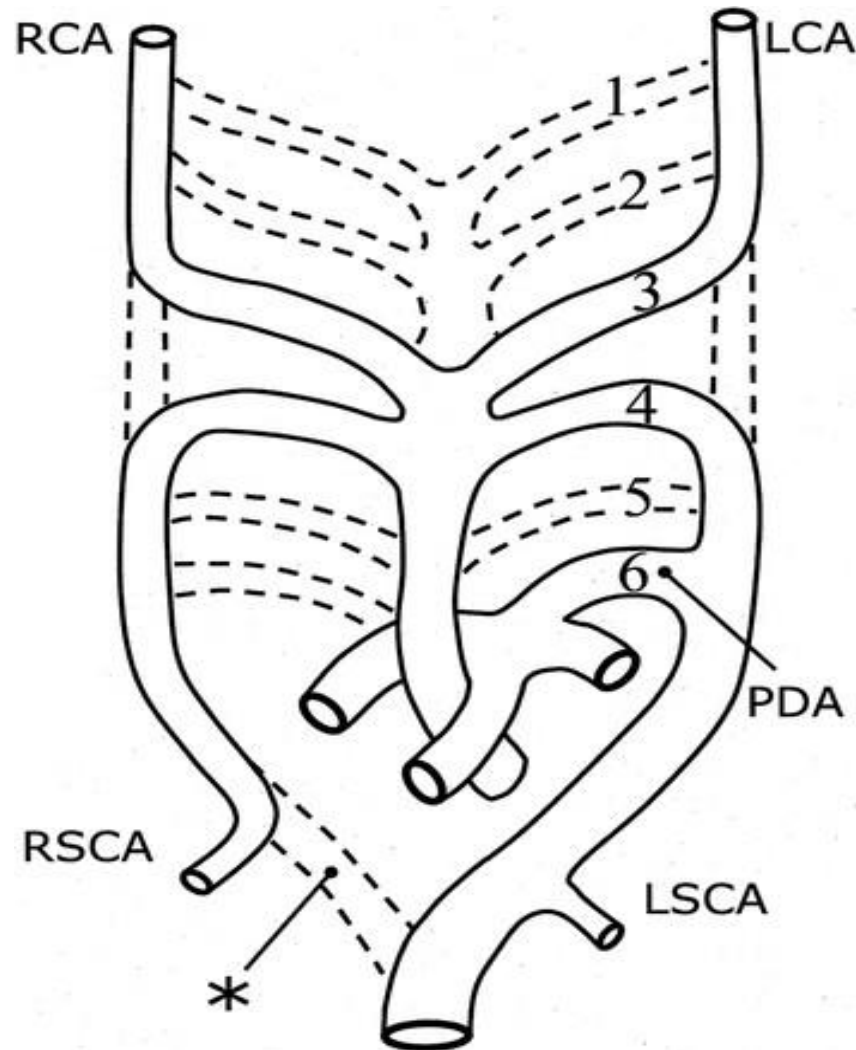
- Persistance si > 1mois

CHD subtype	Prevalence of CHD subtype per thousand (95% confidence interval)	Percentage of CHD subtype, % (95% confidence interval)
Ventricular septal defect	3.071 (2.845–3.305)	35.568 (33.876–37.278)
Atrial septal defect	1.441 (1.215–1.687)	15.378 (13.492–17.363)
Patent ductus arteriosus	1.004 (0.803–1.228)	10.172 (8.519–11.954)
Pulmonary stenosis	0.546 (0.485–0.611)	6.233 (5.703–6.784)

- Sex ratio femme 2/1
- Sporadique
- Rubéole congénitale, syndrome CHARGE, Moat-Wilson, Loeys-Dietz, Holt Oram, Di George, Noonan



Embryologie

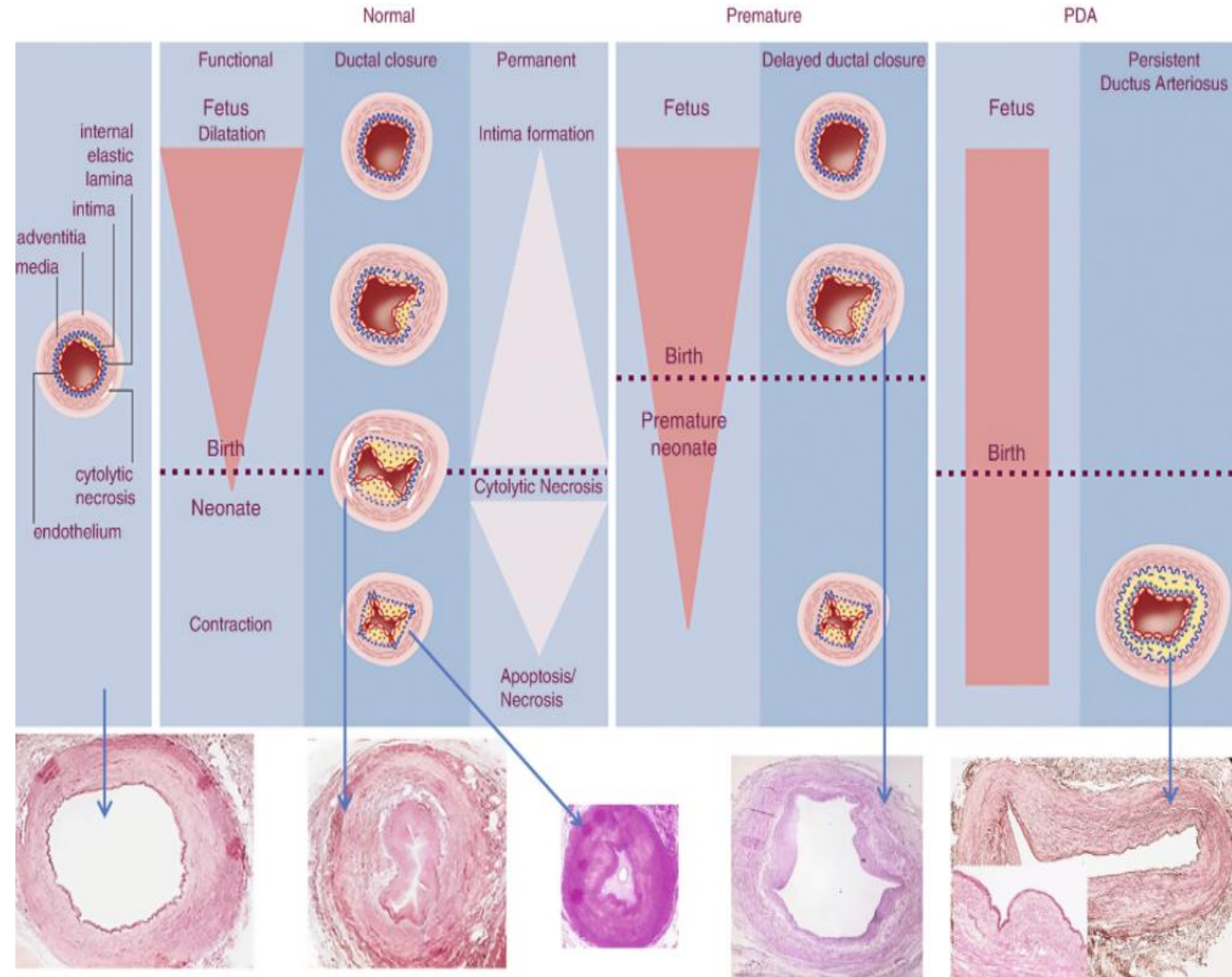


- Le canal artériel (CA) dérive de la partie distale du sixième arc aortique gauche dont la partie proximale forme l'origine de l'artère pulmonaire gauche.
- Au cours du développement fœtal, il migre de la portion horizontale de la crosse aortique vers la région isthmique

Histologie

- Dès la vie fœtale, le CA est le siège d'une maturation histologique progressive
- Intima s'épaissit (riche en substances mucoïdes)
- Apparition des coussins intimaux (2^{ème} T) saillie dans la lumière artérielle
- Différenciation précoce des fibres musculaires lisses au niveau de la média
- Accompagnant les premières contractions physiologiques, dégénérescence de la média interne, présentant une apoptose et des lacs mucoïdes remplis de matrice extracellulaire

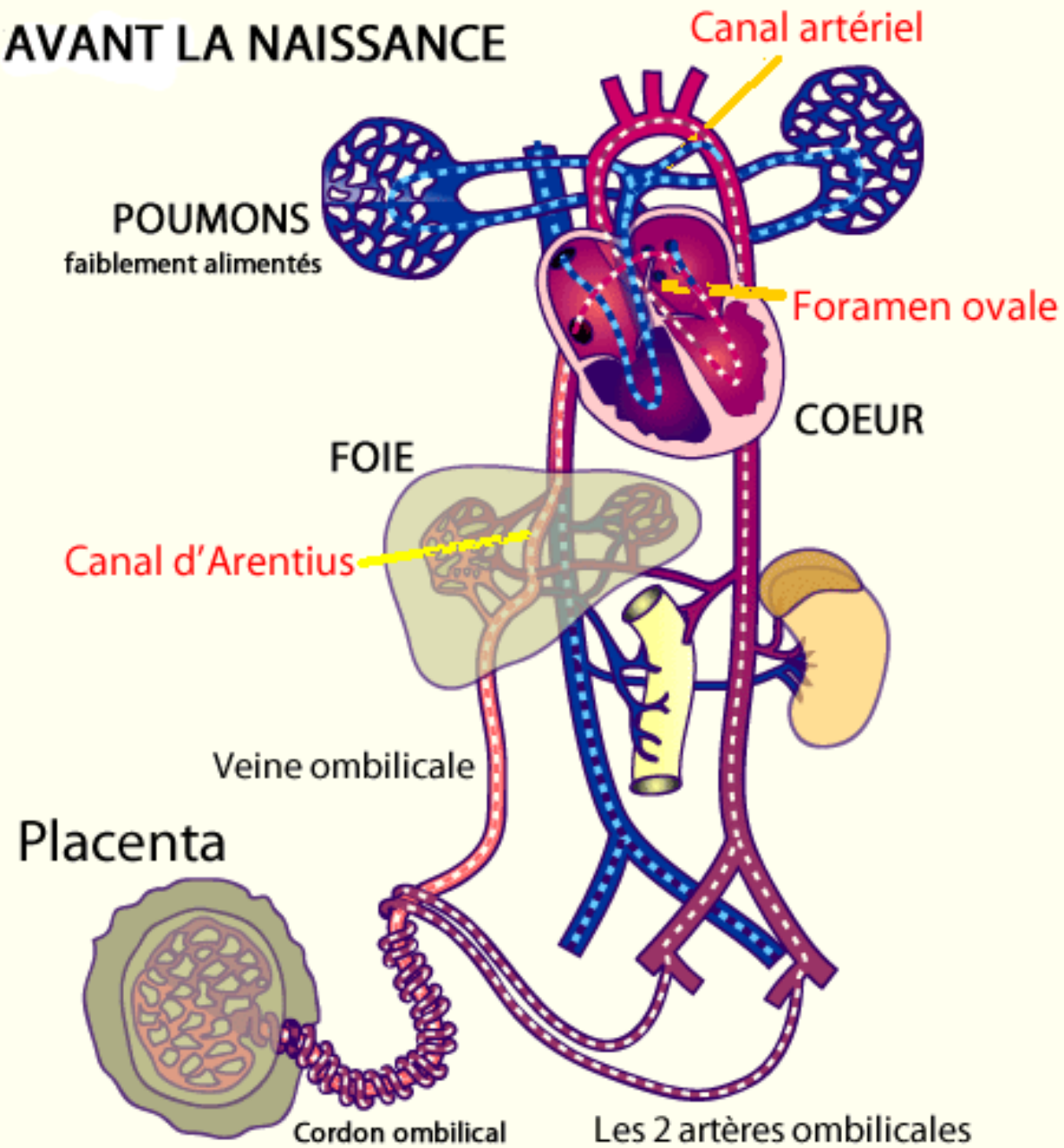
→ **ligamentum arteriosum**



Circulation foetale



AVANT LA NAISSANCE



Circulation en parallèle par 2 shunts :

- Le foramen Ovale
- Le canal artériel

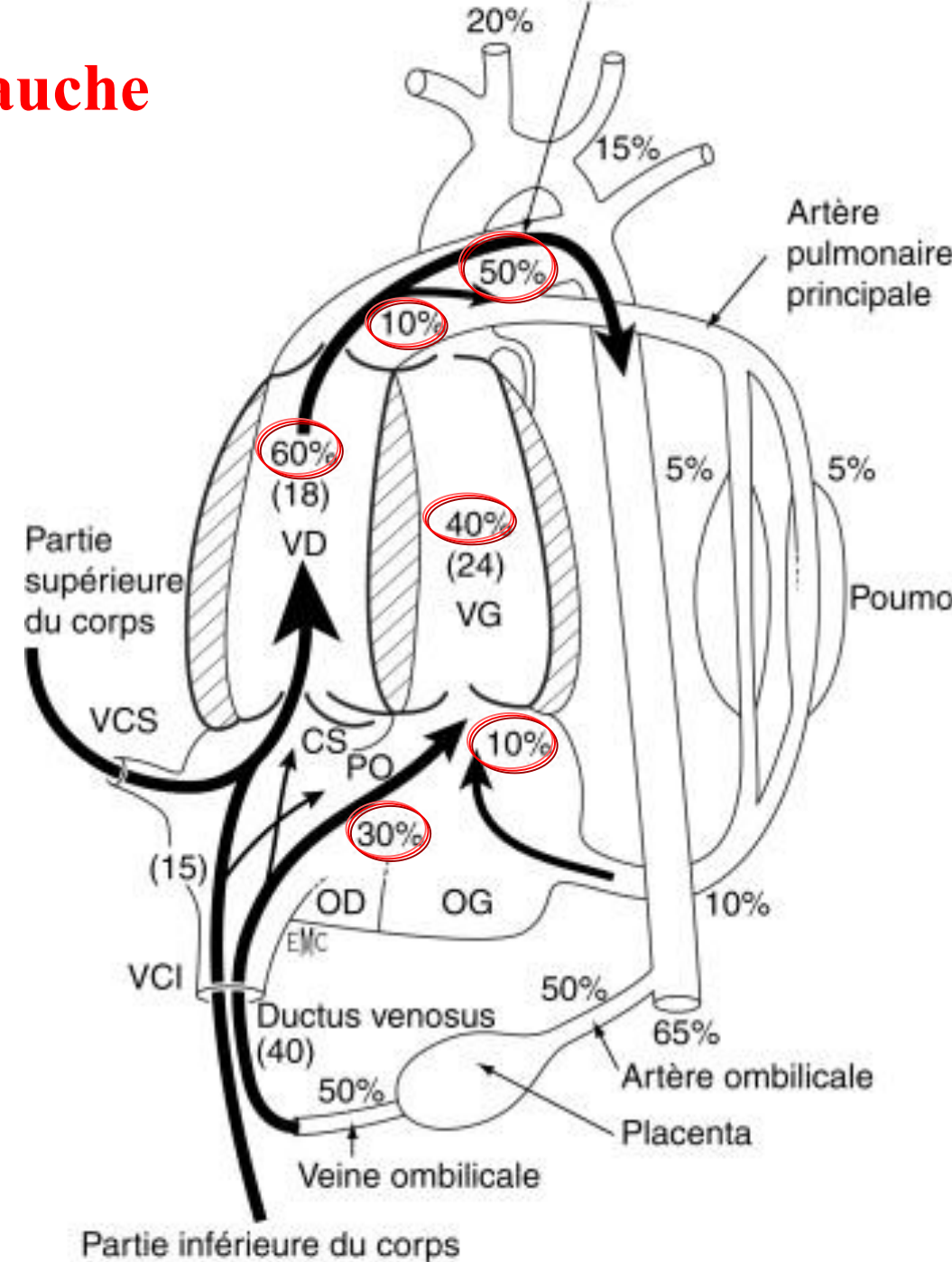
Circulation :

- A haute pression pulmonaire
- A basse pression systémique

Le sang oxygéné va en priorité au cœur gauche

- Les shunts et la circulation en parallèle
- Le placenta et le ductus venosus ou canal d'Arantius
- Le court-circuit de la circulation pulmonaire par le Canal Artériel
- Le Foramen Ovale (CIA) qui permet d'alimenter le Cœur Gauche
- Les poumons sont vasoconstrictés, non aérés donc RVP très élevées

Pour l'oxygénation, la circulation est presque en série



Adaptation postnatale à la naissance

Le premier cri ...



La ligature du cordon ...



Physiopathologie à la naissance

Facteurs favorisant la persistance du CA

- PaO₂ basses
- Prostaglandines (PGE₂)
- Hausse de la pression artérielle ductale
- NO
- Adénosine

Facteurs favorisant la fermeture du CA

- PaO₂ haute
- Inhibition de la cyclooxygénase nécessaire à la synthèse des prostaglandines
- Baisse de la pression artérielle ductale (diminution du flux sanguin transductal)
- Endothéline 1 (puissant vasoC)
- Noradrénaline
- Bradykinine
- Acétylcholine

Fermeture post-natale

- Augmentation des RVS et diminution des RVP → inversion du sens du shunt par le CA → augmentation de la pression partielle en O₂
- Ligature du cordon ombilical et ouverture de la circulation pulmonaire → chute du taux de prostaglandines

Fermeture post-natale

- La contraction des fibres musculaires lisses entraîne une fermeture fonctionnelle au cours des premières heures de vie
- Puis oblitération permanente liée à une destruction de l'endothélium et une prolifération de la sous-intima avec formation de tissu conjonctif
- Modification histologique du CA persistant : remplacement des cellules musculaires lisses par des fibres de collagène et fibres élastiques. → **ligamentum arteriosum**

Canal artériel : Clinique

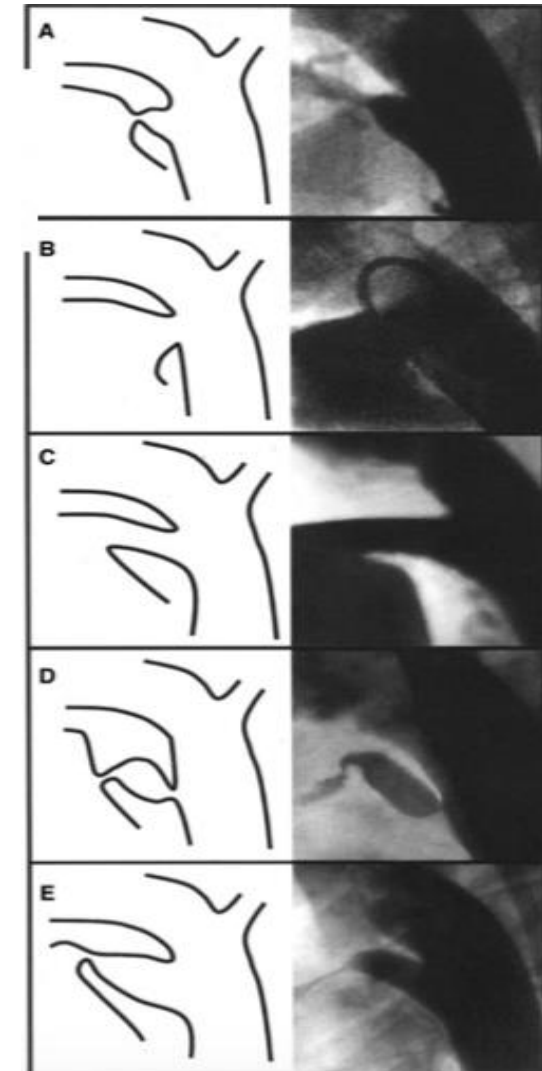
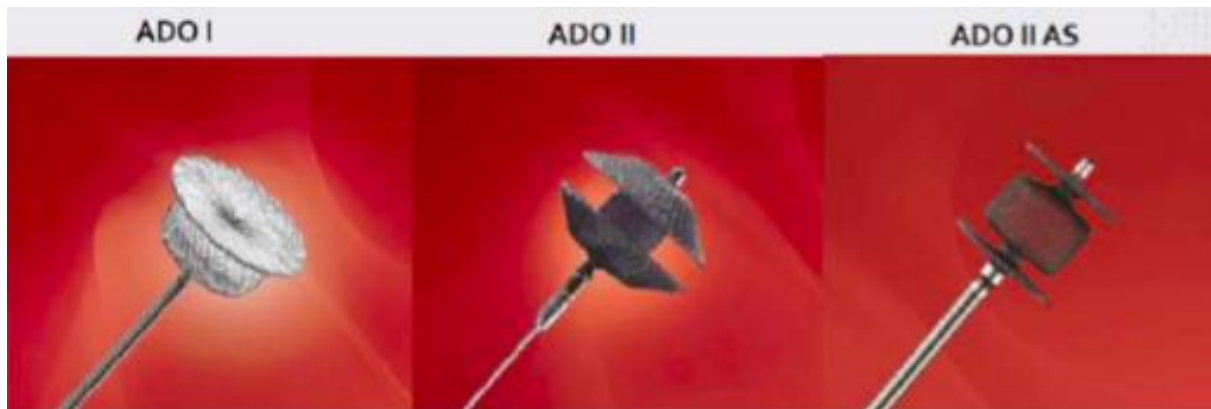
- Souffle continu à renforcement télésystolique chez un enfant asymptomatique
- Signes clinique d'hyperdébit pulmonaire et de vol diastolique
- Cadre nosologique :
 - Petit CA silencieux
 - CA restrictif soufflant
 - Large CA symptomatique
 - CA avec RVP élevées
 - CA du prématuré

Canal artériel: Evaluation échographique

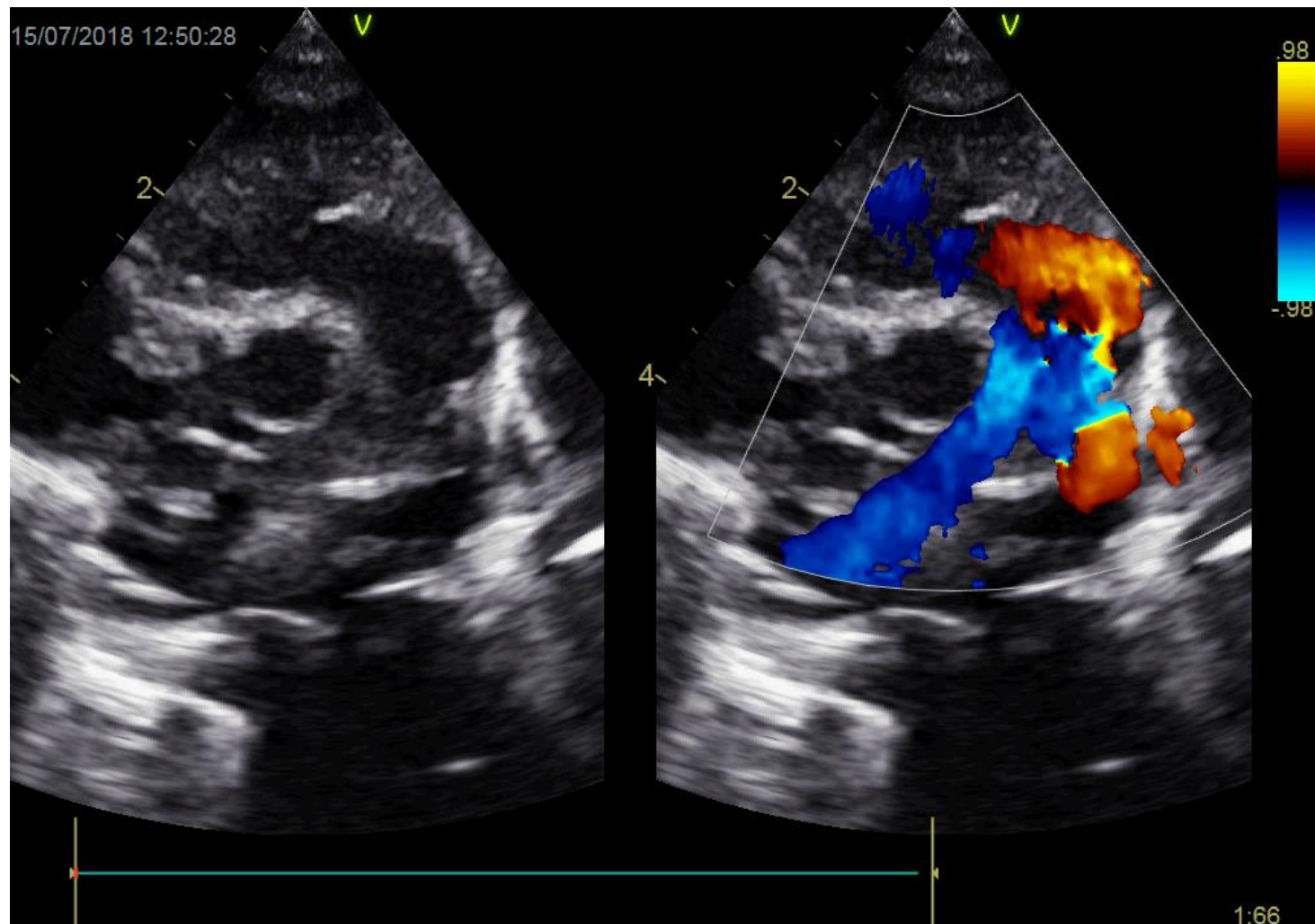
- L'importance du shunt dépend
 - De la taille du canal
 - Du rapport des résistances vasculaires systémiques et pulmonaires.
- Sens du shunt
- Vitesse du shunt
- Taille des cavités gauches ? Surcharge volumique
- Taille du canal ? Canal large = égalisation des pressions
- Flux nul ou vol en diastole dans l'aorte abdominale ou l'artère cérébrale moyenne
- Morphologie ? En vue de la fermeture percutanée

Canal artériel: Evaluation échographique

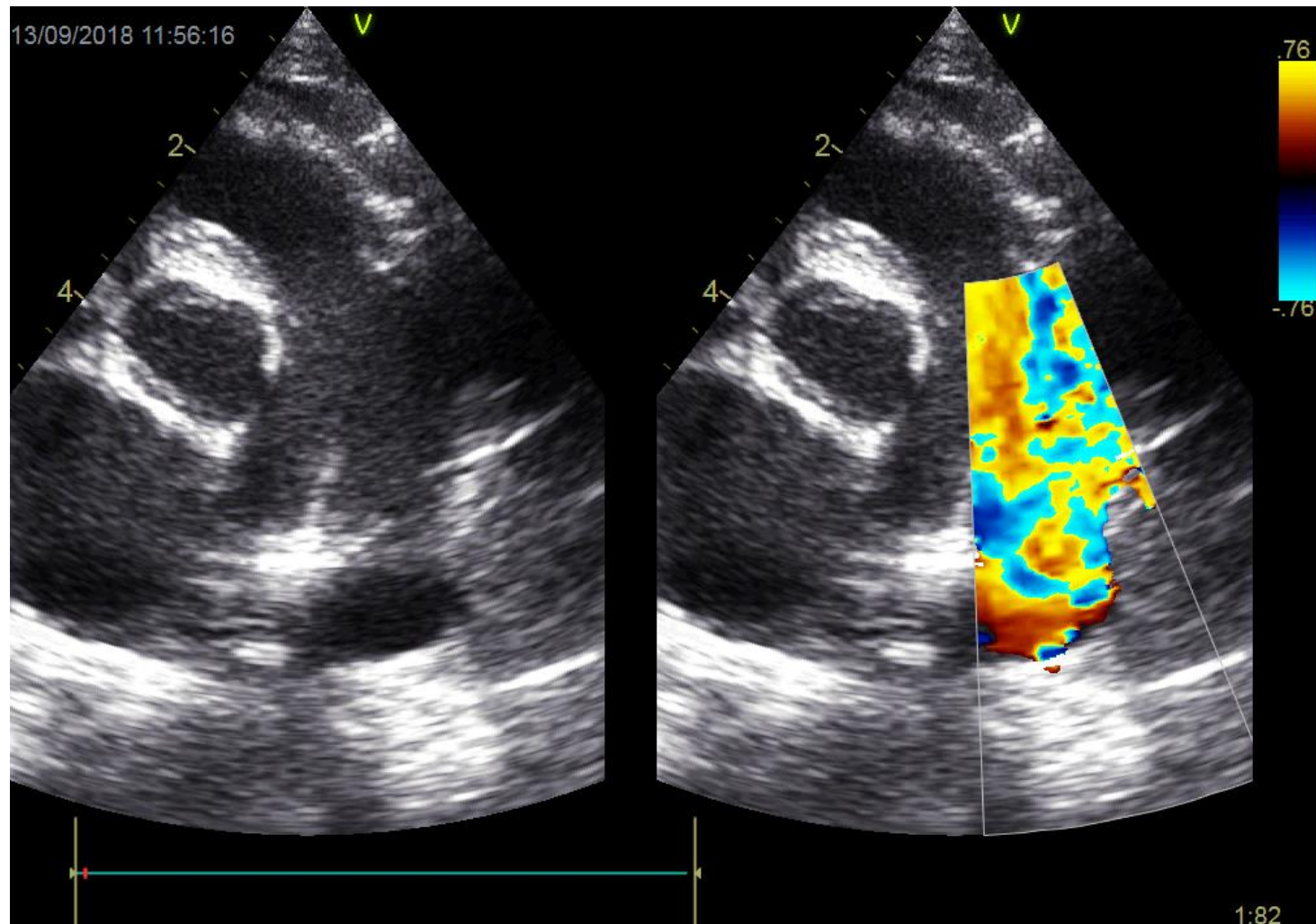
- Classification en fonction de la taille :
 - Petit < 2 mm
 - Moyen : 2 à 5 mm
 - Large > 5 mm
- Dilatation des cavités gauches > 2DS
- Morphologie
- Eliminer autre anomalie anatomique nécessitant chirurgie (CoAo +++)



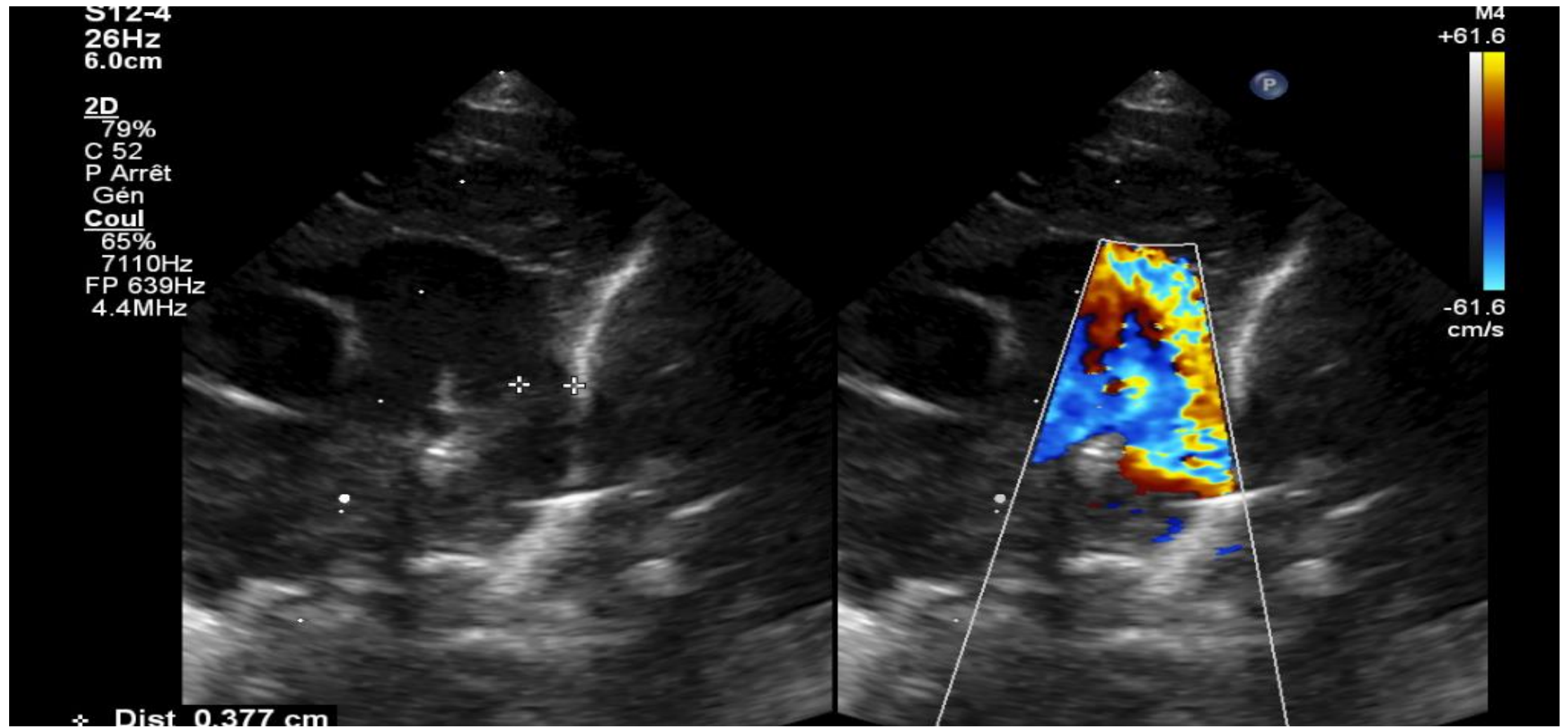
Petit axe : le trépied



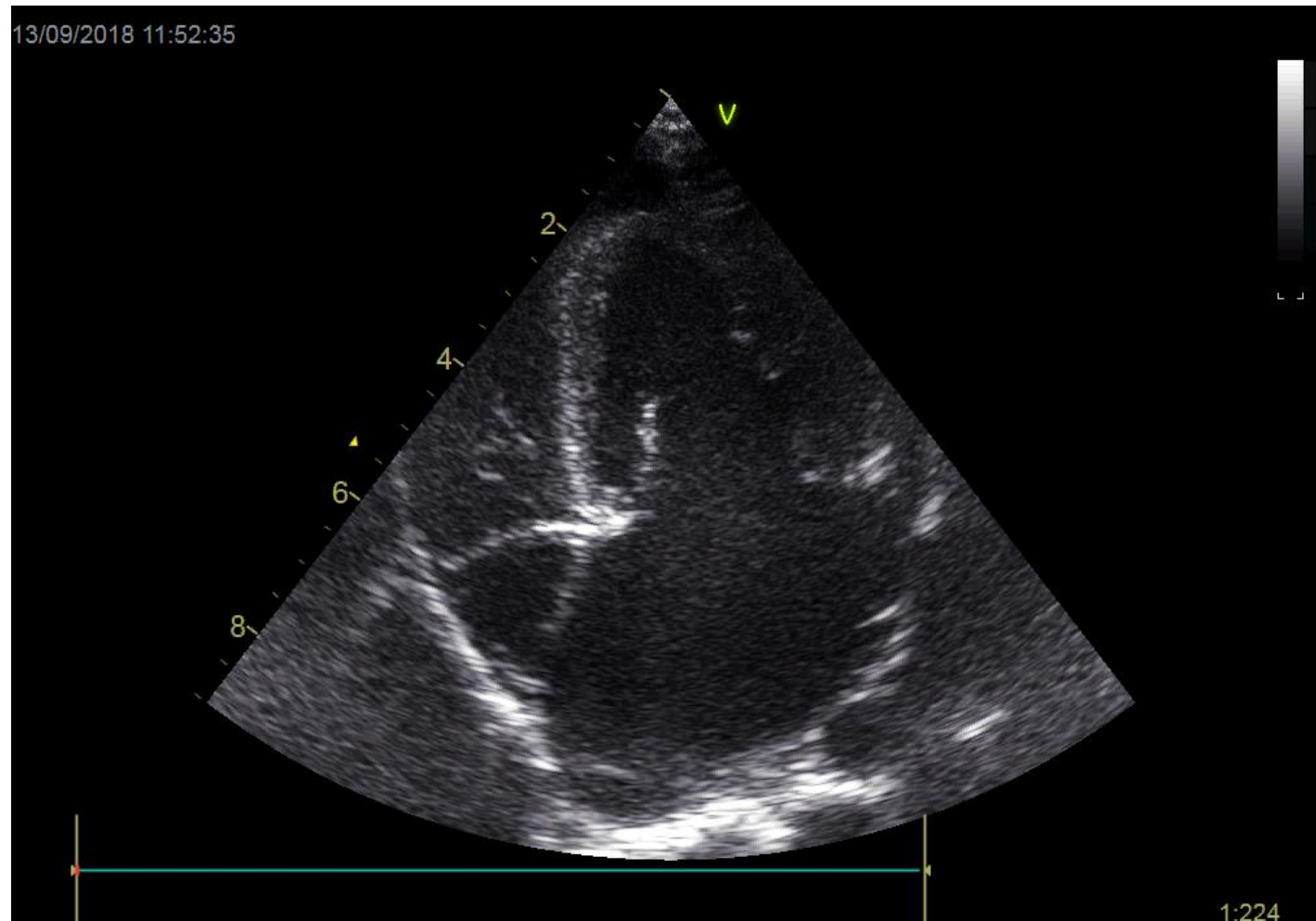
Petit axe : le trépied



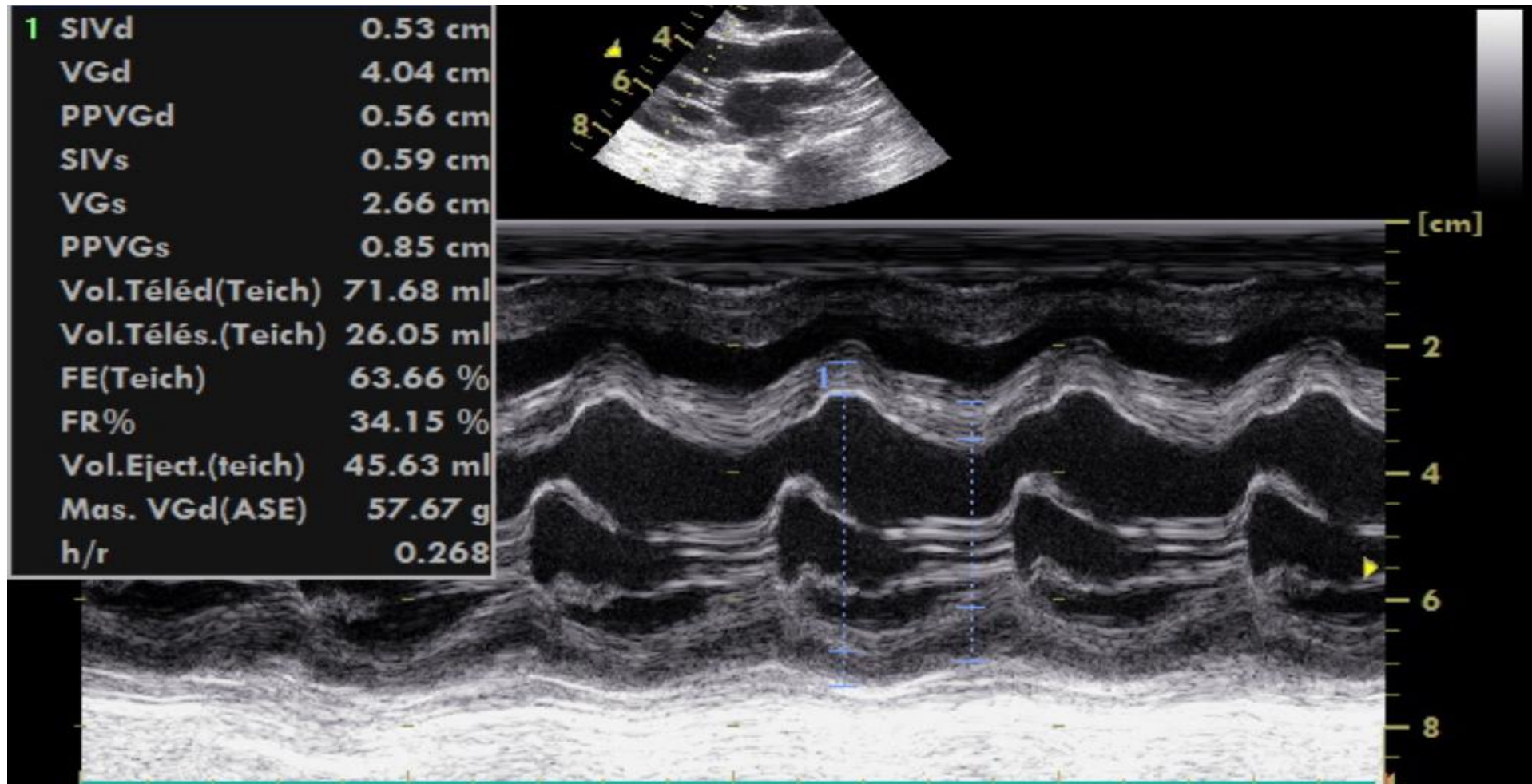
Mesure en 2D sinon surestimation



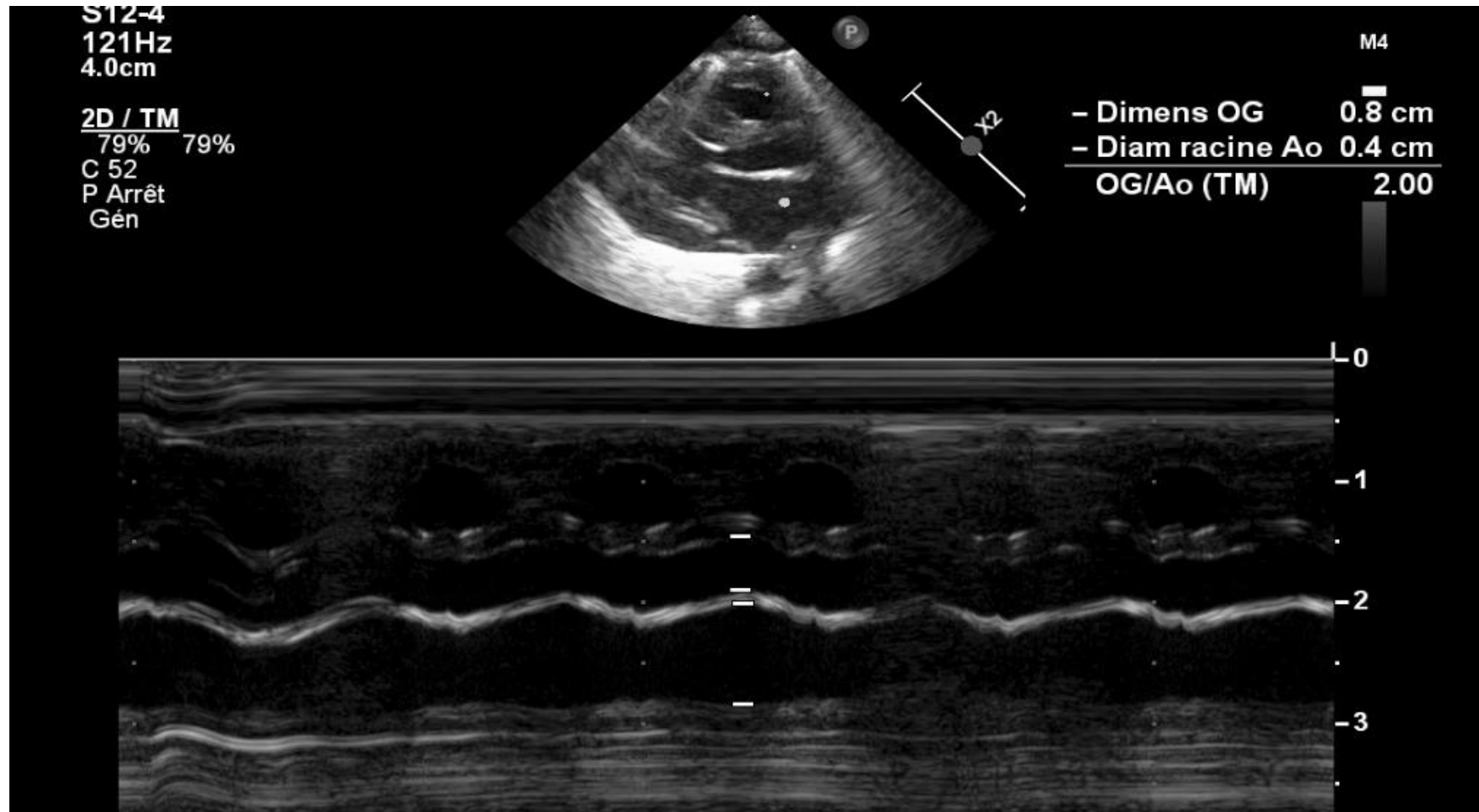
Dilatation des cavités gauches



Dilatation VG en TM



Rapport OG/Ao



Canal artériel: Indications de fermeture

Indications :

- CA symptomatique/Large CA avec HTP/CA restrictif avec hyperdébit (dilatation des cavités gauches)
- CA petit shunt G-D avec souffle, sans dilatation des cavités gauches
- Peut être envisagée :
 - CA petit shunt G-D sans souffle ni dilatation des cavités gauches ;
 - CA bidirectionnel avec HTP réversible après administration de vasodilatateurs pulmonaires.

Contre-indication : CA bidirectionnel ou D-G avec maladie hypertensive pulmonaire sévère ne répondant pas à l'administration de vasodilatateurs pulmonaires

Principales complications si laissé à son évolution naturelle :

- Insuffisance cardiaque
- Syndrome d'Eisenmenger
- Endocardite
- Anévrisme, dissection aortique

Recommendations for Transcatheter PDA Occlusion

Class I

1. Transcatheter PDA occlusion is indicated for the treatment of a moderate-sized or large PDA with left-to-right shunt that results in any of the following: Congestive heart failure, failure to thrive, pulmonary overcirculation (with or without pulmonary hypertension), or an enlarged left atrium or left ventricle, provided the anatomy and patient size are suitable (*Level of Evidence: B*).

Class IIa

1. Transcatheter PDA occlusion is reasonable in the presence of a small left-to-right shunt with normal-sized heart chambers when the PDA is audible by standard auscultation techniques (*Level of Evidence: C*).

Class IIb

1. In rare instances, transcatheter PDA occlusion may be considered in the presence of a bidirectional PDA shunt due to pulmonary hypertension and obstructive pulmonary vascular disease but reversible to pure left-to-right shunting with pulmonary vasodilator therapy (*Level of Evidence: C*).
2. Transcatheter PDA occlusion may be considered in a PDA associated with a small left-to-right shunt with normal heart size and an inaudible murmur (*Level of Evidence: C*).

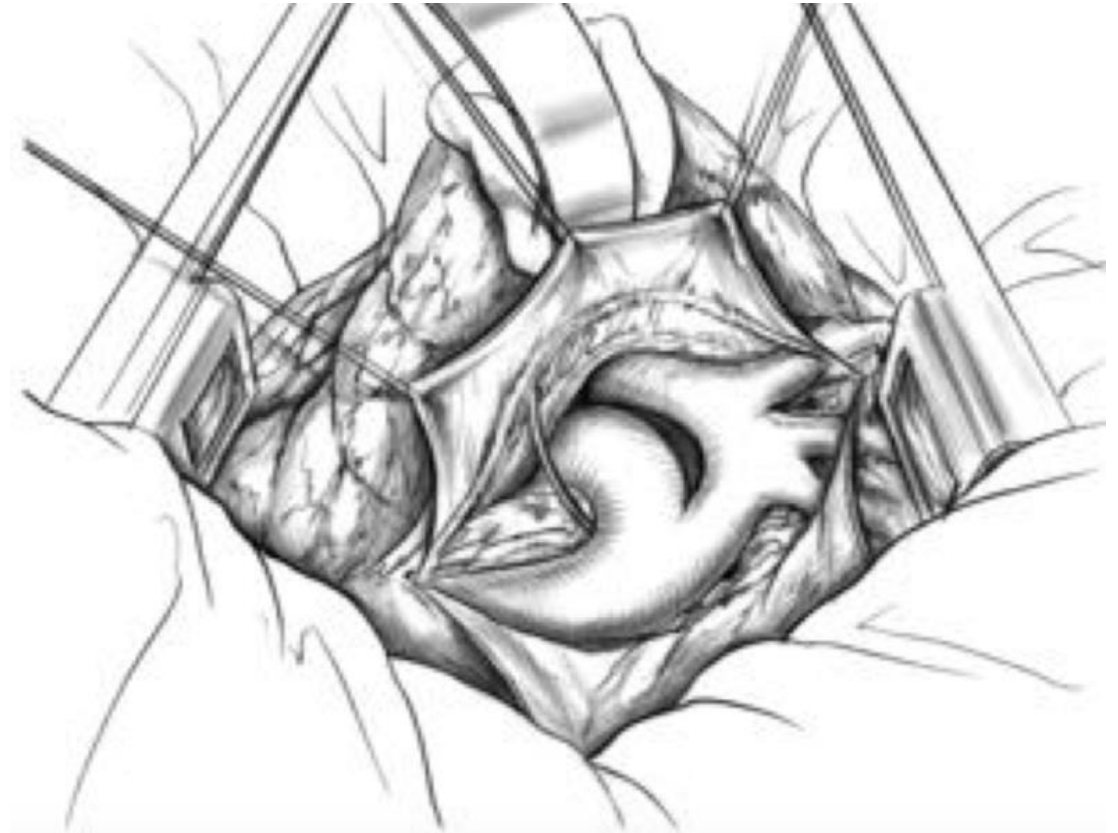
Class III

1. Transcatheter PDA occlusion should not be attempted in a patient with a PDA with severe pulmonary hypertension associated with bidirectional or right-to-left shunting that is unresponsive to pulmonary vasodilator therapy (*Level of Evidence: C*).

Options thérapeutiques

Historique : chirurgie

- Thoracotomie postéro-latérale gauche
- Ligature chez les prématurés
- Section-suture chez les autres



Options thérapeutiques

Historique : chirurgie

Complications :

- Hémorragie
- Lésion du nerf récurrent G = paralysie corde vocale G
- Lésion nerf phrénique G = paralysie de coupole diaphragmatique G
- Plaie du canal thoracique = Chylothorax
- Coarctation
- Ligature APG/Ao descendante....
- Chez les prématurés, fermeture du canal souvent suivie d'une dégradation sévère sur le plan hémodynamique et respiratoire

Options thérapeutiques

Standard of care : cathétérisme

✓ In 1966, Porstmann^{1,2} was the first to successfully apply a new method by which a patent ductus arteriosus (PDA) was closed by a plug transported by catheters through the femoral artery. Thereafter, he reported successful procedures in 56 of 57 patients. Takamiya³ had used this method in ten patients by October, 1971. Lack of mortality, minor morbidity, and no recurrence of shunting in their long-term follow-up studies encouraged us to use this method in our patients.⁴

To date, we have successfully accomplished the transfemoral plug closure of PDA in 58 of 61 patients. Though the principle of the method has been un-
derstood, as our experience broadened the technical

selecting candidates, except for the size and age of patients and the shape and size of the ductus. All patients underwent ductus and femoral artery angiography in advance to evaluate the shape and the relative sizes of the lumens. The diameter of the plug should be 20–40% smaller than that of the ductus. Particular attention was given to ruling out all other associated heart anomalies.

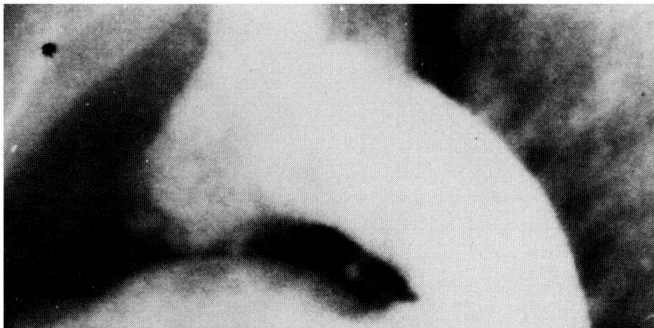
The principle of Porstmann's method is as follows (Fig. 1). A long catheter is inserted through the femoral artery into the aorta, and across the ductus. The arterial catheter is caught in the right heart by a catching wire and is then passed through a femoral vein. The arterial catheter is drawn by the venous catheter through the right heart into the inferior vena cava, and out the femoral vein. A steel guide wire, lying within the lumen of the mentioned arterio-transductal-venous catheter loop, is used as a track over which a closure plug will be guided in

38

Table 1
Age and Sex Distribution of 61 Patients Undergoing Transfemoral Closure of Patent Ductus Arteriosus

Age (yrs)	3–4	5–9	10–14	15–19	20–29	30–39	Total
Male	0	6	3	1	4	0	14
Female	5	15	7	7	10	3	47
Total	5	21	10	8	14	3	61

TRANSFEMORAL CLOSURE OF PDA



facilitating easy withdrawal of the wire after plug placement. This prevents the plug from sliding into the pulmonary artery.

Modification of Insertion of Closing Plugs via the Femoral Artery

When this procedure is done by the percutaneous method, the thin-walled, tapered tube of the applicator is in-

Options thérapeutiques

Standard of care : cathétérisme

Recommendations for Transcatheter PDA Occlusion

Class I

1. Transcatheter PDA occlusion is indicated for the treatment of a moderate-sized or large PDA with left-to-right shunt that results in any of the following: Congestive heart failure, failure to thrive, pulmonary overcirculation (with or without pulmonary hypertension), or an enlarged left atrium or left ventricle, provided the anatomy and patient size are suitable (*Level of Evidence: B*).

Class IIa

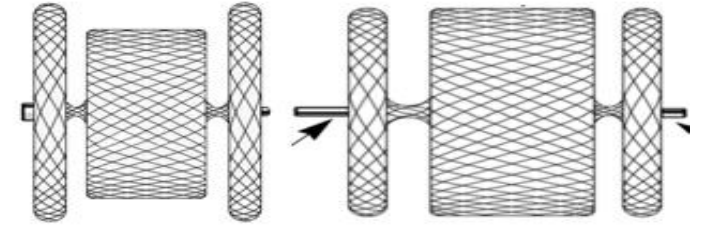
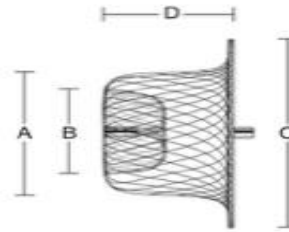
1. Transcatheter PDA occlusion is reasonable in the presence of a small left-to-right shunt with normal-sized heart chambers when the PDA is audible by standard auscultation techniques (*Level of Evidence: C*).

Class IIb

1. In rare instances, transcatheter PDA occlusion may be considered in the presence of a bidirectional PDA shunt due to pulmonary hypertension and obstructive pulmonary vascular disease but reversible to pure left-to-right shunting with pulmonary vasodilator therapy (*Level of Evidence: C*).
2. Transcatheter PDA occlusion may be considered in a PDA associated with a small left-to-right shunt with normal heart size and an inaudible murmur (*Level of Evidence: C*).

Class III

1. Transcatheter PDA occlusion should not be attempted in a patient with a PDA with severe pulmonary hypertension associated with bidirectional or right-to-left shunting that is unresponsive to pulmonary vasodilator therapy (*Level of Evidence: C*).



ADO



ADO II AS



AVP



ADO II

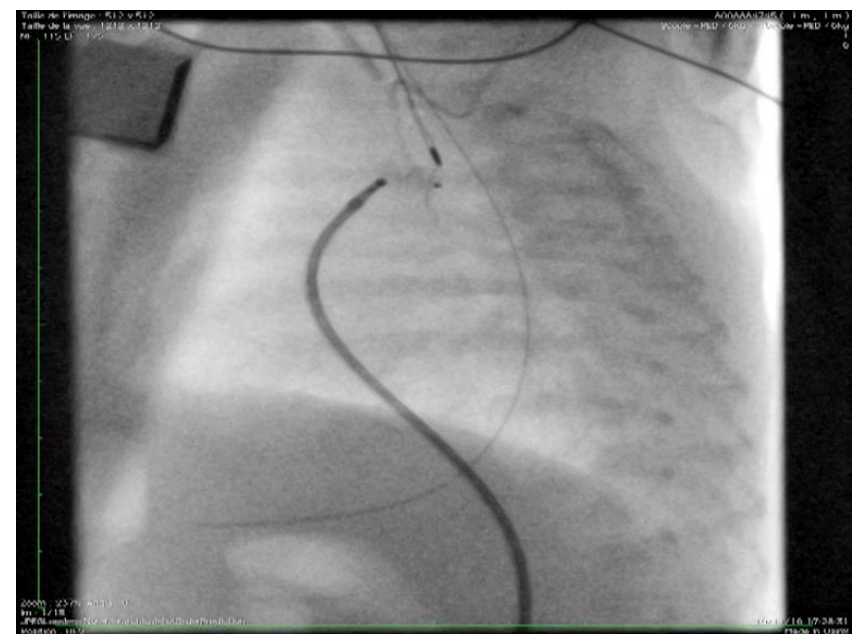
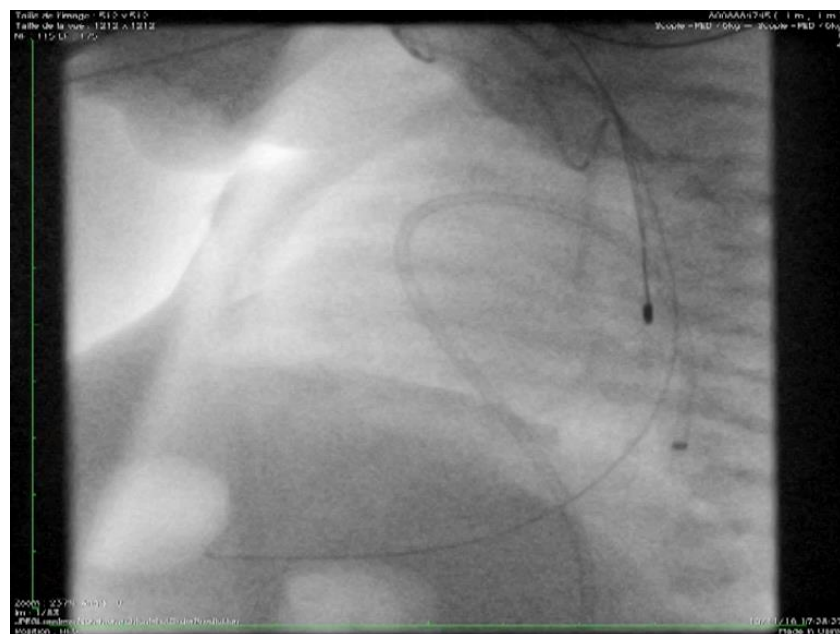
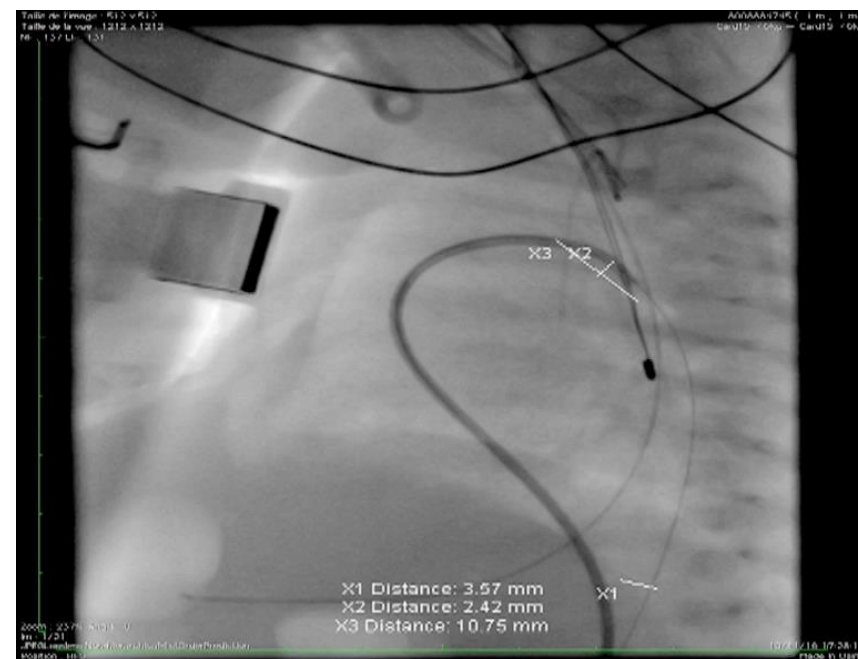
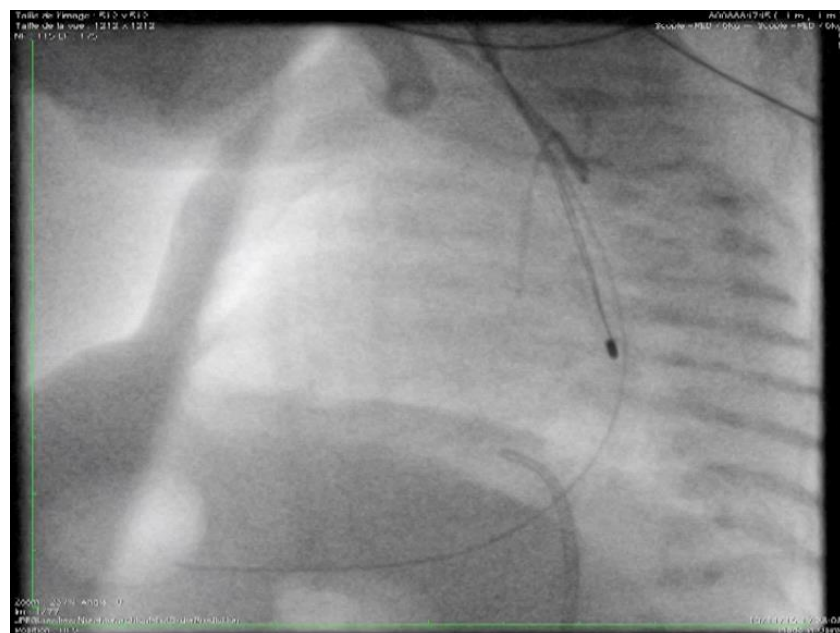
Options thérapeutiques

Standard of care : cathétérisme

Complications :

- Migration/Embolisation
- Coarctation
- Sténose APG
- Shunt résiduel
- Hémolyse
- Point de ponction

Taux de fermeture > 95%



Particularité du CA du prématuré

- Reste ouvert à 4 jours de vie chez 10% des enfants nés entre 30 et 37 SA, 80% des enfants entre 25 et 28 SA, et 90% des 24 SA (à 7 jours : 2, 67 et 85% respectivement)
- Perméabilité prolongée associée avec ventilation assistée prolongée, dysplasie bronchopulmonaire, hémorragie pulmonaire, ECUN, HIV, leucomalacie périventriculaire et paralysie cérébrale.

Particularité du CA du prématuré

Risques :

- Court Terme (< 72h) :
 - Hémorragie intra-ventriculaire
 - Hémorragie pulmonaire
- Moyen terme :
 - ECUN
 - Insuffisance rénale
 - Ré aggravation de la MMH
- Long terme :
 - Insuffisance cardiaque
 - Bronchodysplasie

Particularité du CA du prématuré

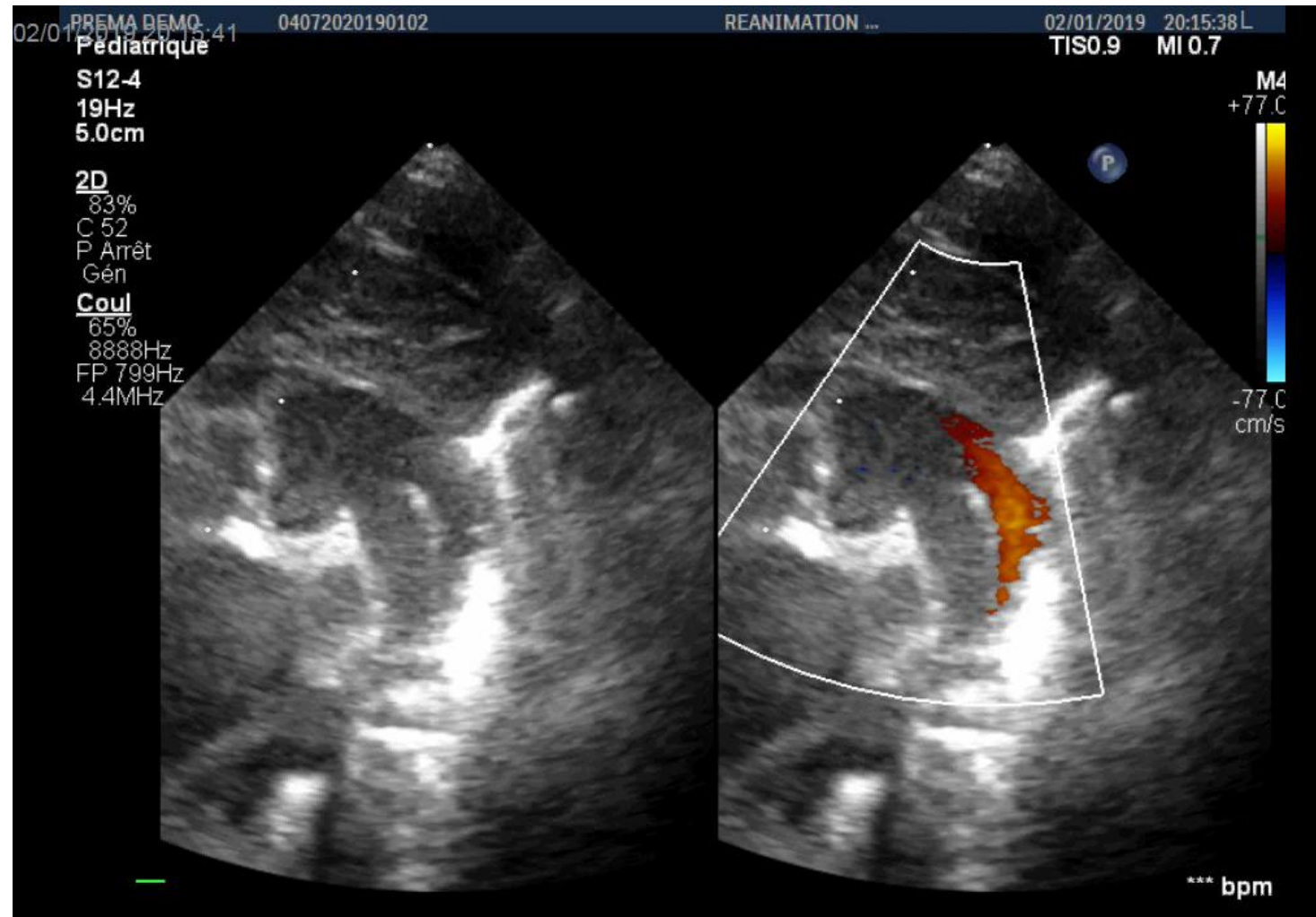
- La fermeture précoce du canal artériel permet-elle de diminuer l'incidence de toutes ces complications ?
 - Non
 - Indométhacine prophylactique réduit risque d'HIV et d'hémorragie pulmonaire mais aucune différence sur pronostic neurodéveloppemental ou respiratoire à long terme
- Complications du traitement ?
 - Oui quelque soit la thérapeutique utilisée
- « hémodynamiquement significatif »... ?
- En première intention devant PCA avéré : Ibuprofène ou Indométhacine
- En deuxième intention : cathétérisme ou chirurgie

Particularité du CA du prématuré

Hémodynamiquement significatif :

- Cliniquement :
 - dépendance à la ventilation, RP, signes d'hypodébit systémique, pouls amples, TA diastolique basse
- Échographiquement :
 - Diamètre CA au bout pulmonaire > 2 mm
 - Vitesse du shunt
 - OG/Aorte $> 1,5$, moins sensible que VOG ou SOG indexé
 - DTDVG $> Z$ -score + 2
 - Vmoyenne dans l'APG $> 45-50$ cm/s et Vtélédiastolique > 20 cm/s
 - Diastole nulle ou vol diastolique dans Ao abdo/AMS ou ACM
 - Importance du retour veineux pulmonaire, du shunt par FOP ou CIA





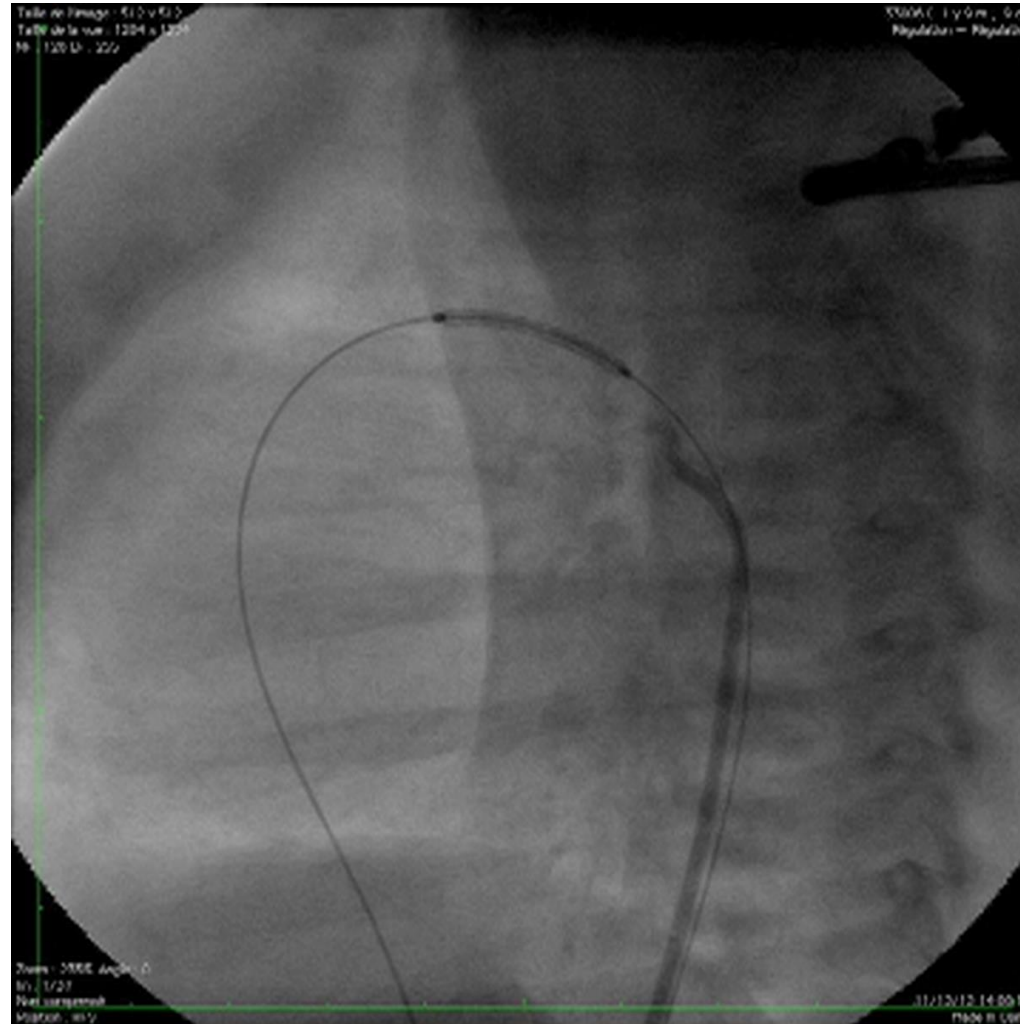


Particularité du CA du prématuré

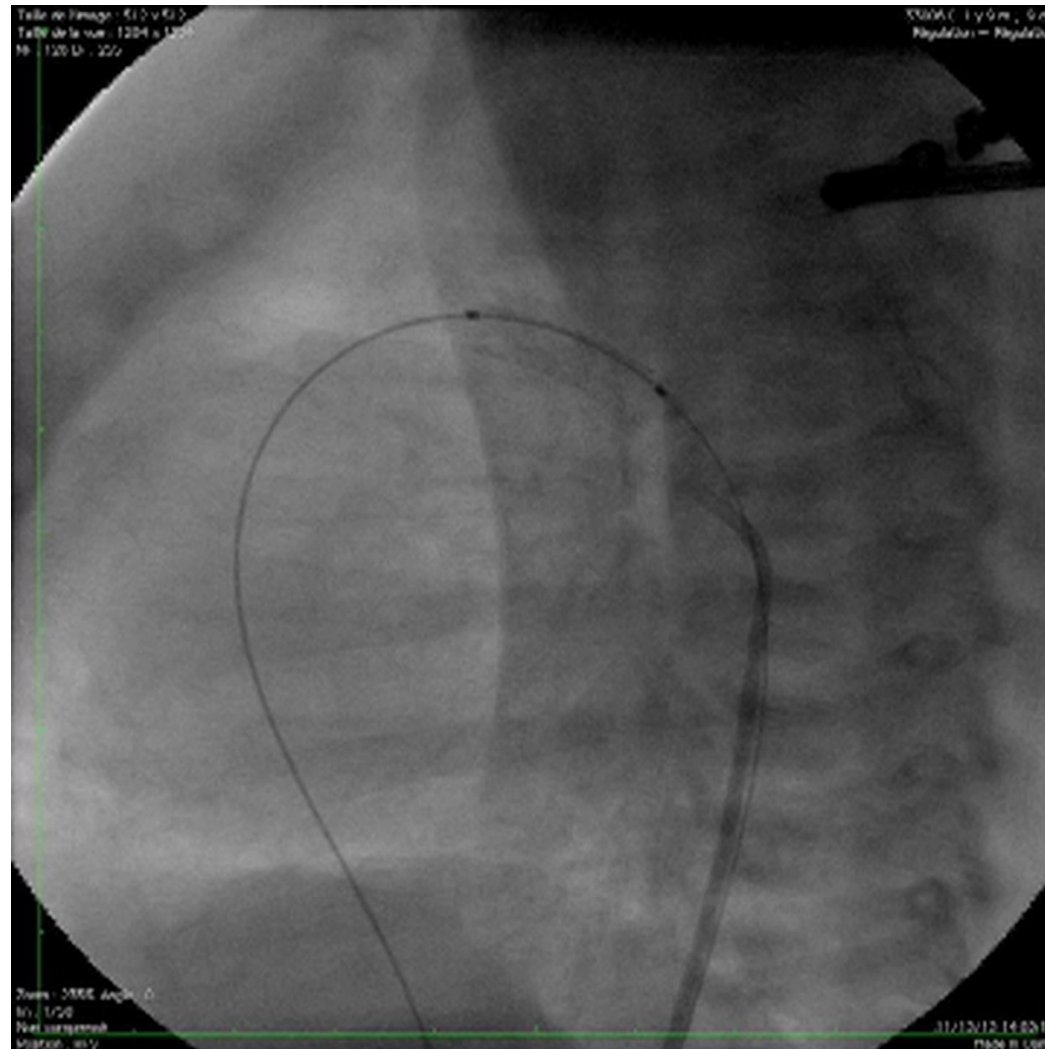
Risques de la procédure Complications

- Instabilité hémodynamique et respiratoire : désaturations/bradycardies sévères/ACR
- Rupture de cordage tricuspide → fuite tricuspide
- Échec de fermeture du canal
- Embolisation de prothèse
- Sténose APG
- Coarctation de l'aorte
- Complications au point de ponction (thrombose veineuse, hématome)
- Infection post-cathétérisme

Stenting du canal artériel



Stenting du canal artériel



Fermeture/restriction anténatale du canal artériel

- Souvent favorisée par la prise d'AINS mais peut survenir spontanément
- Il y a un autre shunt intra-cardiaque → augmentation du débit sanguin à travers le foramen ovale et diminution du flux sanguin droit
- Modification de la post-charge du VD
- Hypertrophie et dilatation VD, fuite tricuspide
- +/- Défaillance ventriculaire droite
- Hypertension artérielle pulmonaire par remodelage vasculaire

Fermeture anténatale du canal artériel

- Traitement symptomatique :
 - En anténatal : surveillance échographique régulière et extraction fœtale en fonction de la tolérance fœtale et du terme,
 - En post-natal : O₂ et NO +/- support ventilatoire +/- inotropes
- Régression spontanée en quelques jours à mois après la naissance



MERCI

