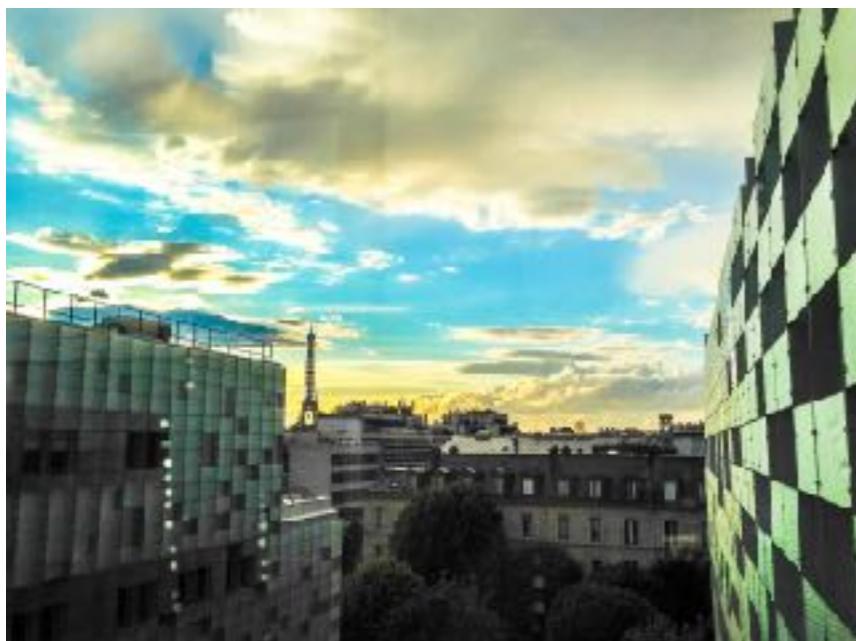




Cathétérisme cardiaque diagnostique

Hémodynamique et angiographie



Sophie Malekzadeh Milani
Cardiologie pédiatrique
Hôpital Necker Enfants malades
Centre de Référence des Malformations Cardiaques
Congénitales Complexes M3C

Historique

- 1667 Lower (premier cathéter)
- 1711 Hales (premier cathétérisme cardiaque)
- 1844 Claude Bernard: mesure des pressions et de la température intracardiaque

Historique

- 1861 Chauveau et Marey: cathéter à double lumière; enregistrements de pressions endocavitaires après cathétérisme par VJ chez le cheval
- 1870 Fick: débit cardiaque en fonction des oxymétries
- 1895 Roentgen: rayon X
- 1896 Haschek: première angiographie



Historique

1929 Werner Forssman: premier cathétérisme cardiaque humain

1936 Cournand et Richard : développement et codification des techniques du cathétérisme cardiaque droit et gauche; pressions, oxymétries et débit
(Nobel 1956)

1945 cathétérisme dans les cardiopathies congénitales: CIA puis CIV

1964 Dotter: première angioplastie (Nobel 1978)

Historique

- 1953 Seldinger (technique d'introduction de catheter percutané)
- 1958 Sones première coronarographie sélective percutanée (accidentelle)
- 1966 Rashkind
- 1968 Schoonmaker: cathéter MPA
- 1970 Swann-Ganz cathéter

Définition

Introduction d'une sonde radio-opaque dans les cavités cardiaques et les vaisseaux sous Rayons X permettant

- ◆ Mesure des pressions (hémodynamiques)
- ◆ Mesure des débits
- ◆ Oxymétries (gaz du sang étagés)
- ◆ Angiographies (injection de produits radio-opaques (iode) avec étude morphologique et cinétique)

Définition -Buts

- Anatomie
- Fonction
- HTAP
- Evaluation opérabilité des patients

Salle de cathétérisme

**Personnel dédié
Matériel spécifique
Rayons X**



Cathétérisme cardiaque pédiatrique

Quelle formation?

- Cathétérisme interventionnel
- Cathétérisme diagnostique
- Connaissance de base

Cathétérisme cardiaque

Quel environnement?

- Compétence de cardiologie pédiatrique
- Anesthésistes pédiatriques
- Réanimation pédiatrique
- Chirurgie cardiaque pédiatrique
- Astreintes
- Imagerie

Buts du cours

- Connaître les indications et les contre-indications
- Connaître les imageries complémentaires (Scanner, IRM, Scinti)
- Connaître les risques et les complications en fonction des actes
- Consentement des familles et des enfants
- Bilan pré et post cathétérisme

AHA Scientific Statement

Indications for Cardiac Catheterization and Intervention in Pediatric Cardiac Disease

A Scientific Statement From the American Heart Association

Endorsed by the American Academy of Pediatrics and Society for Cardiovascular Angiography and Intervention

Timothy F. Feltes, MD, FAHA, Chair; Emile Bacha, MD; Robert H. Beekman III, MD, FAHA;
John P. Cheatham, MD; Jeffrey A. Feinstein, MD, MPH; Antoinette S. Gomes, MD, FAHA;
Ziyad M. Hijazi, MD, MPH, FAHA; Frank F. Ing, MD; Michael de Moor, MBBCh;
W. Robert Morrow, MD; Charles E. Mullins, MD, FAHA; Kathryn A. Taubert, PhD, FAHA;
Evan M. Zahn, MD; on behalf of the American Heart Association Congenital Cardiac Defects
Committee of the Council on Cardiovascular Disease in the Young, Council on Clinical Cardiology,
and Council on Cardiovascular Radiology and Intervention

Recommendations for Diagnostic Catheterization

Class I

1. It is recommended that hemodynamic and anatomic data be obtained (via angiography when necessary) at the time of a planned interventional cardiac catheterization (*Level of Evidence: A*).
2. It is recommended that cardiac catheterization be used to assess pulmonary resistance and reversibility of pulmonary hypertension in patients with CHD or primary pulmonary hypertension when accurate assessment of pulmonary resistance is needed to make surgical and medical decisions (*Level of Evidence: B*).
3. Cardiac catheterization is indicated in patients with complex pulmonary atresia for the detailed characterization of lung segmental pulmonary vascular supply, especially when noninvasive imaging methods incompletely define pulmonary artery anatomy (*Level of Evidence: B*).
4. Cardiac catheterization is indicated in determination of coronary circulation in pulmonary atresia with intact septum (*Level of Evidence: B*).
5. Cardiac catheterization is indicated in patients being assessed for cardiac transplantation unless the patient's risk for catheterization outweighs the potential benefit (*Level of Evidence: C*).
6. Cardiac catheterization is recommended for surveillance of graft vasculopathy after cardiac transplantation (*Level of Evidence: B*).

Class IIa

1. It is reasonable to perform a cardiac catheterization to determine pulmonary pressure/resistance and transpulmonary gradient in palliated single-ventricle patients before a staged Fontan procedure (*Level of Evidence: B*).
2. Cardiac catheterization is reasonable in any CHD patient in whom complete diagnosis cannot be obtained by noninvasive testing or in whom such testing yields incomplete information (*Level of Evidence: C*).
3. Cardiac catheterization is reasonable for the assessment of cardiomyopathy or myocarditis (*Level of Evidence: B*).
4. Cardiac catheterization is reasonable for the assessment of coronary circulation in some cases of Kawasaki disease in which coronary involvement is suspected or requires further delineation or in the assessment of suspected congenital coronary artery anomalies (*Level of Evidence: B*).
5. Cardiac catheterization is reasonable to perform for the assessment of anatomy and hemodynamics in postoperative cardiac patients when the early postoperative course is unexpectedly complicated and noninvasive imaging techniques (eg, MRA, CT angiography) fail to yield a clear explanation (*Level of Evidence: C*).

Connaitre les risques

Risks/Complications

Cardiac catheterizations are not without risk to the patient.

The following is a listing of the more common complications.

The reader is referred to one of the cited references for more information.²⁴⁻²⁶

- Exposure to ionized radiation (decreasing with newer equipment)
- Risk of general anesthesia (when used)
- Hypothermia (especially in small infants)
- Aggravation of hypoxia
- Arrhythmias (temporary instability or even permanent, as in heart block)
- Vascular injury/perforations/tears
- Cardiac perforation
- Cardiac valve injury
- Blood loss that requires transfusion
- Allergic reactions to contrast, drugs, or anesthetics
- Renal insufficiency caused by contrast material
- Diffuse central nervous system injury
- Stroke
- Death

Quelle voie d'abord utiliser?

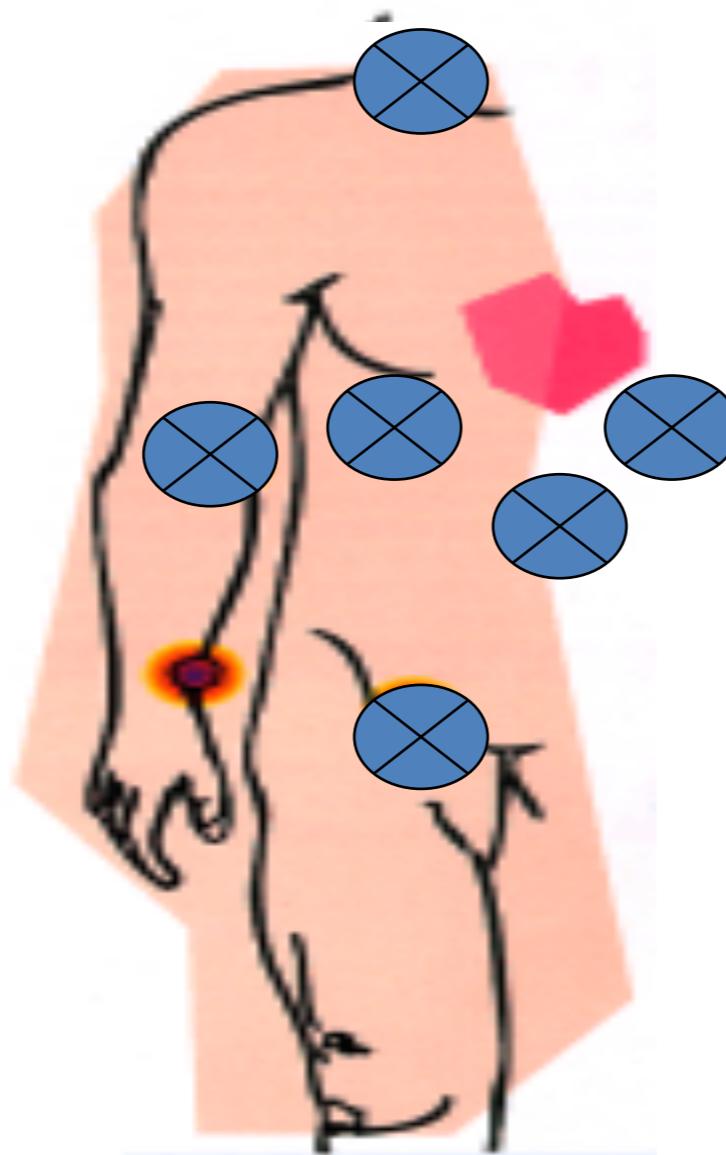
Dépend de

- Age du patient
- Question posée, type de geste
- Cardiopathie
- Perméabilité des accès vasculaire

Permet de répondre à la question

- rapidement
- correctement
- avec le moins de risque possible

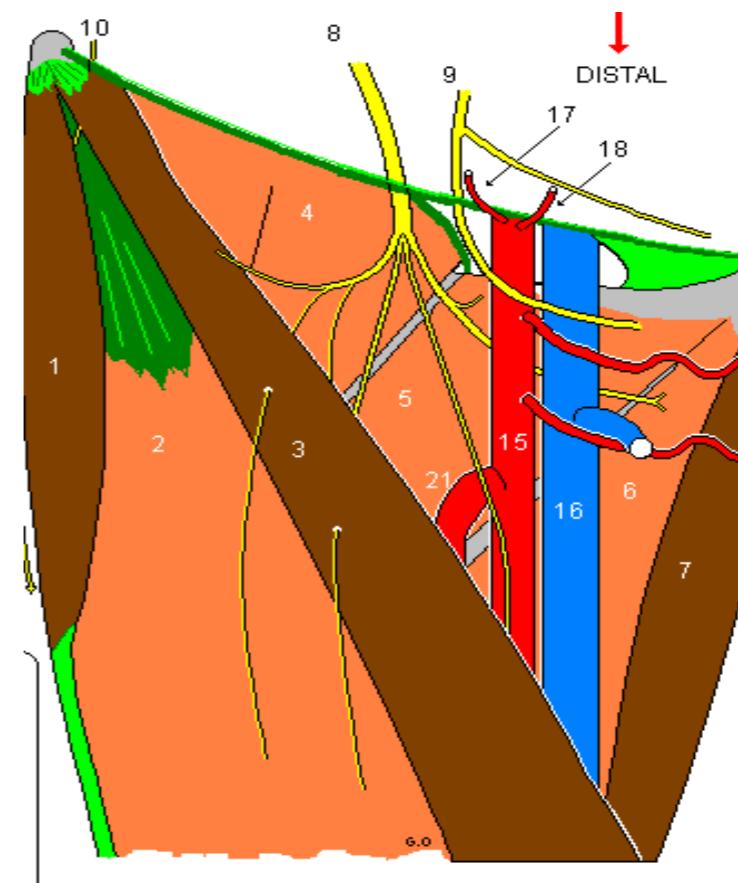
Voies d'abord



Voie d'accès: l'abord fémoral

Technique de ponction

- Installation du patient
- Désinfection large
- Anesthésie locale
- Purge de l'introducteur
- Repérer le pouls fémoral
- Ponction 1 cm sous l'arcade crurale
- Injection d'héparine après la ponction



Introducteurs

Diamètre de l'introducteur :

Règle: Utiliser

le diamètre **le plus petit possible**,

Pour obtenir l'information désirée

L'âge du patient : NN < 5 Fr si possible,

Voie d'abord : Art/Veine

Type d'examen:

Pression

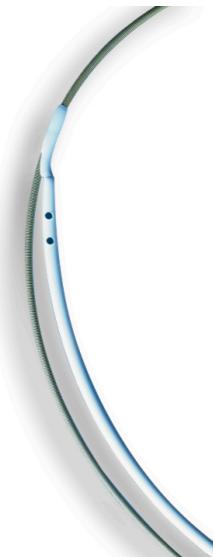
Angiographie

Dilatation

Rashkind

Le matériel: les sondes

- Type de sonde:
 - Coronaire droite à bout distal [P],
 - Sondes à bout latéral (Coronaire droite/ NIH) [P+Ang],
 - À ballonnet à bout distal [P],
 - À ballonnet à bout proximal [P+Ang],
 - Multi-Track [P+Ang],
 - Pig-Tail [Ang VG/Ao],
 - Coronaire Gauche....



Guides

Type de guide:

Longueur

Diamètre

Extrémité

Rigidité

Hydrophilie

Les plus utilisés en pédiatrie:

Guides d'échange

Guides Amplatzer

Guides coronaires

Guides Térumo

Trajet

VCS

AP

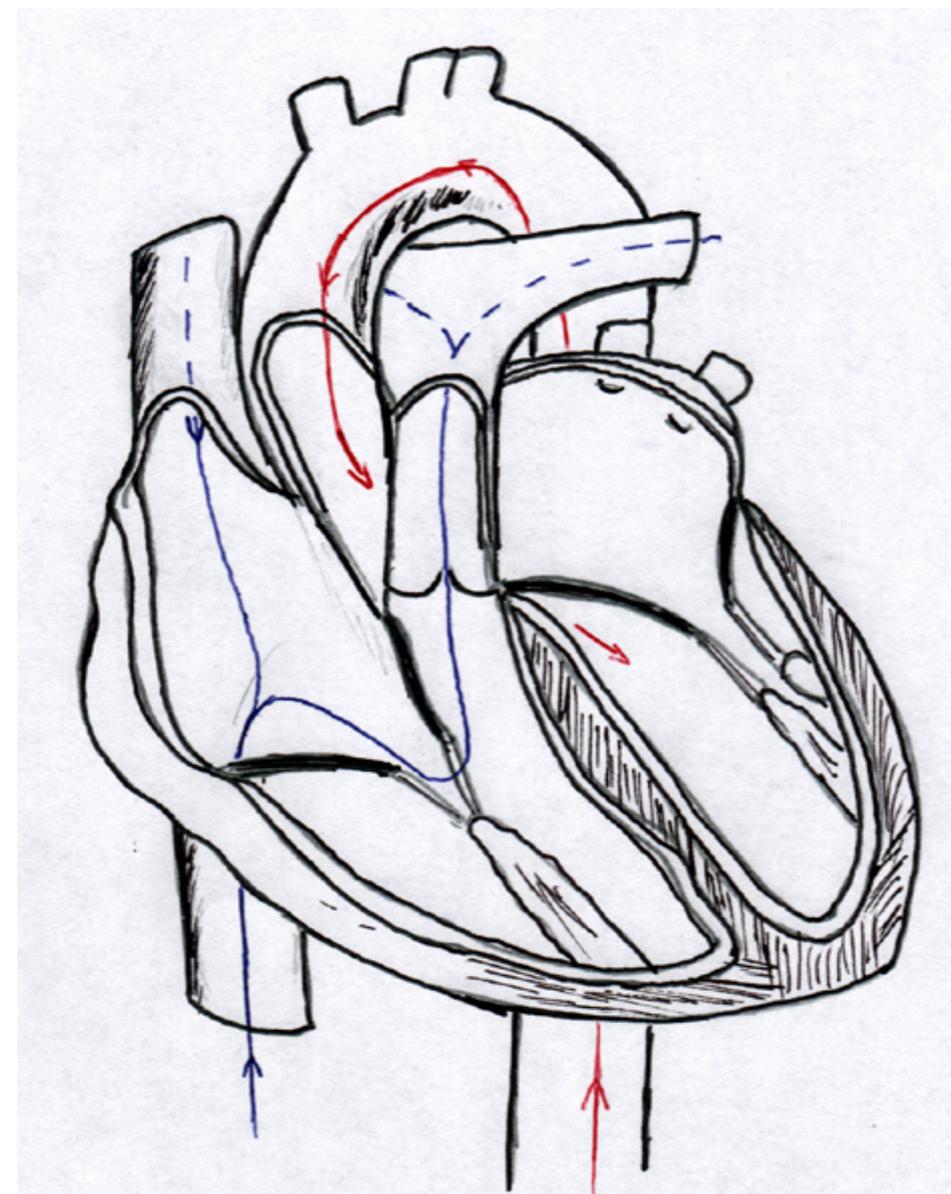
OD

VCI

Aorte

OG

VG



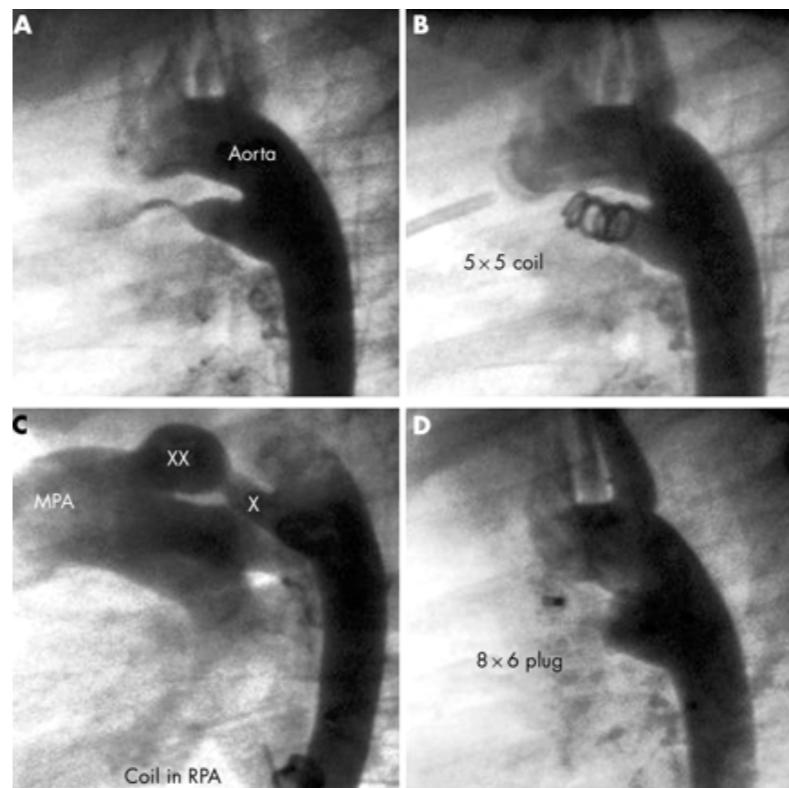
Quel trajet? Quels accès

En général: Veine et ou artère fémorale droite
(mettre dans le CR si accès thrombosé)

Jugulaire: seulement dans les KT pré DCPT

Trajets: variables
en fonction de
Cardiopathies

Procédure: p. ex. PCA



Hémodynamique

La pression

Manomètre externe

Utilisé en pratique

Transmission de la pression par une colonne de liquide

Micromanomètre interne

Coûteux, utilisé en recherche

Pression en bout de sonde

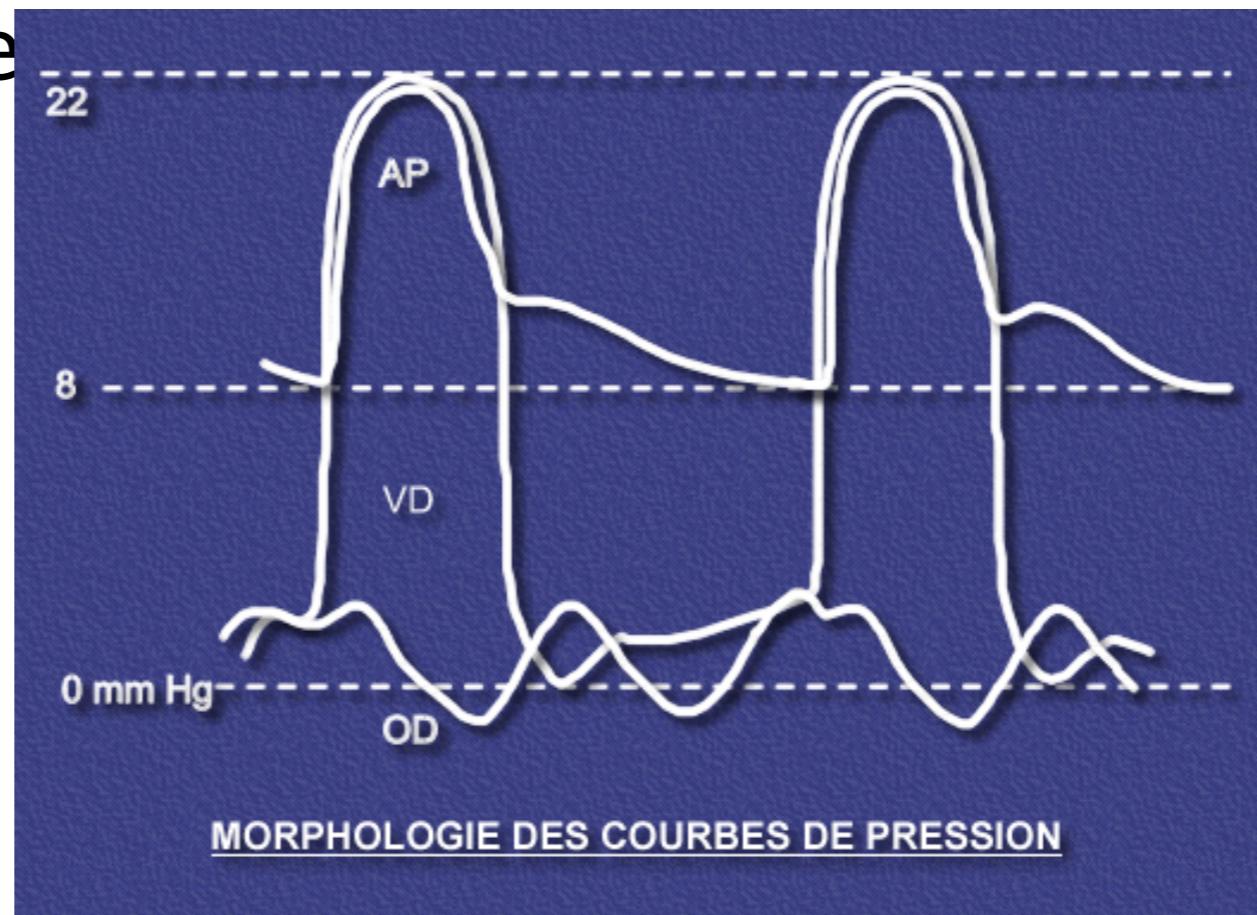
Hémodynamique

Courbe simultanée

AP

VD

OD



La pression

0 de référence: pression atmosphérique à l'OD près de la valve tricuspidé, ligne axillaire moyenne

Pression protodiastolique ventriculaire = 0 de référence

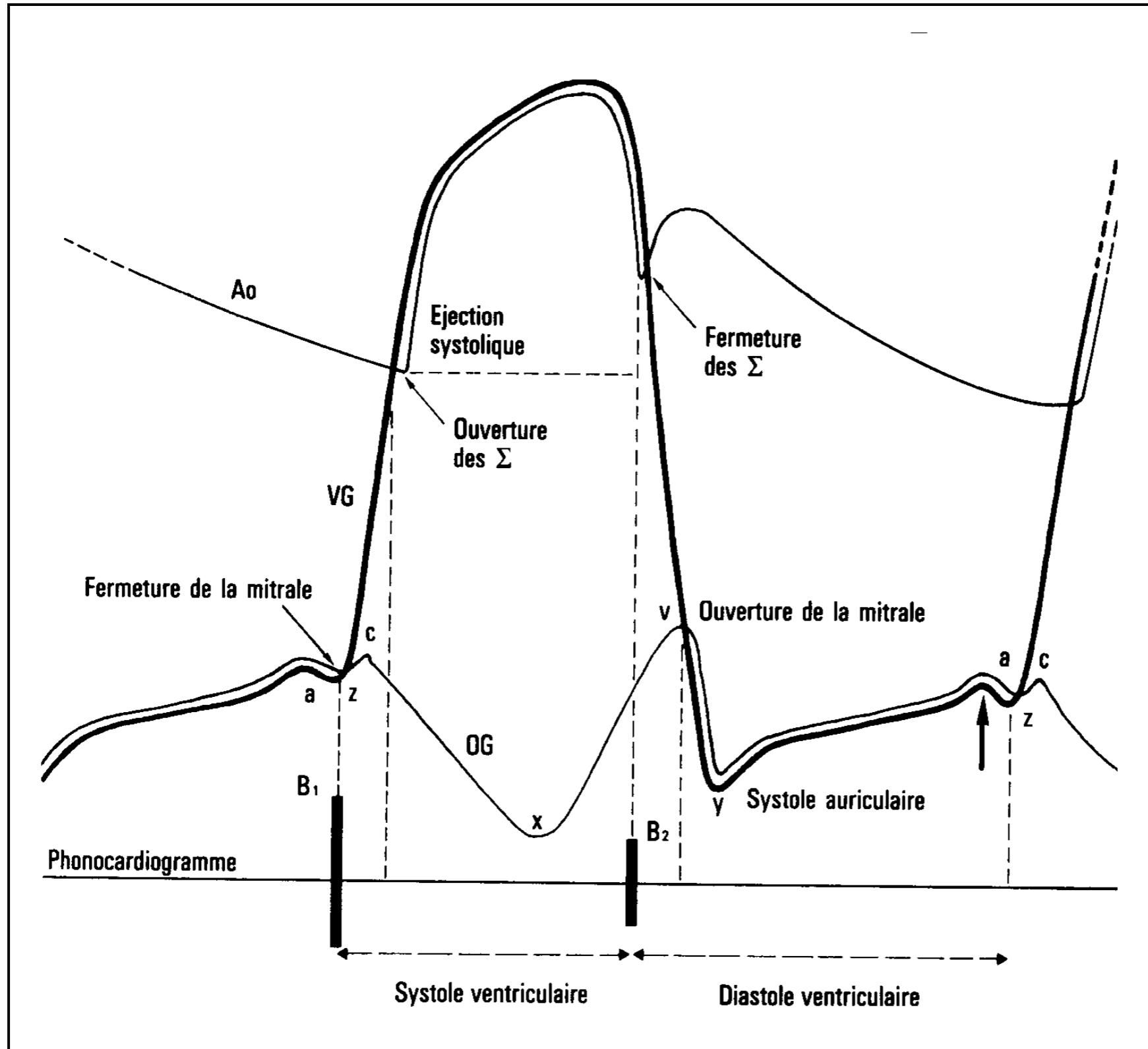


Figure 4- Schéma du cycle cardiaque.

La pression

3 morphologies

- Pression atriale
- Pression ventriculaire
- Pression artérielle

Pression atriale POD

Moyenne 2 mmHg

a contraction auriculaire

c ouvertures des VAV

x dépression due au

déplacement de l'anneau AV

v remplissage systolique de l'OD par retour veineux

y dépression due à la vidange de l'oreillette dans le ventricule après ouverture de la valve AV



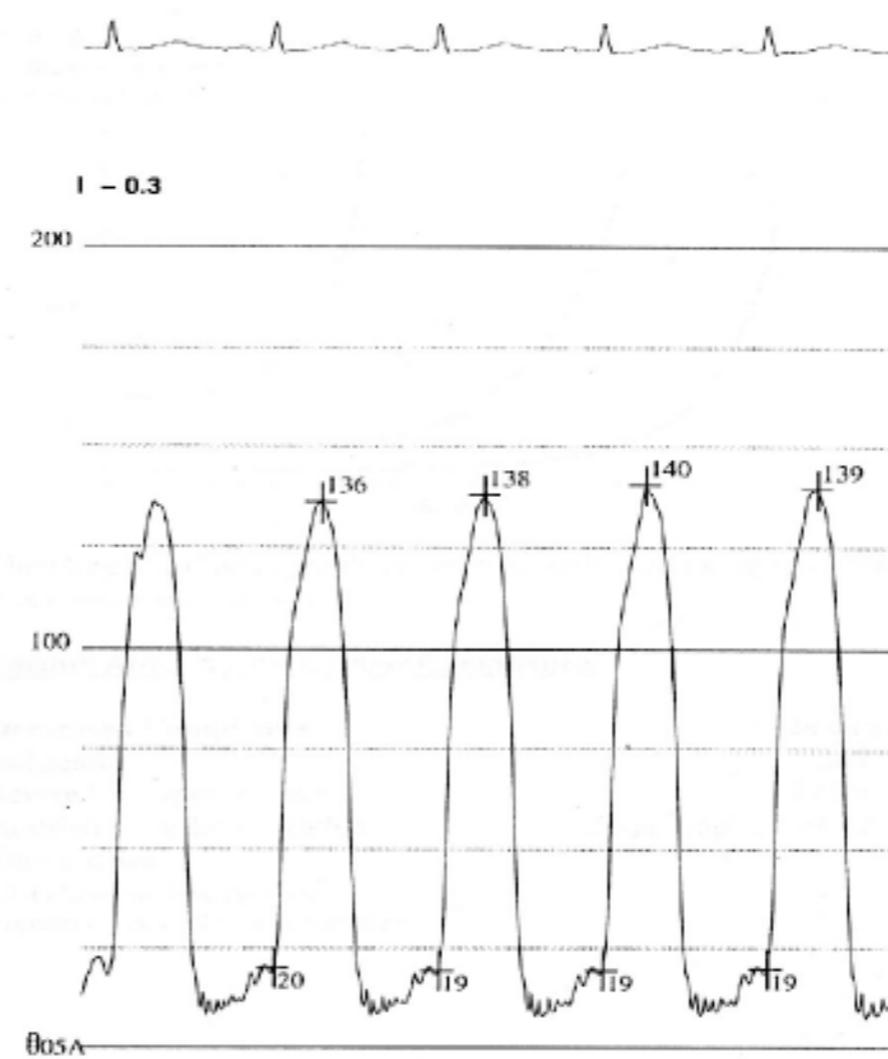
Pression atriale

POD: A 2-8 V 2-7,5 moyenne 1-5 mmHg

POG: A 3-12 V 5-13 moyenne 2-10 mmHg
mesurée ou estimée

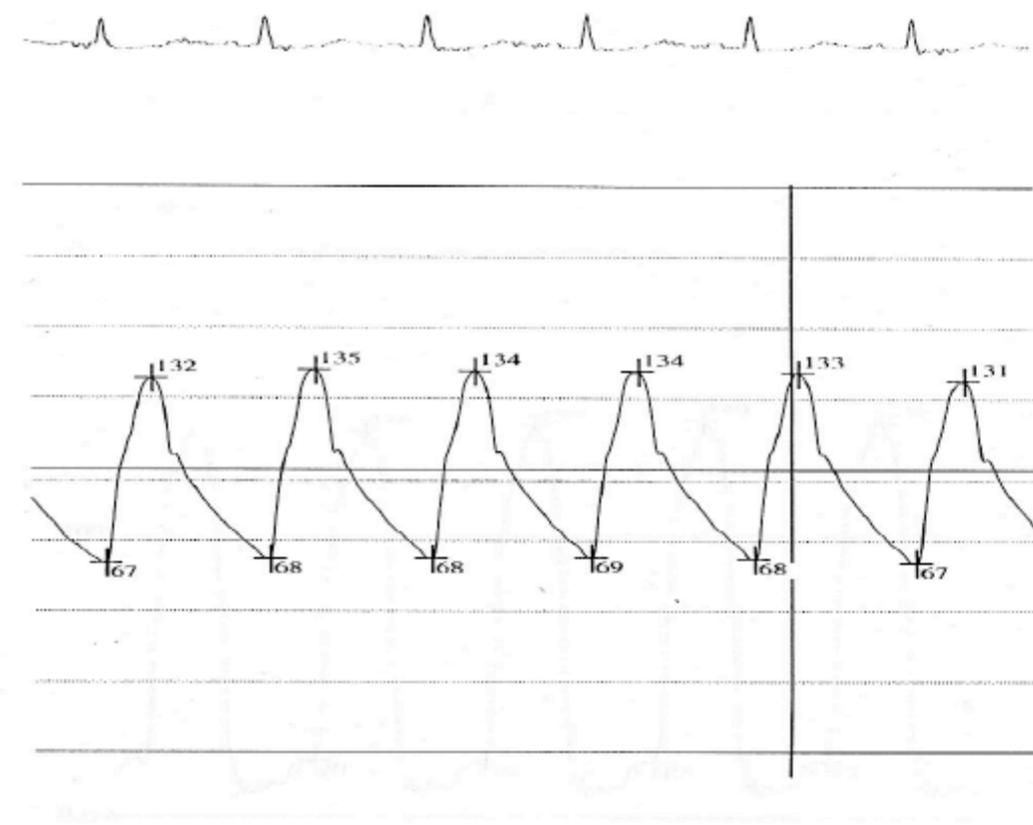
Pression ventriculaire

Gauche
Systole
Télédiastole (=POG)
Pas de moyenne



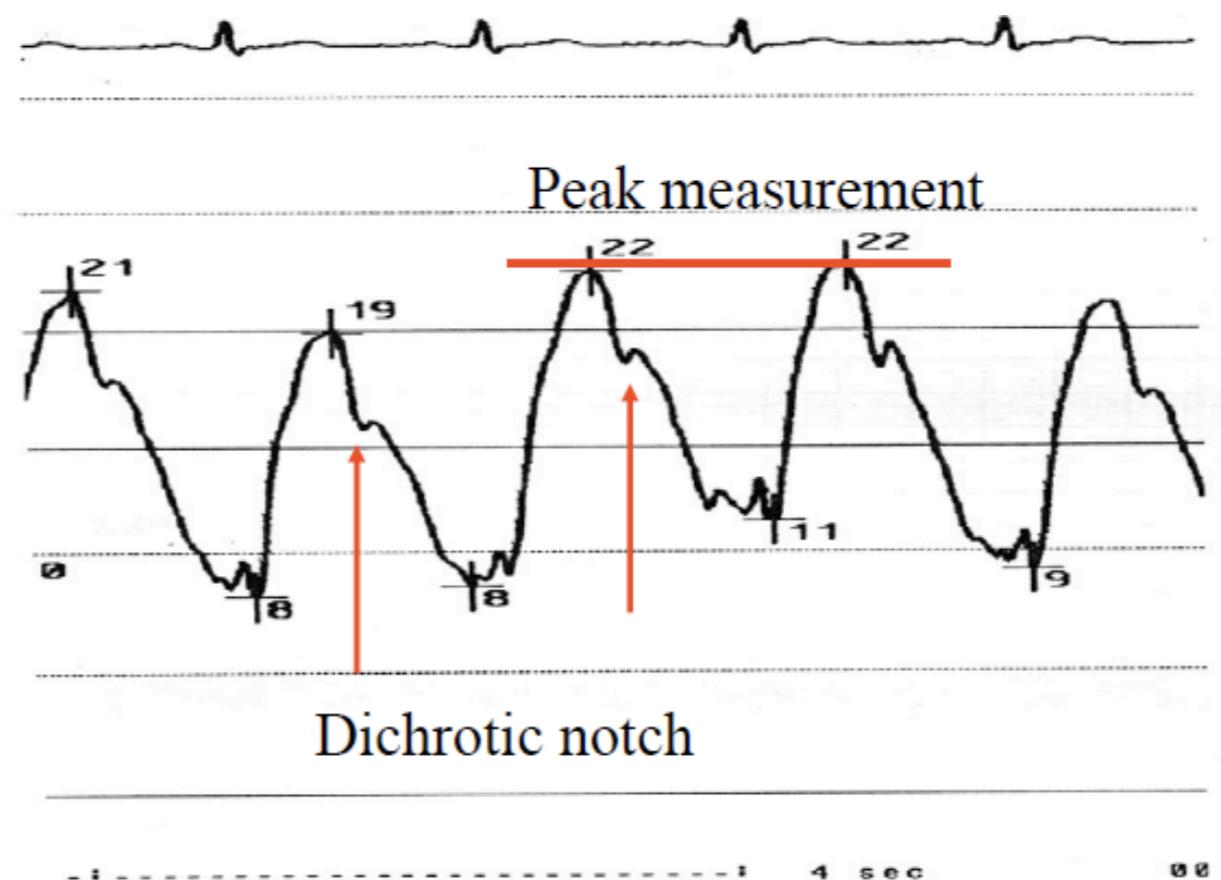
Pression aortique

- Systolique
- Diastolique
- Moyenne

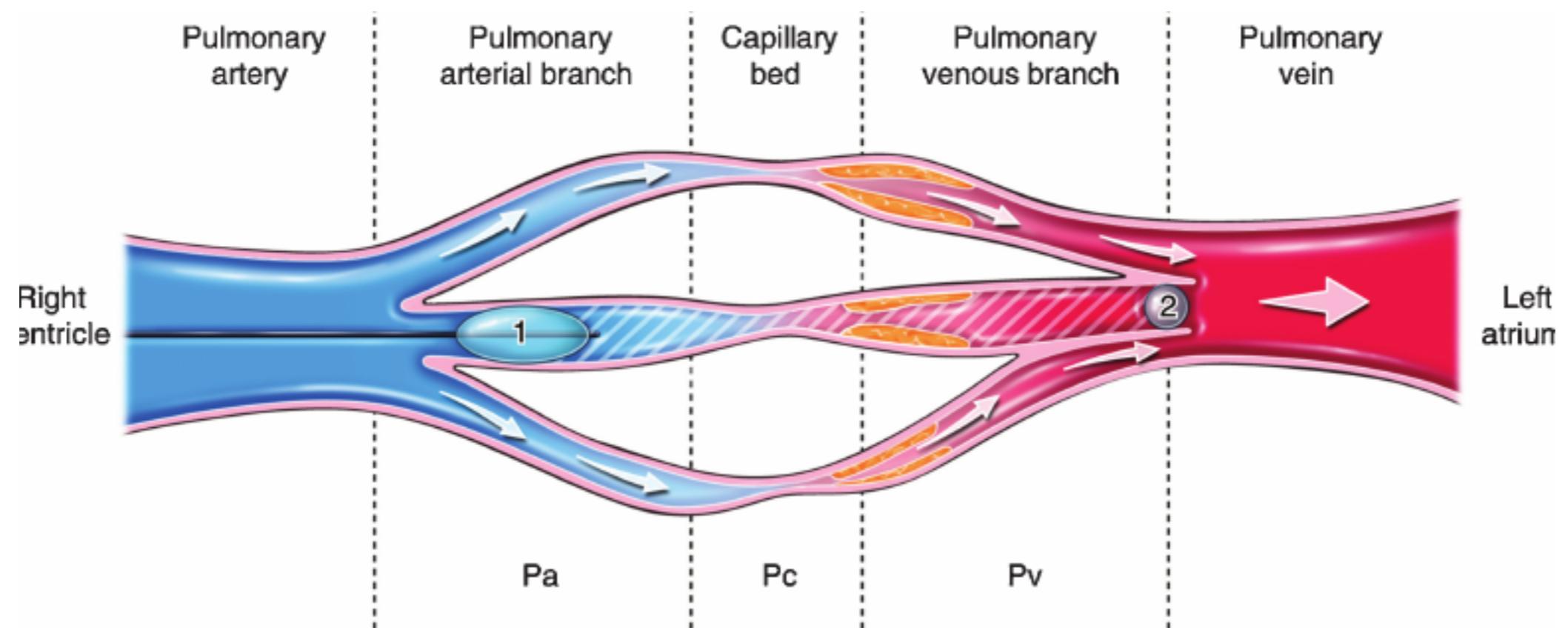


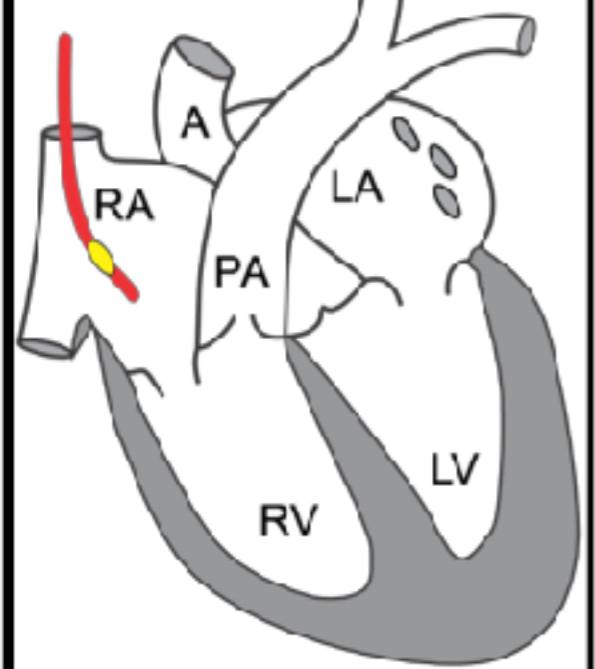
Pression pulmonaire

Systole 15-30 mmHg
Diastole 2-12 mmHg
Moyenne 7-18 mmHg

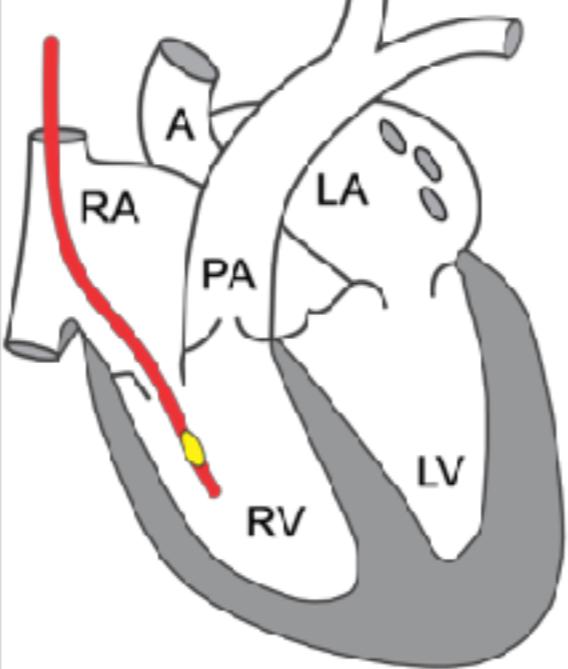


Pression artérielle pulmonaire bloquée (Pcap, Wedge, PAPO)

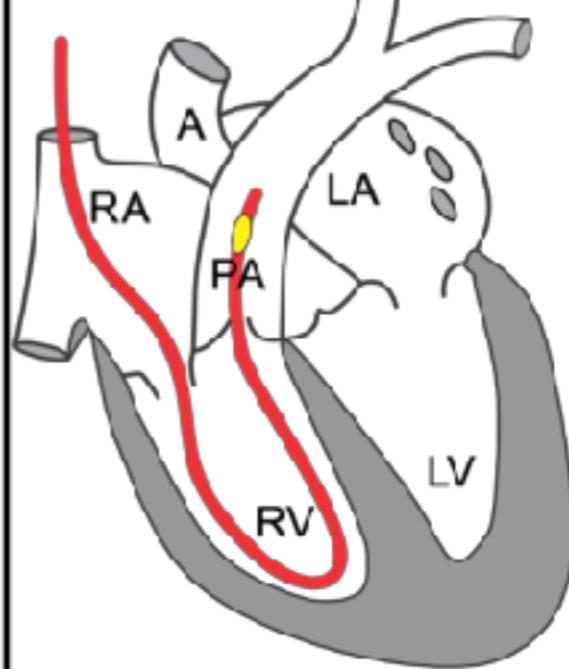




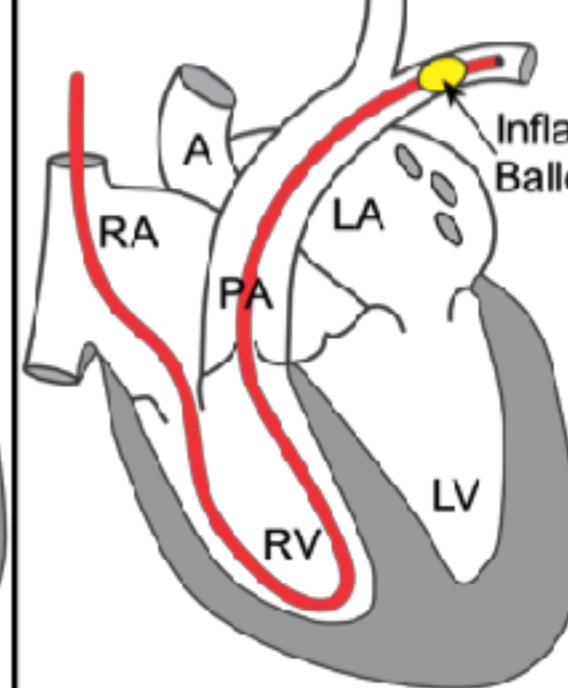
Right
Atrium



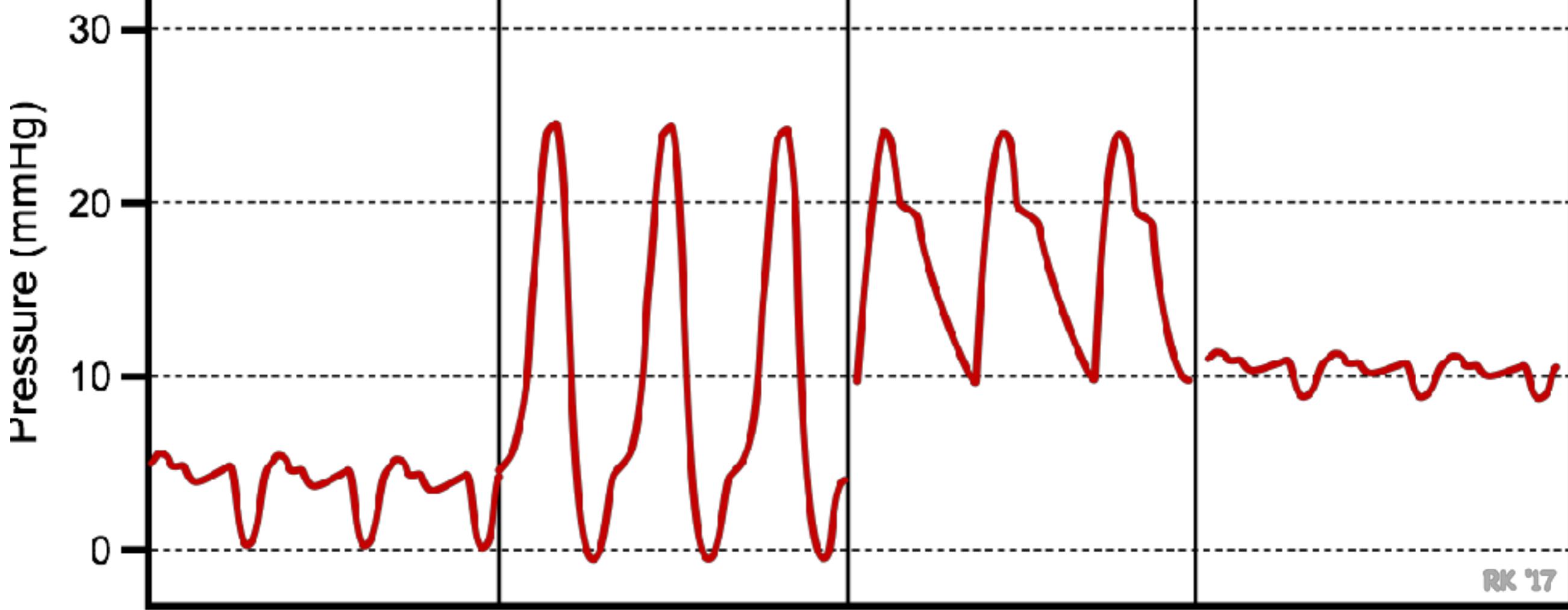
Right
Ventricle



Pulmonary
Artery



Pulmonary
Artery Wedge



Principe de Fick

Le débit à travers un organe peut être calculé si on connaît:

- une substance sécrétée ou absorbée par cet organe
- la concentration de cette substance peut être mesurée à l'entrée ou à la sortie de l'organe
- la quantité de substance consommée ou sécrétée peut être mesurée par unité de temps

$$\text{VO}_2 = Q \times \text{DAV de contenu en O}_2$$

$$\text{VO}_2 = Q \times (\text{A}-\text{V}) \text{ O}_2$$

VO₂

- Mesure directe
- Abaques

- Débit Q
 - $Q = VO_2 / (CaO_2 - CvO_2)$
- VO_2 : consommation d' O_2 par unités de temps
- CaO_2 : contenu en O_2 du sang artériel
(ml/100ml de sang)
 $CaO_2 = SaO_2 \times Hb \times 1,34 + 0,0031 \times PaO_2$
- CvO_2 : contenu en O_2 du sang veineux mêlé
 $CvO_2 = SvO_2 \times Hb \times 1,34 + 0,0031 \times PvO_2$

Valeurs normales

- Consommation d'O₂ d'un adulte:
 - 150ml/mn/m²
- Consommation d'O₂ d'un enfant:
 - 10ml/Kg/mn
- 1gr d'Hb peut fixer 13,6ml d'O₂
- Le pourcentage de saturation de l'Hb est fonction de la pression partielle en O₂
- Pression partielle en O₂ pour laquelle 50% des sites sont fixés: P₅₀ = 27 à 30mmHg, varie selon l'acidose

Résistances vasculaires pulmonaires quand il y a un shunt

Rapport de débit entre le débit pulmonaire et le débit systémique

QP/QS: Sat Ao-Sat VCS/Sat VP-Sat AP

Rapport de résistance

Réactivité pulmonaire O₂, O₂/NO, prostacyclines

Quantification d'un shunt: QP/ QS

- Calcul $QP/QS = Ao - Vc / Vp - Ap$
- – $QP = VO_2 / CvPO_2 - Ca PO_2$
- – $QS = VO_2 / CaO_2 - CvO_2$

$$QP / QS = Ao - Vc / Vp - Ap$$

Shunt Gauche-droit:

- $Ao - VC = 30$
- $Vp = 100$

Il manque Ap

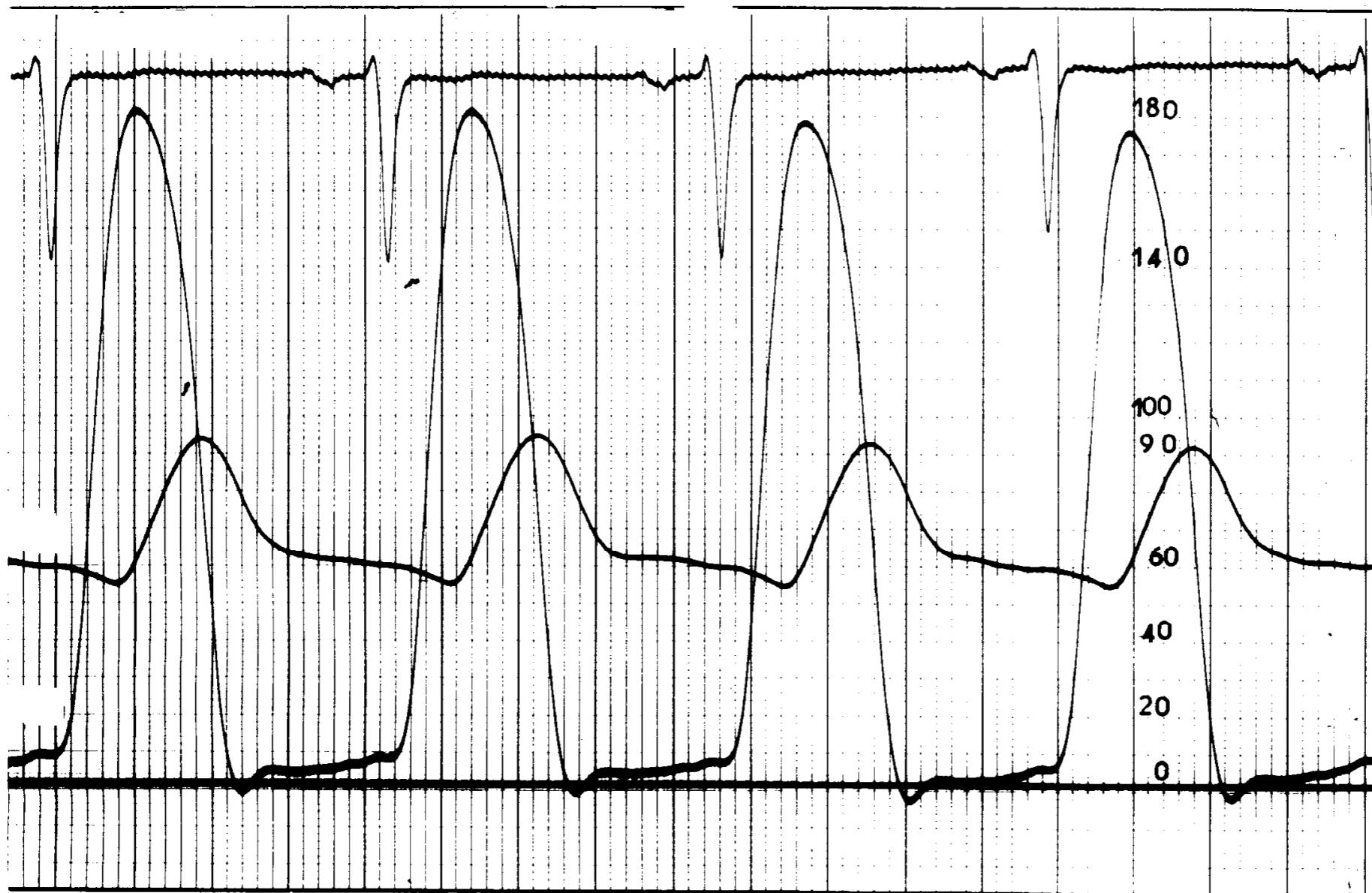
Shunt Mélangé:

- $SaO_2 \text{ AP} = SaO_2 \text{ AO}$
- $Ao - VC / Vp - Ap$
- $30 / 100 - Ao$

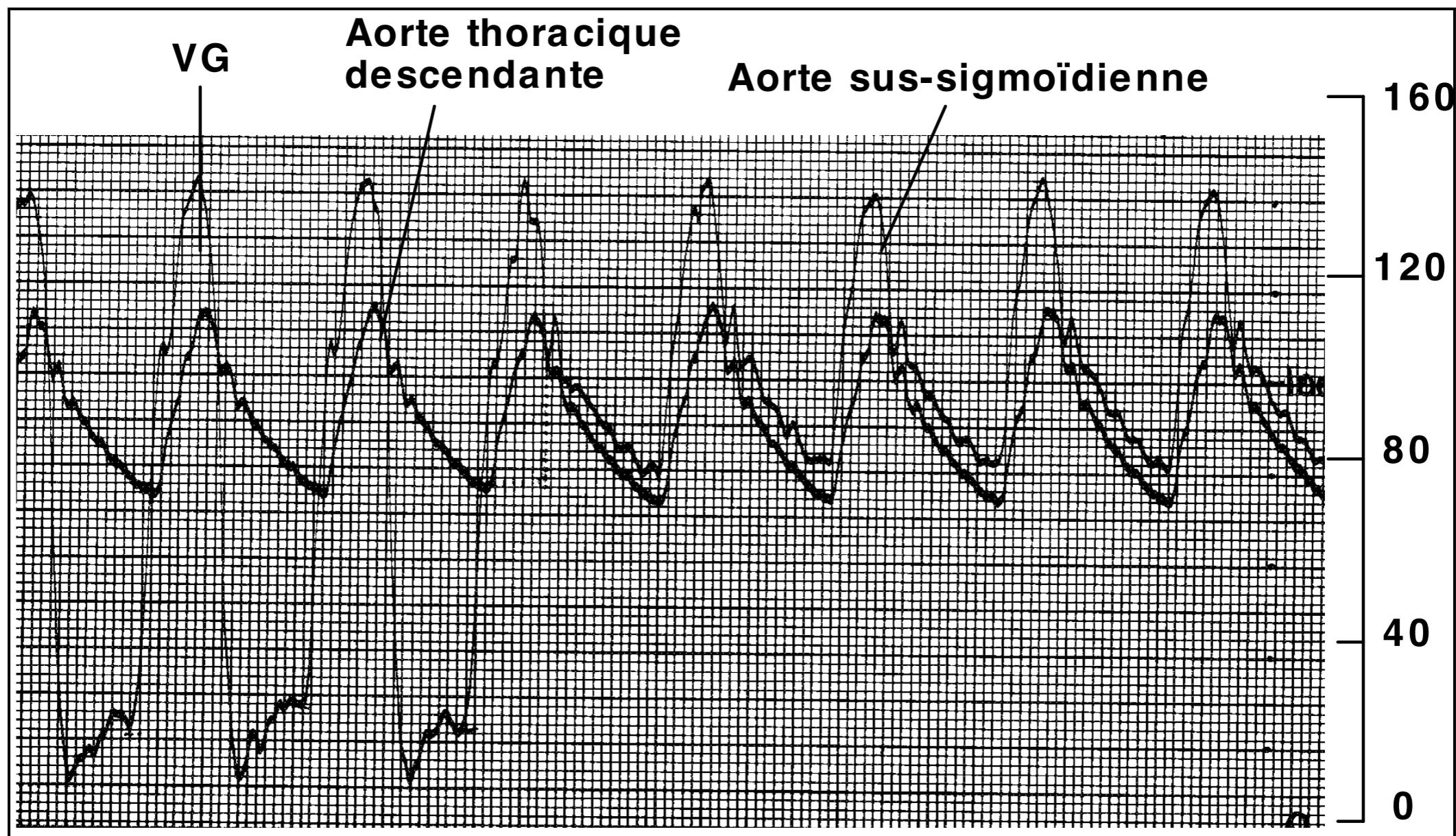
Shunt droit – gauche:

– $SaO_2 Ap = SaO_2 VC$

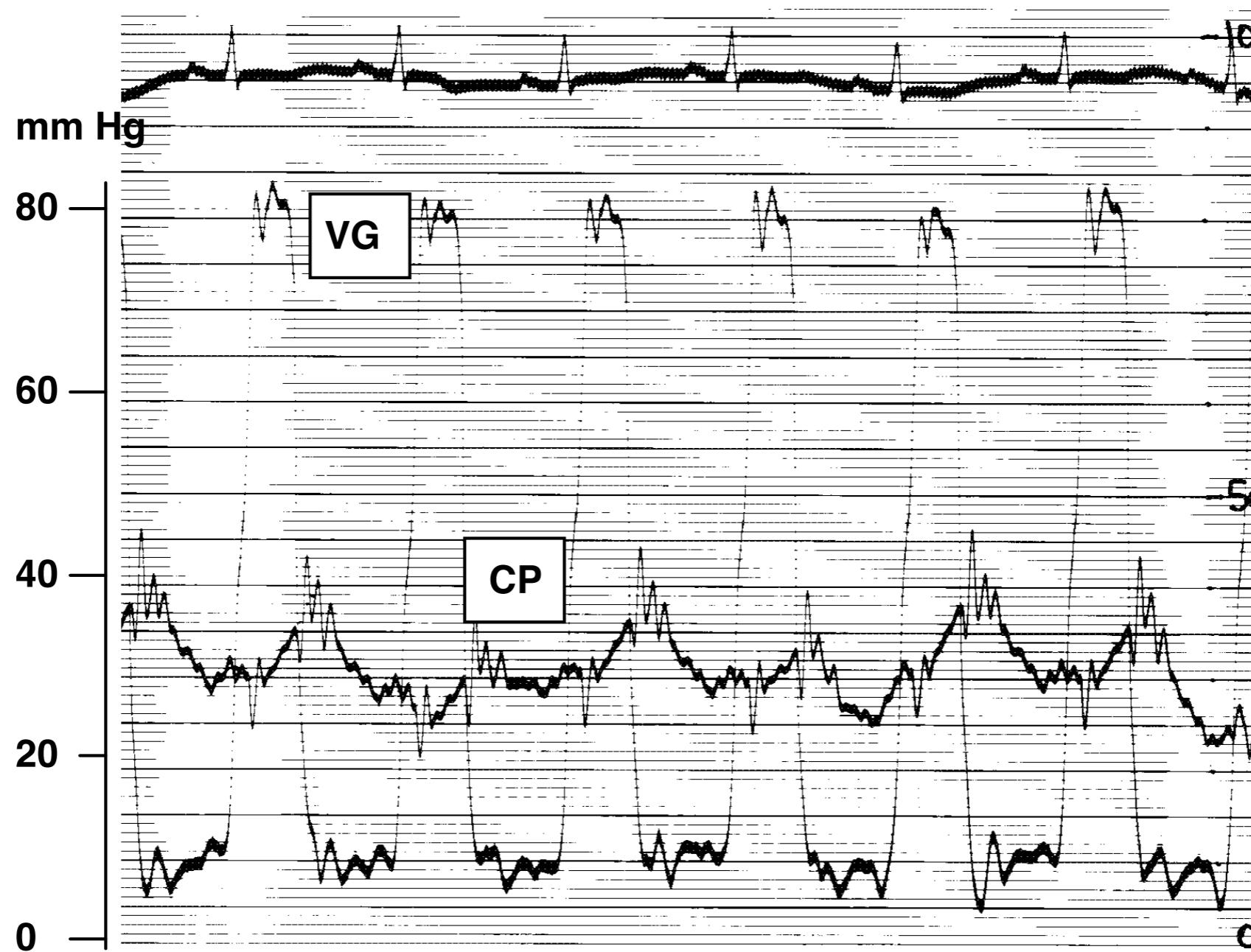
Quel diagnostic?



Quel diagnostic?



Quel diagnostic?



Angiographies

Angiographies

- Bien choisir l'incidence,
- Bien choisir la sonde,
- Volume de contraste
- Durée de l'injection,
- Durée de l'angiographie

Angiographie

- Irradiation:

le minimum nécessaire

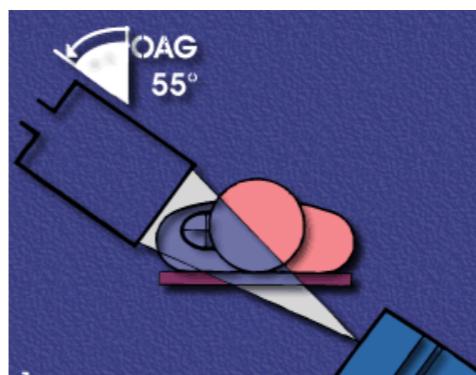
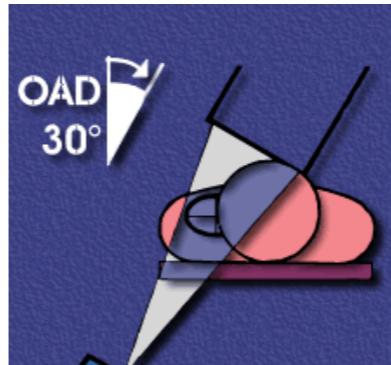
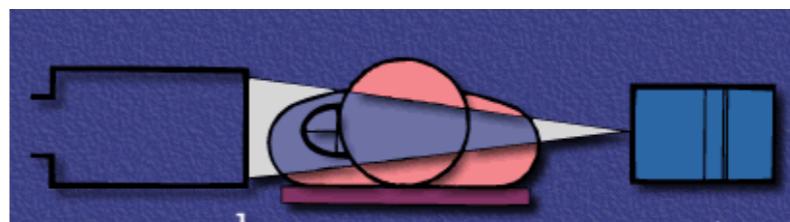
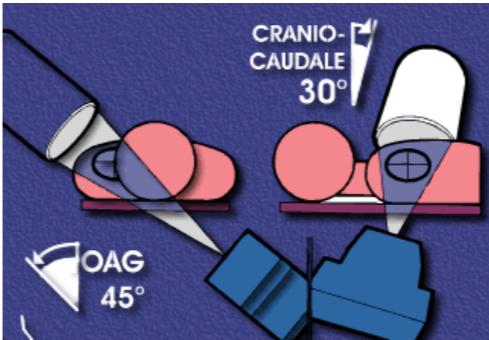
optimiser l'incidence et les réglages

- Produit de contraste:

PDC non ionique; faible osmolarité, toxicité rénale très rare chez l'enfant même à dose élevée (6 cc/kg)

Angiographies

- Manuelle ou à la pompe,
- Sélective ou globale,
- Incidences:
 - AP:
 - APD:
 - VG:
 - VD:
 - TVI

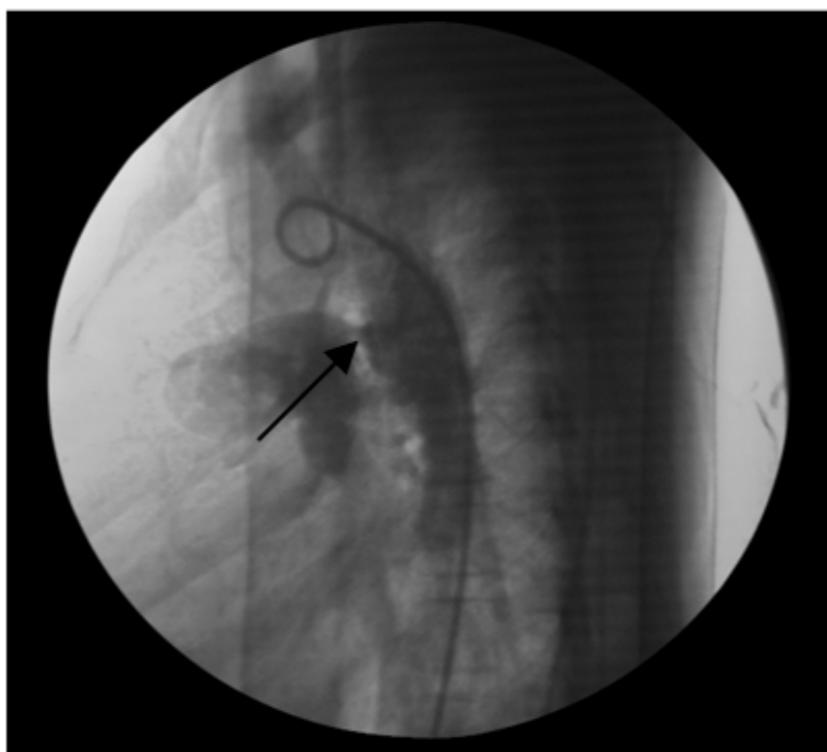


Incidences

- OAD: CIV, chambre de chasse du VD, VG et valve aortique, PCA
- OAG: APG, Coarctation
- OAG cranial 4 cavités: APG proximale, bifurcation pulmonaire
- Cranial: bifurcation pulmonaire
- Caudal: AP
- Latéral: VD, valve pulmonaire, CoA, PCA, tronc AP, VP, branches pulmonaires distilles

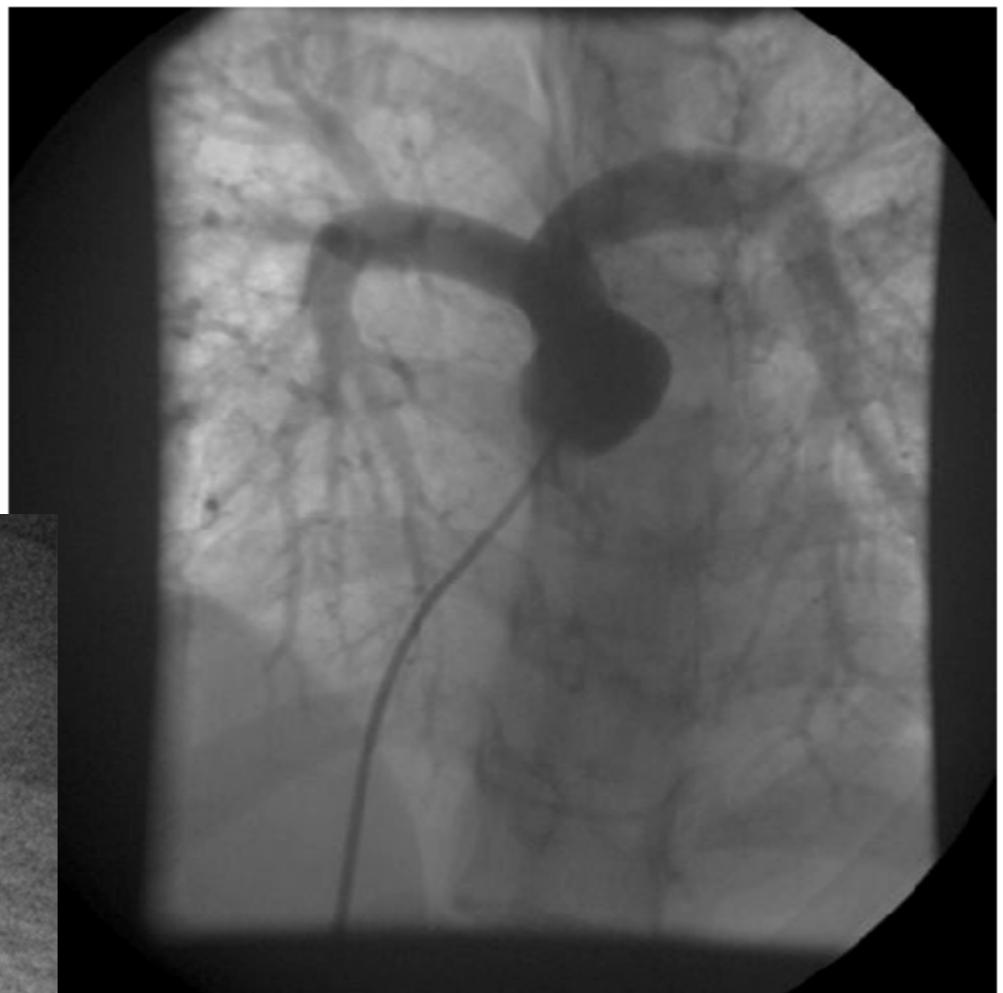
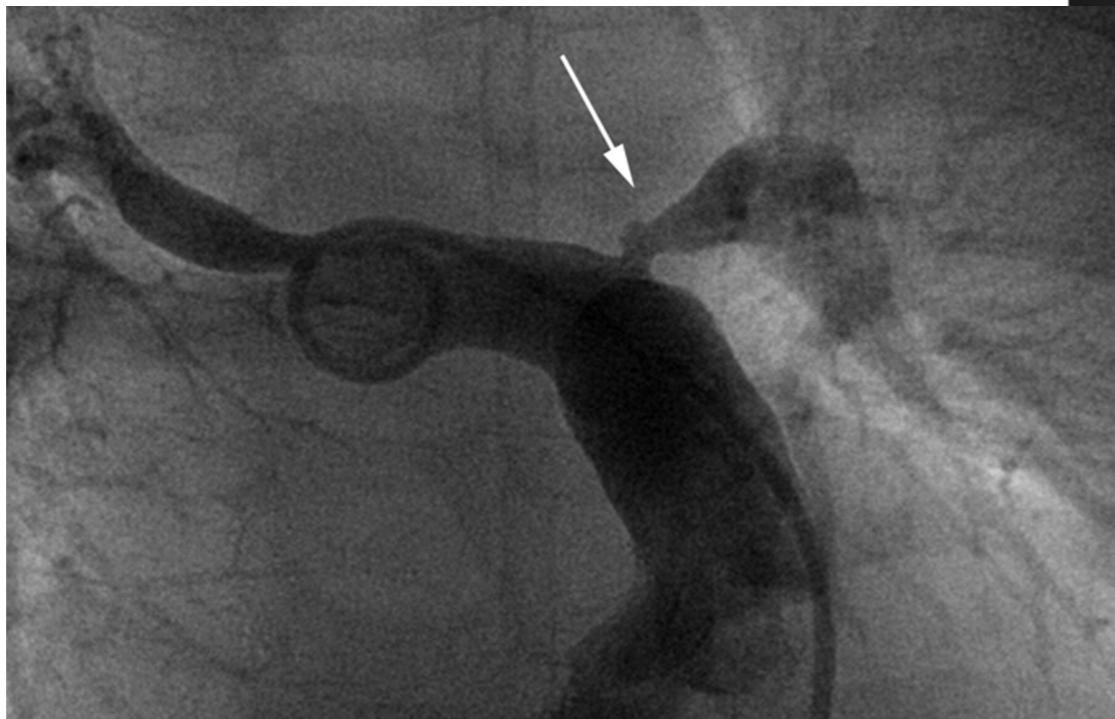
Angiographies

- Aortographie
De profil

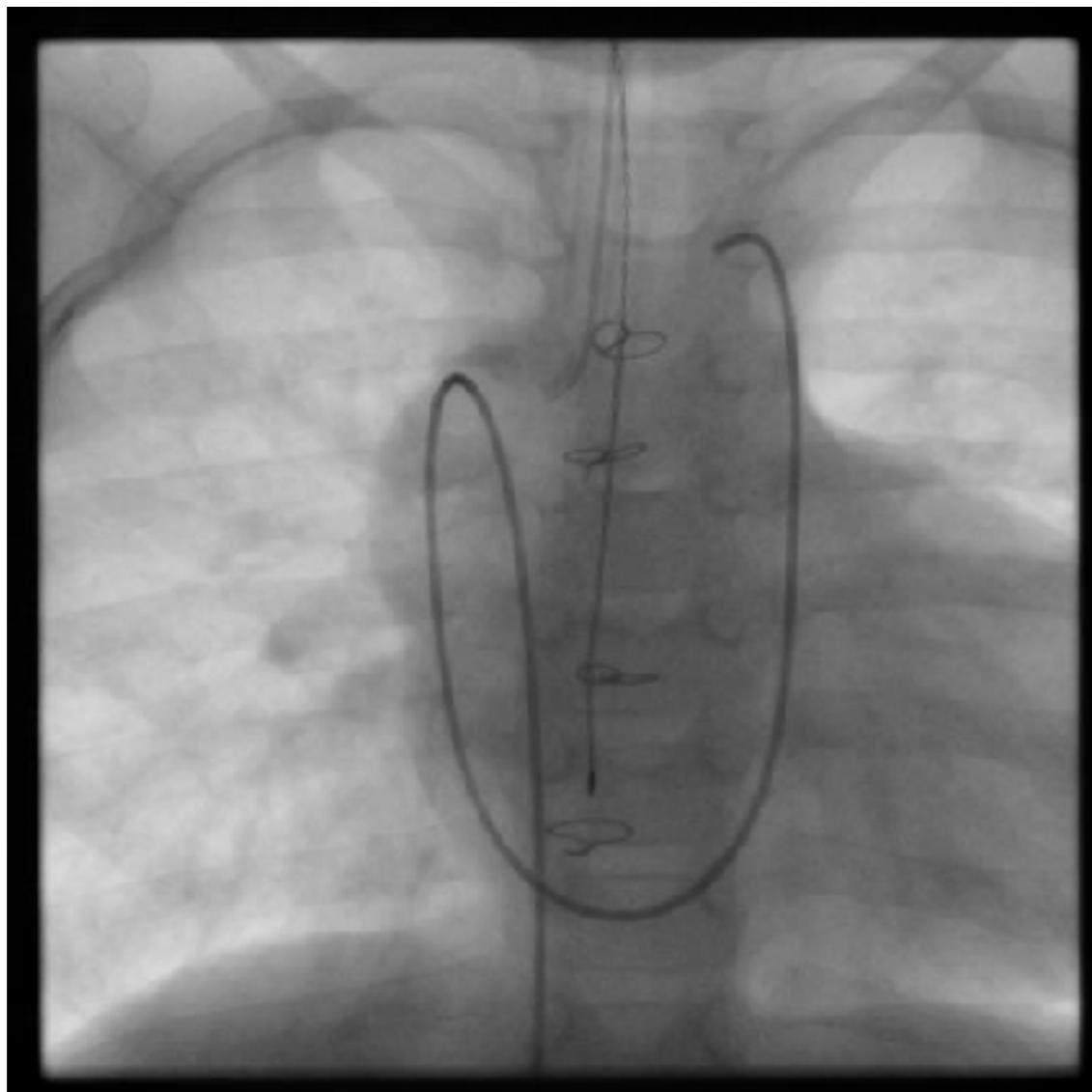


Angiographies

- Artères pulmonaires
 - 4 cavités
 - Taille des artères pulm
 - Lit capillaire

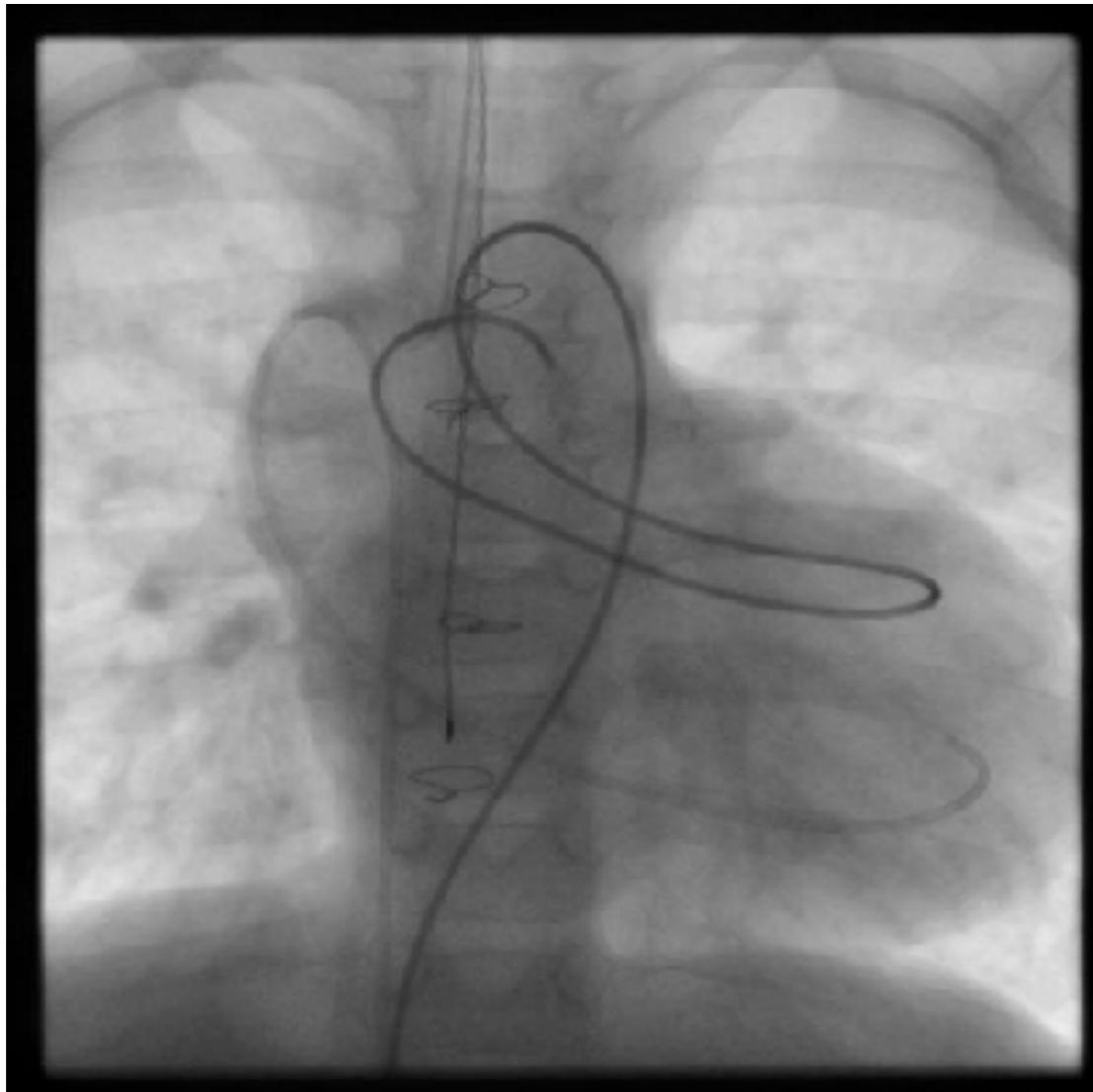


Exemple d'anatomie complexe



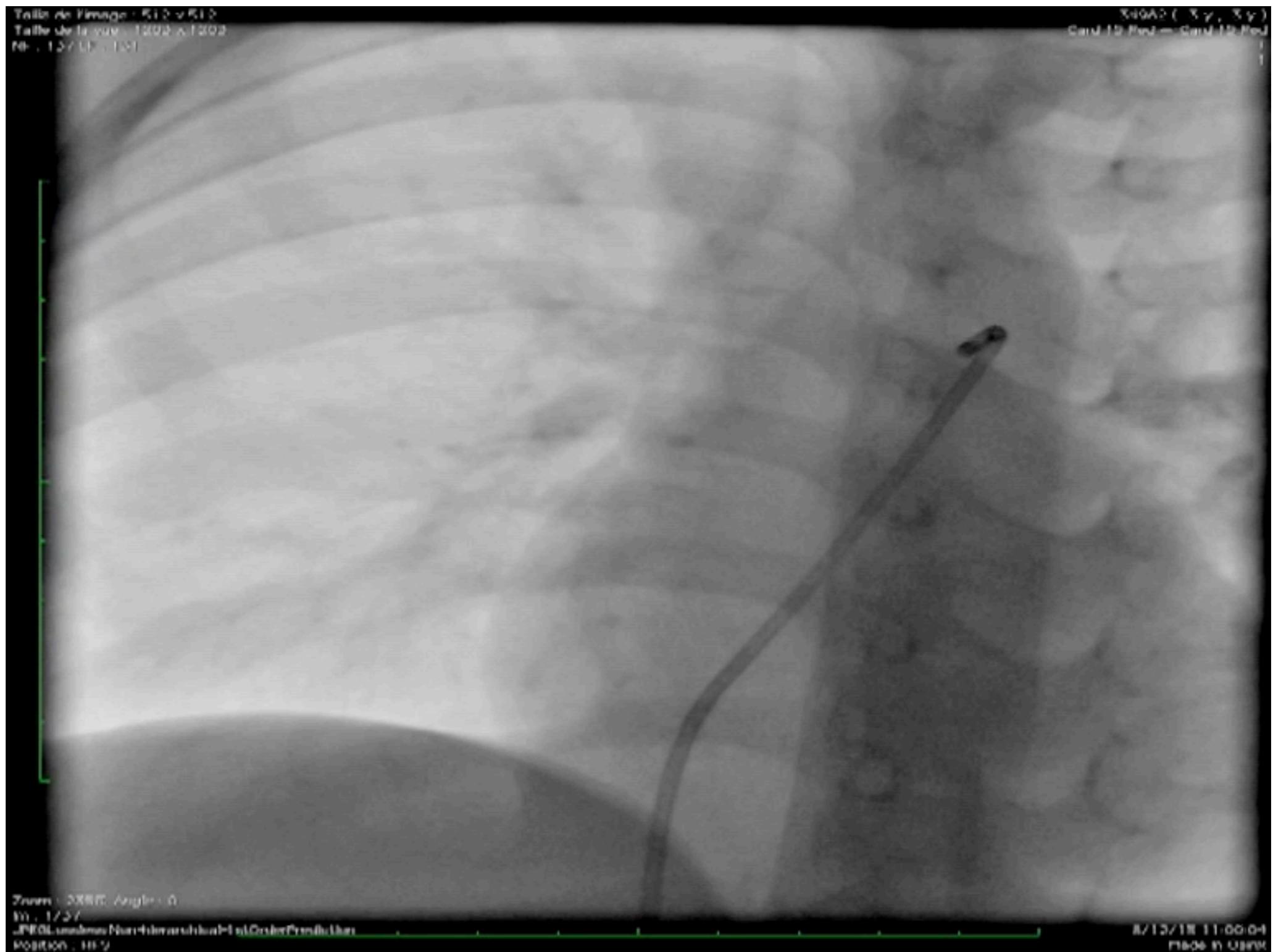
**Veine cave supérieure gauche au sinus coronaire et veine cave supérieure droite
Retour azygos**

Exemple d'anatomie complexe suite

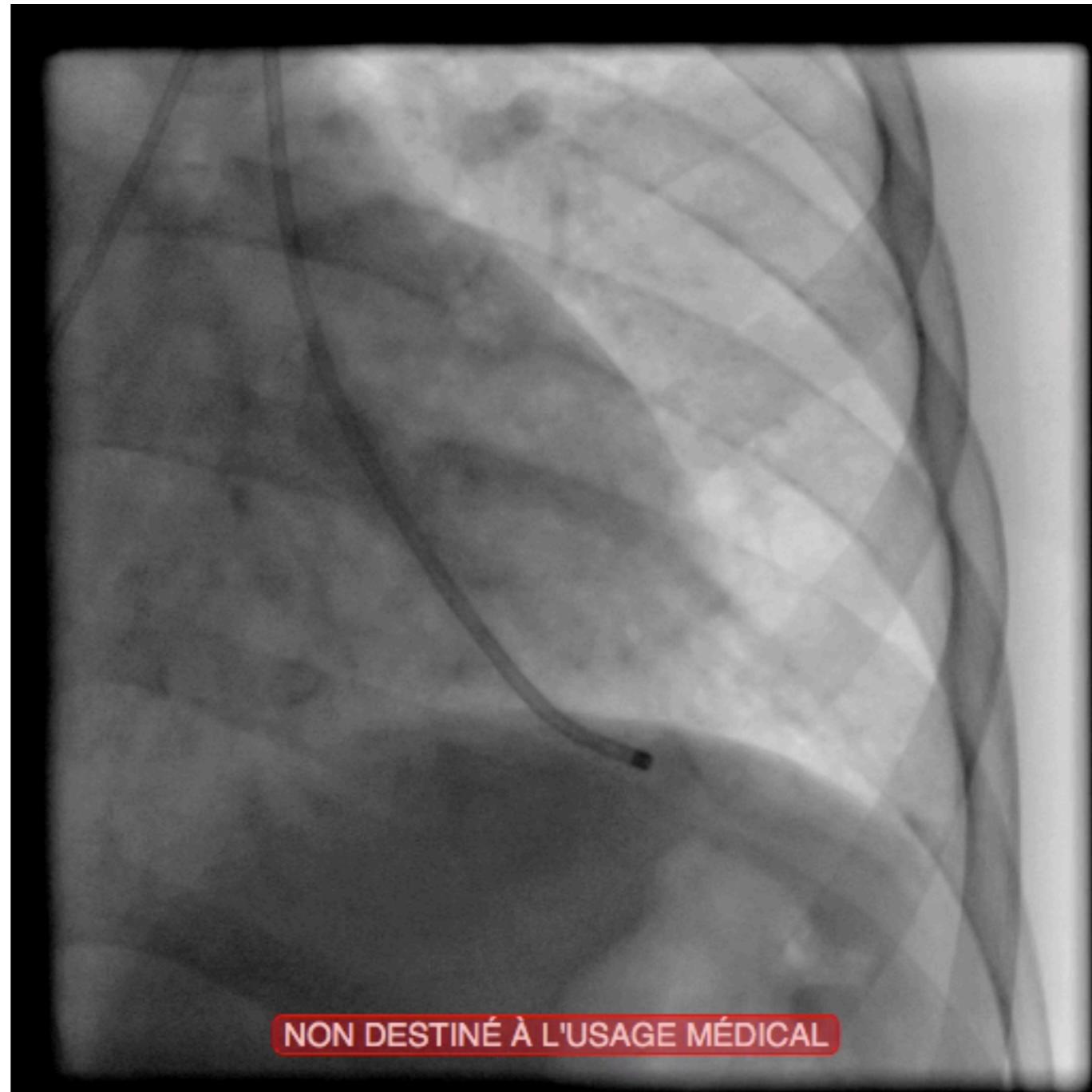


Opacification de l'artère pulmonaire par une sonde qui explore l'artère puis l'aorte puis le ventricule unique puis l'AP.

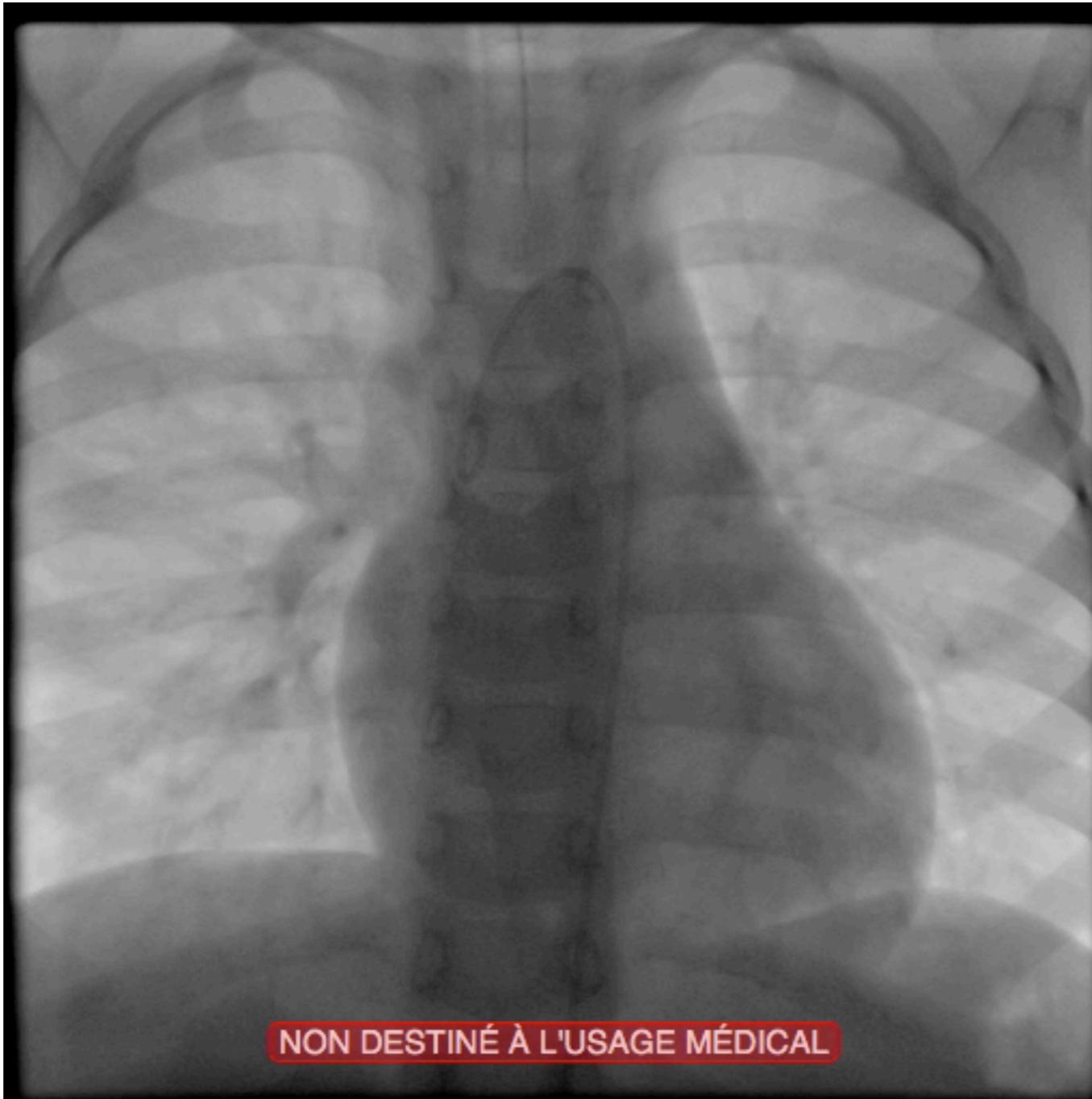
Angiographie en complément de l'hémodynamique: hypertension pulmonaire systolique avec diastolique normale



Exploration de cyanose: Fistules artério-veineuses pulmonaires multiples



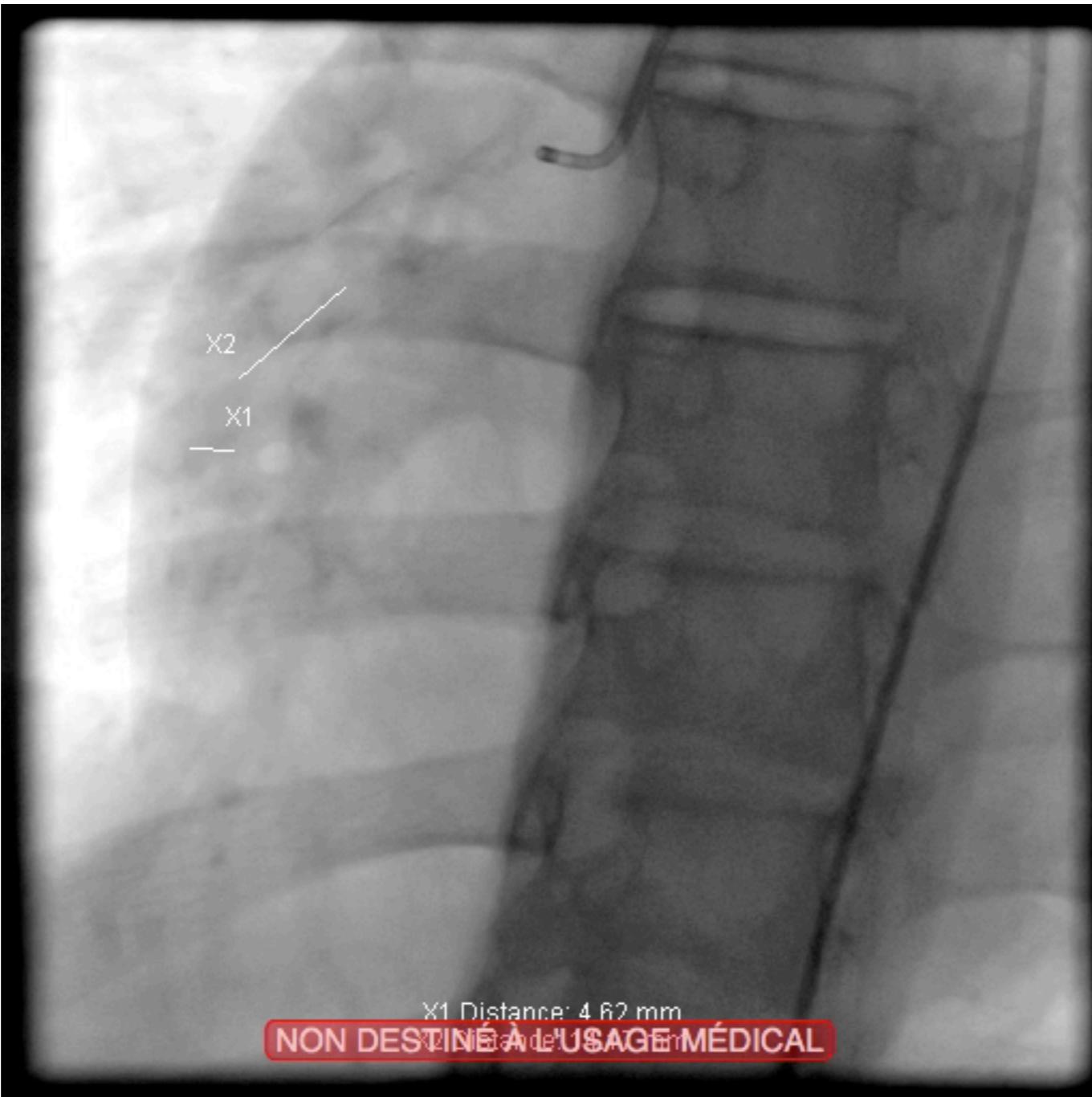
Bilan coronaire



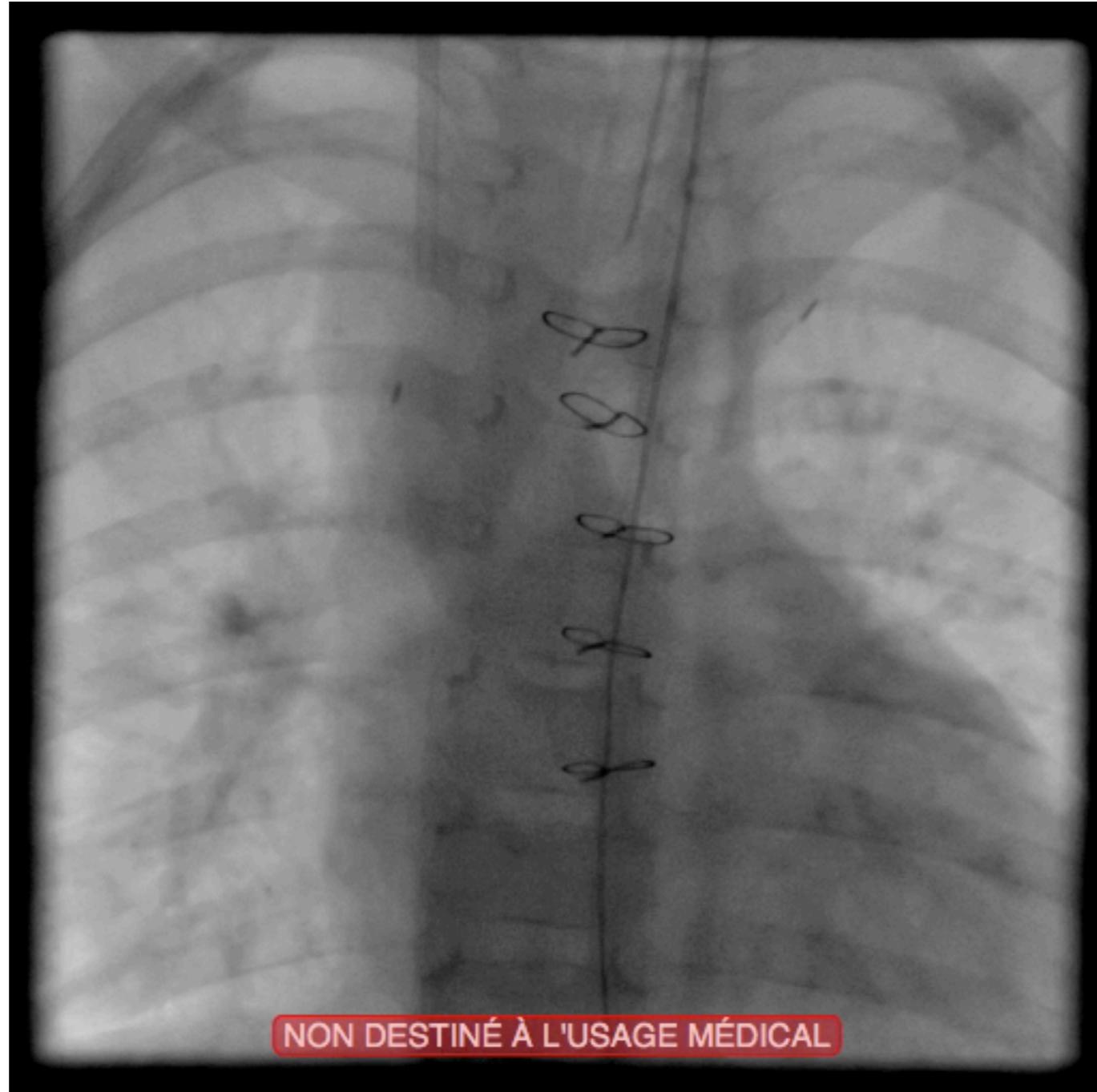
NON DESTINÉ À L'USAGE MÉDICAL

Fistule coronaire de la coronaire gauche au ventricule droit

Bilan coronaire après maladie de Kawasaki

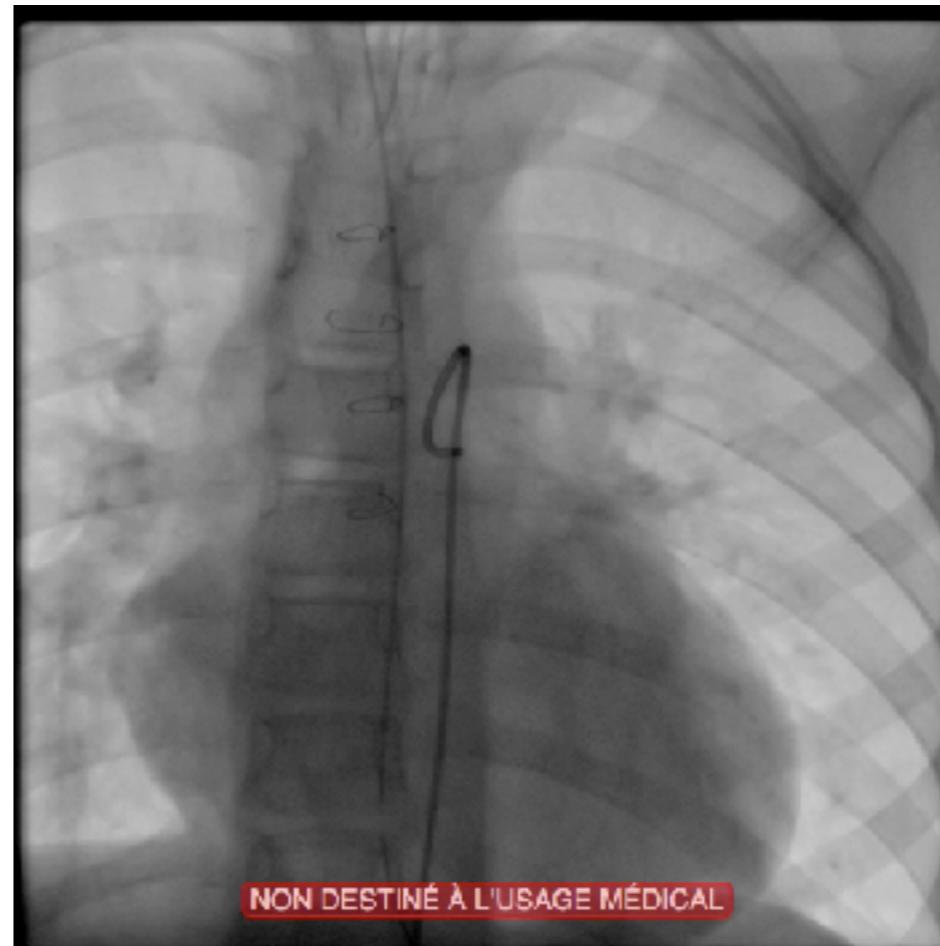
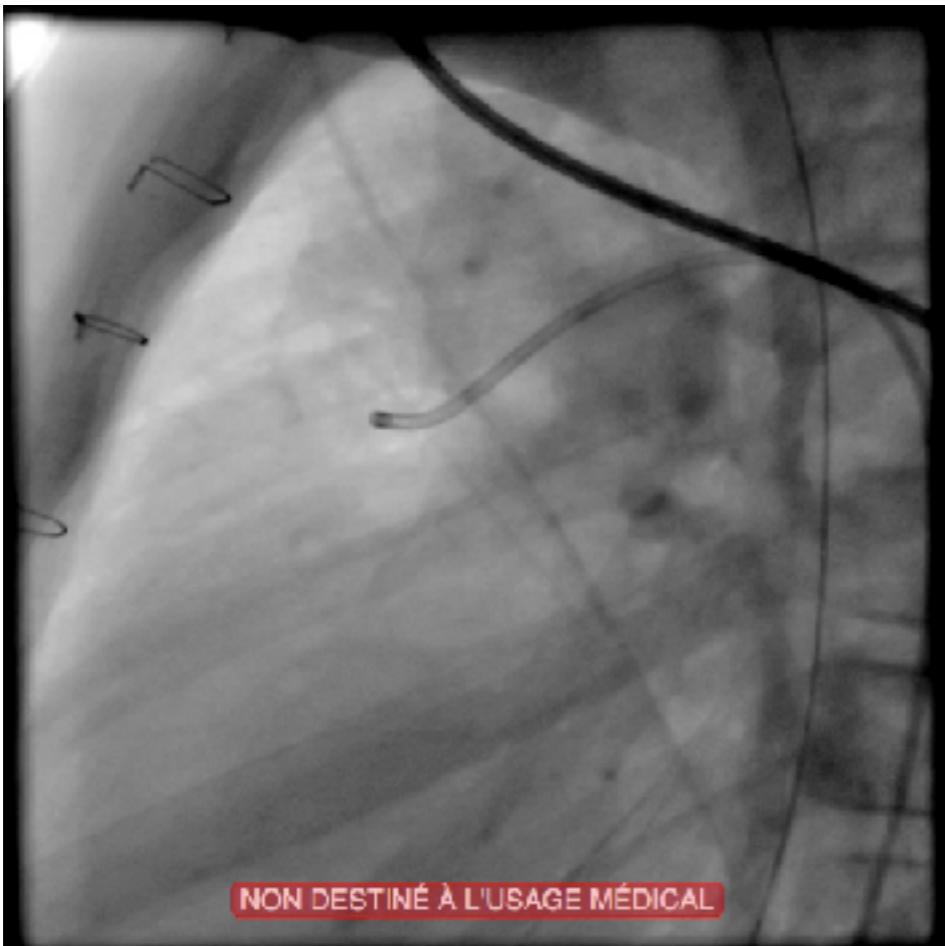


Exemple d'imagerie préopératoire



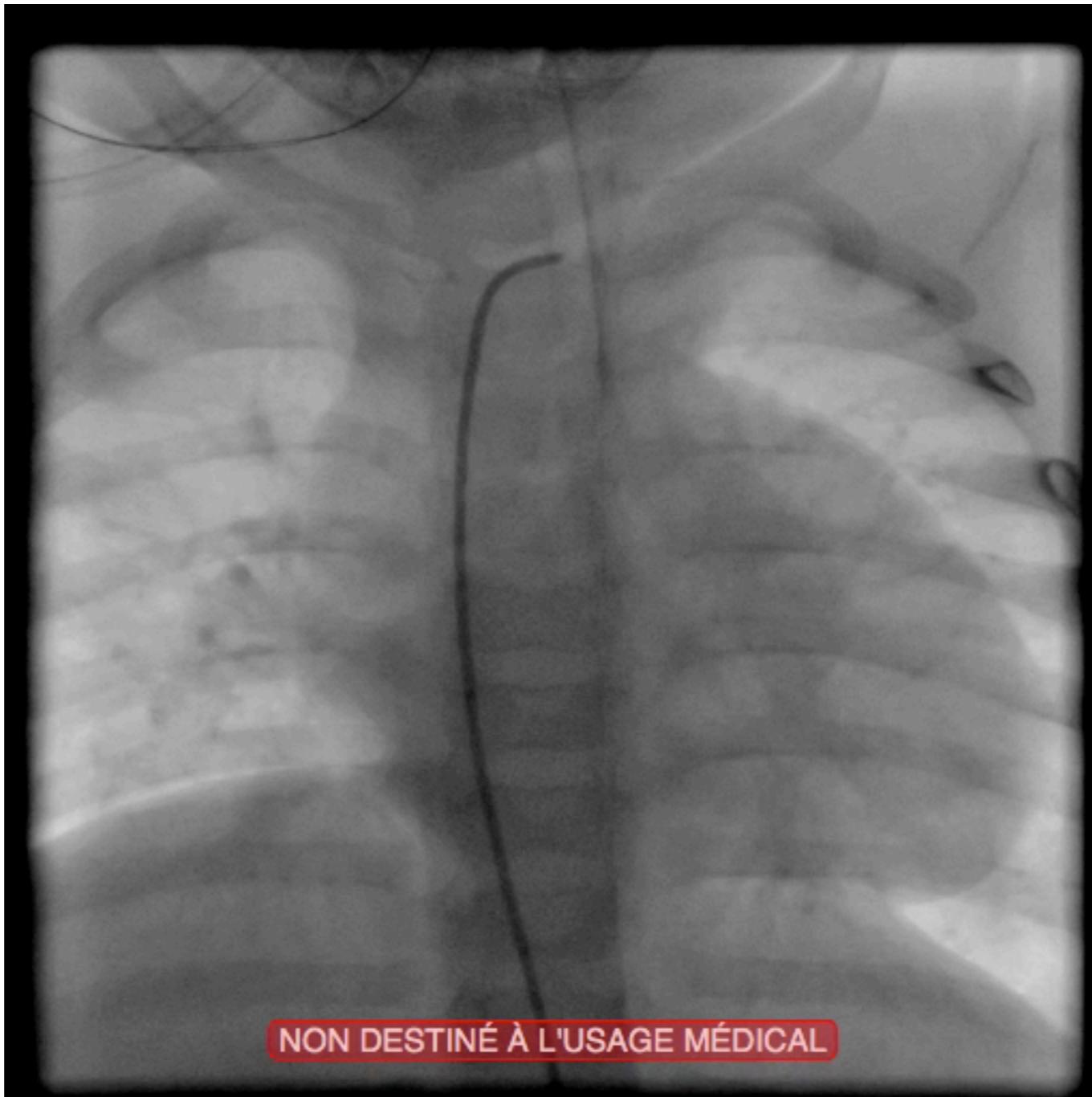
Ventricule unique, dérivation cavo-pulmonaire partielle
Bilan pré dérivation cavo-pulmonaire totale

Bilan coronaire préopératoire



Transposition des gros vaisseaux opérée, mort subite rattrapée
Occlusion coronaire gauche (naissant de la droite) avec reprise

Bilan préopératoire



Injection dans l'aorte à l'entrée du shunt de Blalock avec opacification des artères pulmonaires

Complications du cathétérisme

- De la sédation ou de l'anesthésie:
 - Fonction des médicaments utilisés,
 - Interprétation des données: difficile si instabilité+++
- De la ponction:
 - Fonction du vaisseau ponctionné
- Du KT
 - per-procédure:
 - Perforation d'une cavité cardiaque ou d'un vaisseau,
 - Dissection d'un vaisseau,
 - Myographie,
 - Trouble du rythme: TSV, TV....
 - post-procédure:
 - Hématome,
 - AVC (thrombus, air)
 - malaise de Fallot,
 - Insuffisance rénale

Exemple d'hémodynamique

Acces vasculaire

VFG - AFD

Trajet

AFD - ao desc - VG
VFG - OD - VD - AP

Procedure

Par la veine, on atteint l'AP et par l'artère, on atteint le ventricule gauche.

Pressions PAP très élevées s'élevant jusqu'à 200 de systolique

Impossible de prendre un capillaire

La PTD VG varie entre 22 et 26

Gaz: pas de shunt

Débit cardiaque conservé

sous air: 8.7 l/min; indexé: 5.46 l/min/m²

sous O₂/NO: 9l/min; indexé: 5.6 l/min/m²

RVPi sous O₂/NO: 17 UIWood*m²

Exemple d'hémodynamique

kg 3,190 taille 54 sc 0,212 N°de cathé 34529 N°de film _____ Bande

Operateurs Guiti MILANI - Fidelio SITEFANE

	sous air			NO+O2		
	mmHg	Sat	PO2	mmHg	Sat	PO2
TVI		72	37		73	40
OD	6			5		
VD bas	68	0	6			
VD haut						
APT	27	8	18	93	58	100 140
APD						
APG						
Cap SD						
Cap ID	8			10		
Cap SG						
Cap IG						
OG						
VPSD						
VPID						
VPSG						
VPIG						
VG						
Ao asc	86	55	69			
Ao th	85	53	67	99	91	100 447
VCI				75	40	

Accès vasculaire **AFD et VFD**

Trajet AFD - AO desc - AO asc

VFD - VCI - OD - VD - AP - capillaire
- TVI

Procédure Par la veine, on atteint le TVI, les APs puis capillaire et par l'artère, on explore l'aorte.

Angiographie:
Pas de coartation. CA non permeable. Pas de collatérale.

	sous air	Sous O2/NO
QP/QS	4.1/1	6.9/1
RVP	4.4	2.3
RVPi	1	0.5
Rapp VP/V Ao	0	0

Commentaires

Saturations 97% sous air

Pressions cf

Angios Aorte de profil

diam. APD diam. APG Index NAKATA

Conclusions CIV+Cerclage de l'AP+Ligature de canal

Shunt important

Exemple d'hémodynamique

kg 14 taille 103 sc 0,635 N°de cathé 34172 N°de film Bande VASS

Operateurs Guiti MILANI

	mmHg	Sat	PO2	mmHg	Sat	PO2	mmHg	Sat	PO2
TVI		69	44						
OD	13			15	84	58	15	82	58
VD bas	73	0	15						
VD haut									
APT	73	32	51	63	40		65	23	42
APD									
APG									
Cap SD									
Cap ID	22			23			25		
Cap SG									
Cap IG									
OG									
VPSD									
VPID									
VPSG									
VPIG									
VG	91	0	17		19		102	0	20
Ao asc	91	52	70						
Ao th	87	49	66	89	65		98	58	77
VCI				63	40				
non invasive			90			100			100

Accès vasculaire

AFD - VFD

Trajet

AFD - Ao desc - Ao asc - VG
VFD - OD - VD - AP - capillaire

Procédure

Par l'artère, on atteint le ventricule gauche et par la veine, le capillaire pulmonaire.

Pressions: élévation des pressions capillaires pulmonaires et téldiestolique du VG.
Gradient transmitral de 5 mmHg.

	sous air	sous O2	sous O2/NO
Débit	2.2	2.07	2.05
Débit indexé	3.35	3.14	3.12
RVP	12.7	11	8.3
RVPI	8.35	7.3	5.4

Commentaires

Saturations

désaturation à 90% lors de la sédation

Pressions

of

Angios

aorte de profil

diam. APD diam. APG Index NAKATA

Conclusions

Syndrome de Shone
Cure de coarctation puis plastie mitrale (2X).

HTAP

HTAP mixte avec part de post capillaire importante mais présence d'une réactivité

Conclusions

Cathétérisme diagnostique

- Connaître l'hémodynamique normale et des différentes cardiopathies
- Examen important en cardiologie congénitale
- Aide au diagnostic, bilan préopératoire
- Connaître les risques pour les éviter ou en diminuer la fréquence