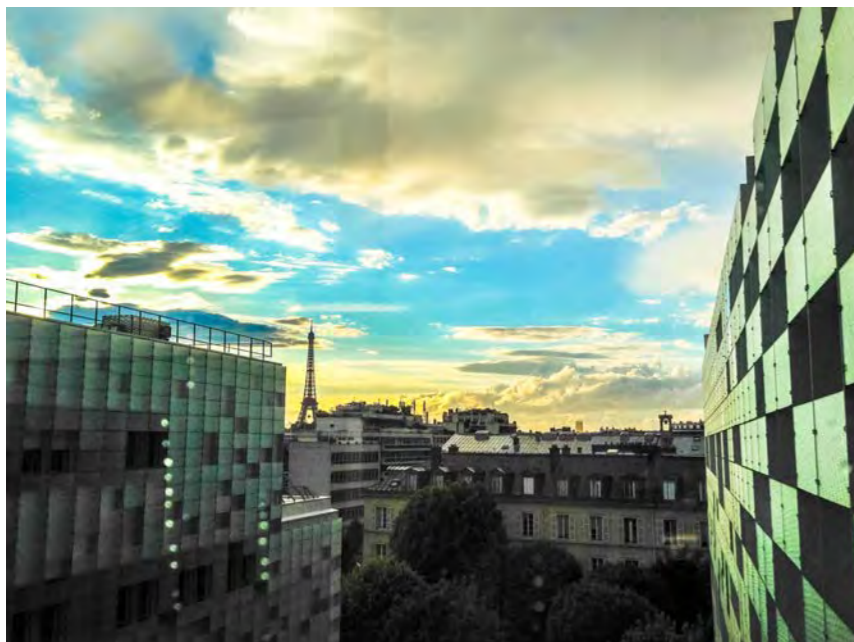




Cathétérisme cardiaque diagnostique Hémodynamique et angiographie



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 (hémodynamique)

- ◆ 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*).



Connaître 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 patients)
- 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

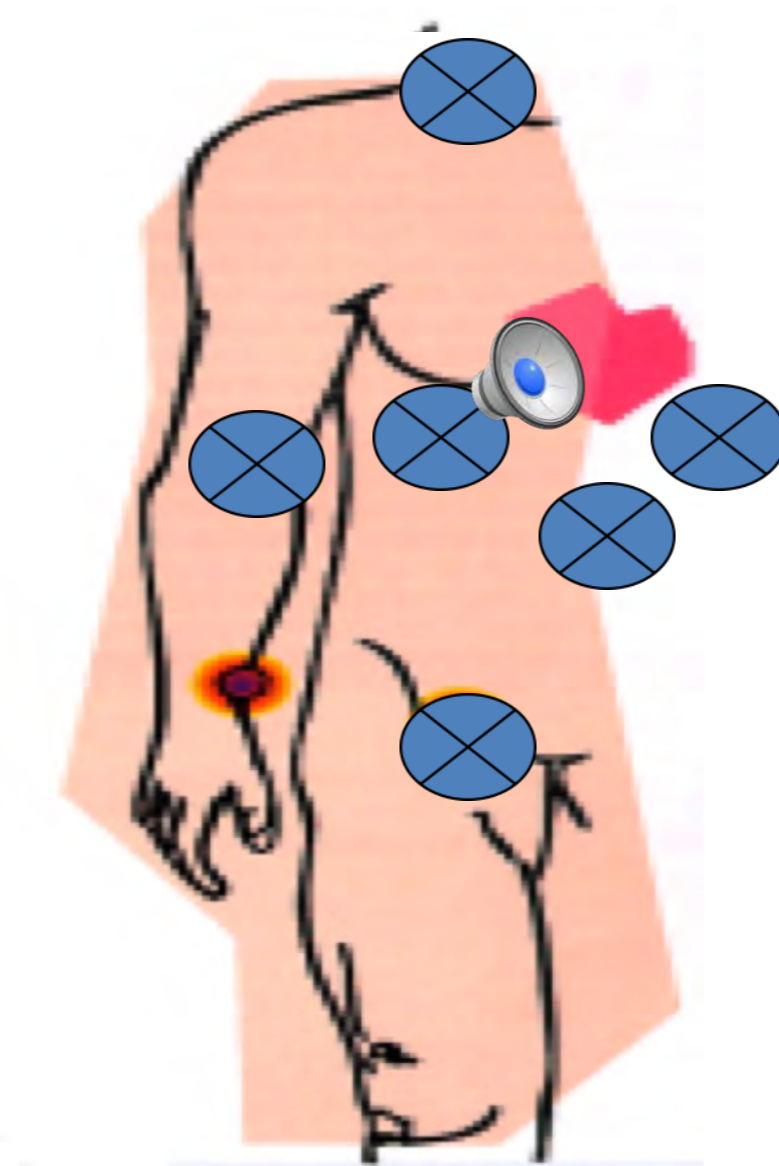
- Age du patient
- Question posée, type de geste
- Cardiopathie
- Perméabilité des accès vasculaires



Permet de répondre à la question

- rapidement
- correctement
- avec le moins de risque possible

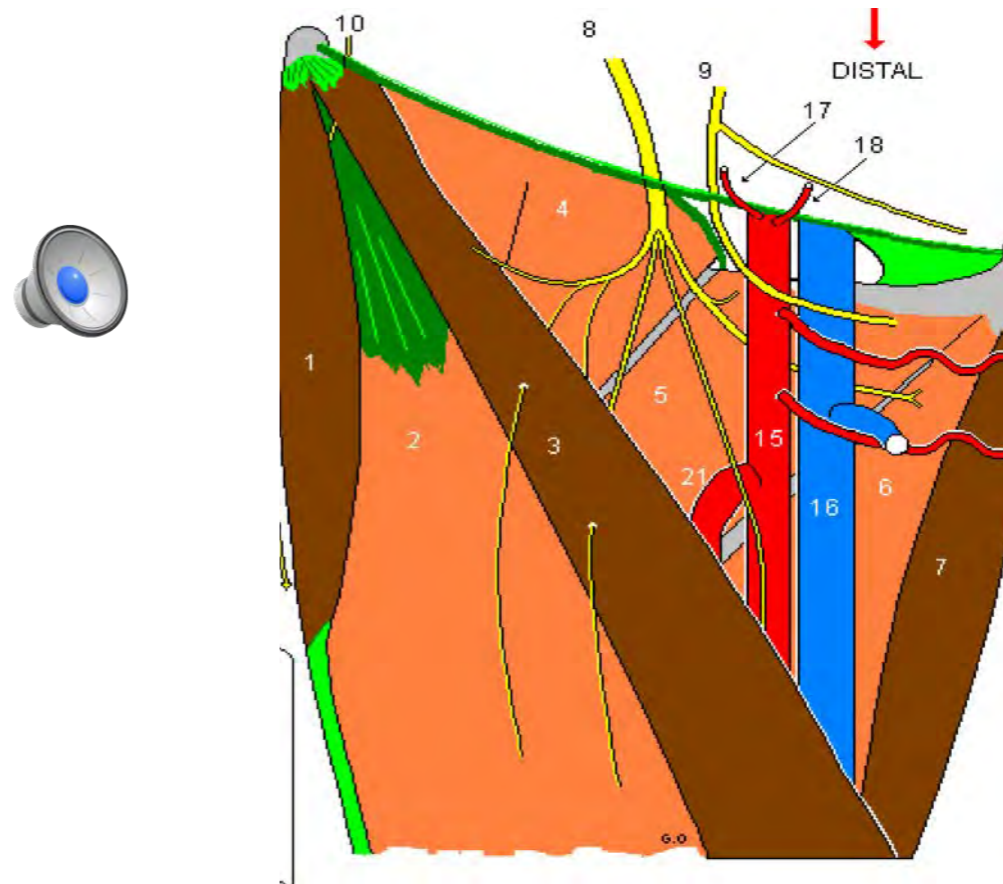
Voies d'abord



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



Technique écho guidée

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 Amplatz

Guides coronaires

Guides Térumo

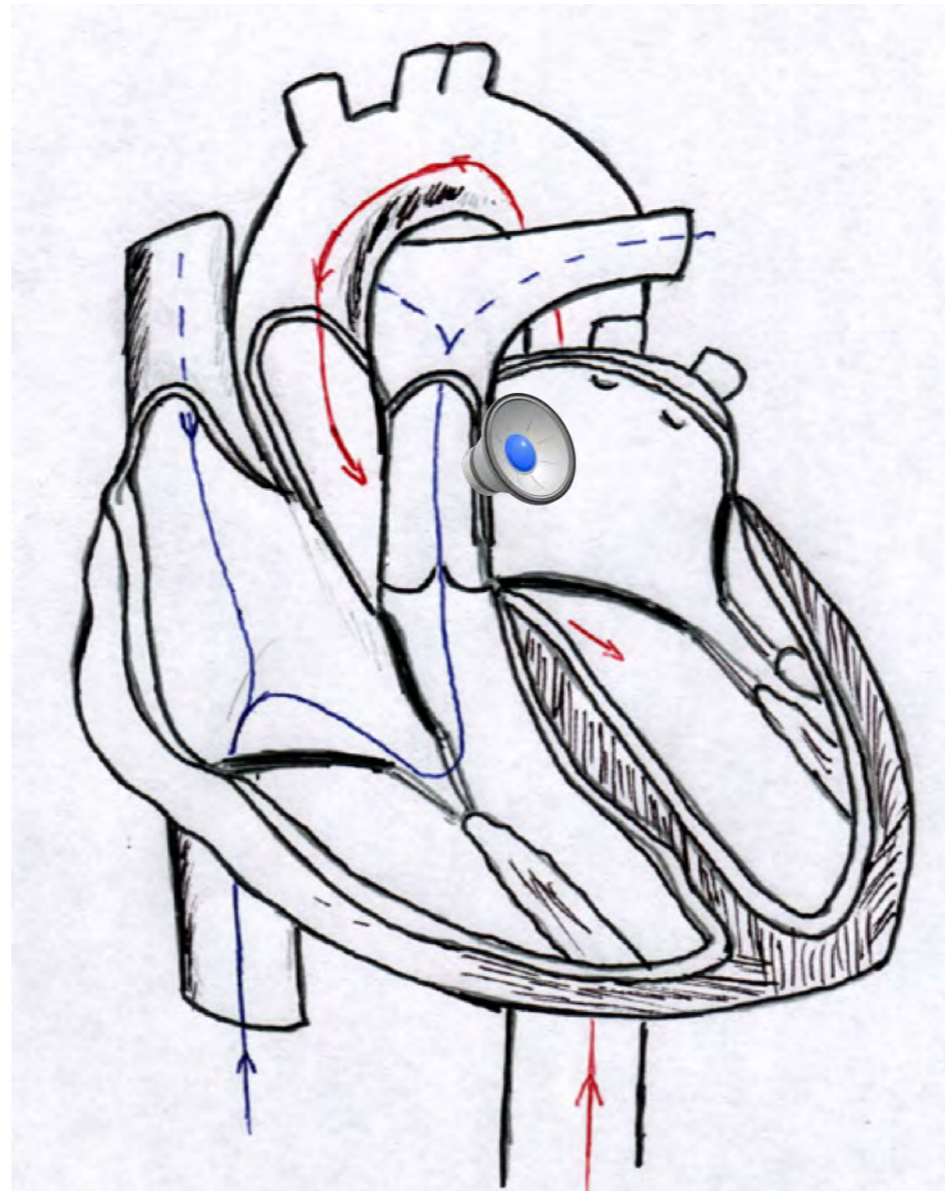
Trajeto

VCS

AP

OD

VCI



Aorte

OG

VG

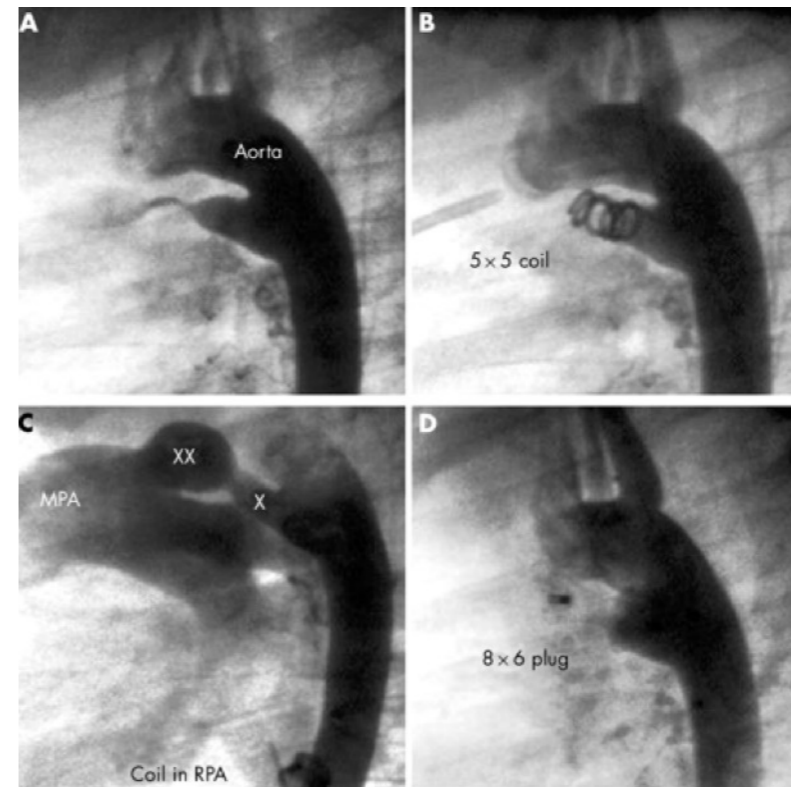
Quel trajet? Quels accès

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

Jugulaire: seulement dans les  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

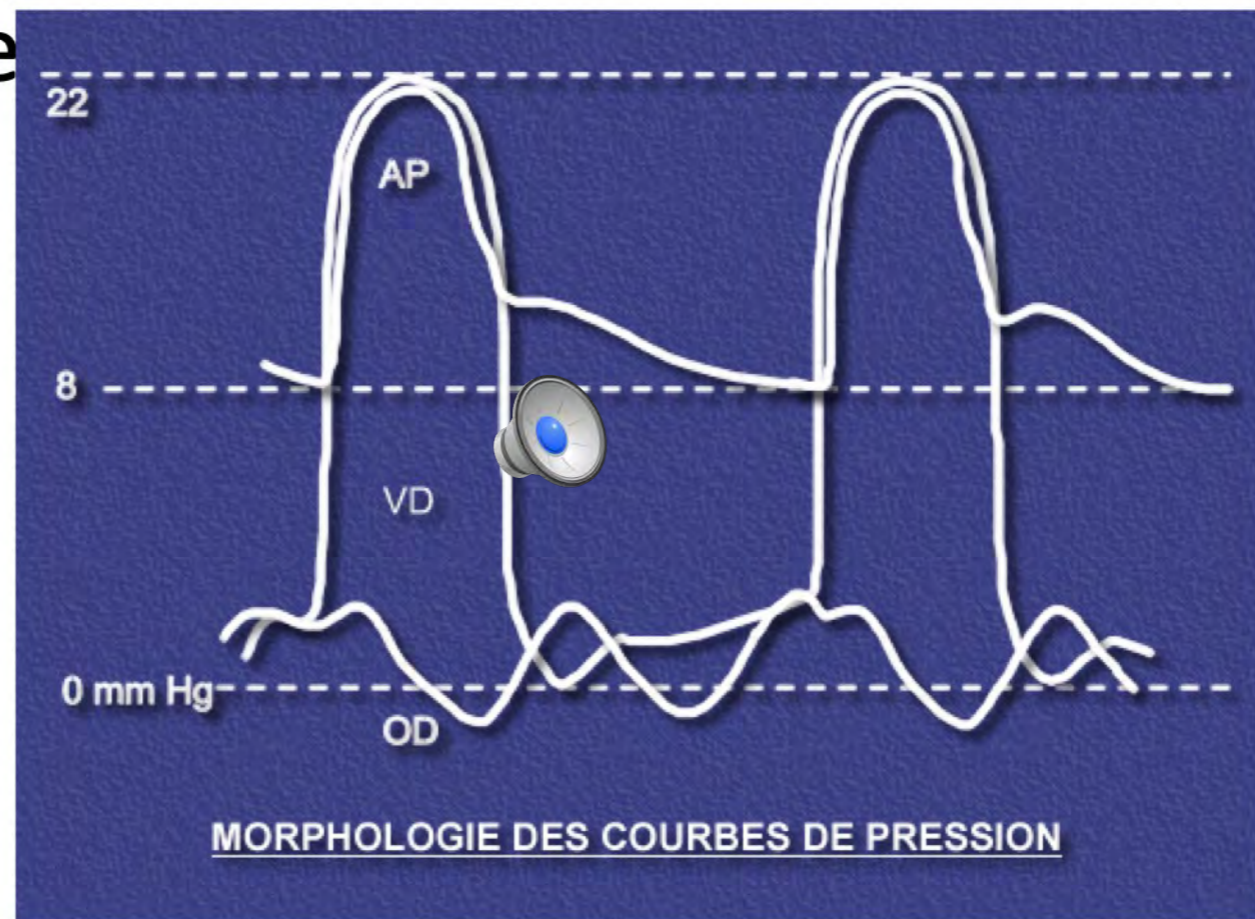
Hémodynamique

Courbe simultanée

AP

VD

OD



La pression

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

Pression protodiastolique ventriculaire = 0 de référence

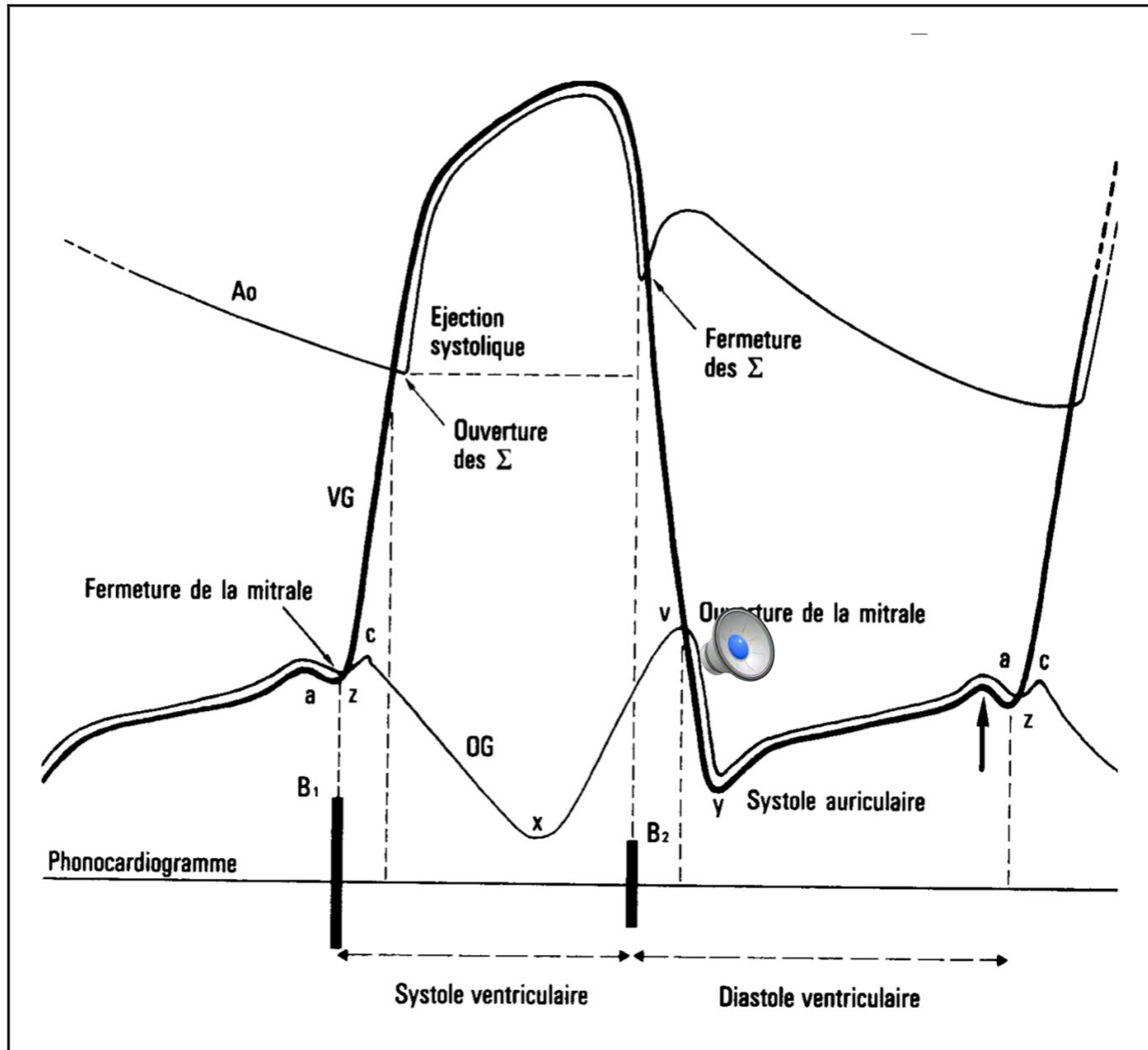


Figure 4- Schéma du cycle cardiaque.

La pression

3 morphologies

- Pression atriale
- Pression ventriculaire
- Pression artérielle



Pression atriale POD

Moyenne 2 mmHg

a contraction auriculaire

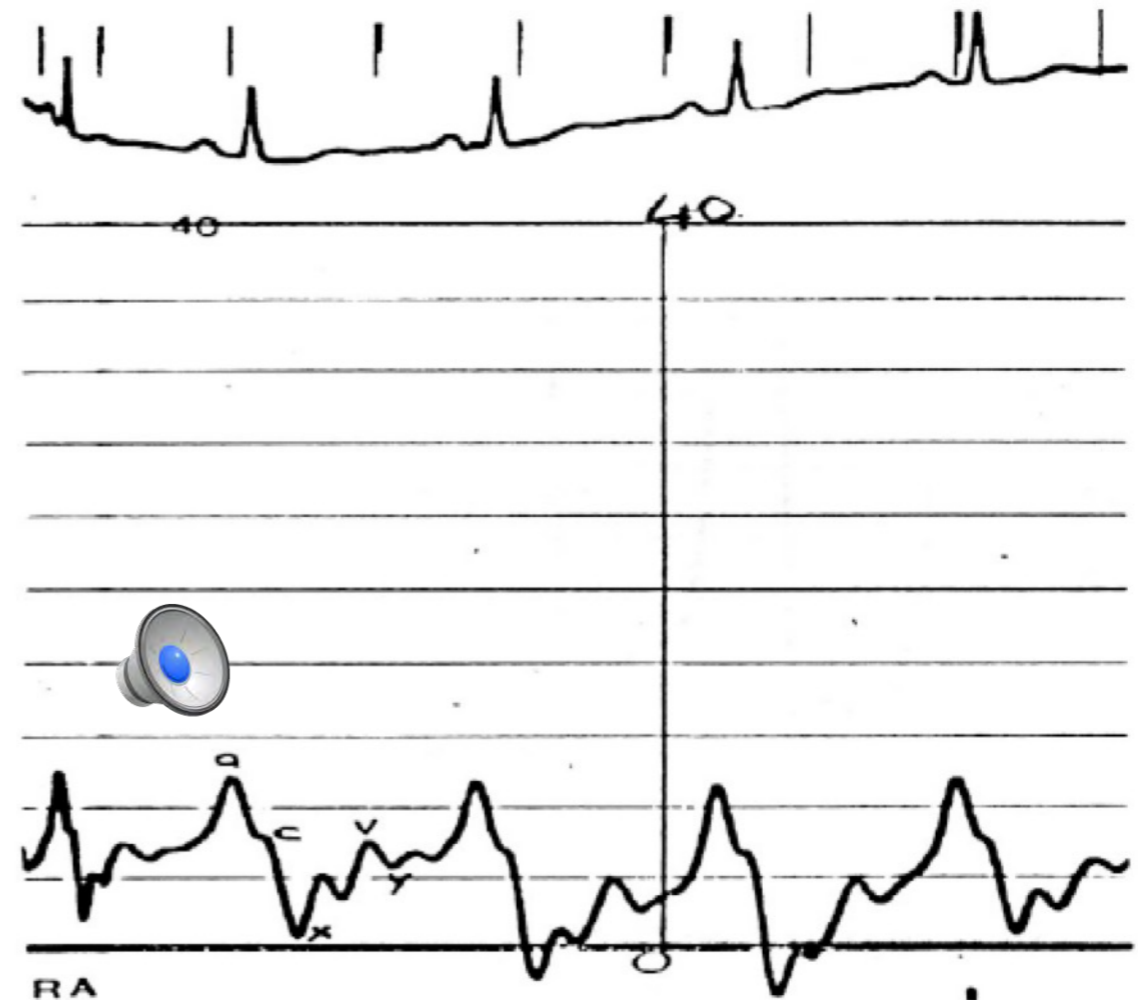
c ouvertures des VAV

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



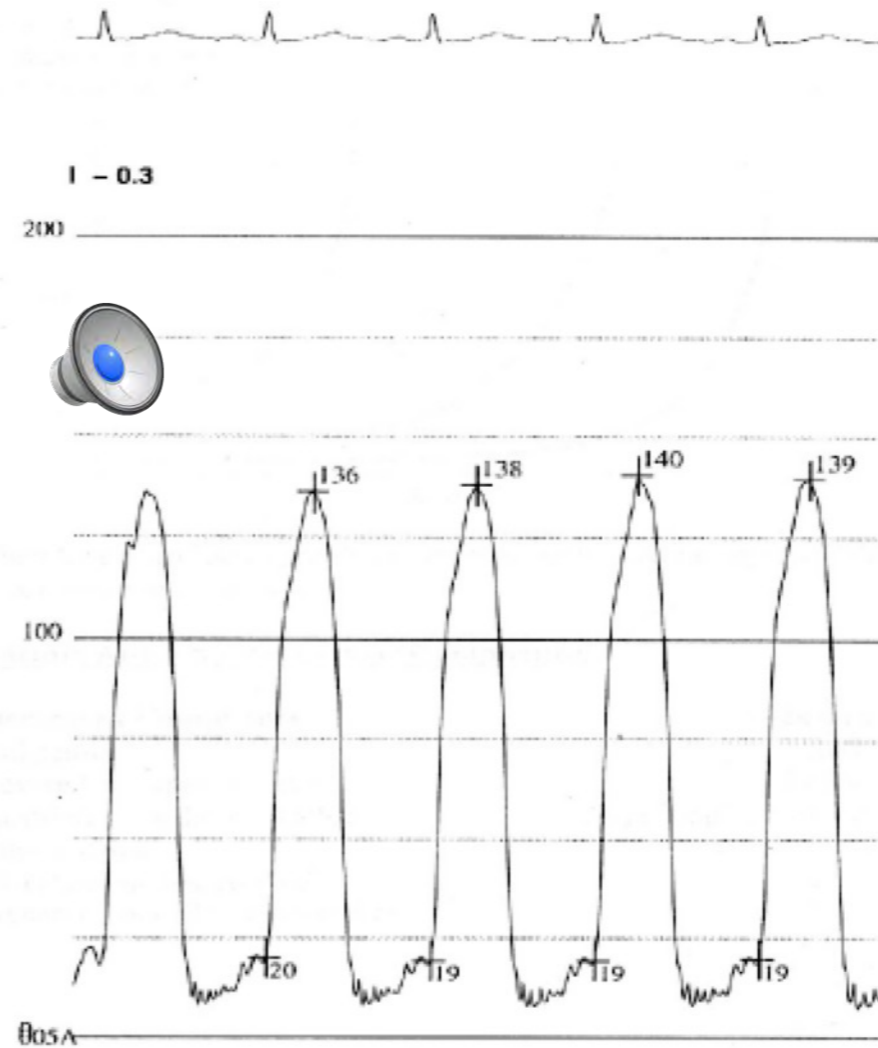
Pression atriale

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

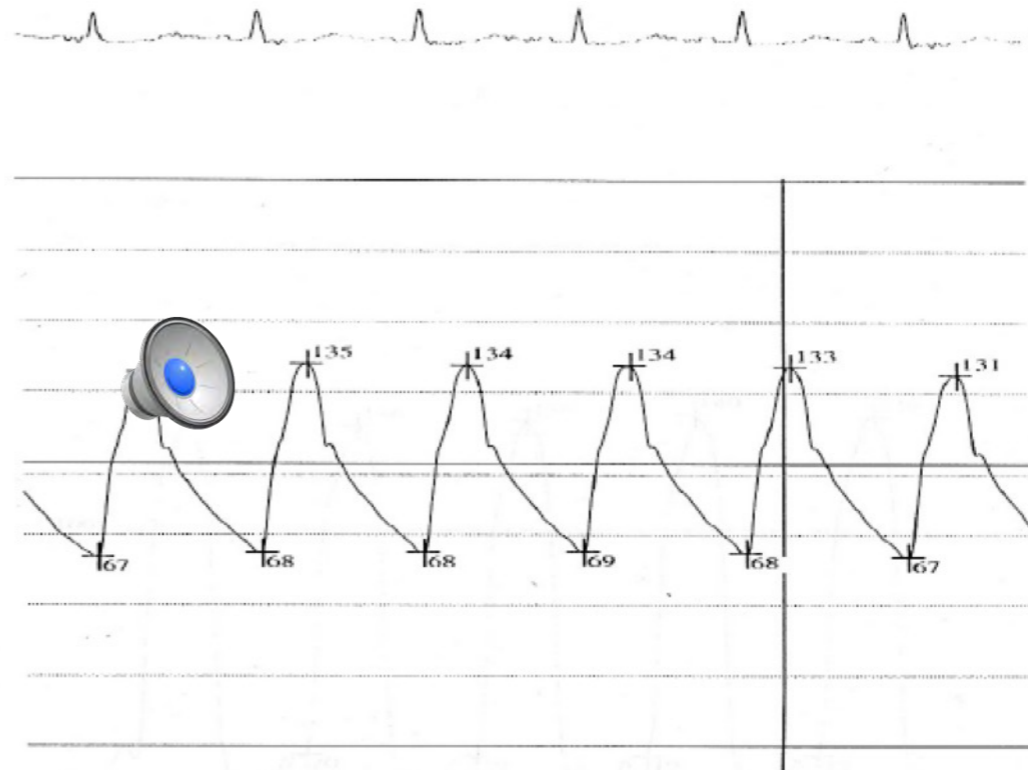
Pression ventriculaire

Gauche
Systole
Télédiastole (=POG)
Pas de moyenne



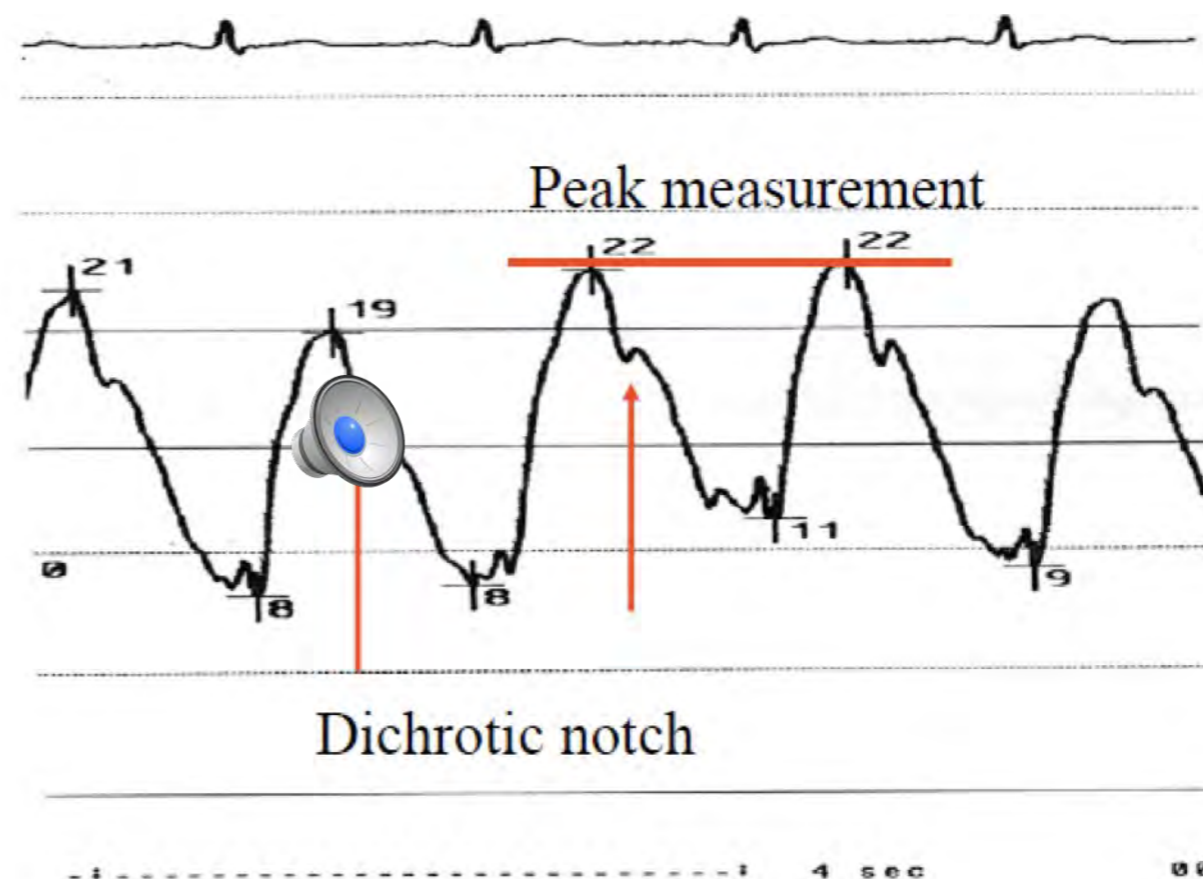
Pression aortique

- Systolique
- Diastolique
- Moyenne

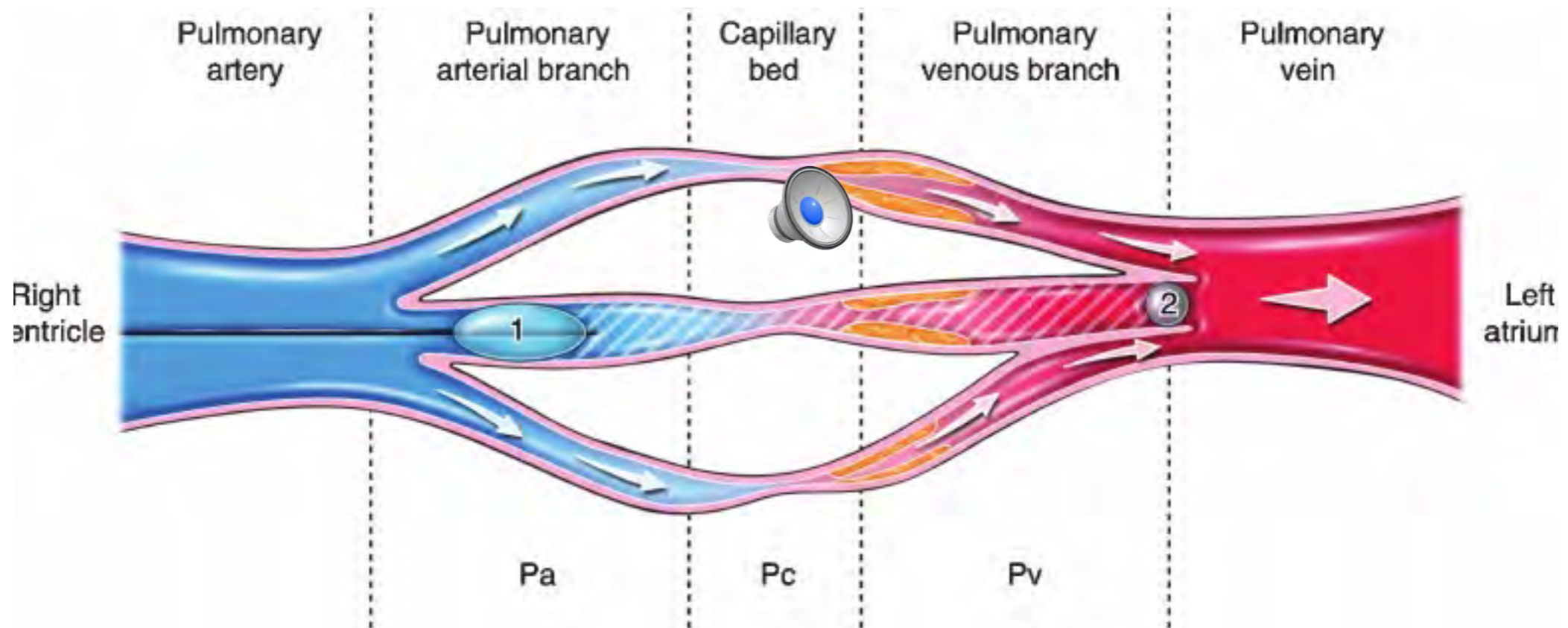


Pression pulmonaire

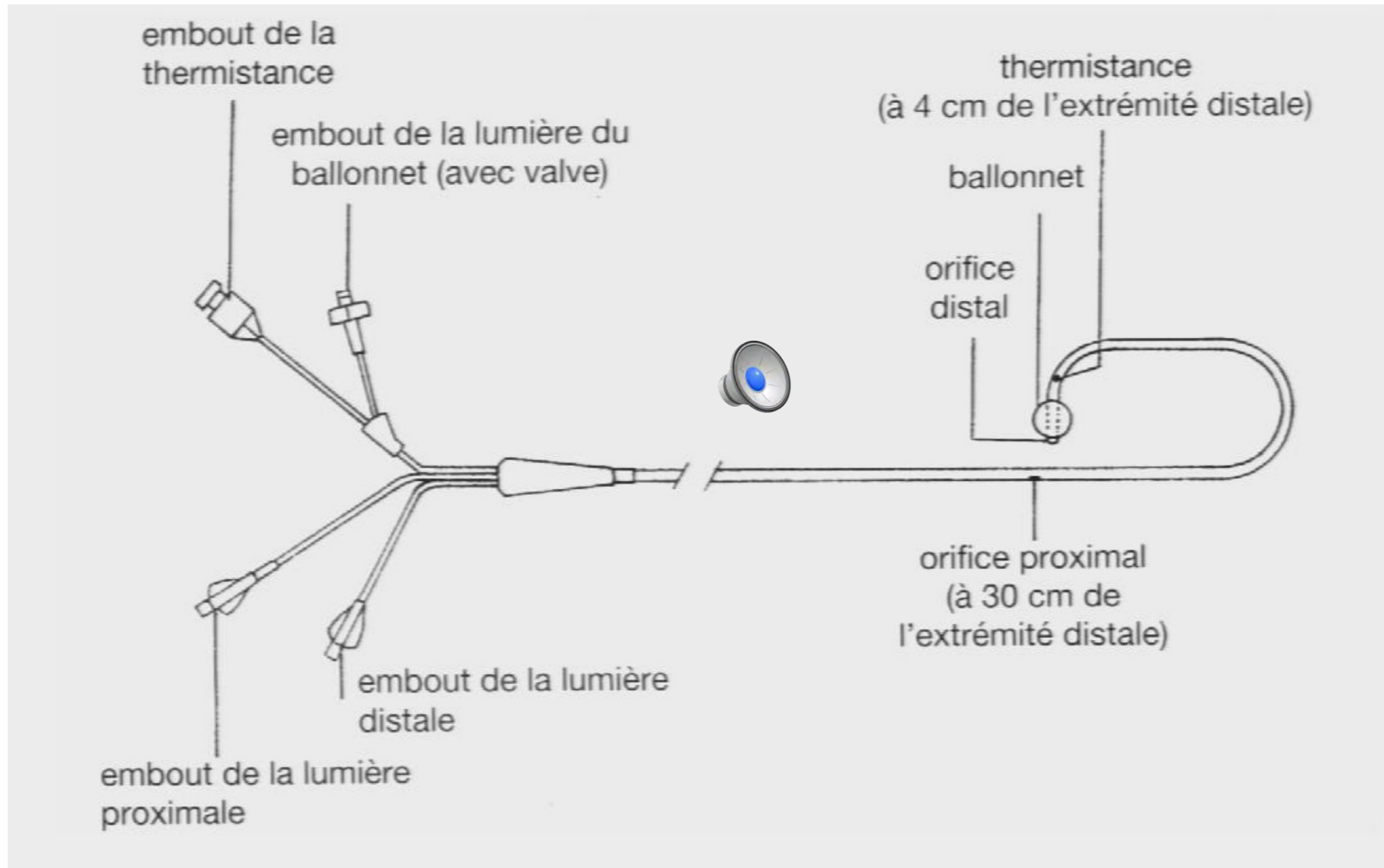
Systole 15-30 mmHg
Diastole 2-12 mmHg
Moyenne 7-18 mmHg

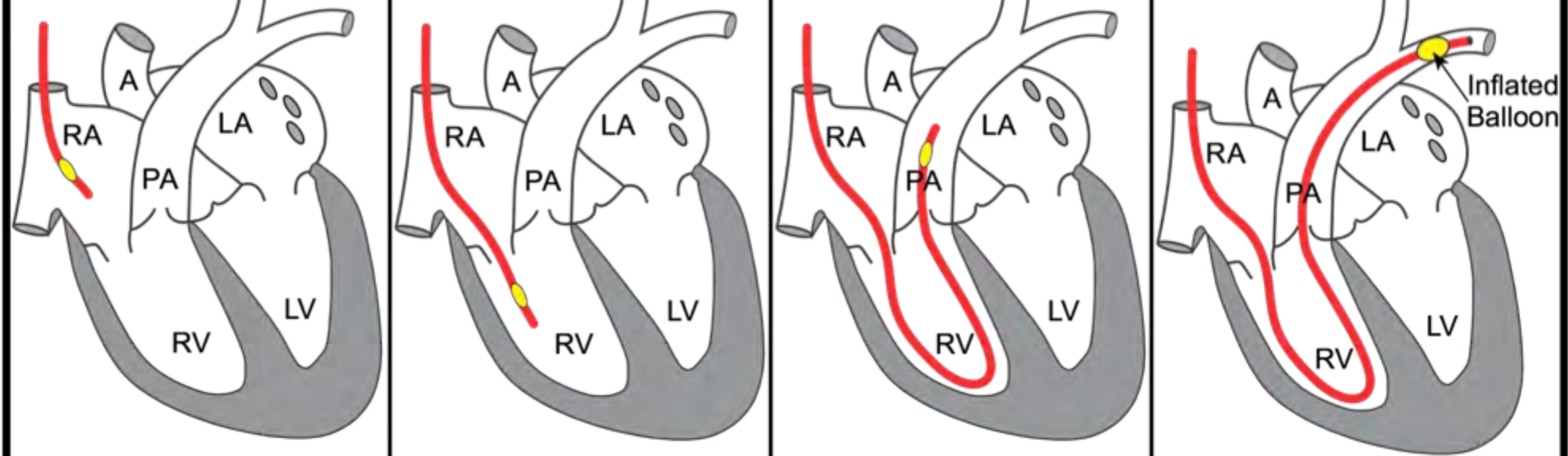


Pression artérielle pulmonaire bloquée (Pcap, Wedge, PAPO)



Swan-Ganz



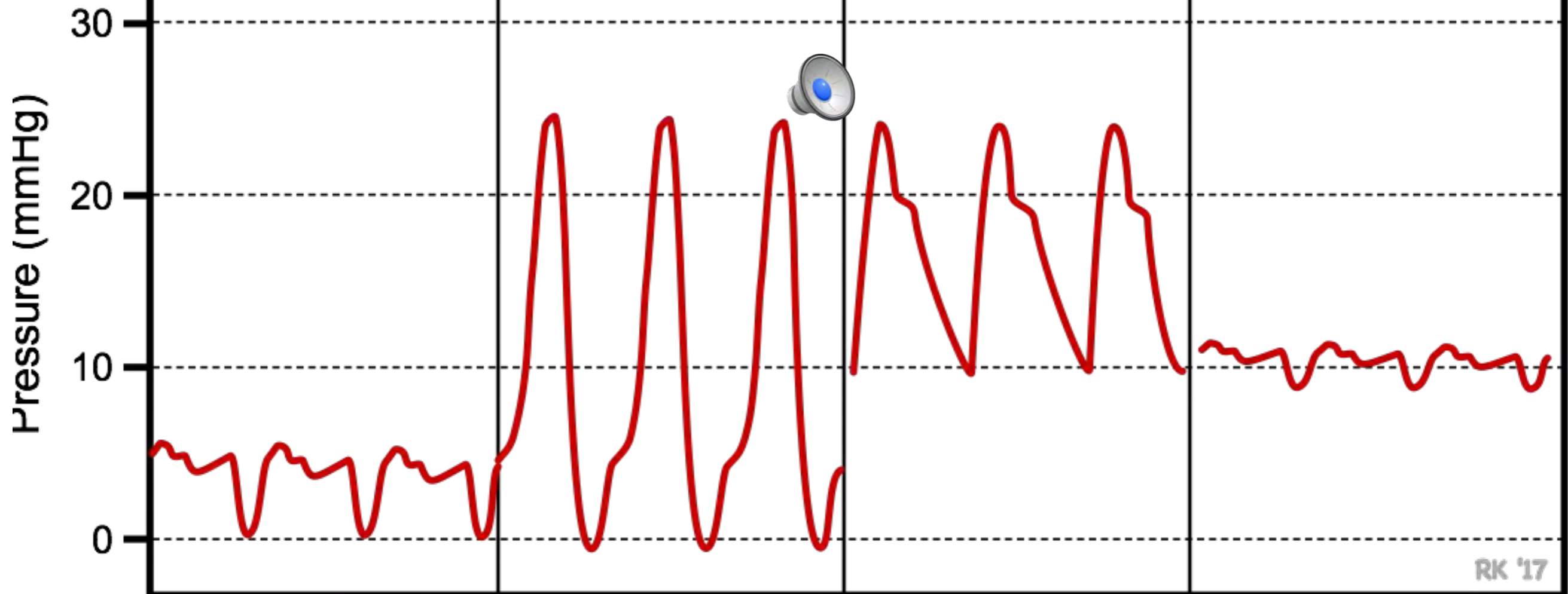


Right Atrium

Right Ventricle

Pulmonary Artery

Pulmonary Artery Wedge



Thermodilution

Débit cardiaque par thermodilution:

mesure du débit par diminution de la température entraînée par l'injection d'un volume

La température est mesurée au niveau de l'injection et au niveau de la thermistance de la Swan

Mesure avec moyenne de 3 injections successives

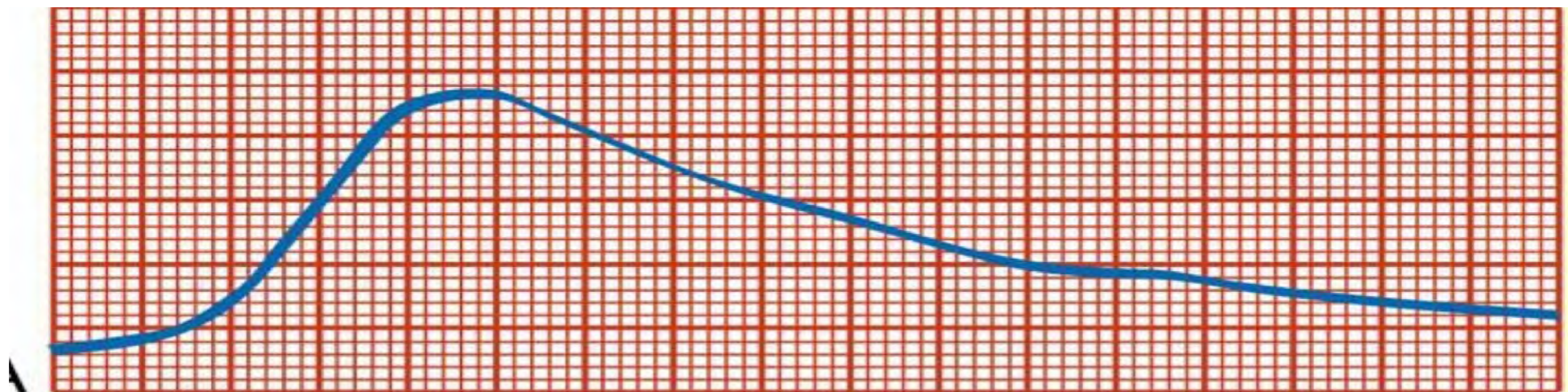


Figure 17-62A Thermodilution curves produced on a strip chart recorder. (A) Smooth recording is accurate.

Calcul par l'équation de Stewart-Hamilton:

$$Q = V_1 (T_B - T_1) K_1 K_2 / \int T_B(t) dt$$

Q = débit cardiaque

V_1 = volume de l'injectat

T_B = température du sang

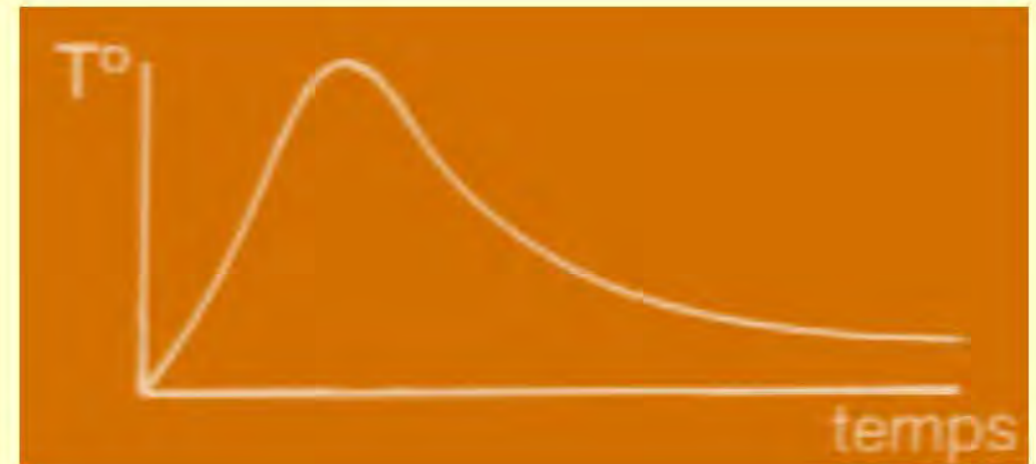
T_1 = température de l'injectat

K_1 = densité de l'injectat


K_2 = constante de calcul

$\int T_B(t) dt$ = intégration de la surface sous la courbe des variations de température du sang en fonction du temps par le calculateur

- DC: 4.0 à 8 l/min
- IC: 2.5 à 4 l/min




Thermodilution

- Pas de shunt intracardiaque
- Débit pulmonaire = débit systémique 
- $RVP = \frac{PAPm - Pcap}{\text{débit cardiaque}}$
- $RVPi = \frac{PAPm - Pcap}{\text{débit cardiaque indexé}}$

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

$$VO_2 = Q \times \text{DAV de contenu en } O_2$$

$$VO_2 = Q \times (A-V) O_2$$

VO2

- Mesure directe
- Abaques



- Débit Q

$$- Q = VO_2 / CaO_2 - CVO_2$$


- VO_2 : consommation d'O₂ par unités de temps
- CAO_2 : contenu en O₂ 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 O₂ 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


$QP/QS: Sat\ Ao-Sat\ VCS/Sat\ VP-SatAP$

Rapport de résistance



Réactivité pulmonaire O_2 , O_2/NO , prostacyclines

Quantification d'un shunt: QP/ QS

- Calcul $QP/QS = A_o - V_c / V_p - A_p$
- – $QP = VO_2 / C_vPO_2 - Ca PO_2$
- – $QS = VO_2 / CaO_2 - CvO_2$ 

$$QP / QS = A_o - V_c / V_p - A_p$$

Shunt Gauche-droit:

– $A_o - VC = 30$

– $V_p = 100$

Il manque A_p



Shunt Mélangé:

- $SaO_2 AP = SaO_2 AO$
- $Ao - VC / Vp - Ap$
- $30 / 100 - Ao$

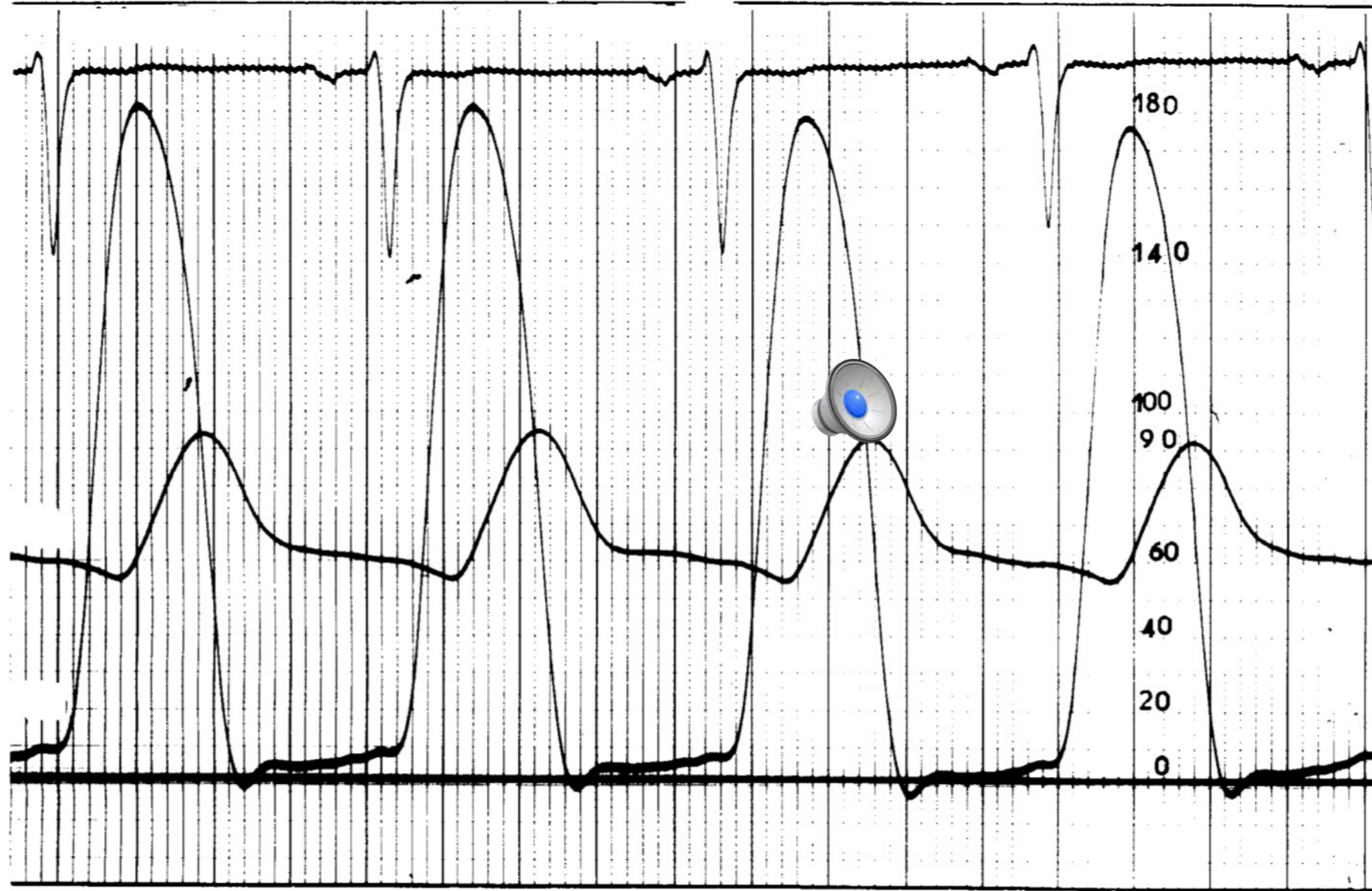


Shunt droit – gauche:

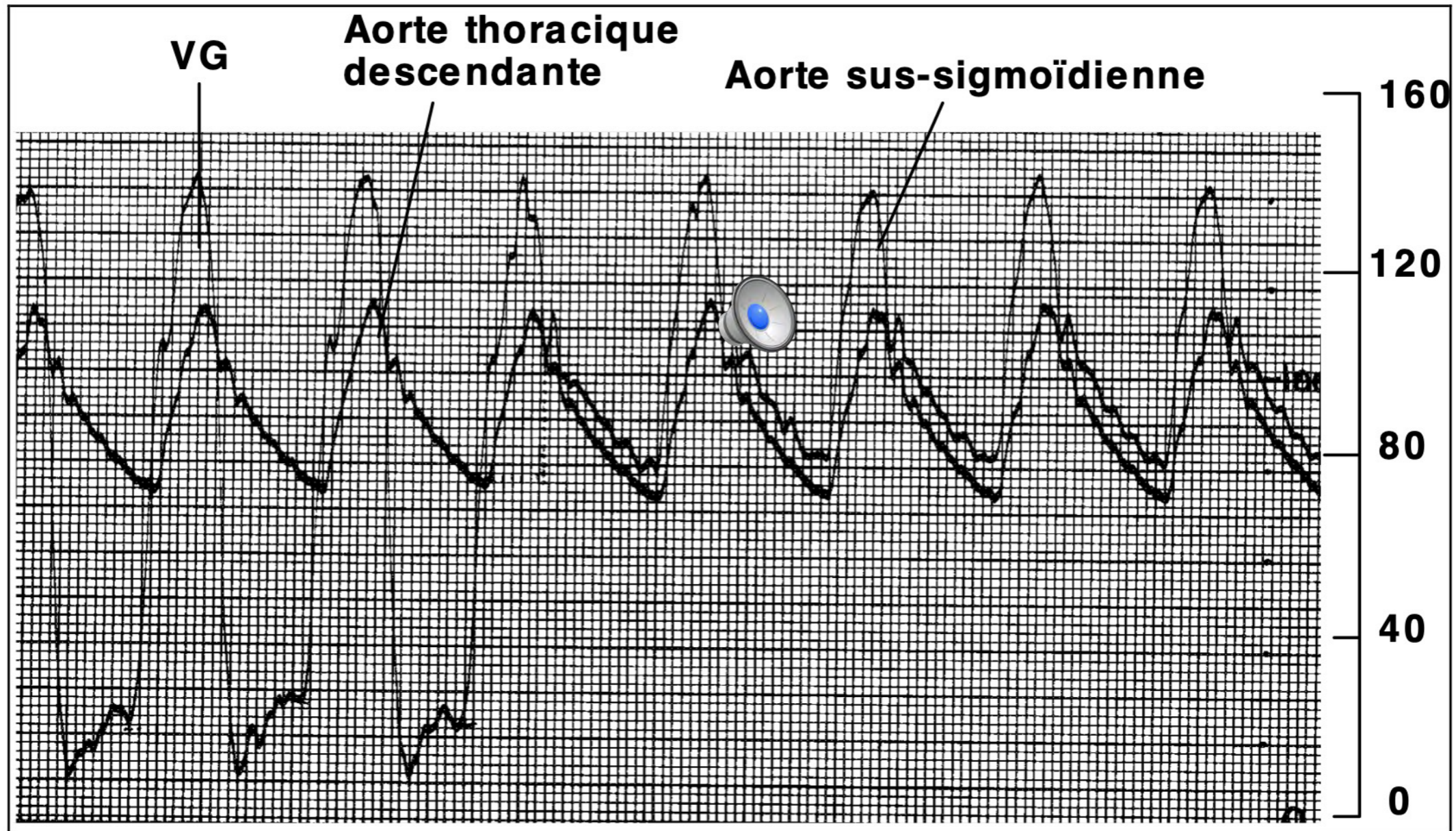
– SaO₂ Ap = SaO₂ VC



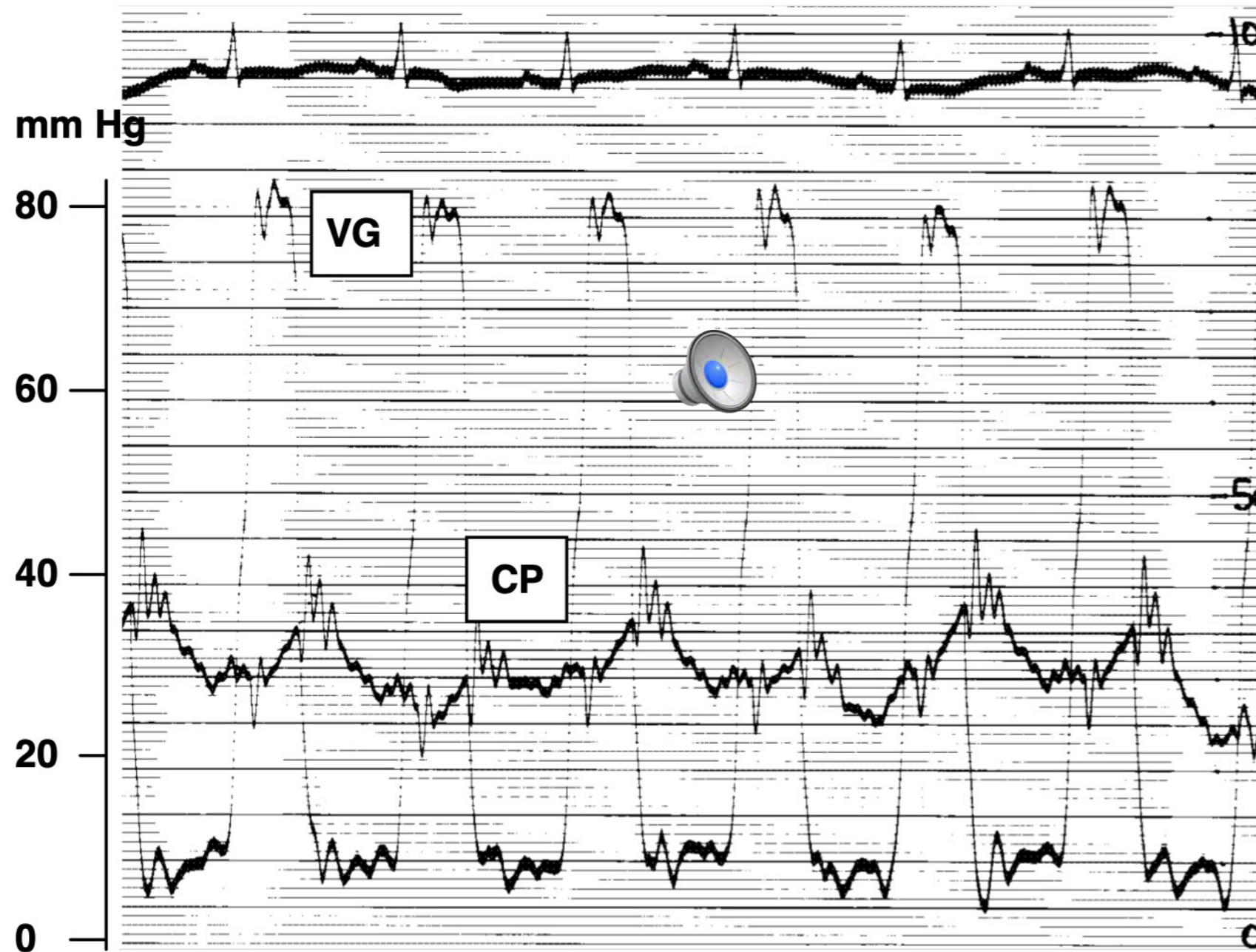
Quel diagnostic?



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

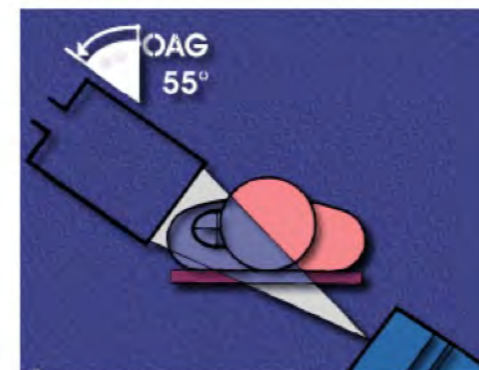
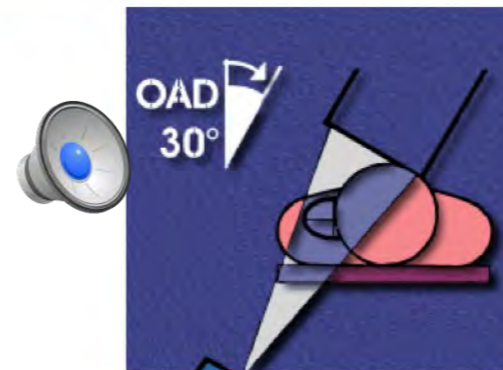
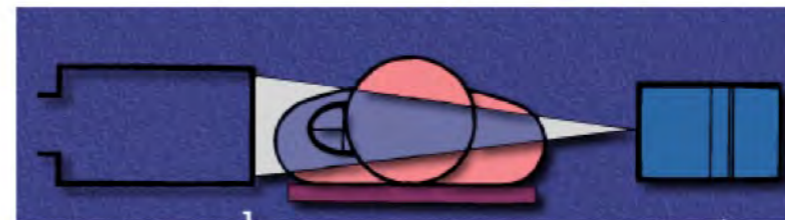
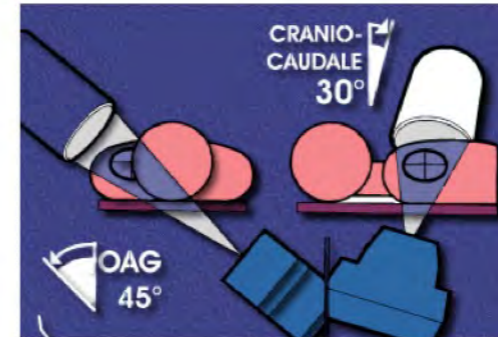


- Produit de contraste:


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

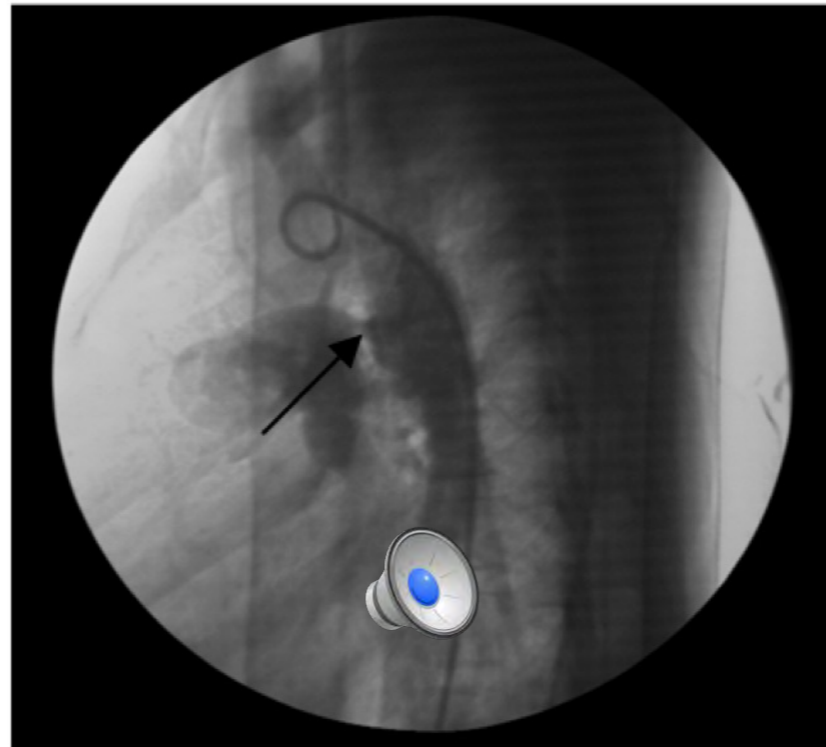


Incidences

- 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 distales

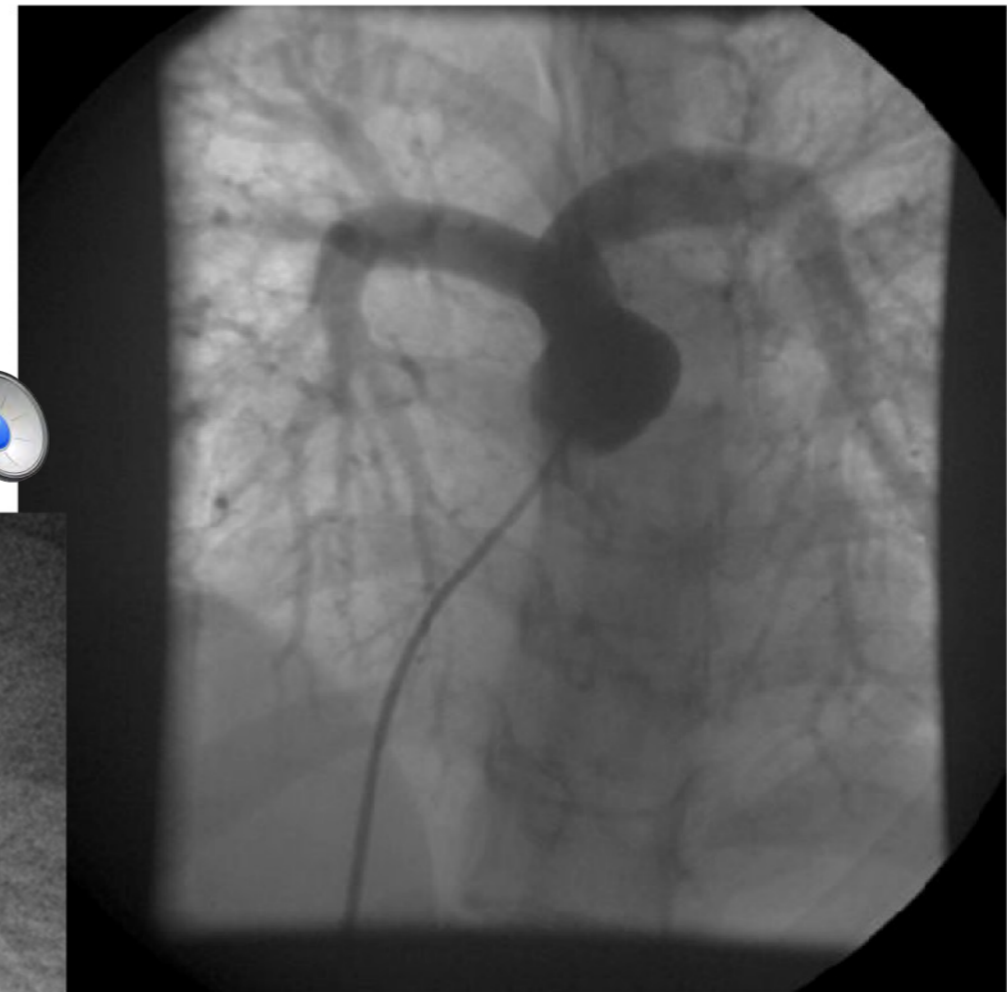
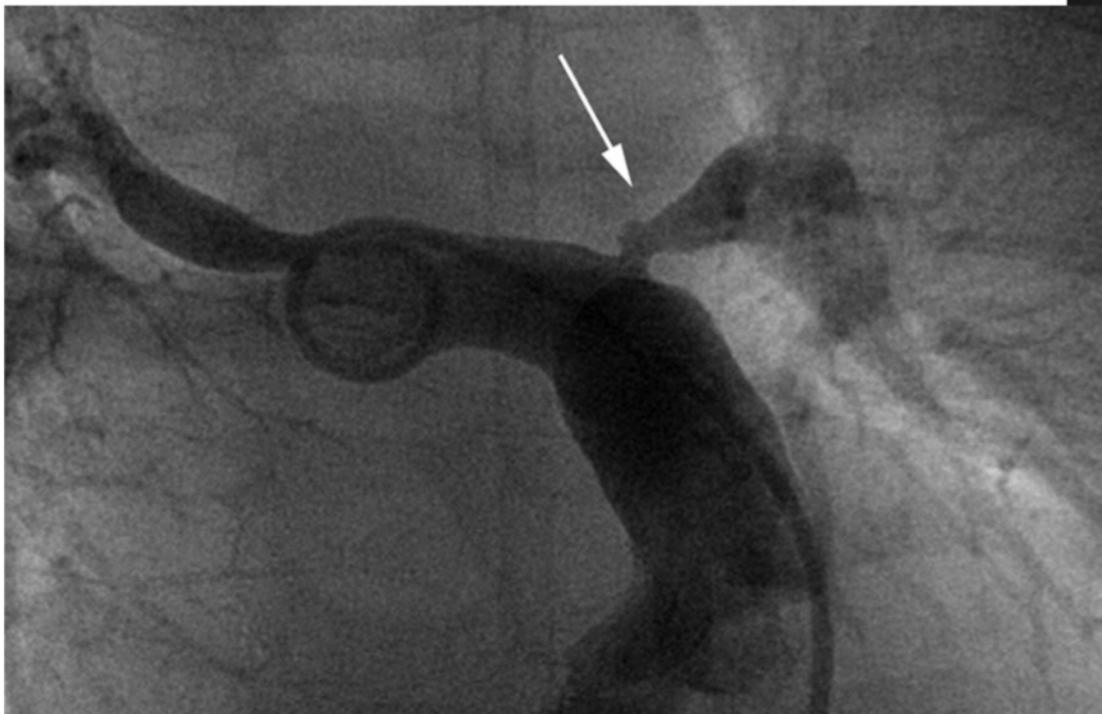
Angiographies

- Aortographie
De profil

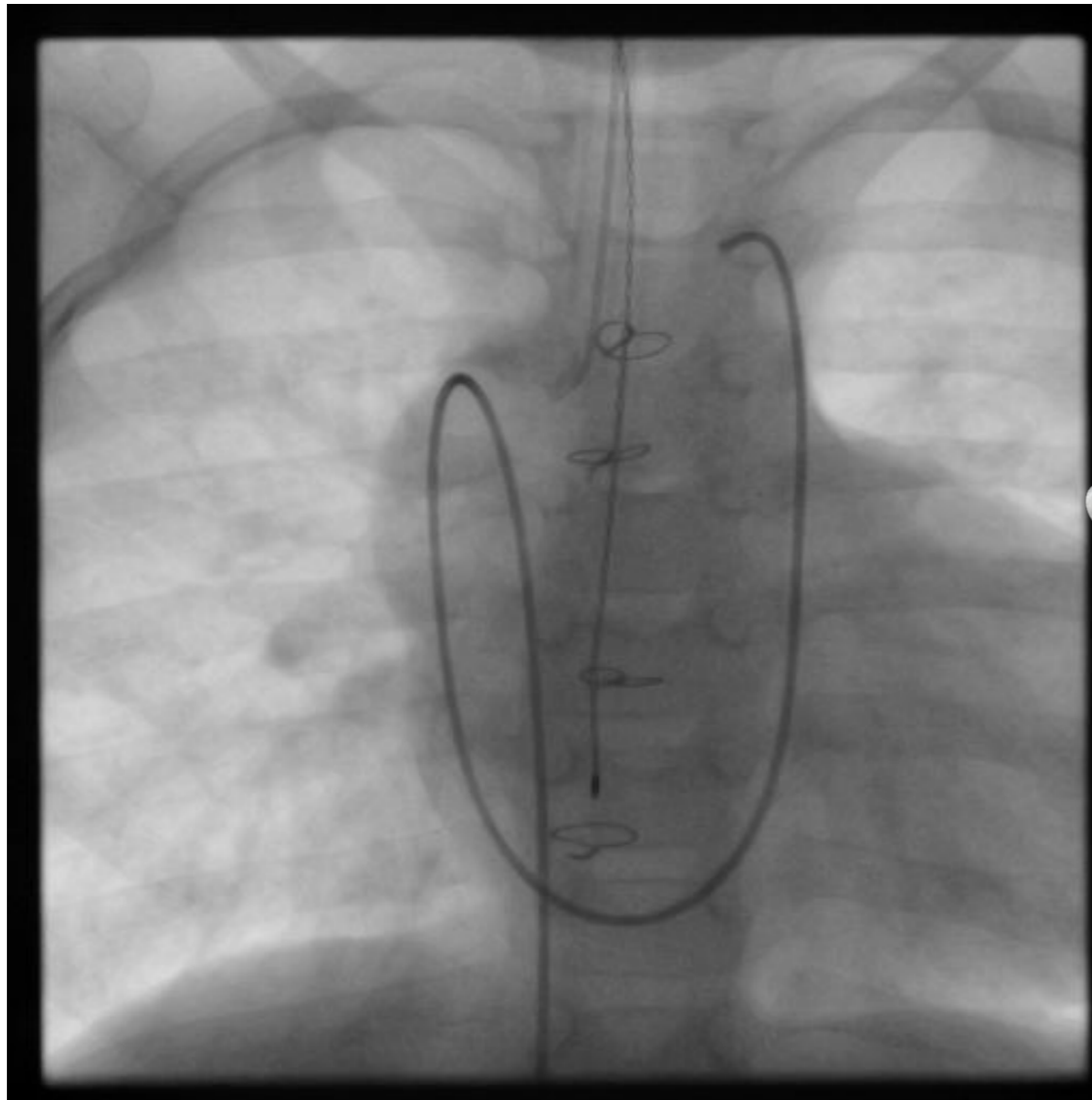


Angiographies

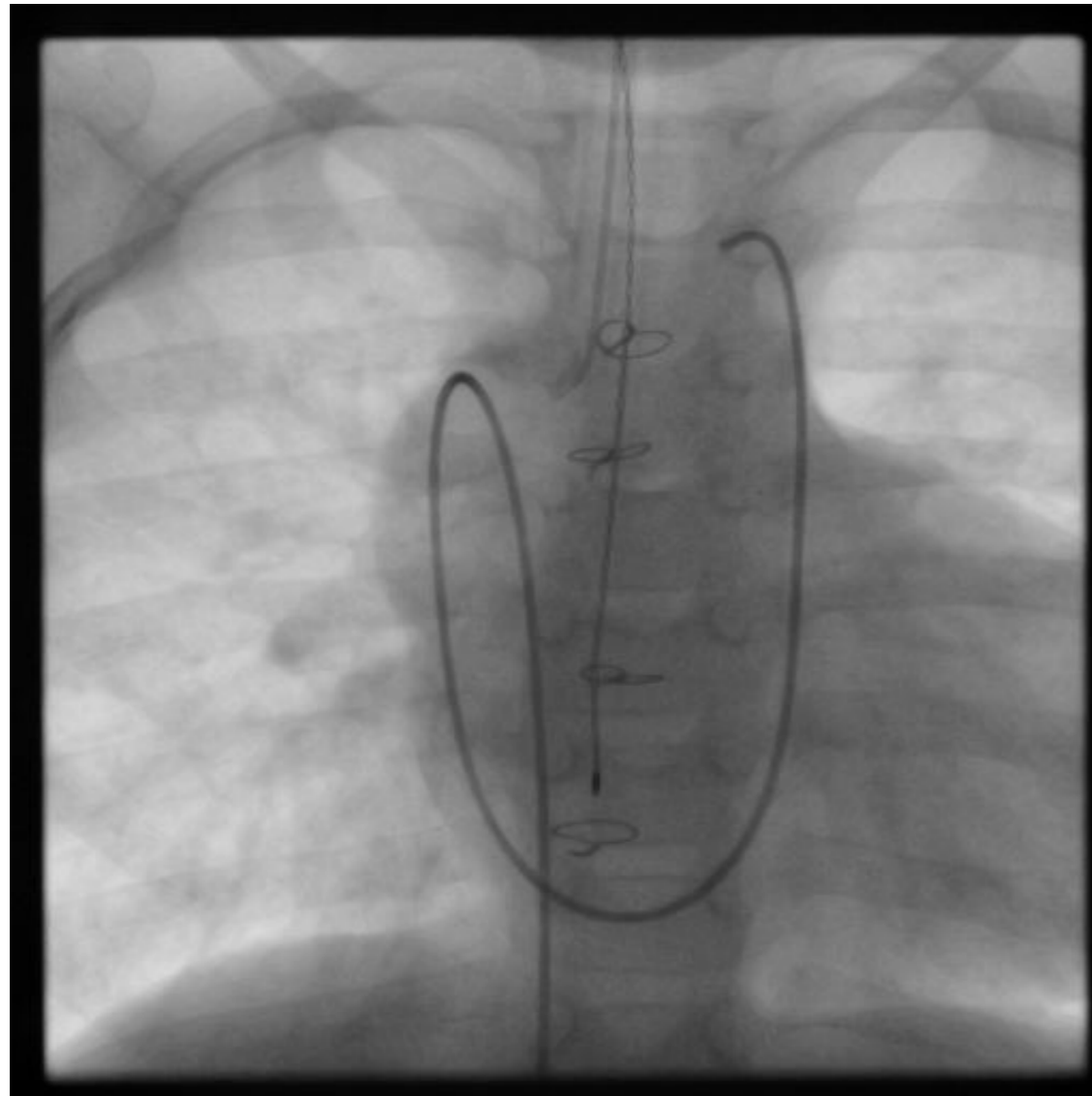
- Artères pulmonaires
 - 4 cavités
 - Taille des artères pulm
 - Lit capillaire



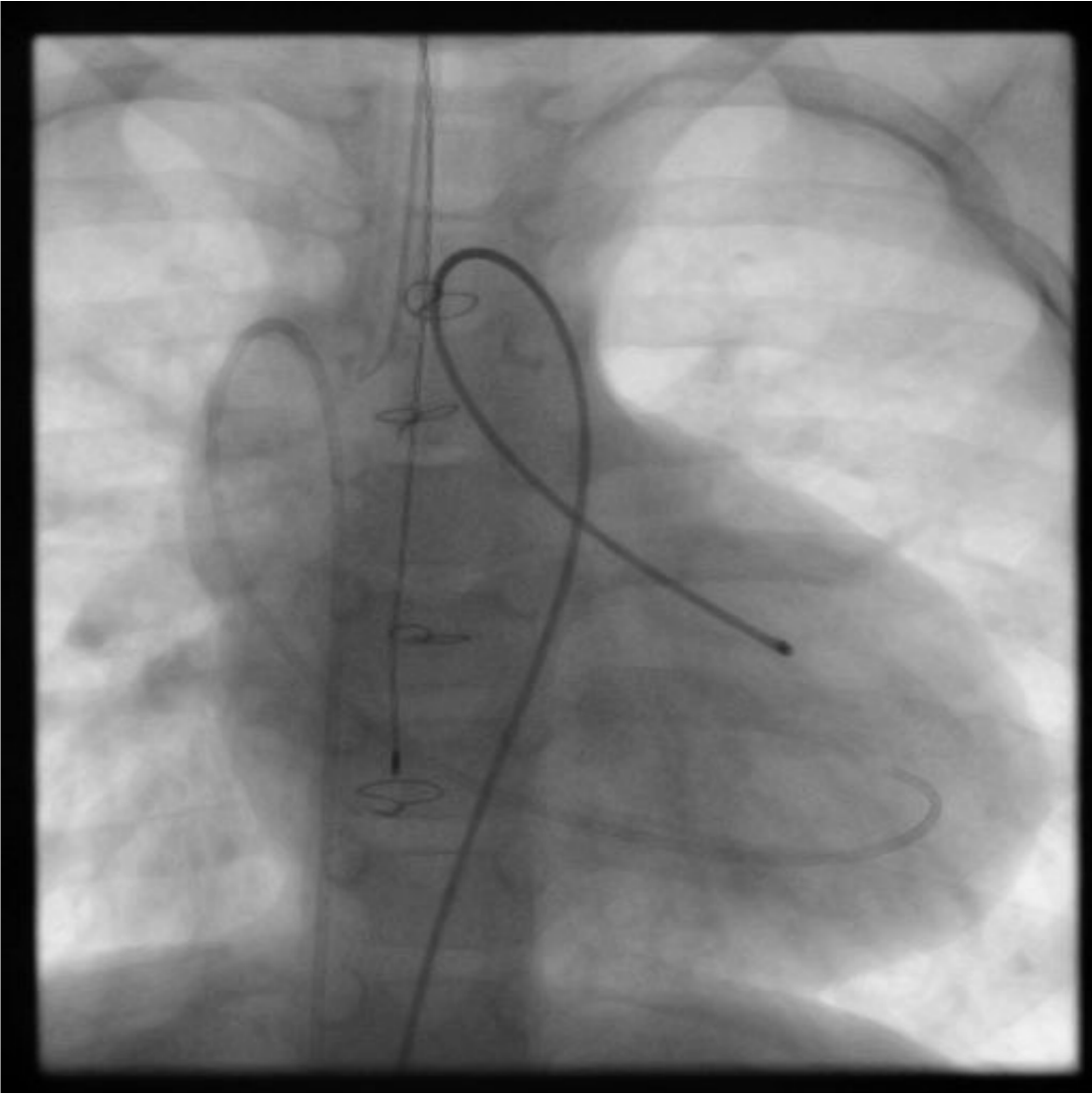
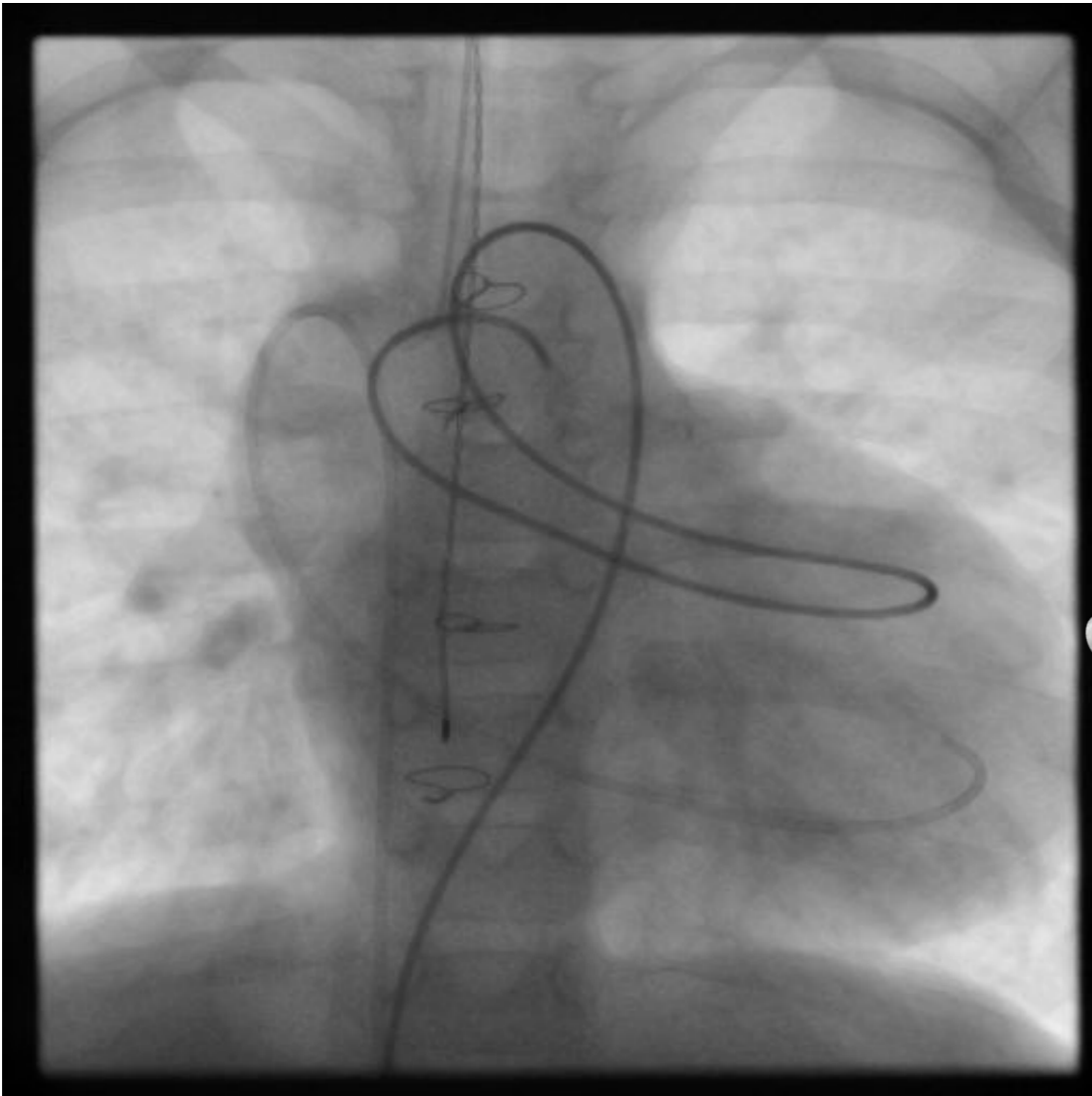
Exemple d'anatomie complexe



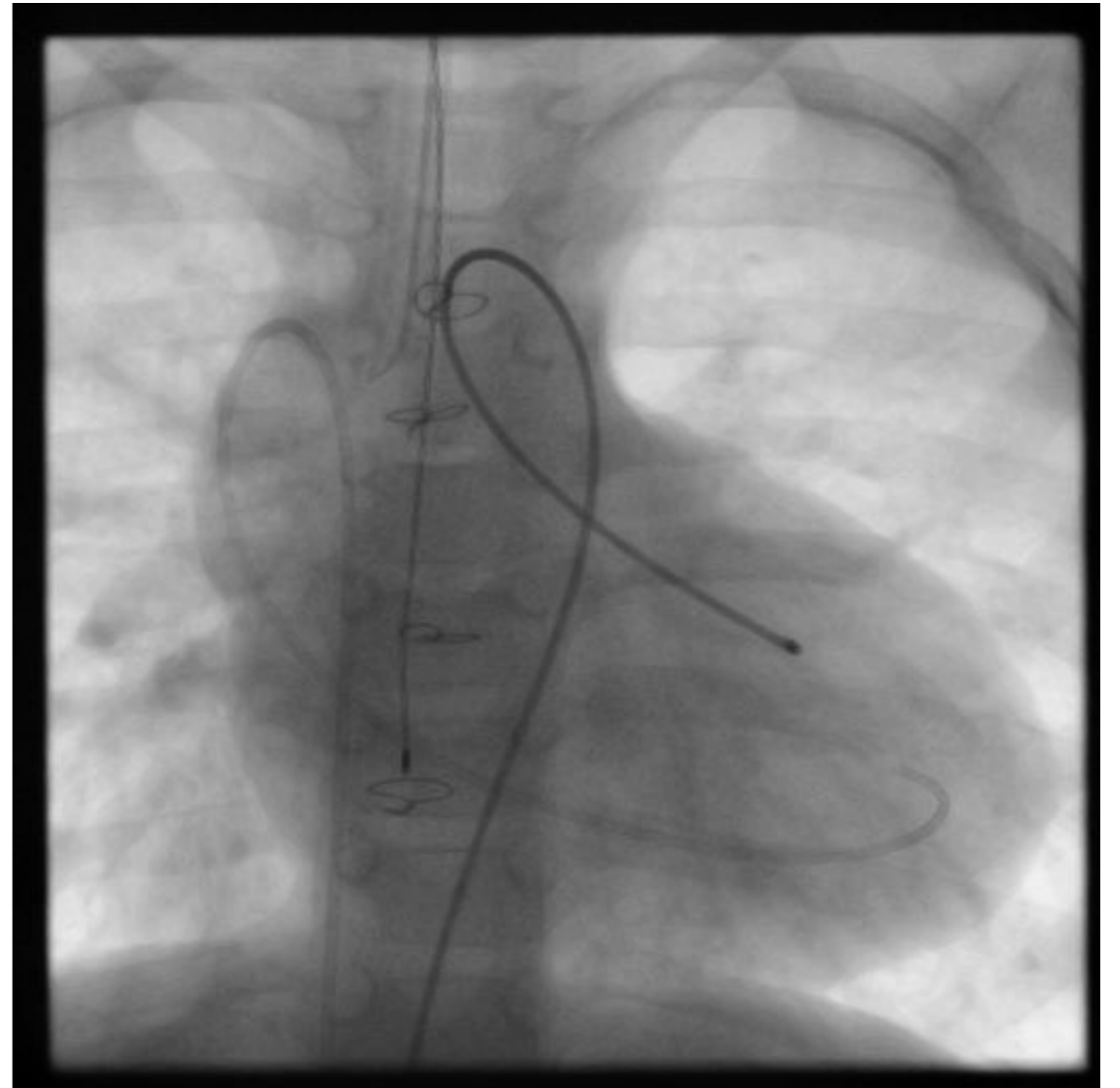
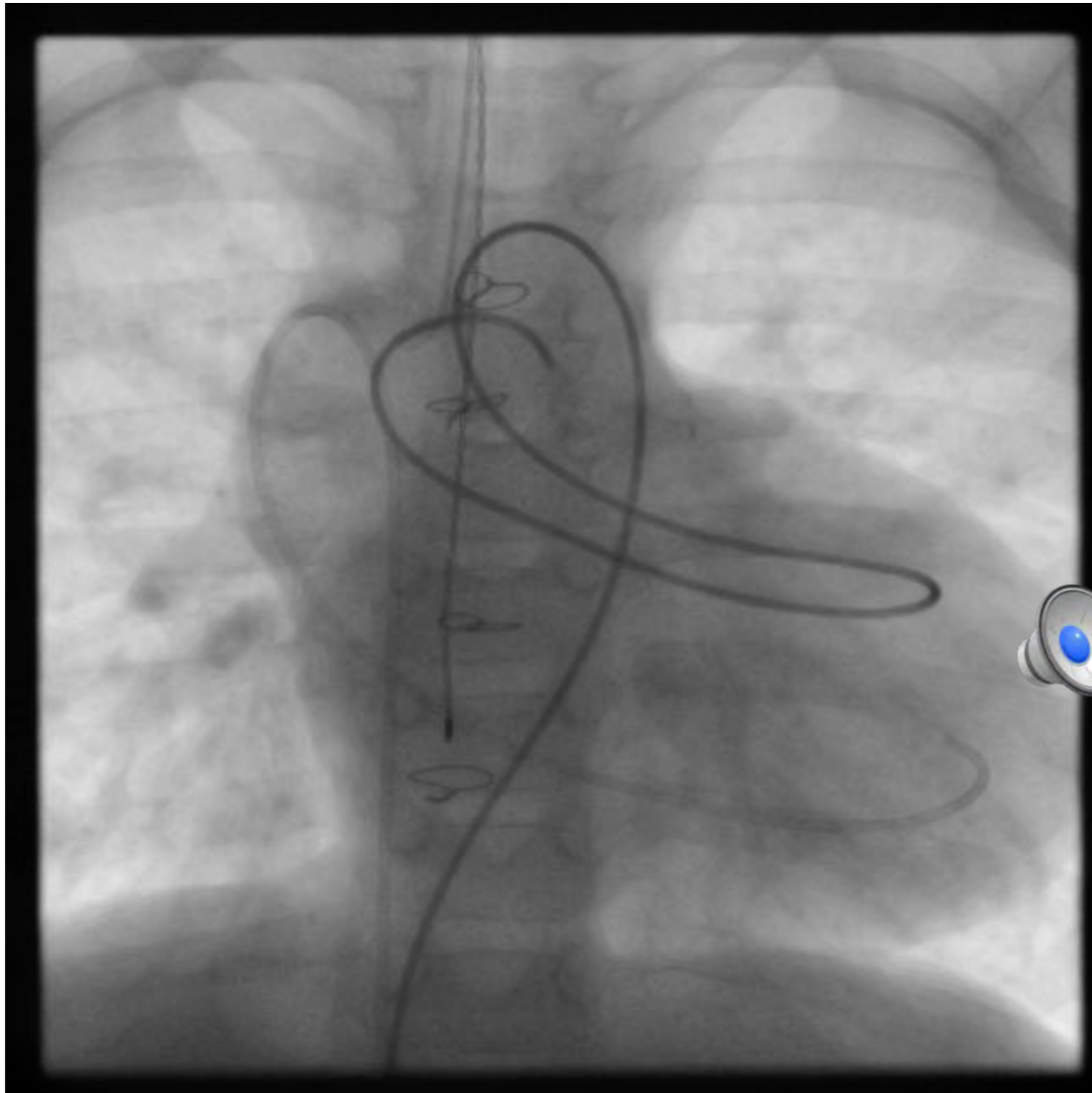
Exemple d'anatomie complexe



Exemple d'anatomie complexe suite

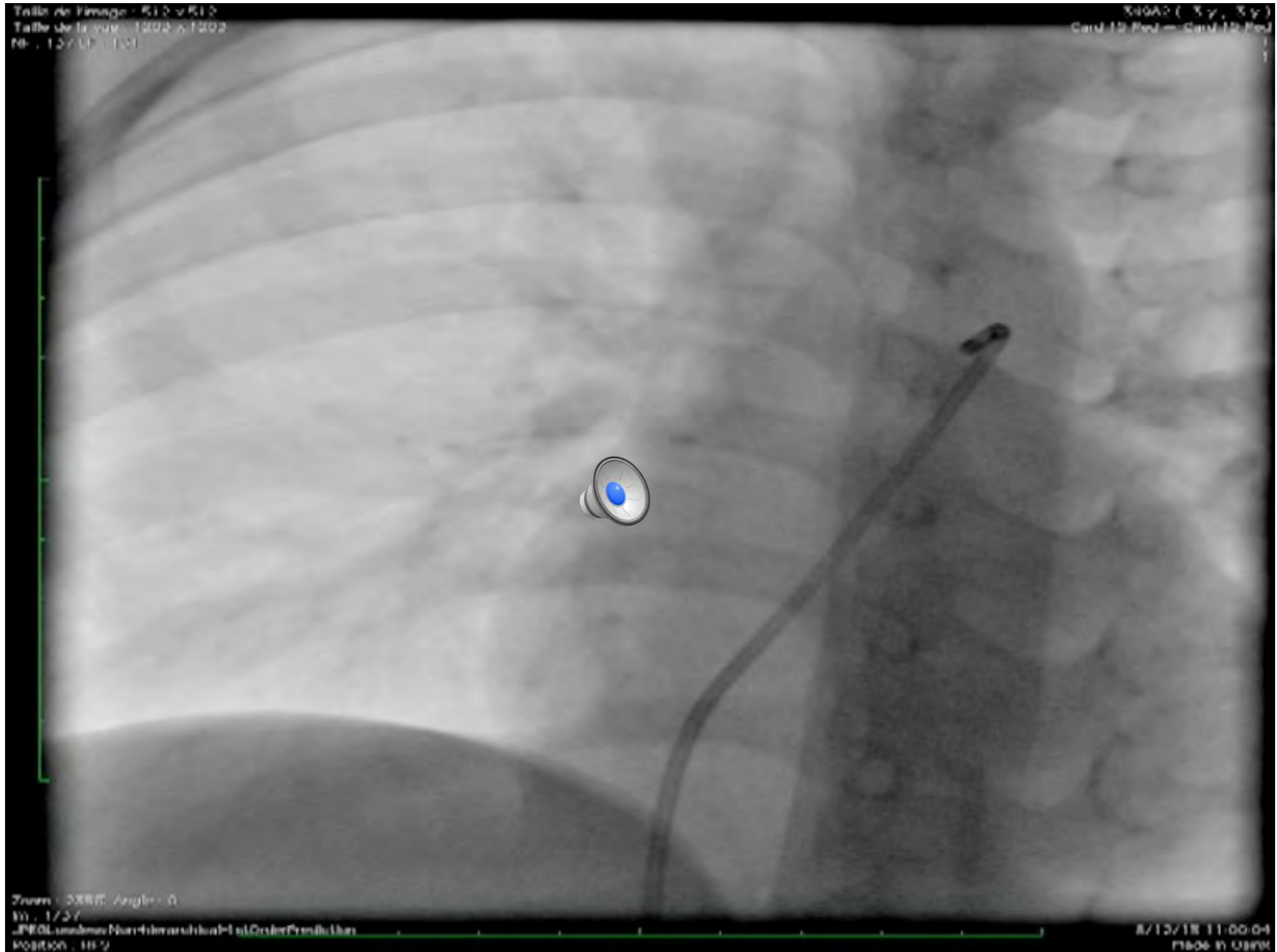


Exemple d'anatomie complexe suite

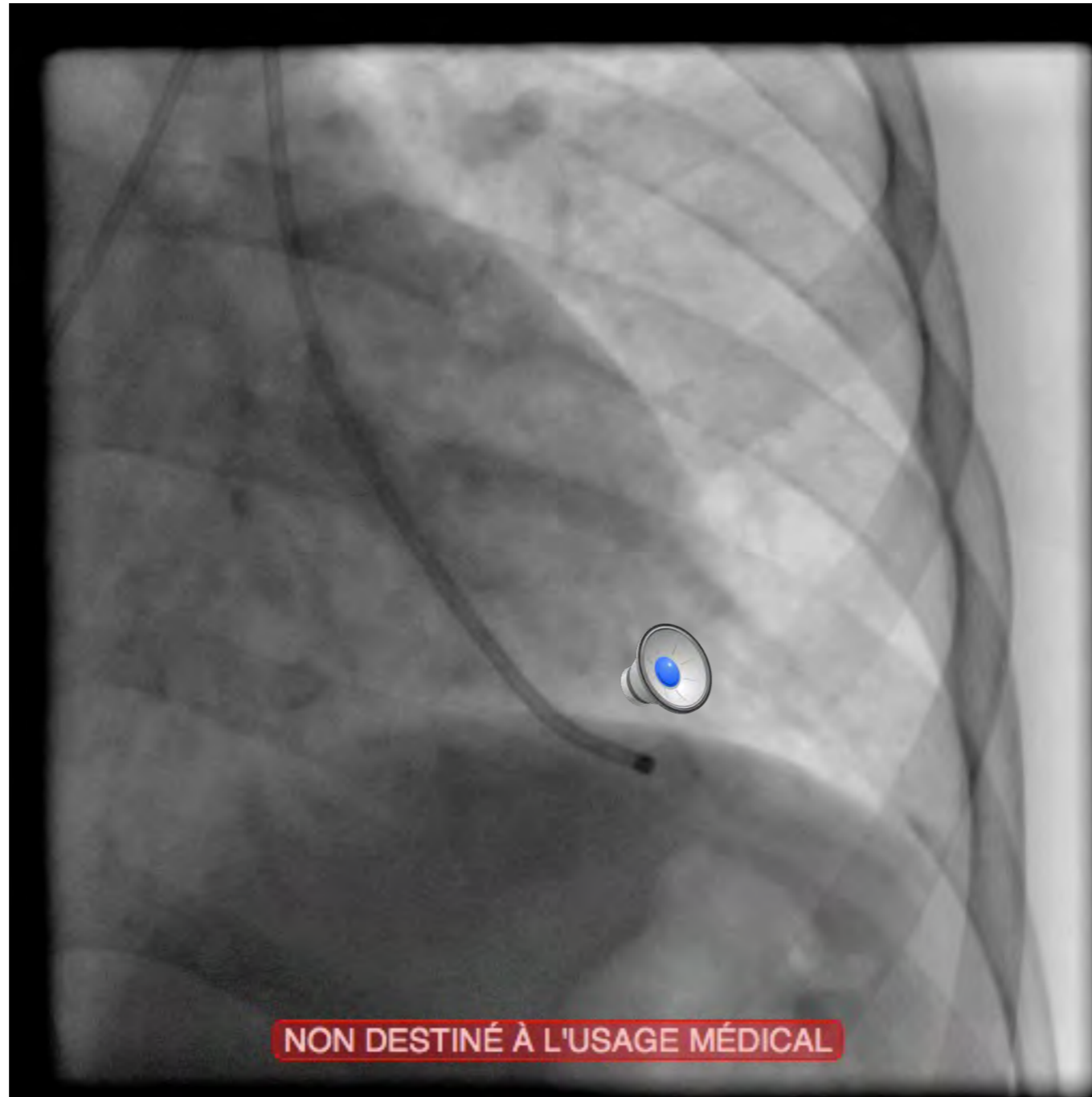


ation de l'artère pulmonaire par une sonde qui explore l'artère puis l'aorte puis le ventricule unique

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



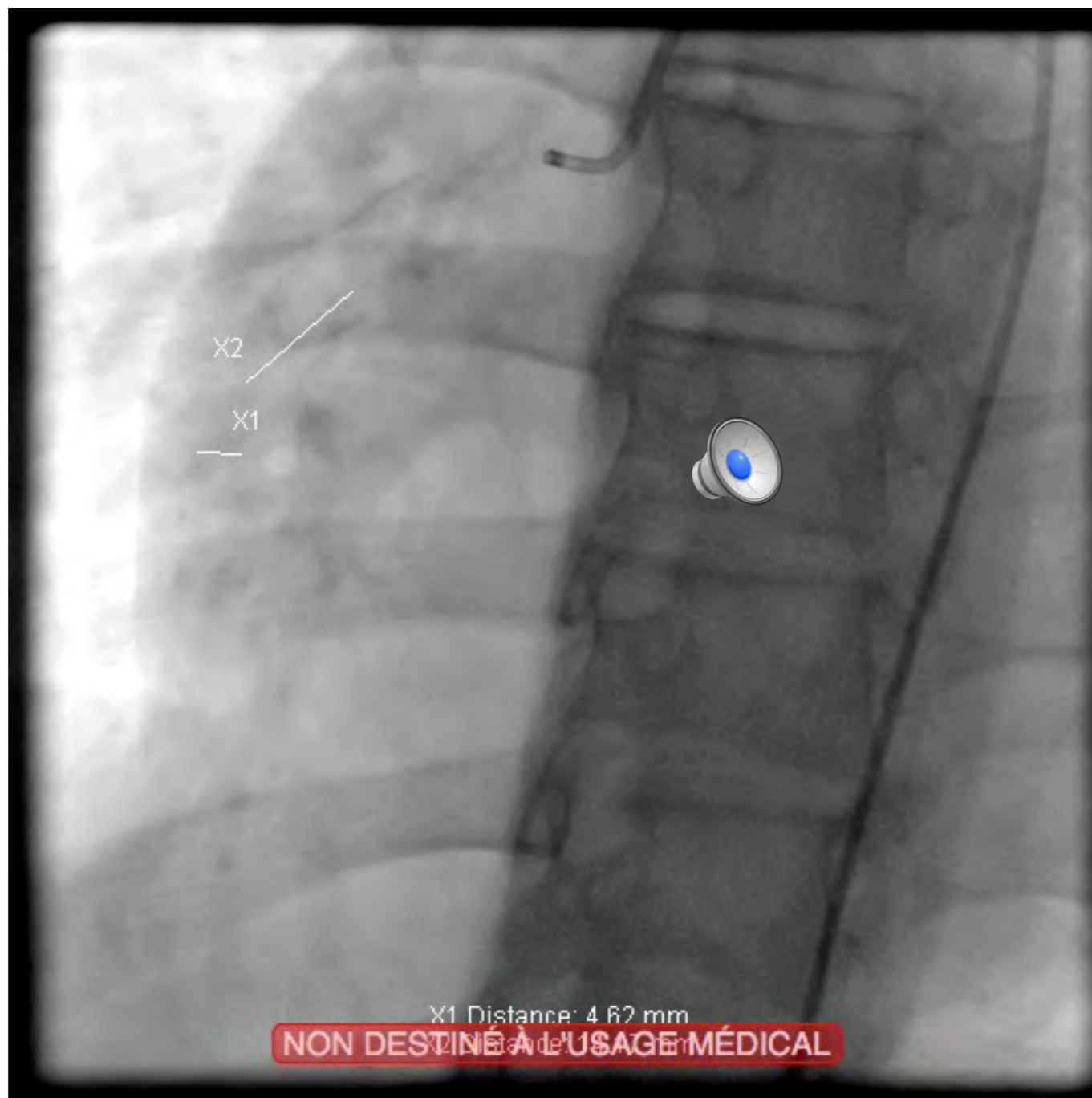
Exploration de cyanose



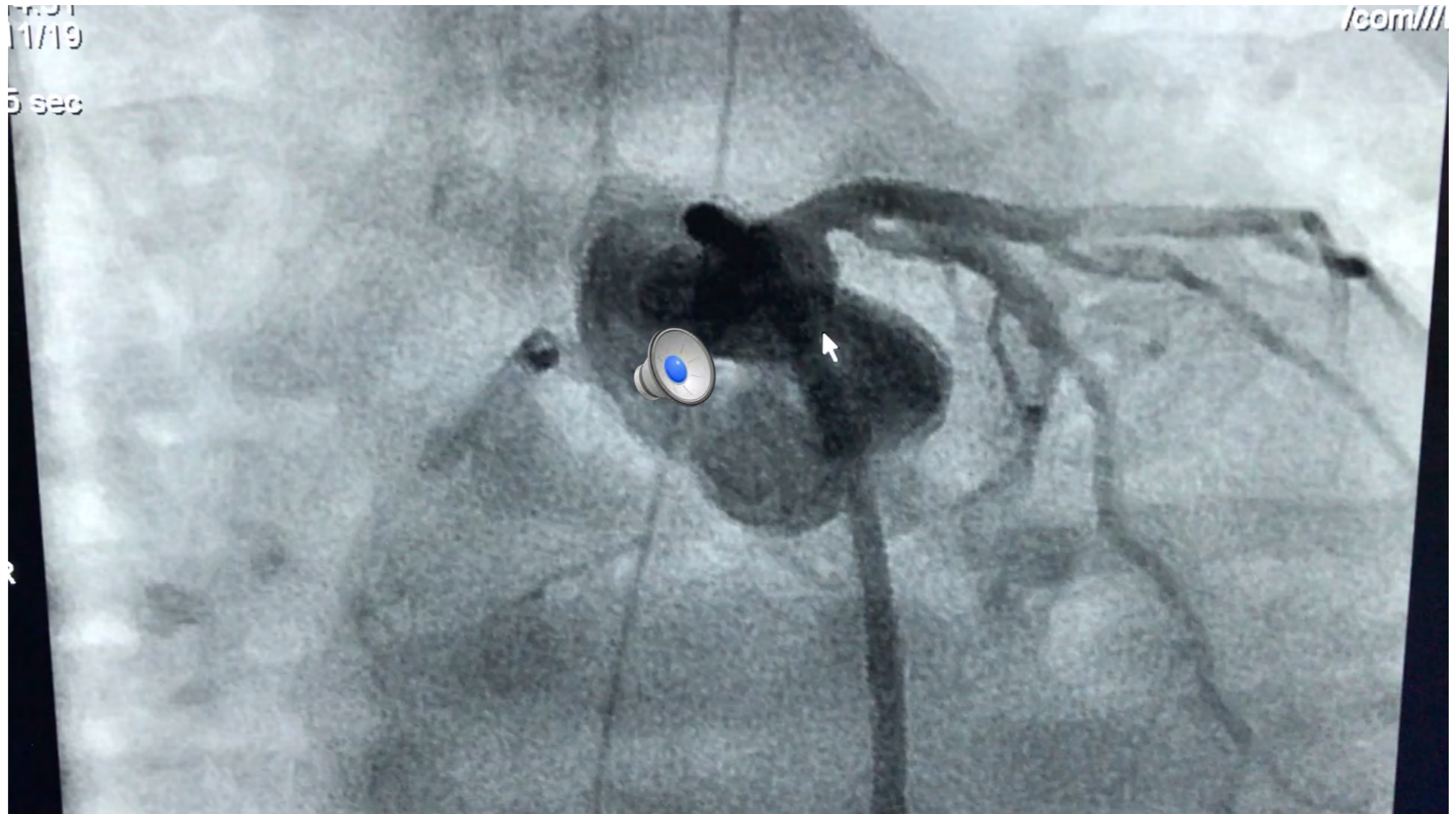
Angiographie



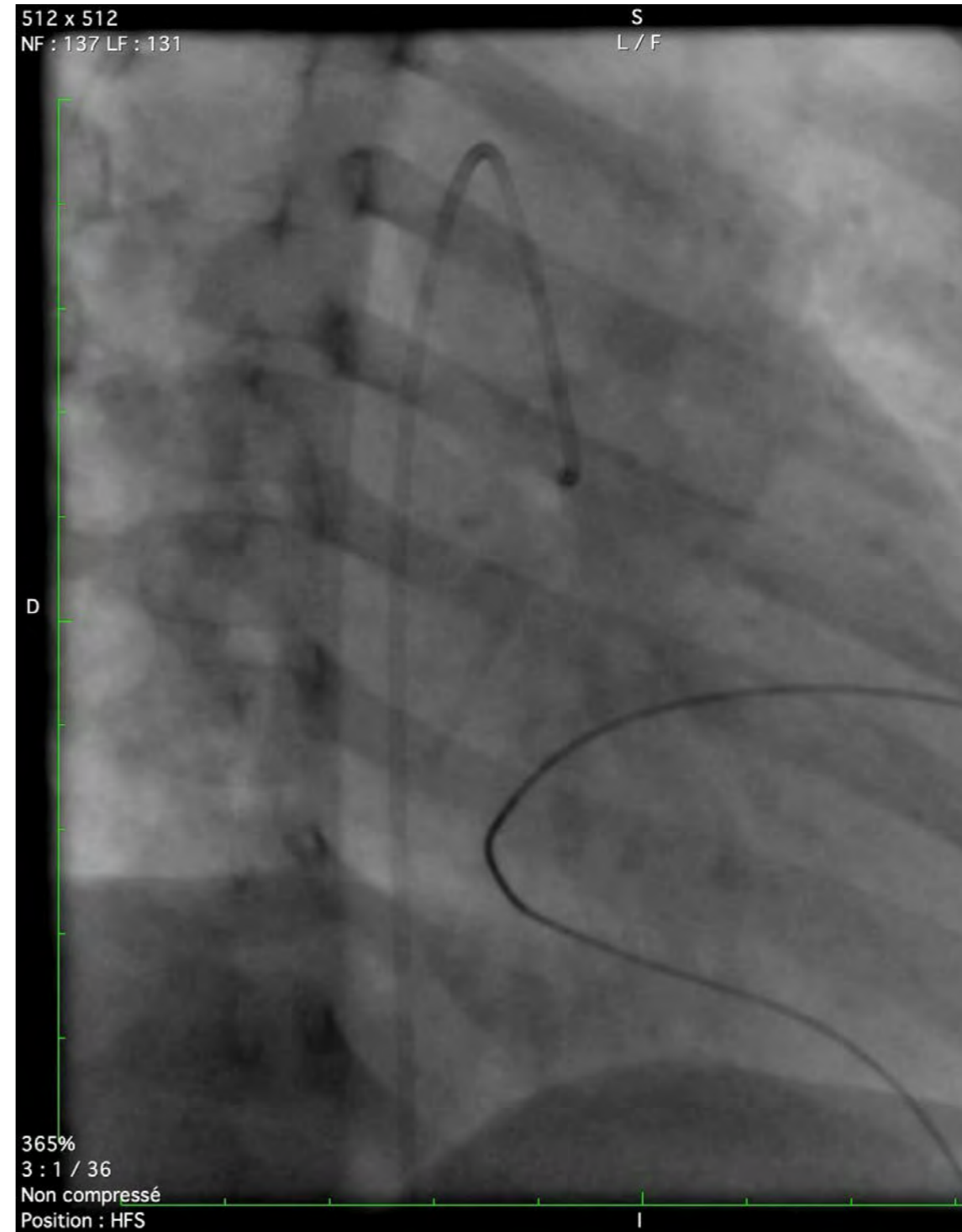
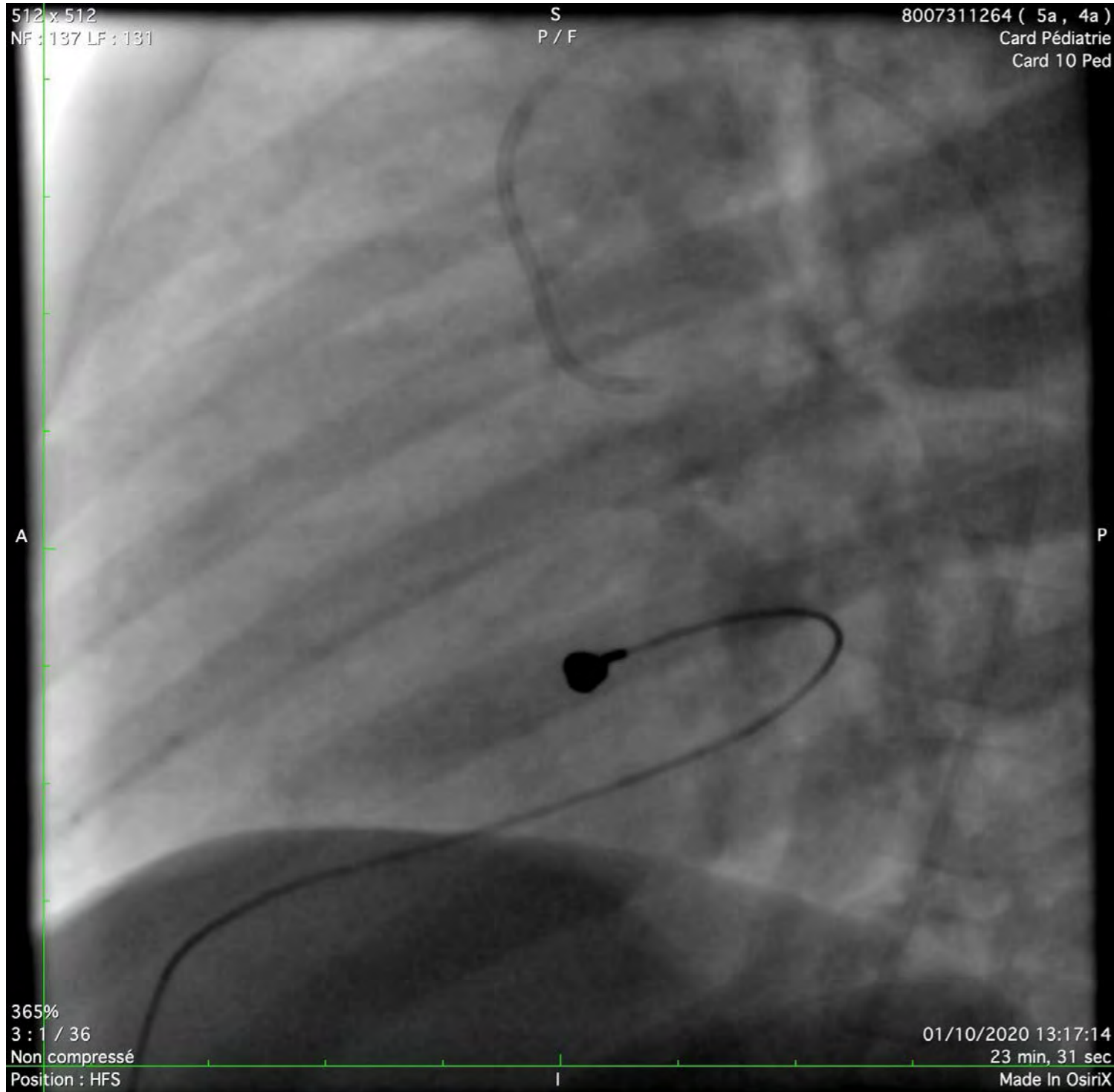
Bilan coronaire après maladie de Kawasaki



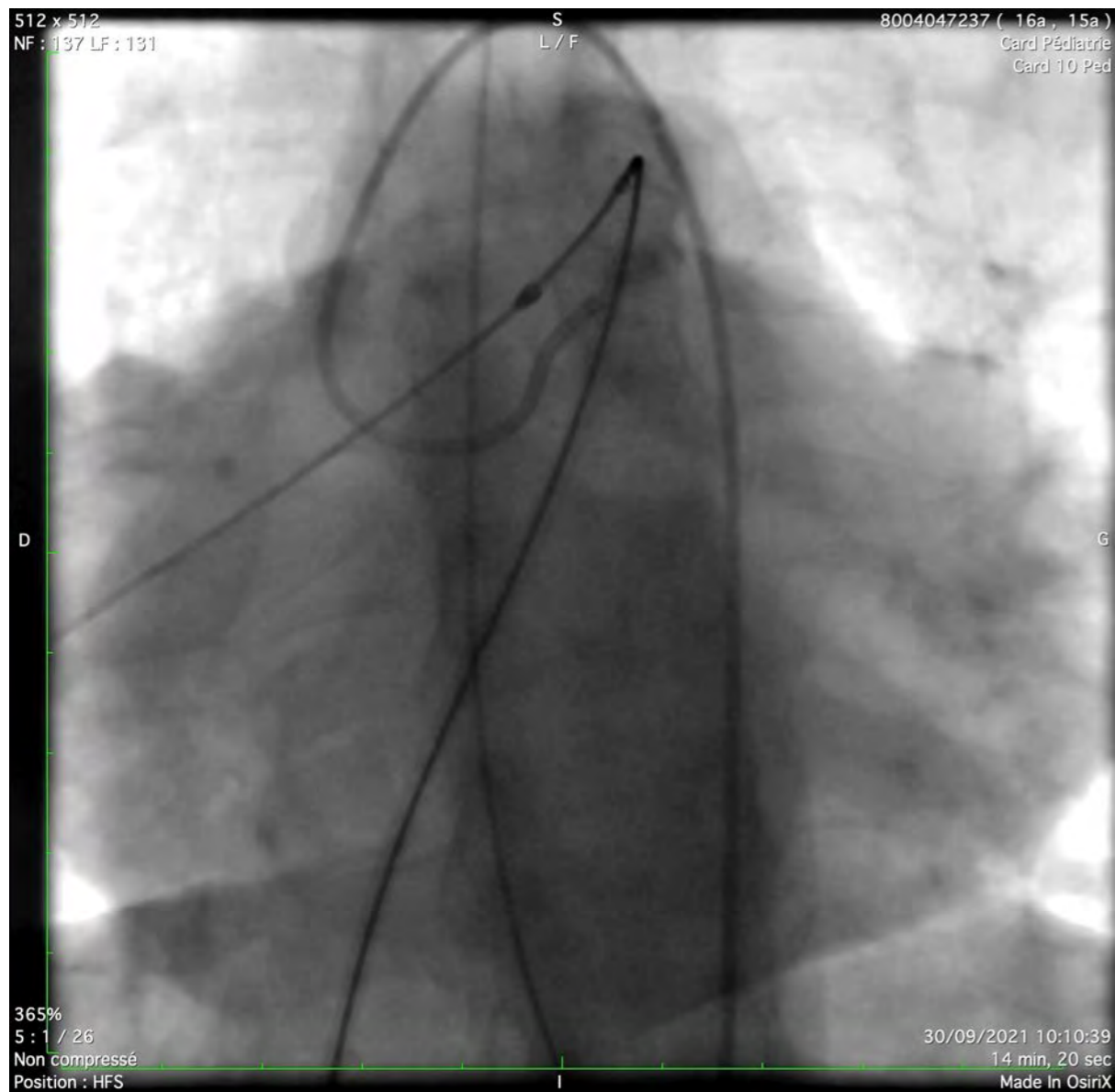
Coronarographie non sélective



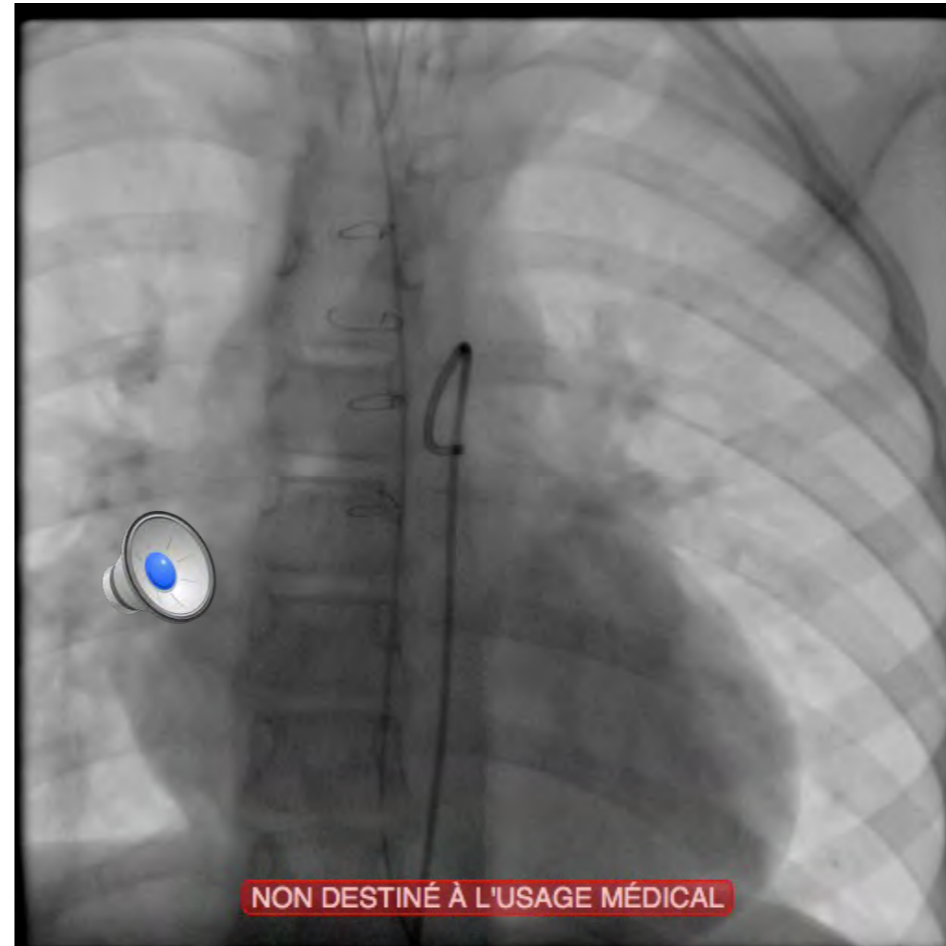
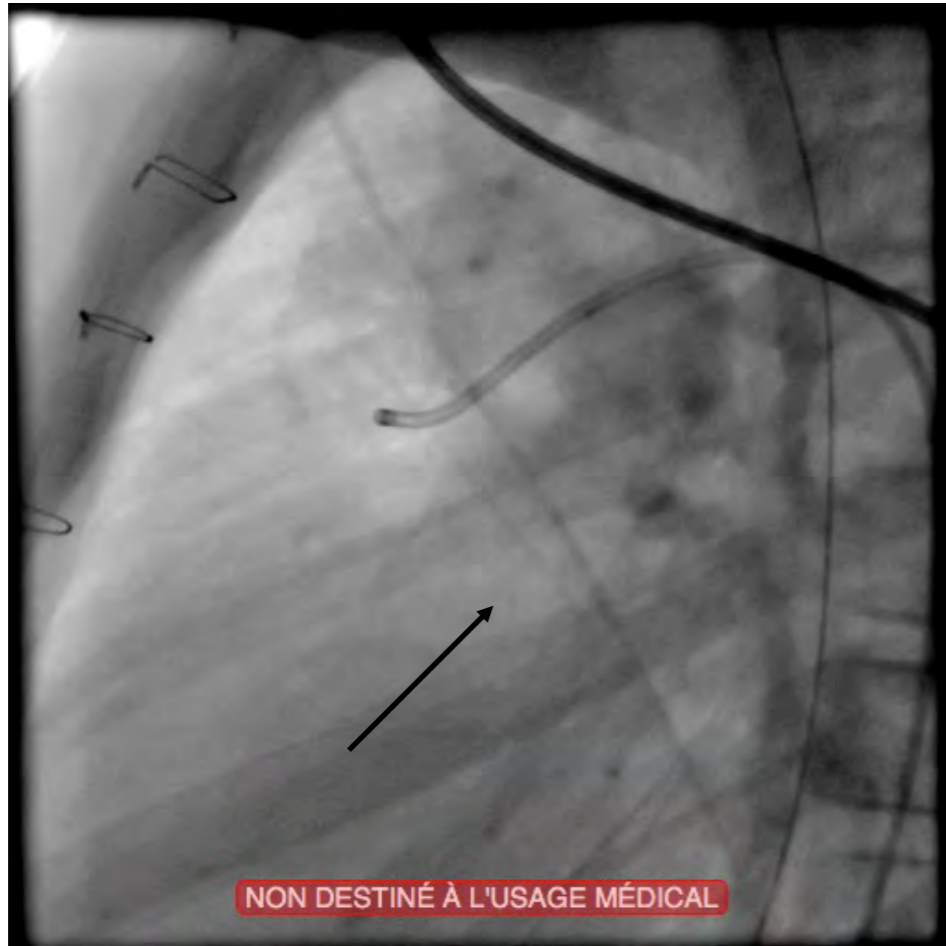
Coro rythme



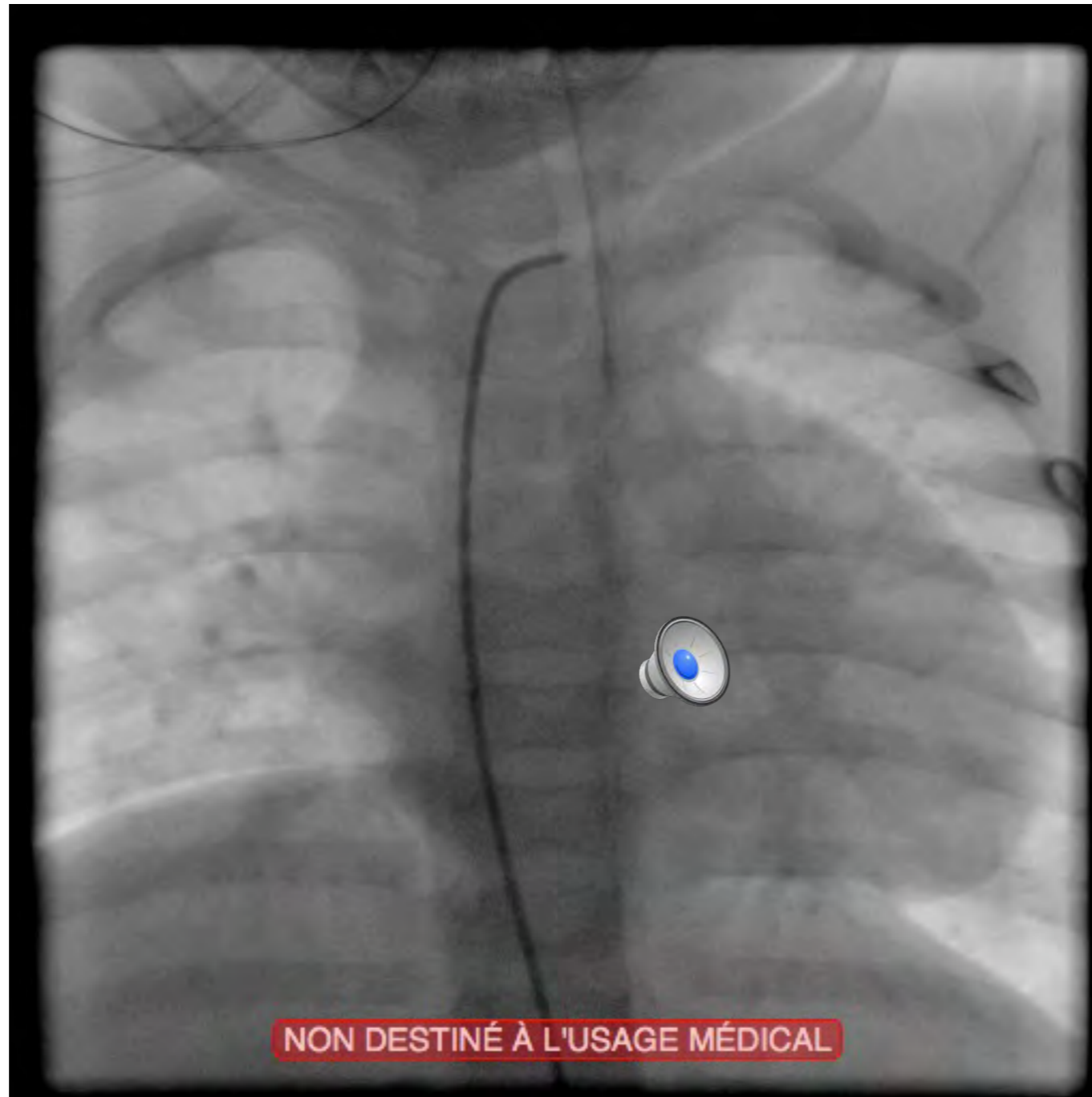
Apport du kt diag durant le kt interventionnel



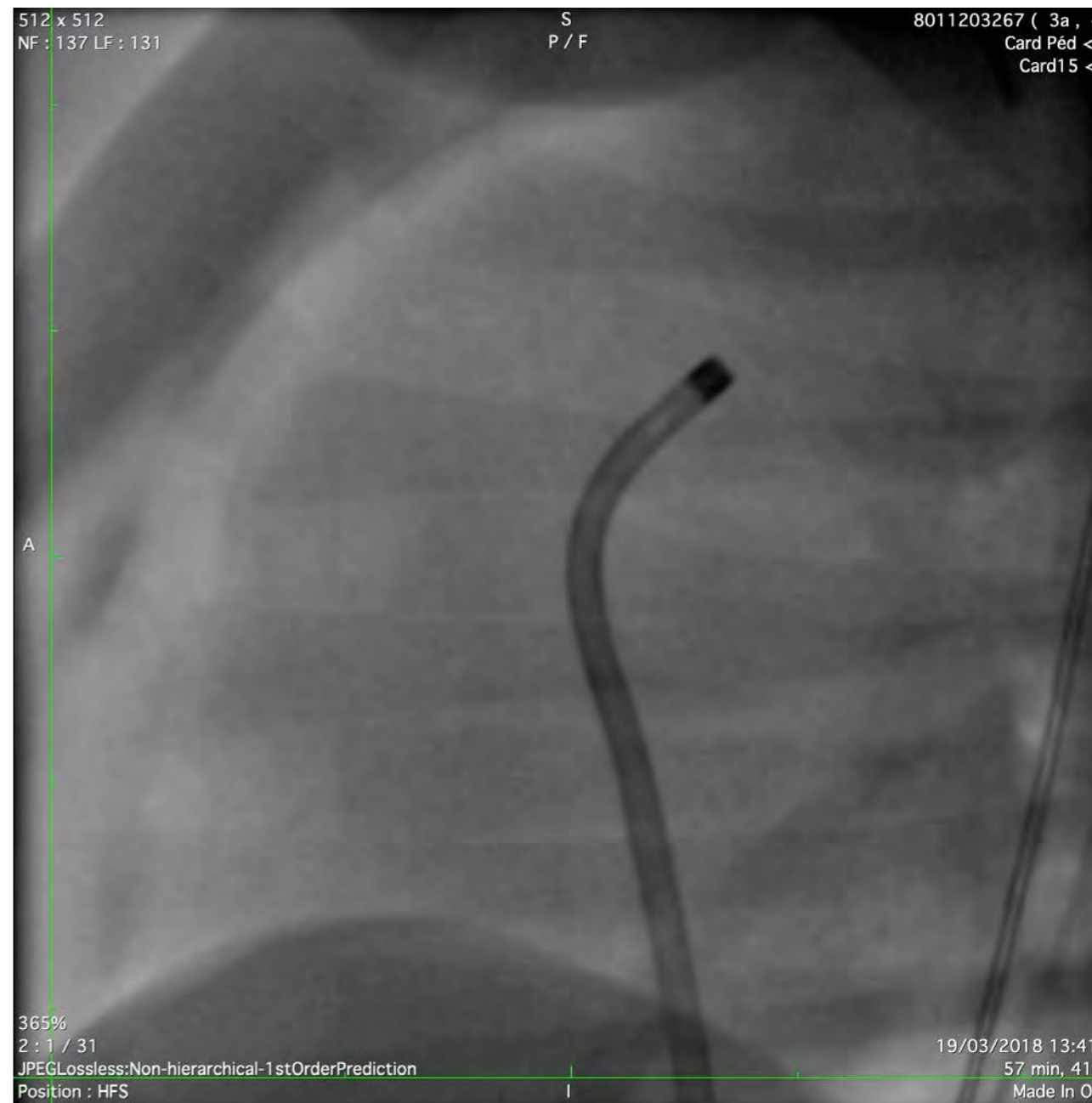
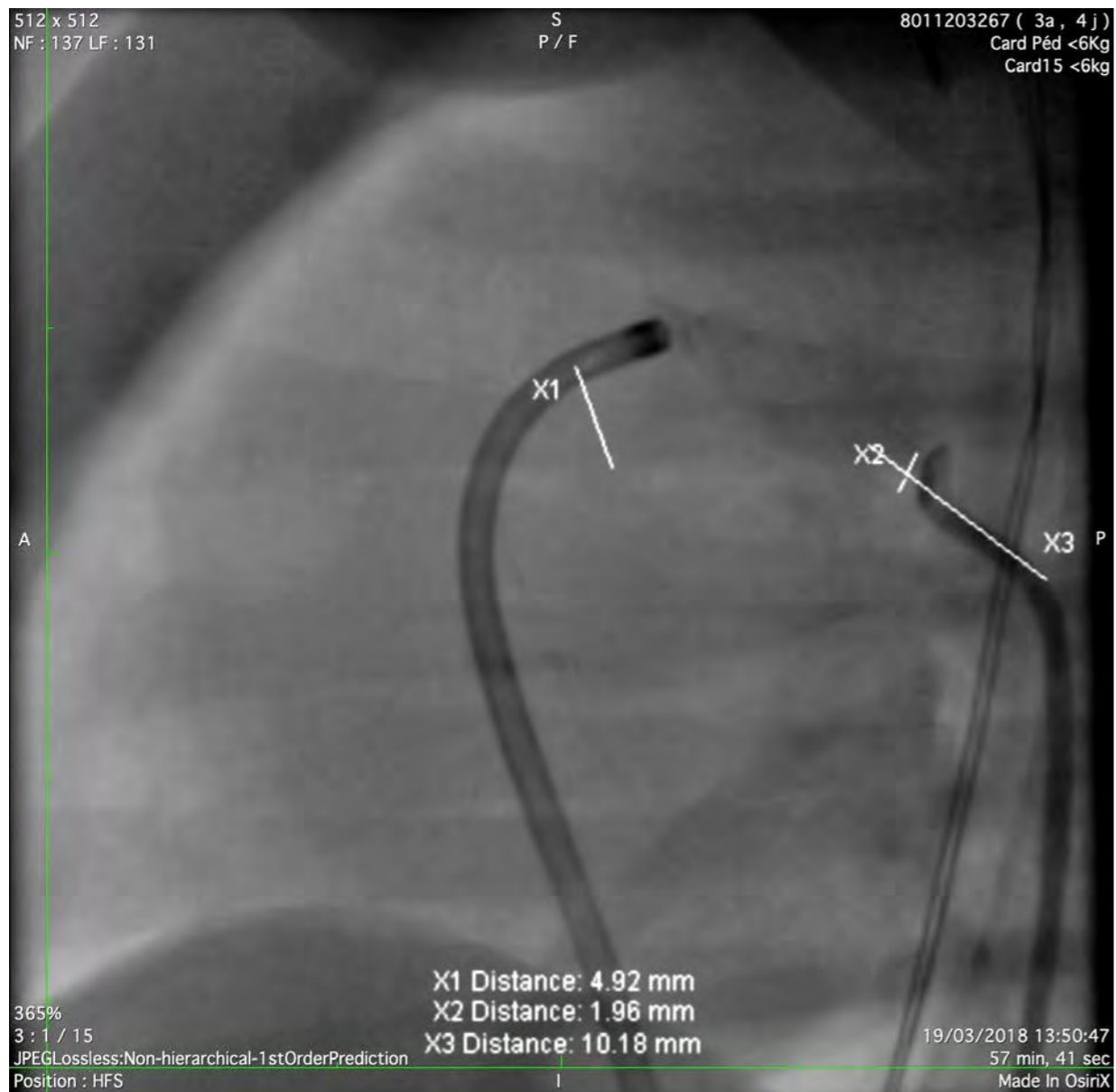
Bilan coronaire préopératoire



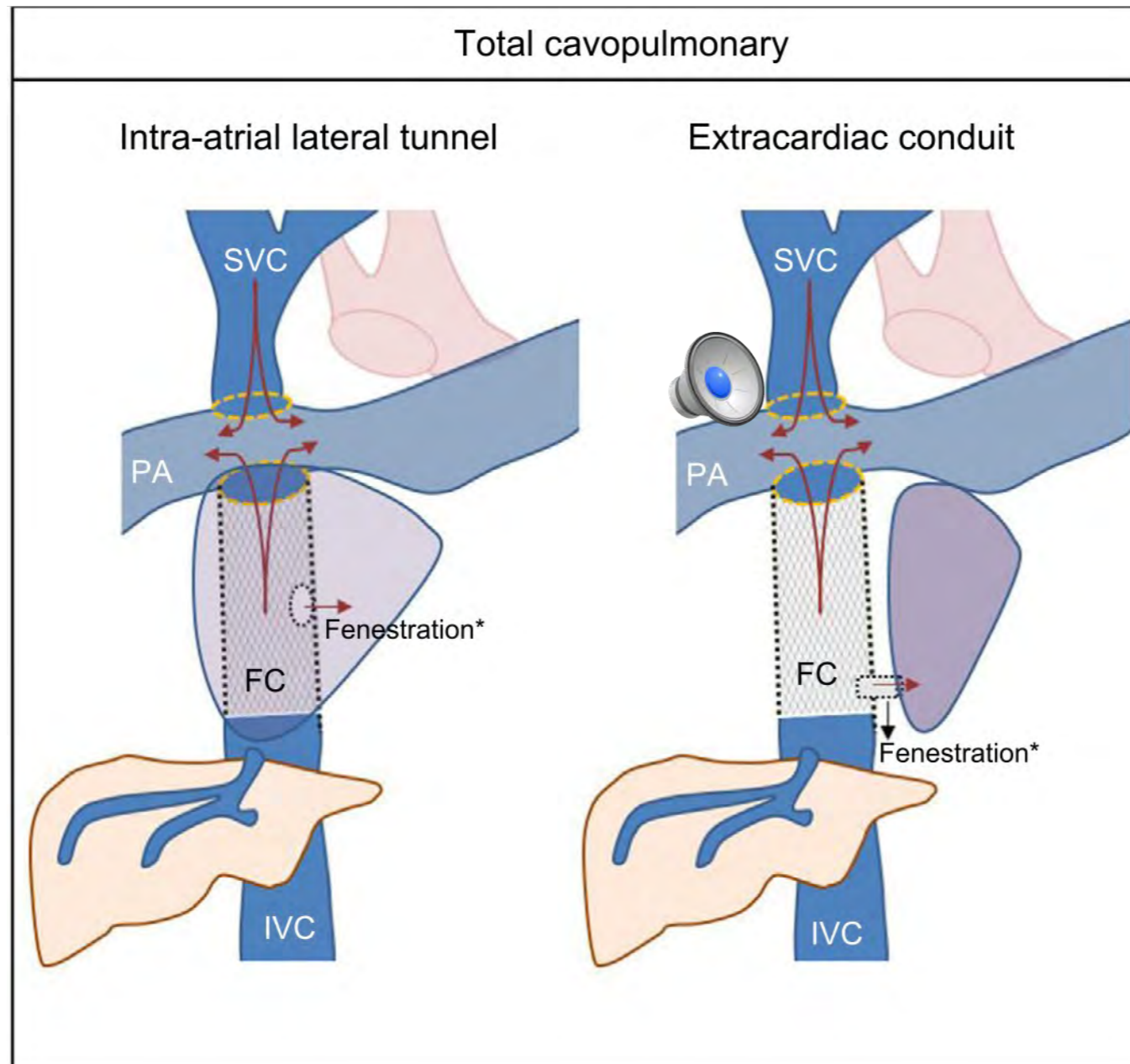
Bilan préopératoire



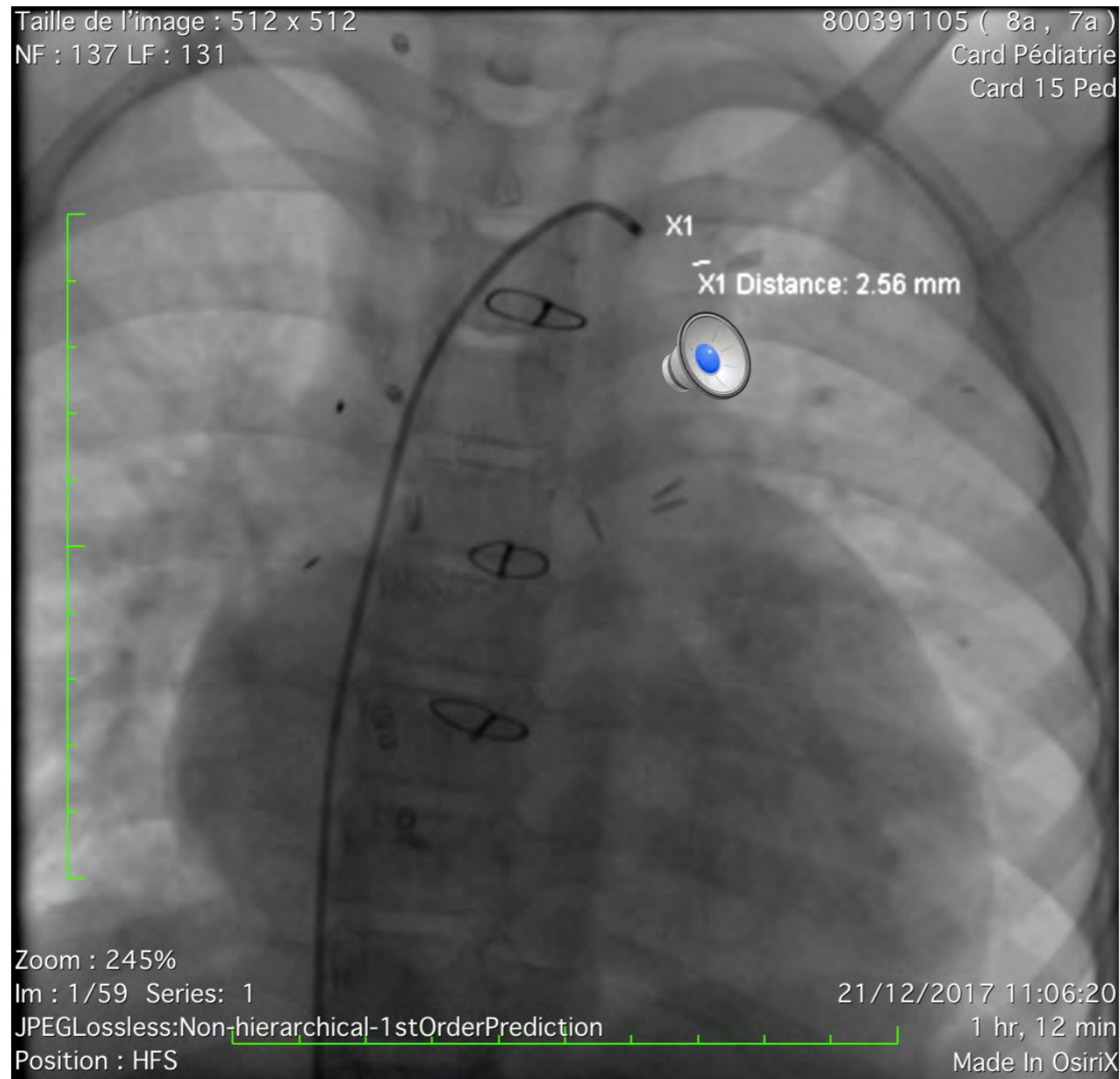
Injection dans l'aorte à l'entrée du shunt de Blalock avec opacification des artères pulmonaires



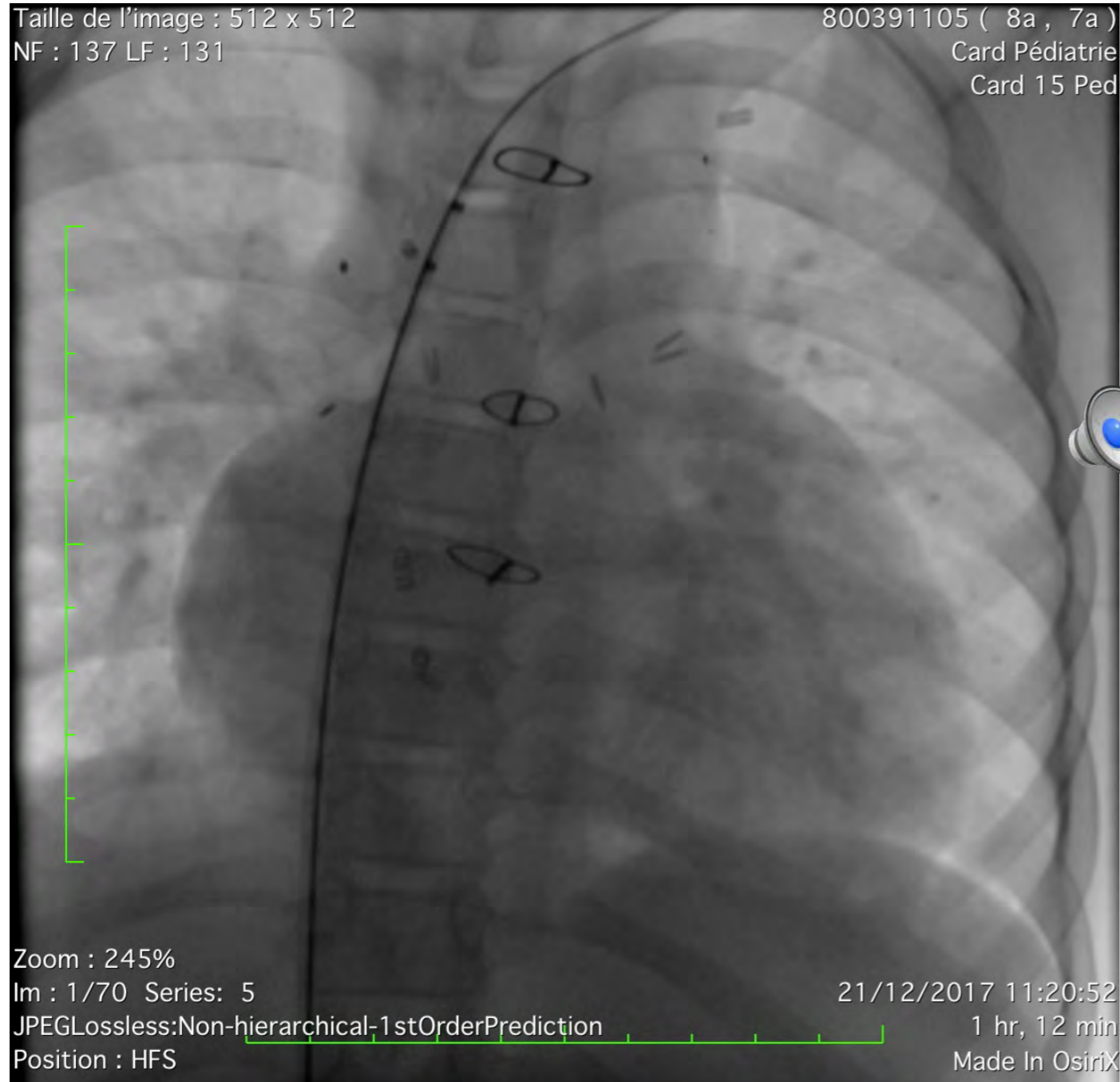
Circulation de Fontan ou DCPT

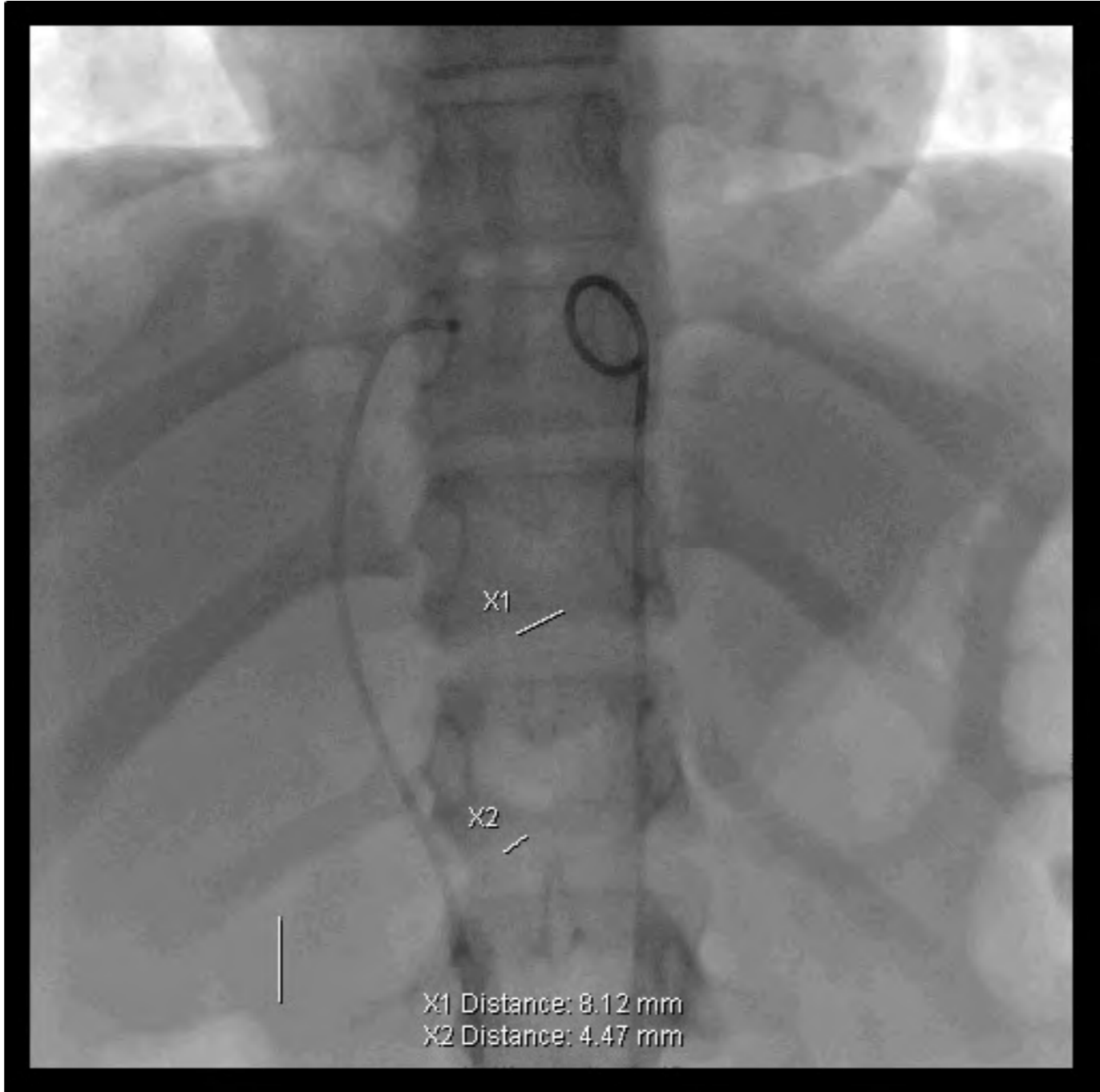


Ventricule unique



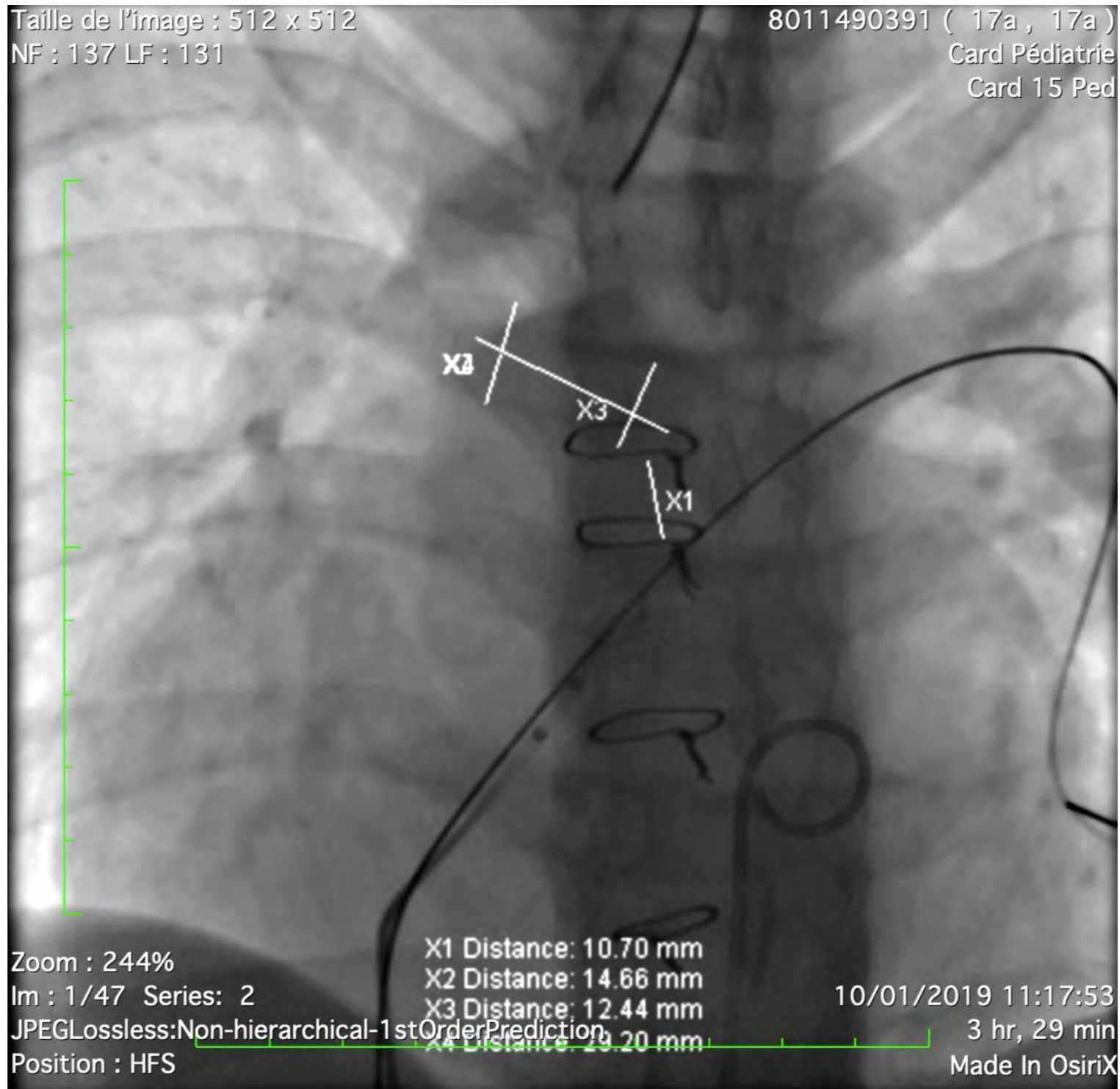
Ventricule unique





Taille de l'image : 512 x 512
NF : 137 LF : 131

8011490391 (17a , 17a)
Card Pédiatrie
Card 15 Ped



Zoom : 244%

Im : 1/47 Series: 2

JPEGLossless:Non-hierarchical-1stOrderPrediction

Position : HFS

X1 Distance: 10.70 mm

X2 Distance: 14.66 mm

X3 Distance: 12.44 mm

X4 Distance: 29.20 mm

10/01/2019 11:17:53

3 hr, 29 min

Made In OsiriX

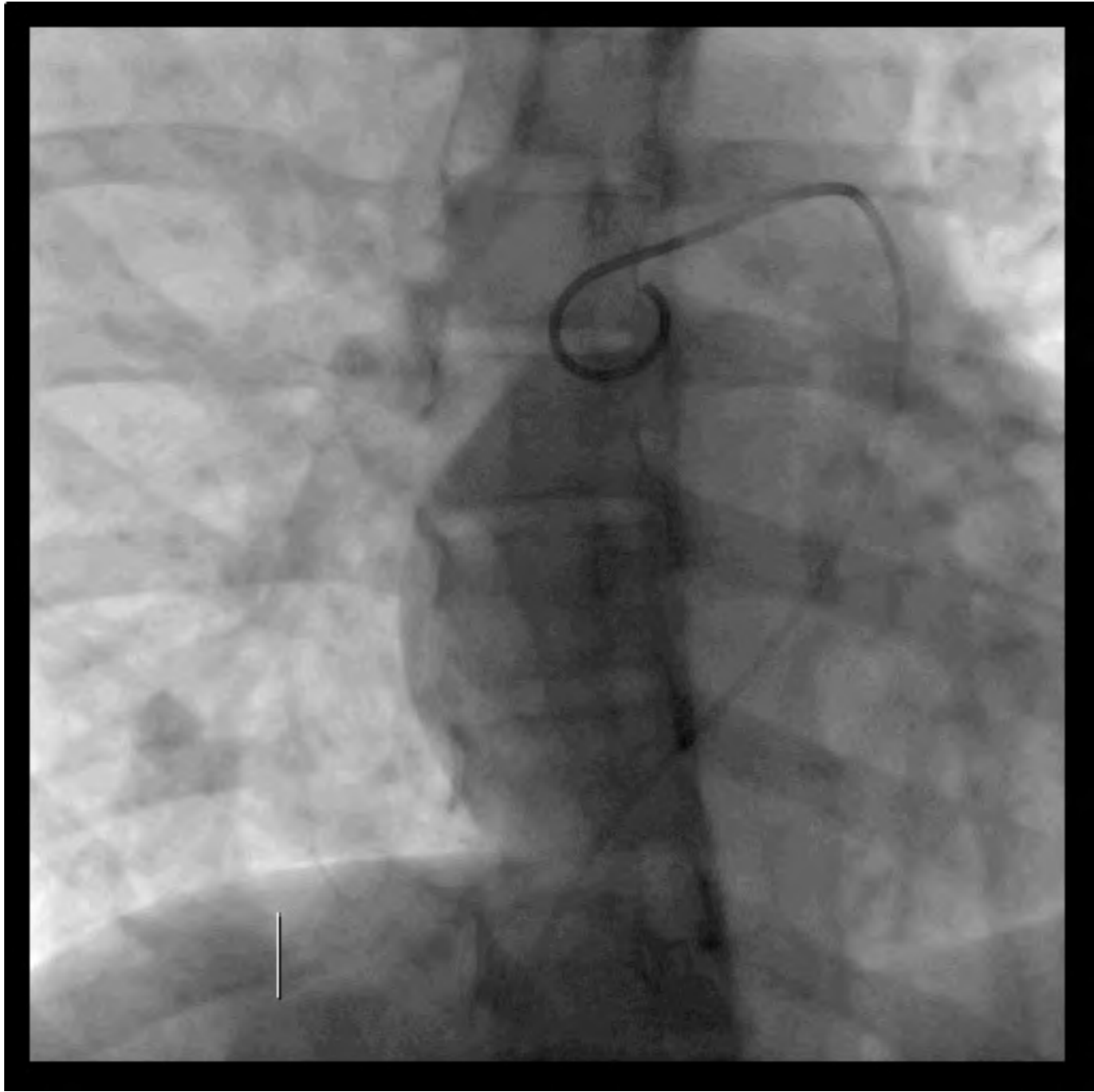
Taille de l'image : 512 x 512
Taille de la vue : 1212 x 1212
NF : 137 LF : 131

35095 (3 y , 2 y)
Card 15 Ped — Card 15 Ped




Zoom : 237% Angle : 0
Im : 1/1
JPEG Lossless Non-hierarchical 1st Order Prediction
Position : HFS

9/02/16 09:59:00
Made in OsiriX



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

	mmHg		Sat	PO2	mmHg		Sat	PO2
TVI			78	45				
OD	6				10		90	61
VD bas								
VD haut								
APT	185	97 125	74	44	157	88 118	87	57
APD								
APG								
Cap SD								
Cap ID								
Cap SG								
Cap IG								
OG								
VPSD								
VPID								
VPSG								
VPIG								
VG								
Ao asc								
Ao th	94	72 85	92	63	103	75 88	100	279
VCI			80	48				
non invasive	100/55/85		95			100		
135-140.....			135-140.....			

O2/NO



? 23

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 sc0,212 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	24 8 17	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	86 48 64	100	447
VCI		75	40			



Acces vasculaire **AFD et VFD**

Trajet AFD - AO desc - AO asc
VFD - VCI - OD - VD - AP - capillaire
- TVI

Procedure 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/VAo	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	28	46	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	90	56	72	98	58	77
VCI		63	40						
non invasive		90			100			100	



Acces vasculaire **AFD-VFD**

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

Procedure
Par l'artère, on atteint le ventricule gauche et par la veine, le capillaire pulmonaire.
Pressions: élévation des pressions capillaires pulmonaires et télédiastolique 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



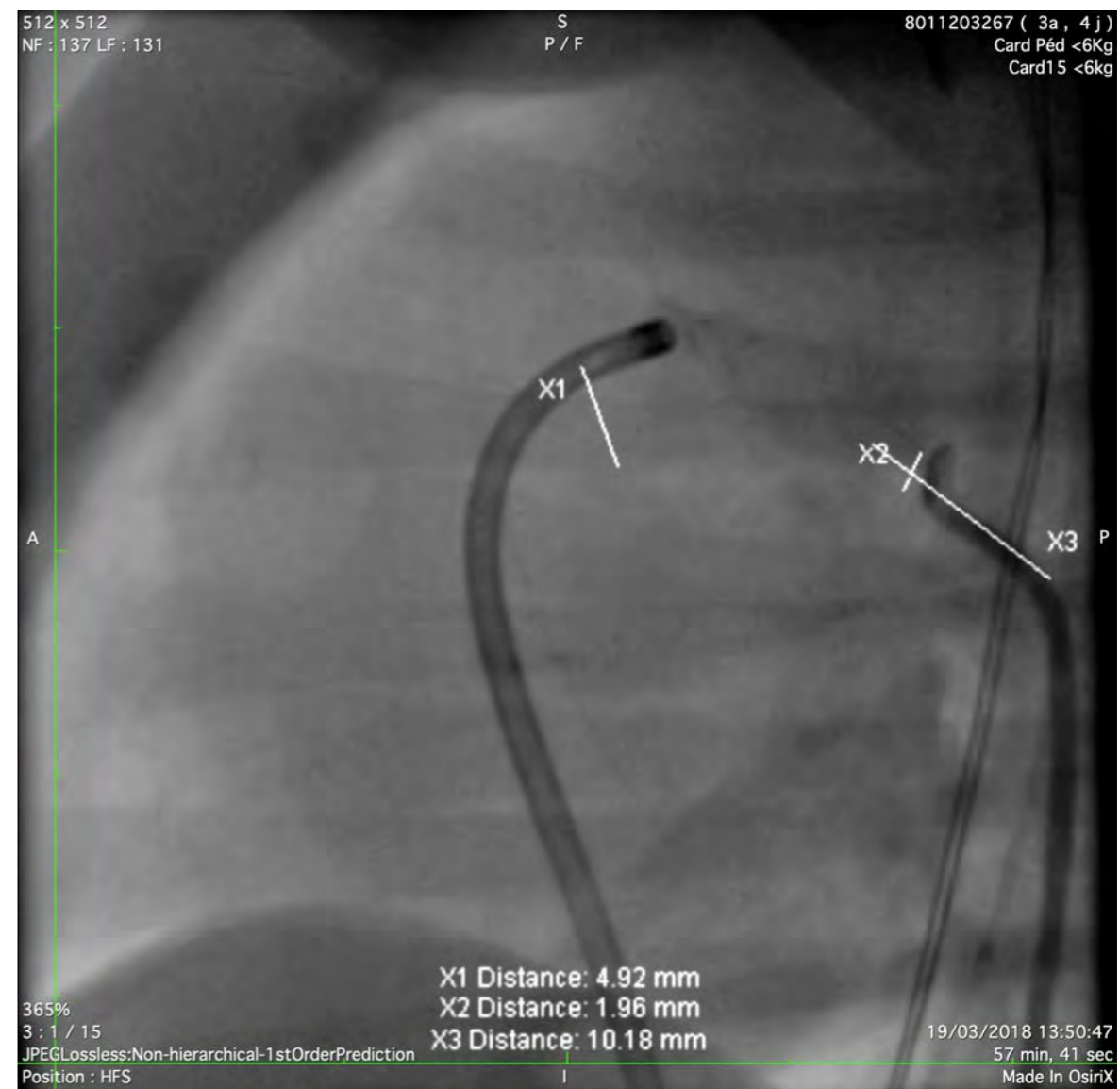
Saturations désaturation à 90% lors de la sédation

Pressions cf

Angios aorte de profil

diam. APD diam. APG Index NAKATA

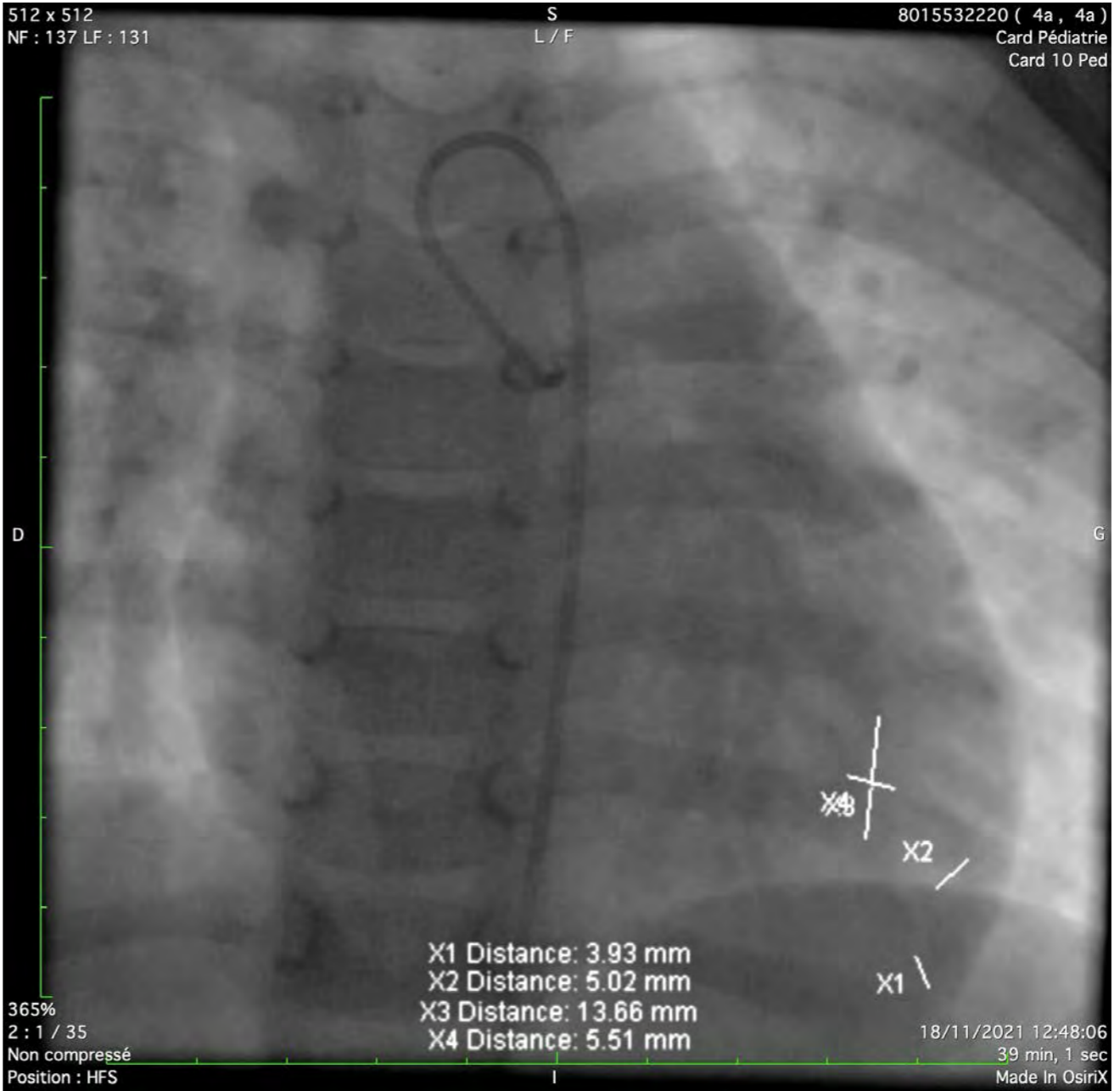
Conclusions
Syndrome de Shone
Cure de coarctation puis plastie mitrale (2X).
HTAP
HTAP mixte avec part de post capillaire importante mais présence d'une réactivité



512 x 512
NF : 137 LF : 131

S
L / F

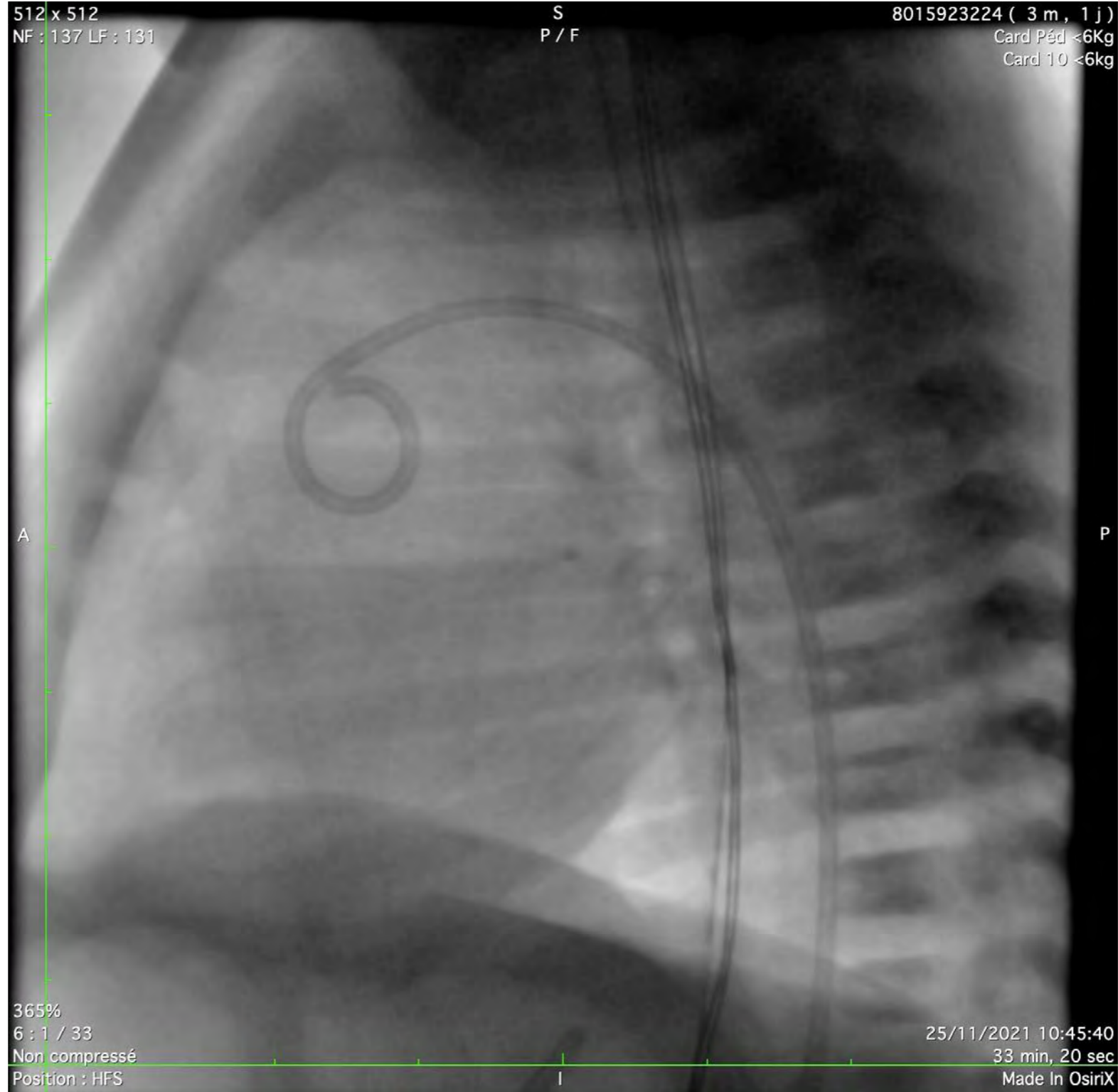
8015532220 (4a , 4a)
Card Pédiatrie
Card 10 Ped



512 x 512
NF : 137 LF : 131

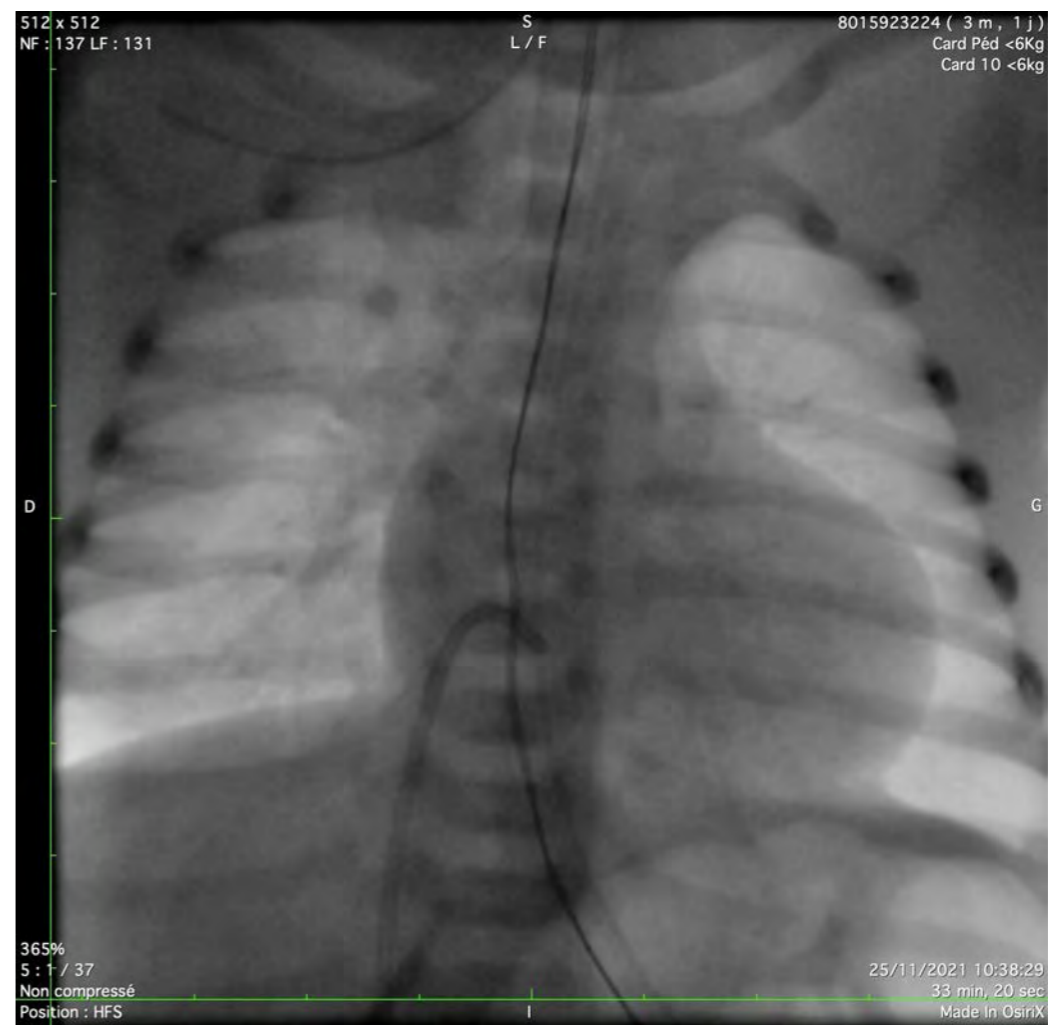
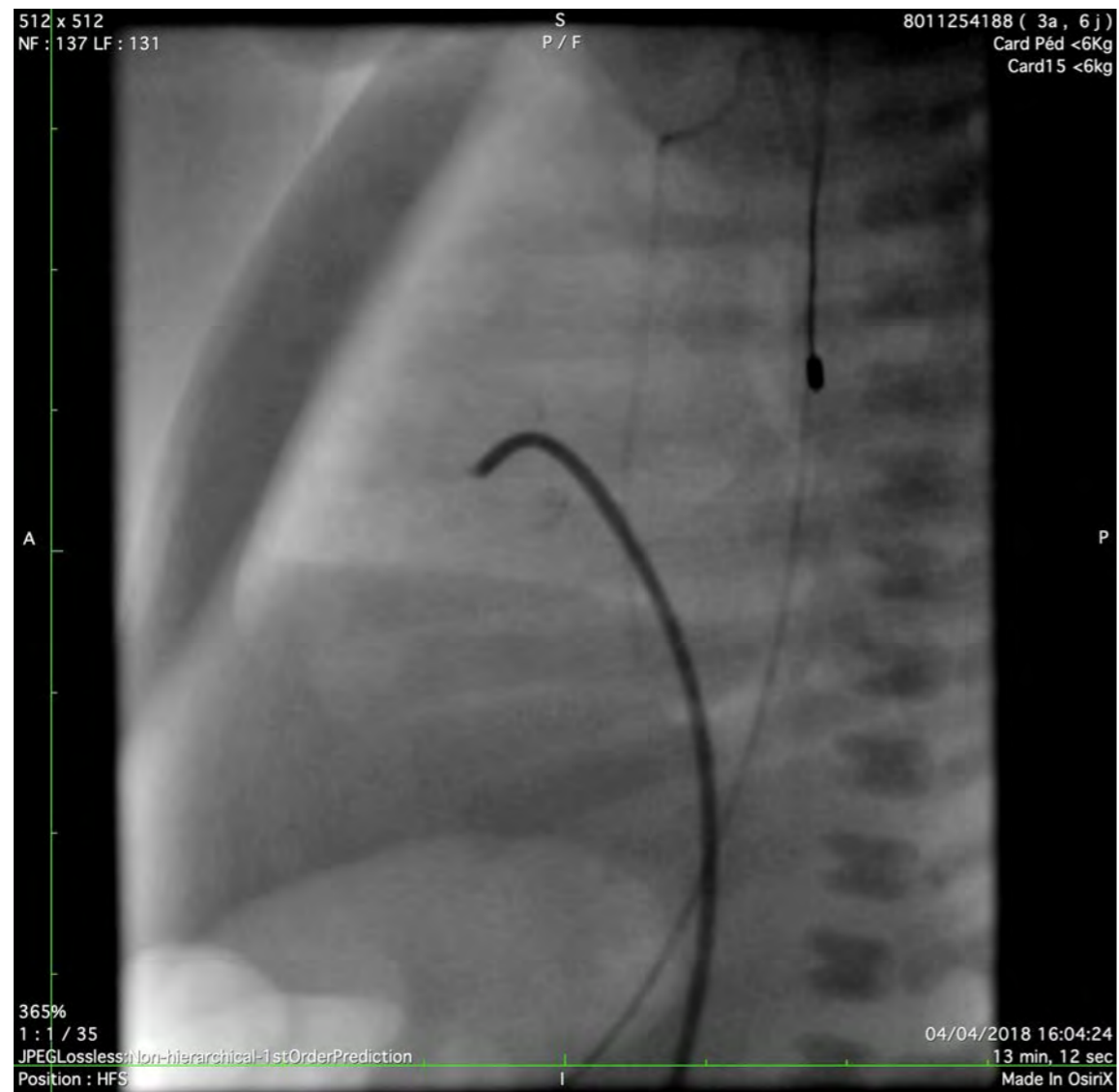
S
P / F

8015923224 (3 m , 1 j)
Card Péd <6Kg
Card 10 <6kg



365%
6 : 1 / 33
Non compressé
Position : HFS

25/11/2021 10:45:40
33 min, 20 sec
Made In OsiriX



512 x 512
NF : 137 LF : 131

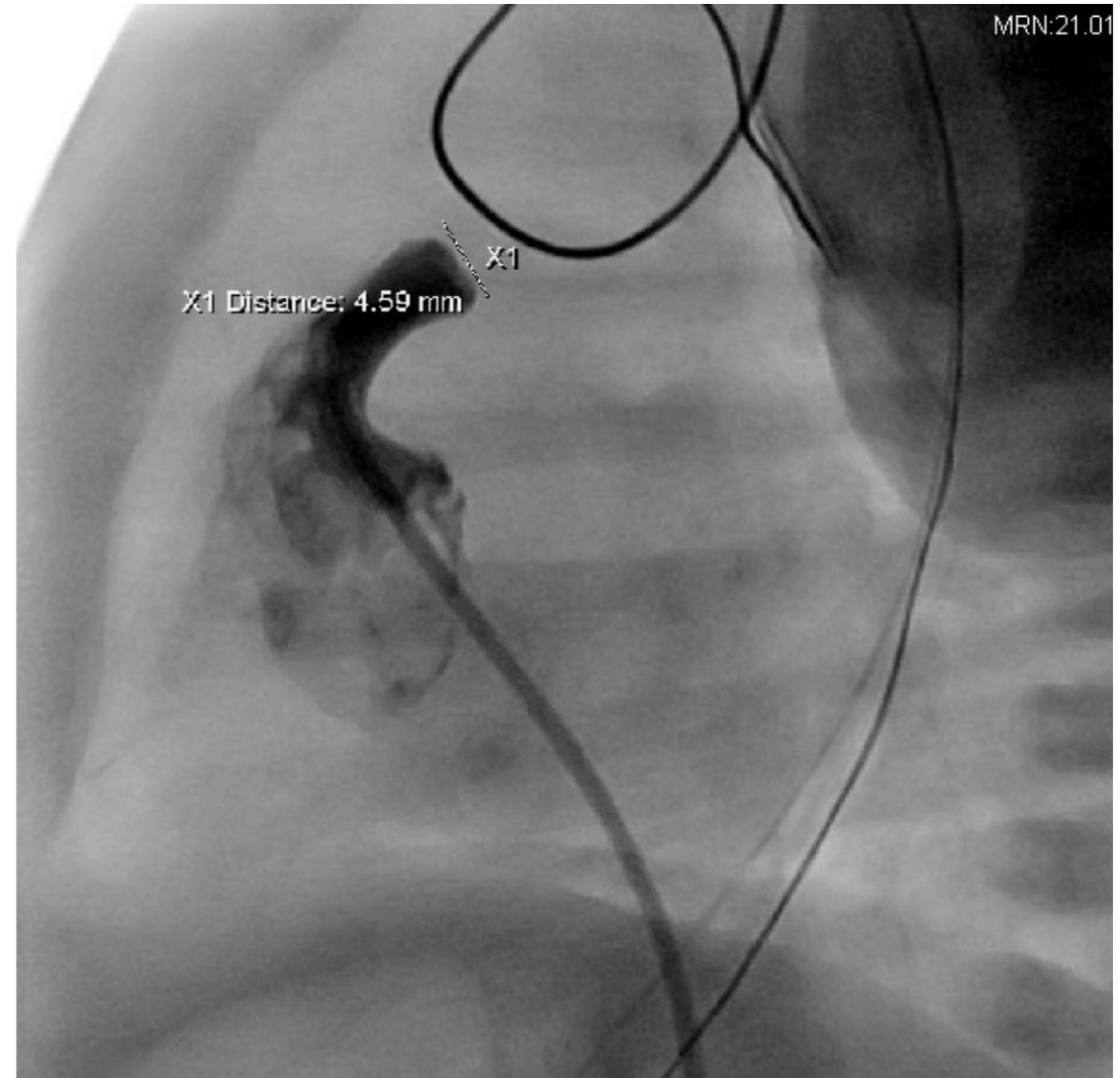
S
P / F

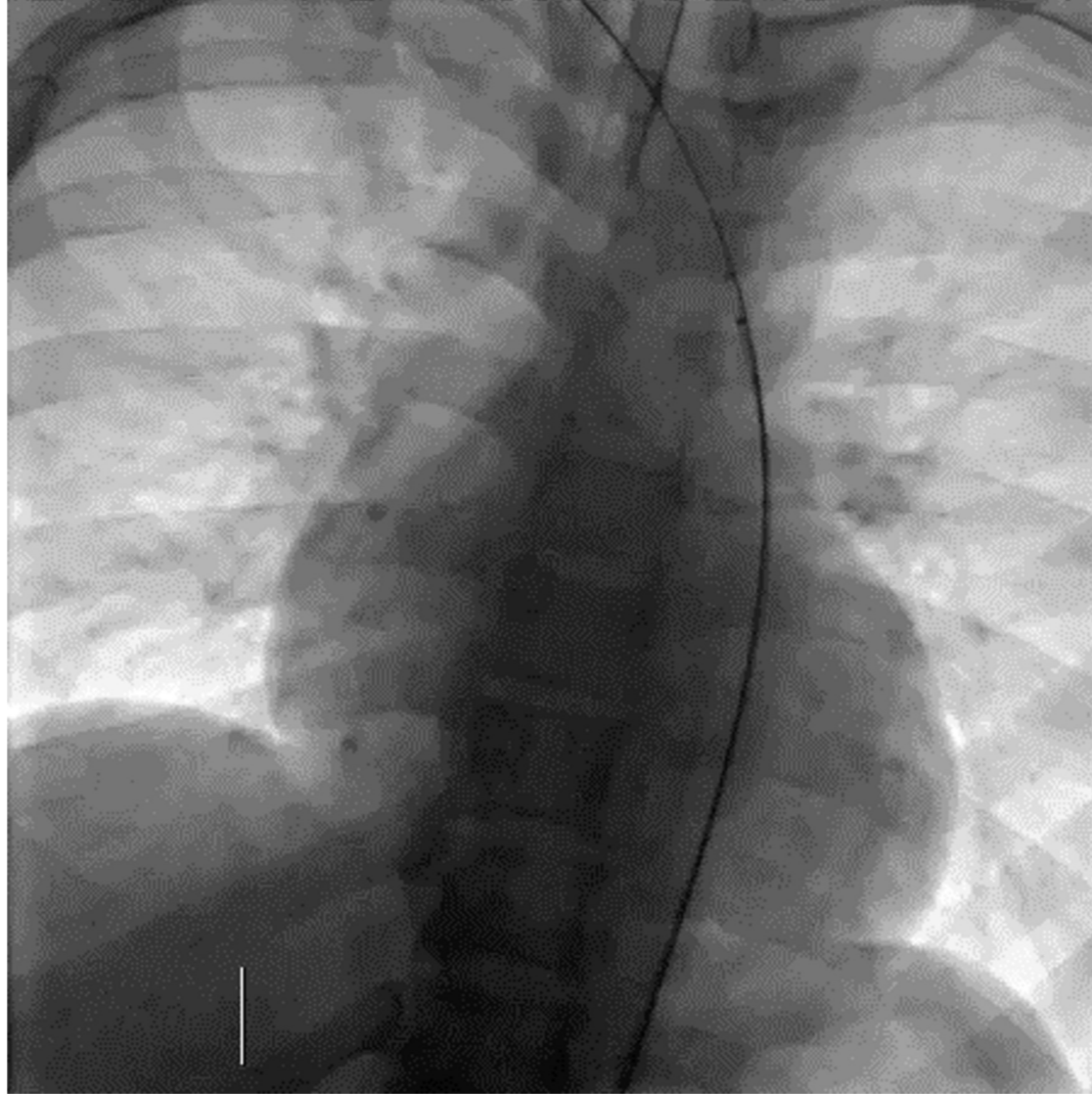
8013254335 (6a , 4a)
Card Pédiatrie
Card 10 Ped



364%
15 : 1 / 30
Non compressé
Position : HFS

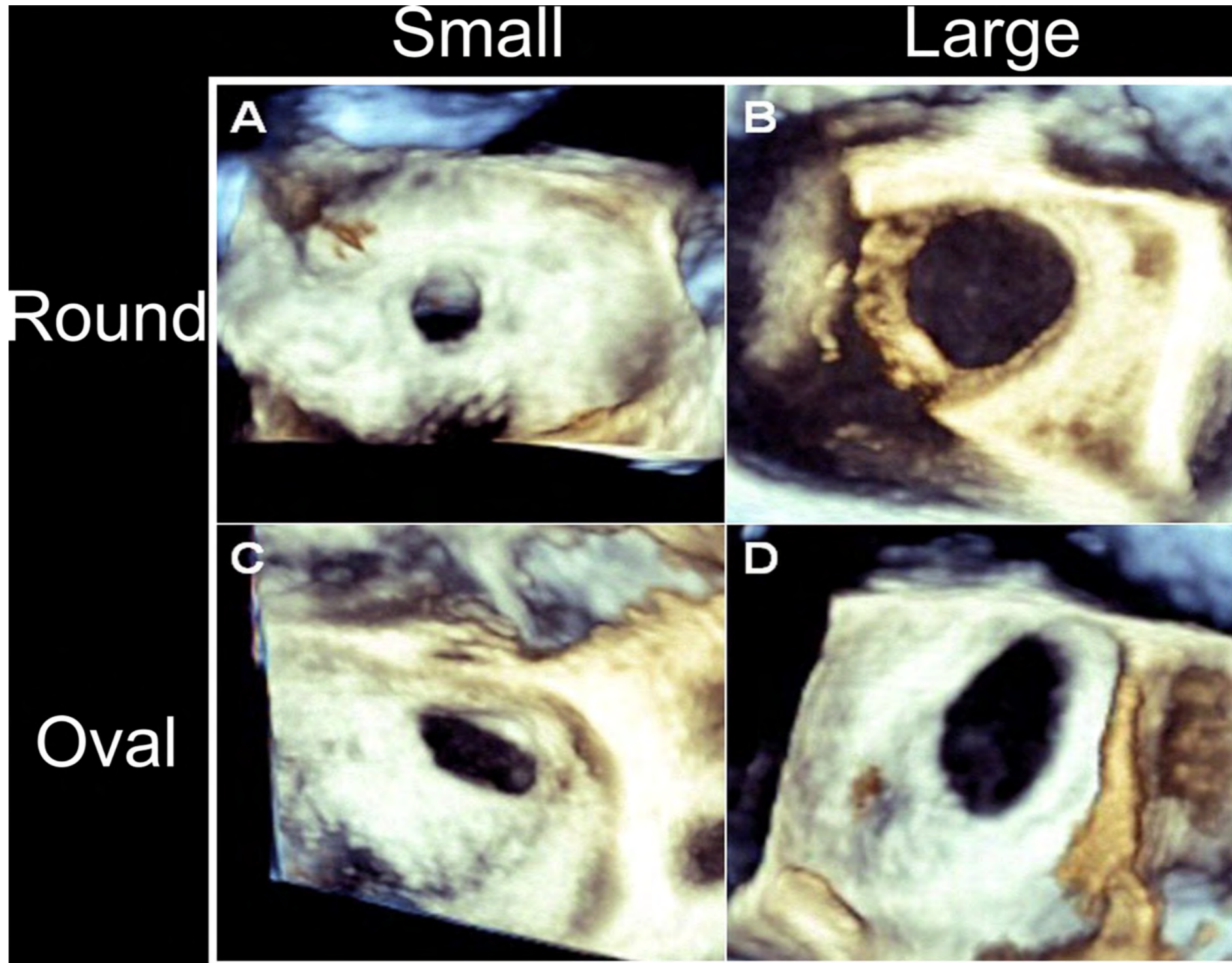
10/12/2019 17:00:18
204 j, 21 h
Made In OsiriX



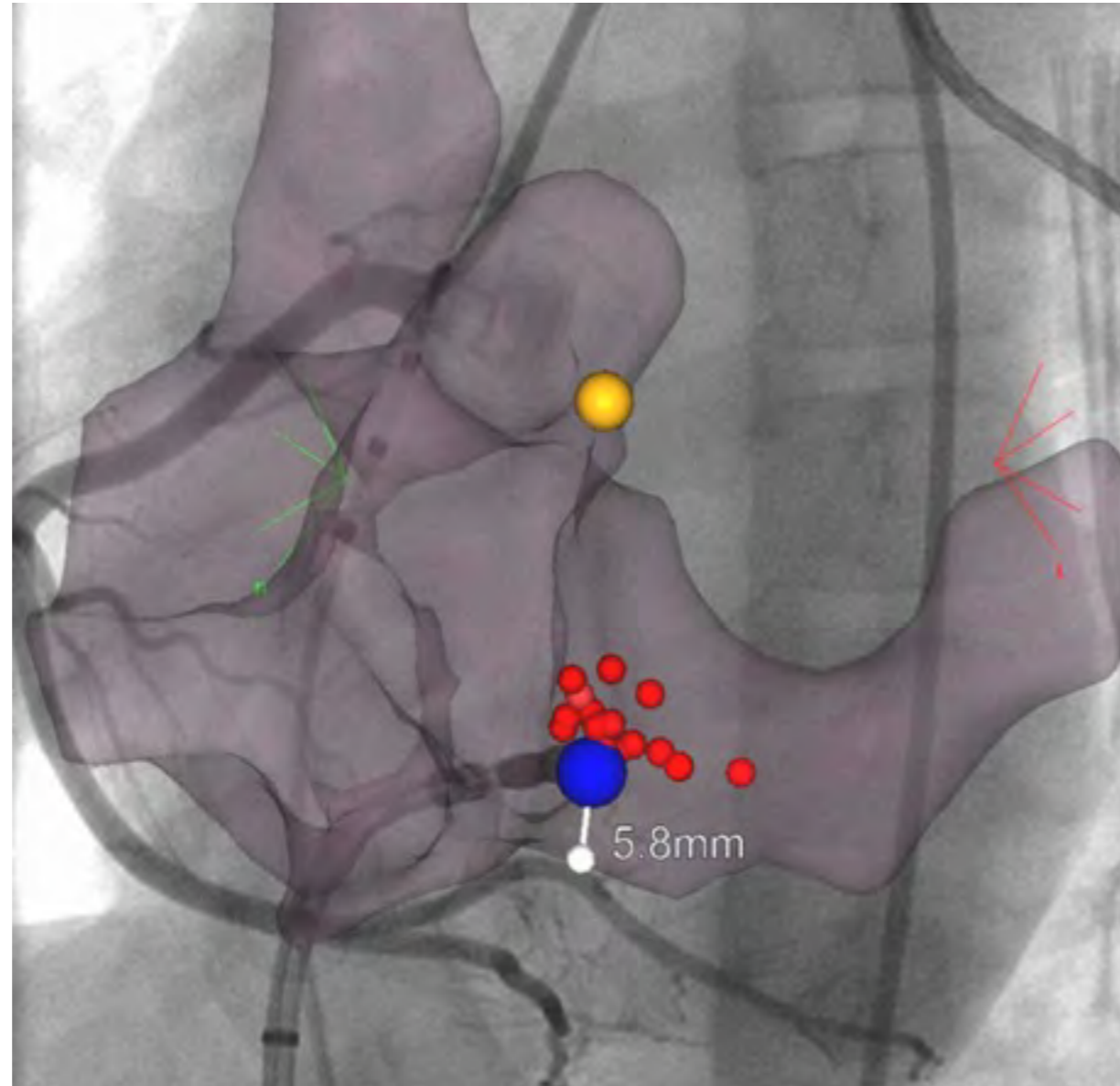


Nouvelles stratégies

Echographie 3D



Imagerie de fusion



- fusion des images de Scanner ou d'IRM ou même d'échographie avec la fluoroscopie

Imagerie 3D rotationnel

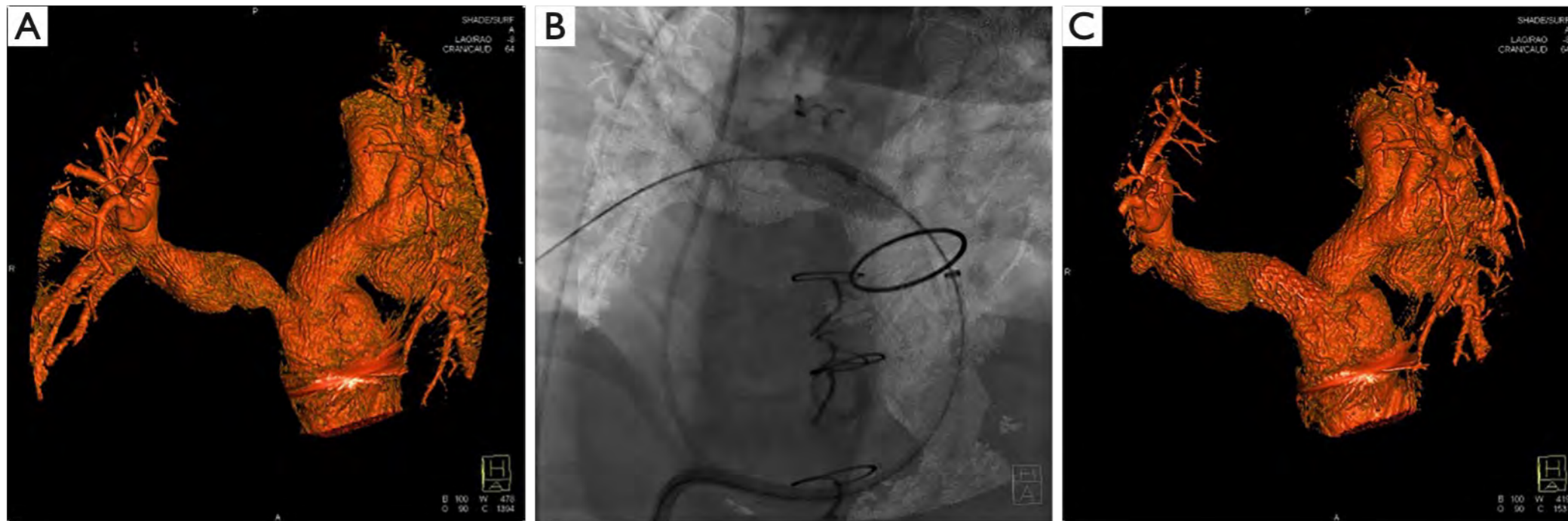


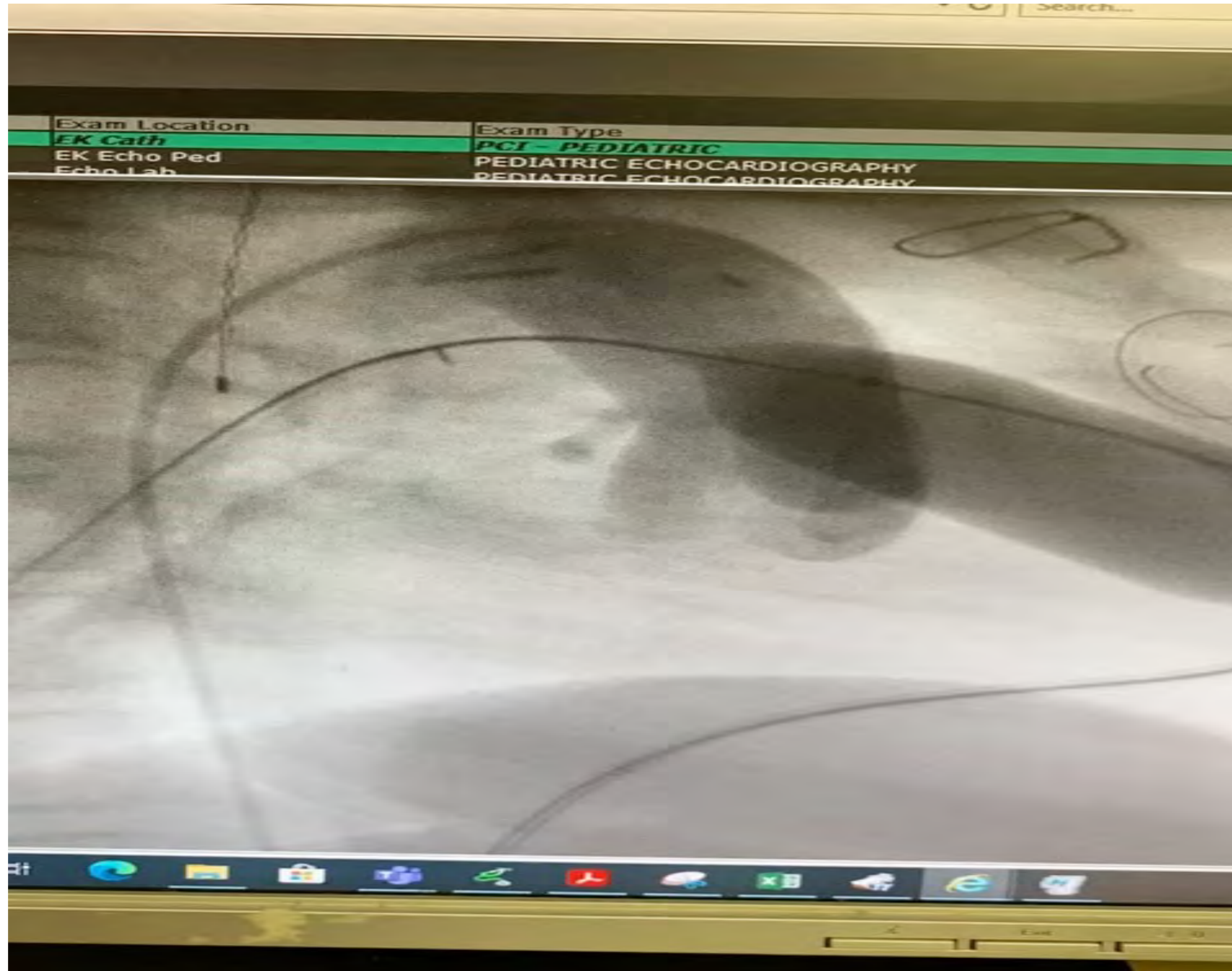
Figure 6 3D reconstruction of branch pulmonary arteries at baseline (A), use of 3D image overlay during stent placement in the right pulmonary artery stenosis (B), and 3D reconstruction post-stent (C).

Angiographie rotationnelle pendant le cathétérisme
Reconstruction immédiate en 3D
Image fusionnée à la fluoroscopie
Aide au repérage, à la visualisation de lésions complexes
Diminution du temps de scopie et du produit de contraste

Angiographie rotationnelle



Angiographie rotationnelle



IRM et cathétérisme

Real-time MRI guidance of cardiac interventions


Adrienne E Campbell-Washburn, PhD¹, Mohammad A Tavallaei, PhD^{2,3}, Mihaela Pop, PhD^{2,3}, Elena K Grant, MBChB^{1,4}, Henry Chubb, MD⁵, Kawal Rhode, PhD⁵, and Graham A Wright, PhD^{2,3}



- pas de rayons ni d'iode
- bonne imagerie tissulaire
- KT droit sous IRM publié chez 50 enfants et en routine chez les adultes
- premier cas décrit de valvuloplastie pulmonaire au ballon chez l'homme en 2010
- cependant pas de guide compatible
- infrastructure importante

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