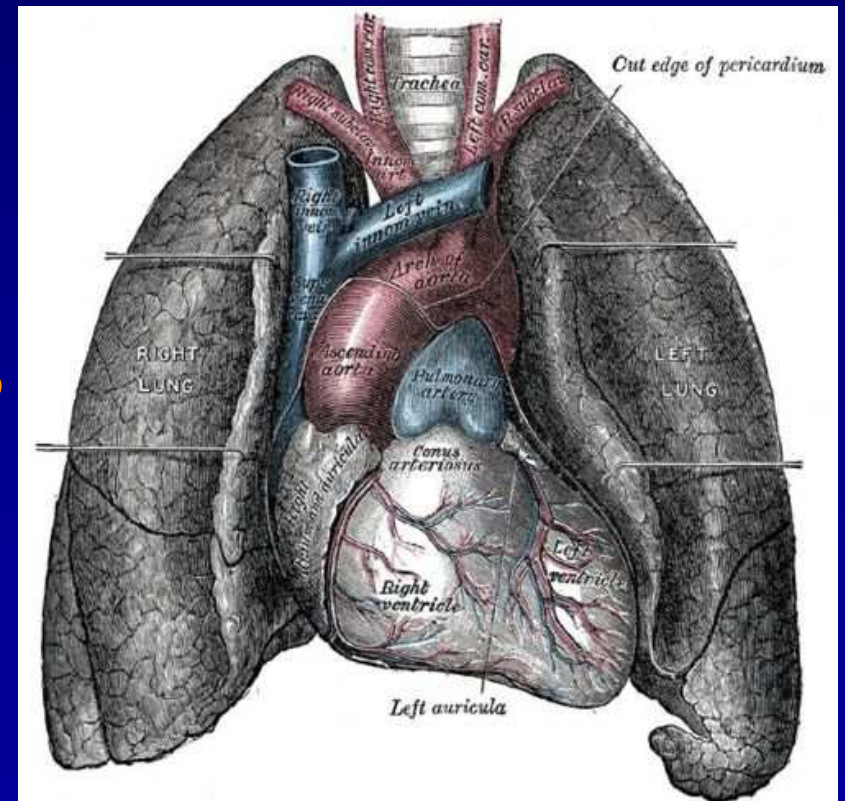


Explorations du thorax de l'enfant

Techniques d'examens d'imagerie



IMAGERIE DU THORAX DE L'ENFANT

- Radiographie de thorax
 - face en inspiration
 - +/- face expiration
 - +/- profil
 - +/- médiastin filtré
- Autres radiographies
 - Scopie des coupoles
 - Radiographie des sinus
 - T.O.G.D.
- TDM
- Echographie
- IRM
- Scintigraphie

LA TECHNIQUE D'IMAGERIE

- **Moins de 2 ans**

- Statif de Lefebvre
- **Antéro-postérieur**
- Inspiration (cri)
- Direct
- Haute tension



- **Entre 3 et 5 ans**

- Antéro-postérieur ?
- Assis ou debout

Plus de 5 ans :

- Postéro-antérieur
- Comme l'adulte

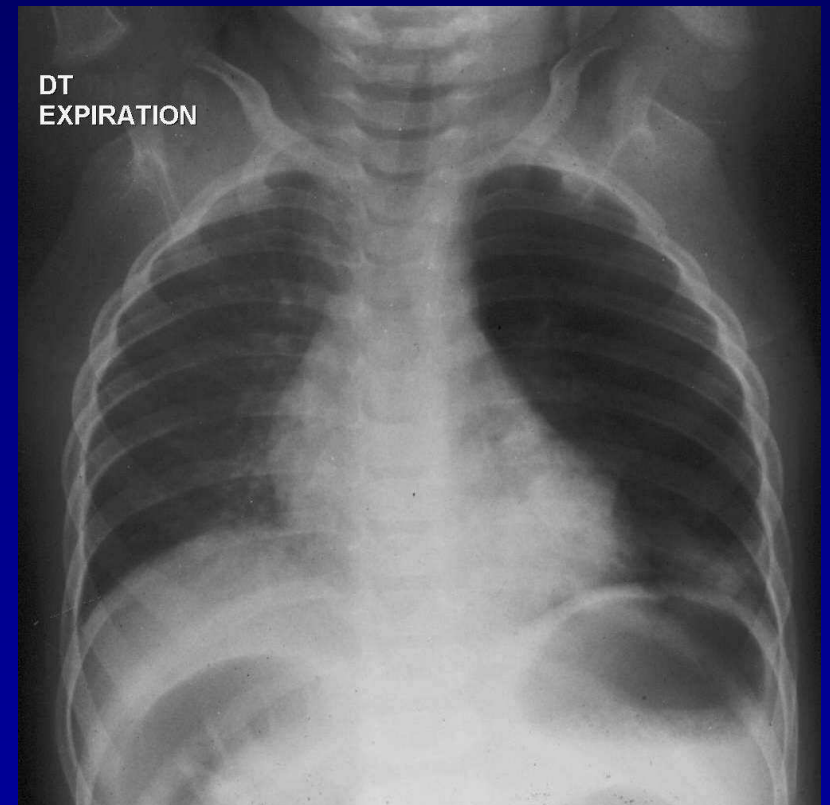
Tableau 4. – Niveaux de référence de la dose à l'entrée du patient (De) et du produit dose.surface (PDS) en radiopédiatrie conventionnelle pour une incidence unique

EXAMEN	POIDS (kg)	ÂGE indicatif	DE en mGy	PDS en cGy.cm²
Thorax de face (antéro-postérieur)	3,5	Nouveau-né	0,08	1
Thorax de face (antéro-postérieur)	10	1 an	0,08	2
Thorax de face (postéro-antérieur)	20	5 ans	0,1	5
Thorax de face (postéro-antérieur)	30	10 ans	0,2	7
Thorax latéral	20	5 ans	0,2	6
Thorax latéral	30	10 ans	0,3	8

RADIOGRAPHIE DE FACE EN EXPIRATION

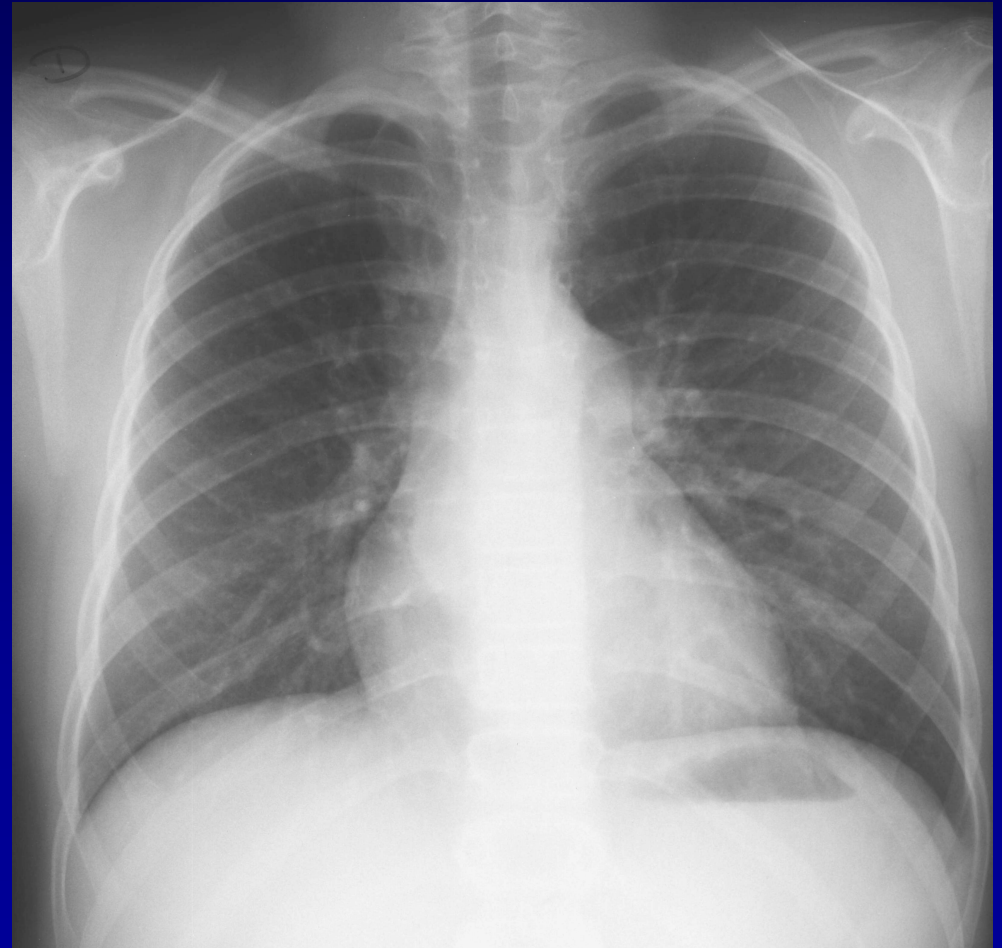
- Recherche de **trappage** : obstruction bronchique
 - Corps étranger
 - Tumeur
 - Phénomène inflammatoire

- Etude de la trachée :
 - Trachéomalacie



PARTICULARITES ANATOMIQUES PEDIATRIQUES

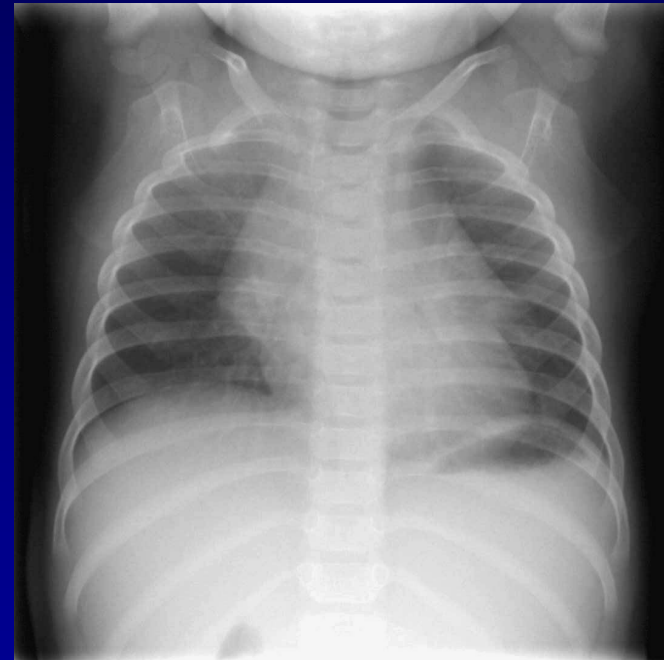
- **Trachée :**
 - latéralisée à droite
 - calibre variable
- **Thymus**





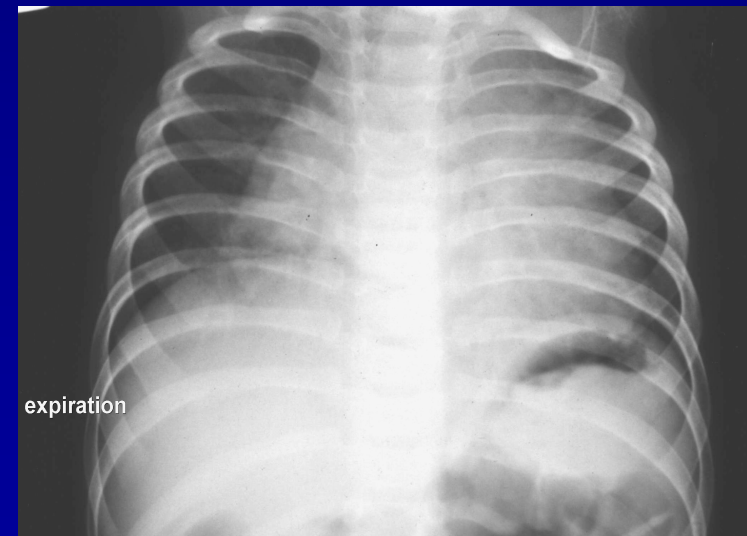
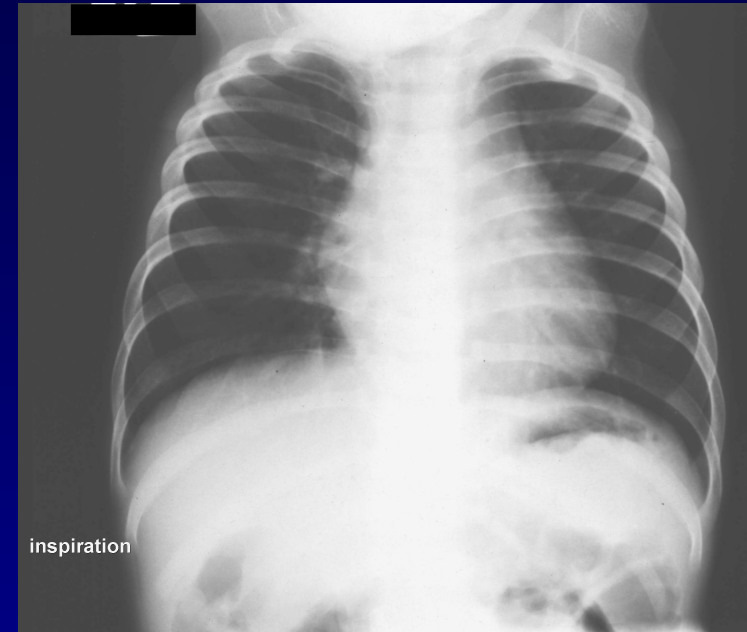
THYMUS DE L'ENFANT

- **Opacité de densité hydrique**
 - médiastin antérieur et supérieur
 - se moule sur les structures adjacentes
 - de forme variable
 - dans le temps
 - aux changements de position

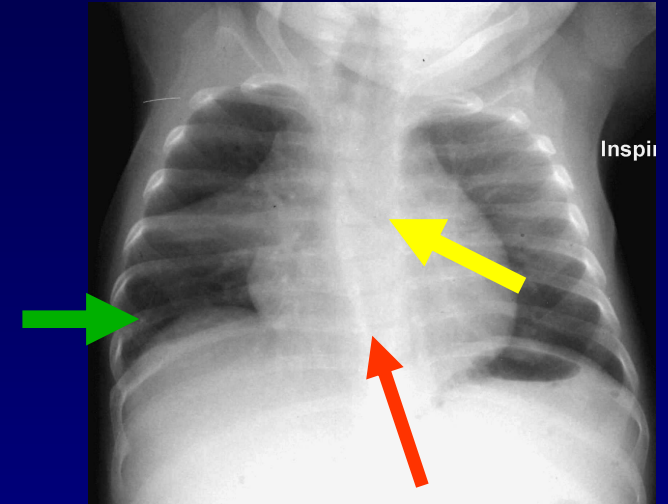


THYMUS NORMAL

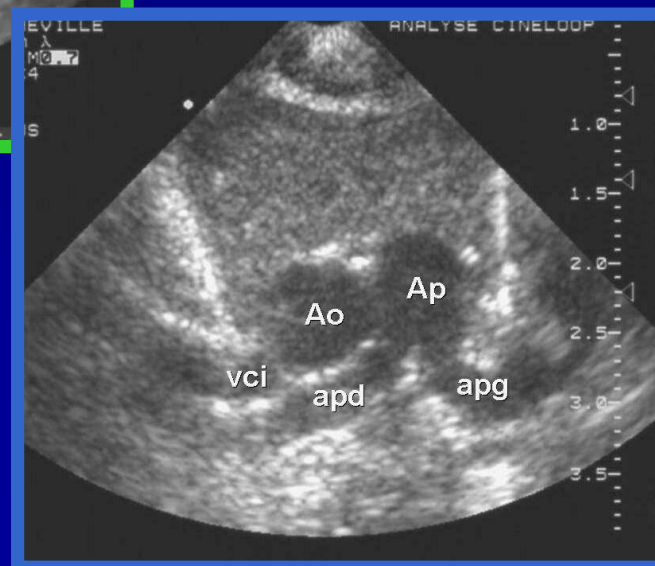
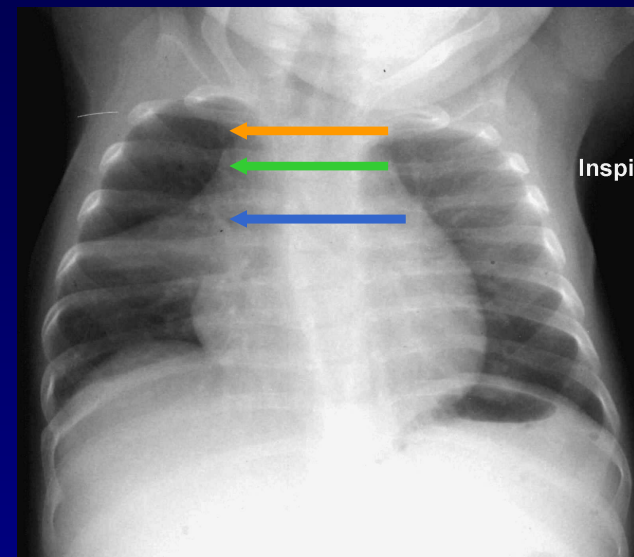
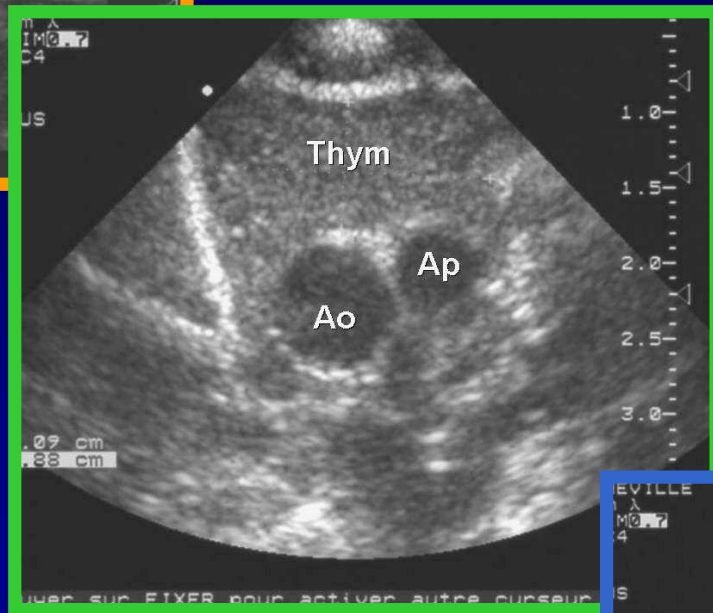
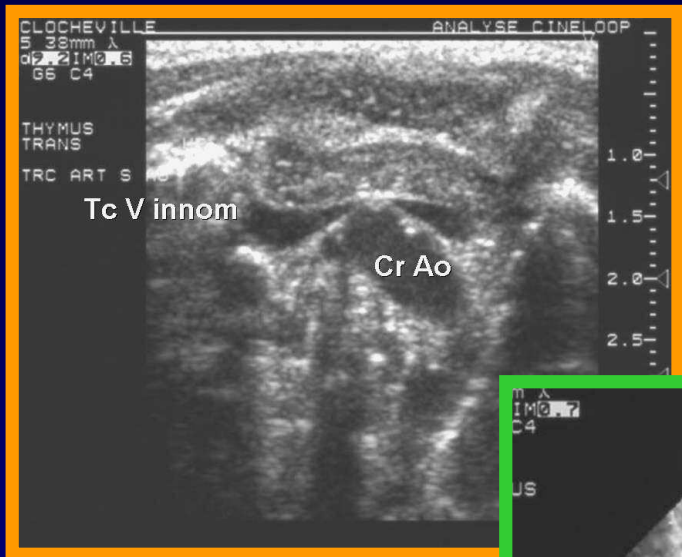
- **Jamais compressif**
- **N'efface pas les opacités vasculaires**
- **Jamais calcifié**
- **Ne s'accompagne pas d'épanchement pleural**



ECHOGRAPHIE DU Thorax

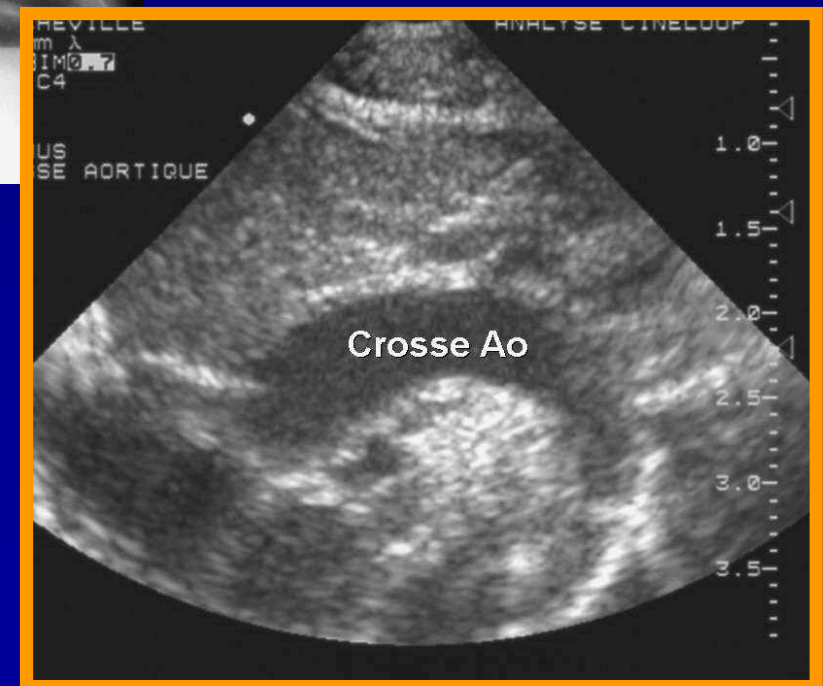
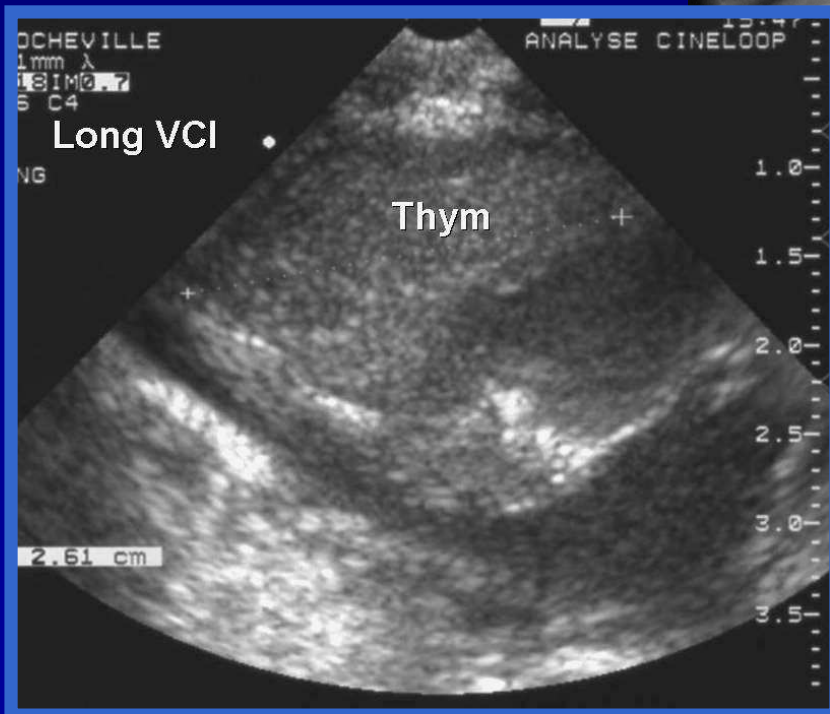
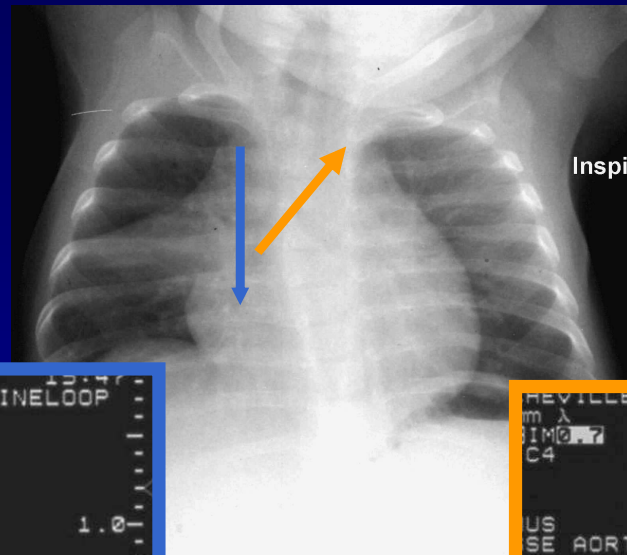


- Fenêtres acoustiques :
 - **intercostale**
 - lorsqu'il existe une pathologie pleurale ou pulmonaire au contact de la paroi
 - abdominale **sous-xyphoïdienne**
 - **trans-sternale** : echo médiastinale
 - pièces cartilagineuse du sternum

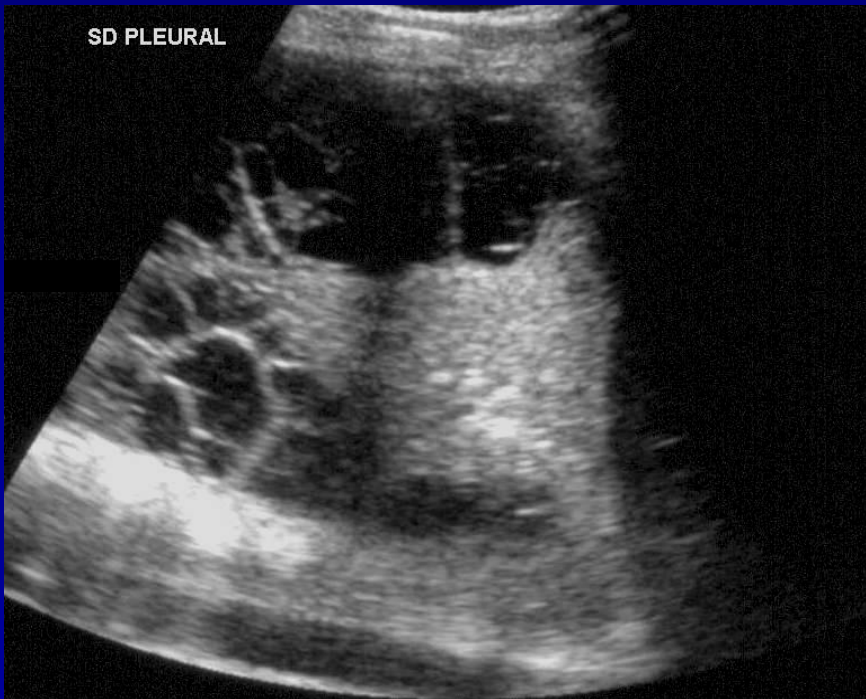
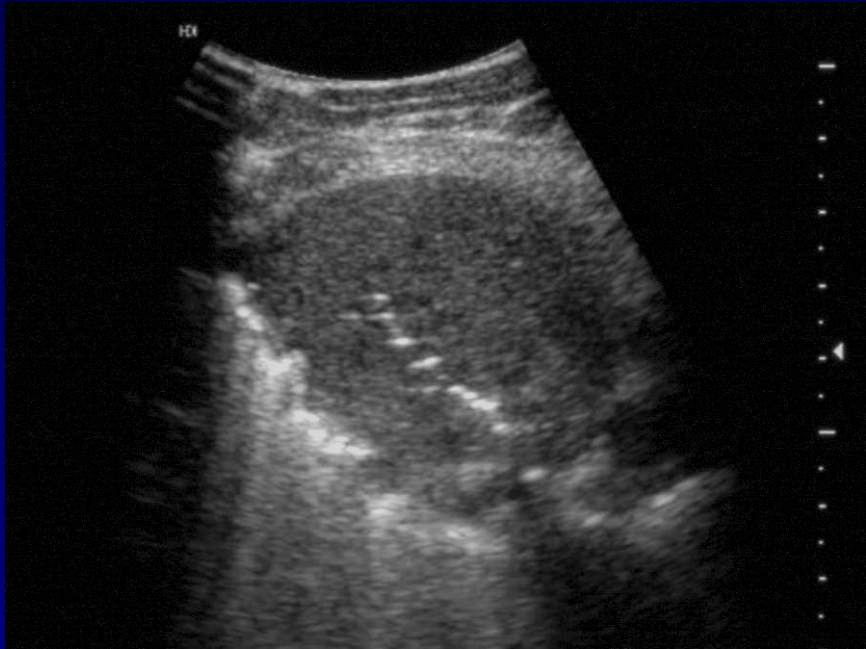


COUPES AXIALES

COUPES SAGITTALES ET OBLIQUES

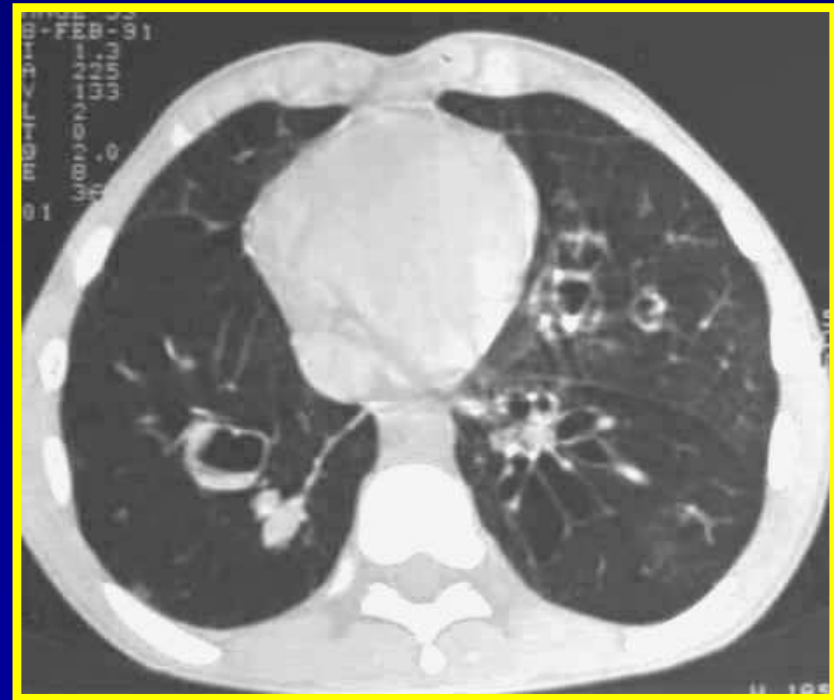
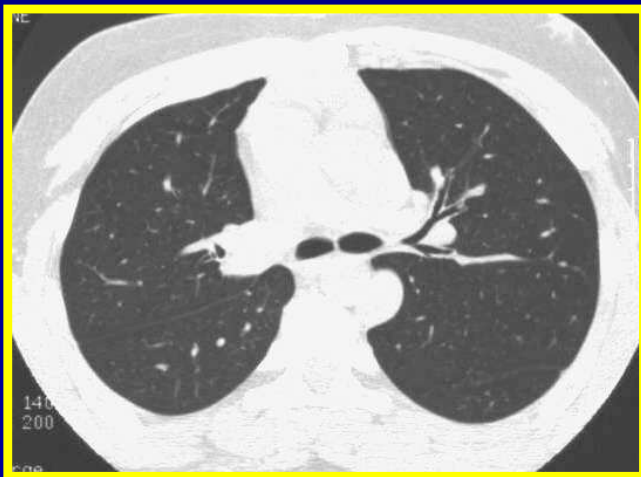


ECHO THORACIQUE



TDM

- Acquisition spiralée : 1,5 mm pitch 1,5
- Éviter AG
- **Respiration libre**
- Médiastin : **injection**
 - masses
 - malformations +++

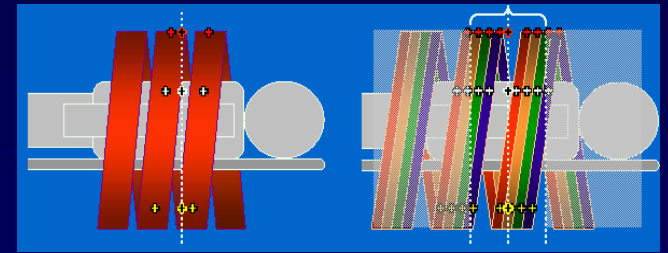


OPTIMISATION : rédiger et **appliquer** **des protocoles adaptés à l'enfant**

- **Accepter un compromis = Accepter du bruit**
 - Rester dans une qualité diagnostique
- **S'adapter à la morphologie** et à la pathologie
- **Faire des choix**
 - Le mode d'acquisition et le nombre d'hélices
 - les paramètres d'acquisition
 - **S'approprier les propositions des industriels**

A/ LE MODE D'ACQUISITION :

- Le mode **hélicoïdal** est la règle
 - Acquisition du volume
 - les acquisitions séquentielles sont rares
 - parenchyme pulmonaire en haute résolution
 - Pathologies infiltrative, contrôle mucoviscidose ?
- Le nombre d'hélices : **un seul passage**
 - limité à la zone pathologique
 - Rarement : plusieurs passages
 - Avec et sans injection
 - Expiration : pathologie interstitielle
- La **limitation du champ** :
 - Thyroïde
 - abdomen



1 ADAPTER LA TENSION

- **Tension de 100 kV**
 - La plus fréquemment utilisée
- **Tension de 120 kV**
 - L'adulte, rare avant 15 ans
- **Tension à 140 kV : jamais chez l'enfant.**
- **Tension de 80 kV**
 - chez le **petit** et pour les **angiographies**
- **Place du 70 KV? haut contraste**

2 ADAPTER LA CHARGE

- Généralement inférieur à 120 mAs
- l'ampérage est fonction :
 - du poids ou de l'âge de l'enfant,
 - Du type d'examen

Donnelly Pediatr Radiol 2002

poids : Kg	Abdo : mAs	thorax: mAs
5 à 9	60	40
9 à 18	70	50
18 à 27	80	60
27 à 36	100	70
36 à 45	120	80
45 à 70	140-150	100 à 120
sup à 70	sup à 170	sup à 140

Service Tours 2003

Poids	THORAX Standard		CTDI vol en mGy
	kV	mAs	
<15 kgs	100	25	1,13
15 - 25 kgs	100	35	1,58
25 - 35 kgs	100	50	2,25
35 - 45 kgs	100	60	2,7
45 - 55 kgs	100	70	3,15

3 L'épaisseur de coupe :

- **Résolution standard : priorité à la vitesse**
 - **Travailler sur la totalité de l'épaisseur du détecteur**
 - **coupes de 0,65 ou de 1,5 mm**
 - **Coupes infra millimétriques**
 - **Angiographies, haute résolution du parenchyme**

Médecin praticien:
Opérateur:

mAs total 1091

	Scan	KV	mAs / réf.	CTDIvol	DLP	TI	cSL
position du patient H-SP							
Topogramme	1	80				5.3	1.0
Thorax	2	100	35	1.75	37	0.5	0.8
Thorax 2	3	100	35	1.58	38	0.5	1.5

4 Le pitch

- **Stratégies variables avec les industriels**
- **Pitch proche de 1 ou 1,5**

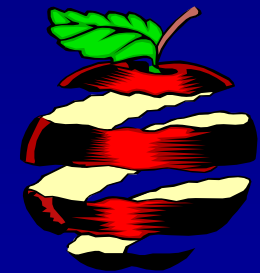
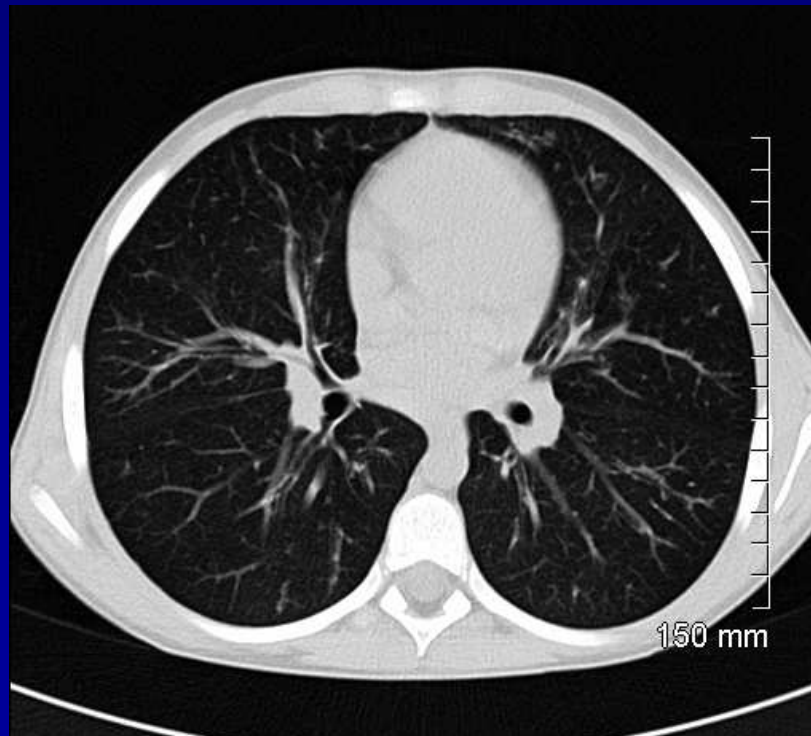
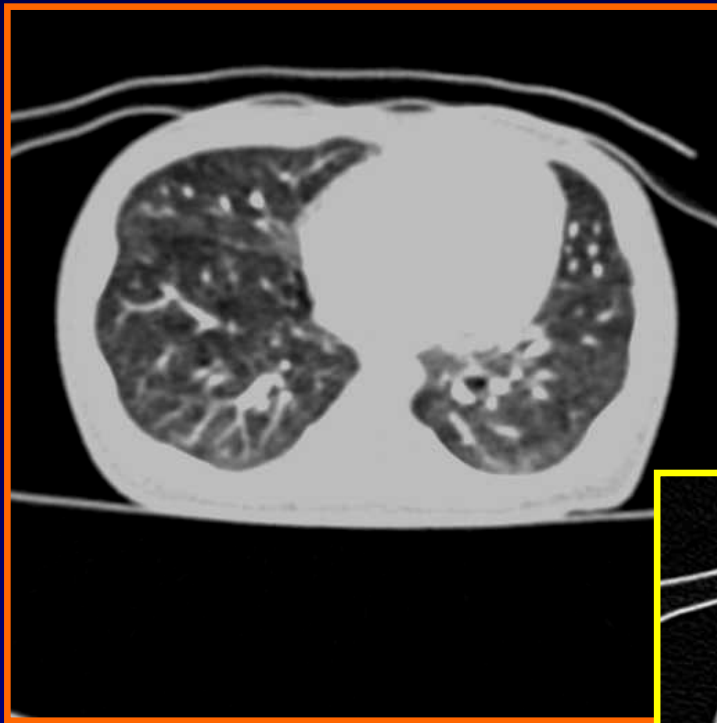


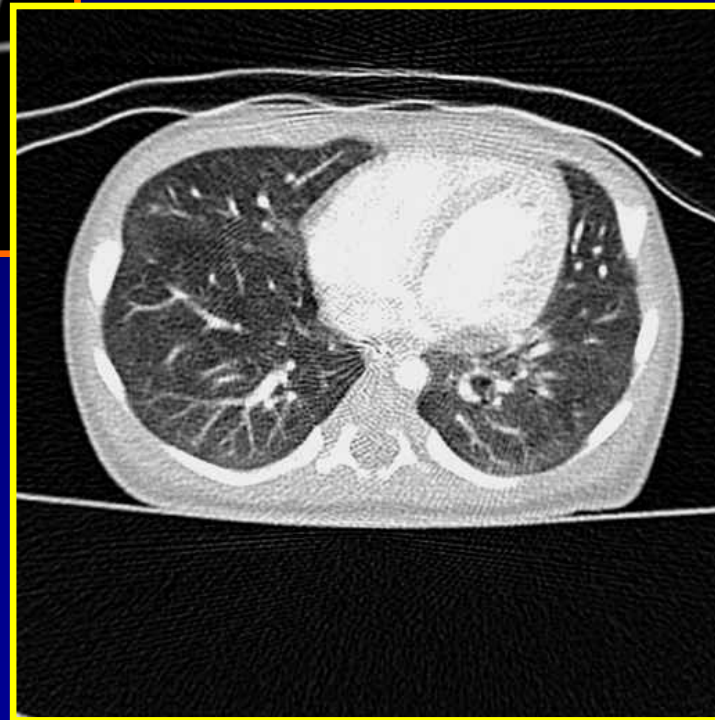
Image bruitée : nécessité d'un post traitement

- Quelle résolution spatiale ?
- Utilise les filtres durs et mous
- Épaissir pour récupérer du signal



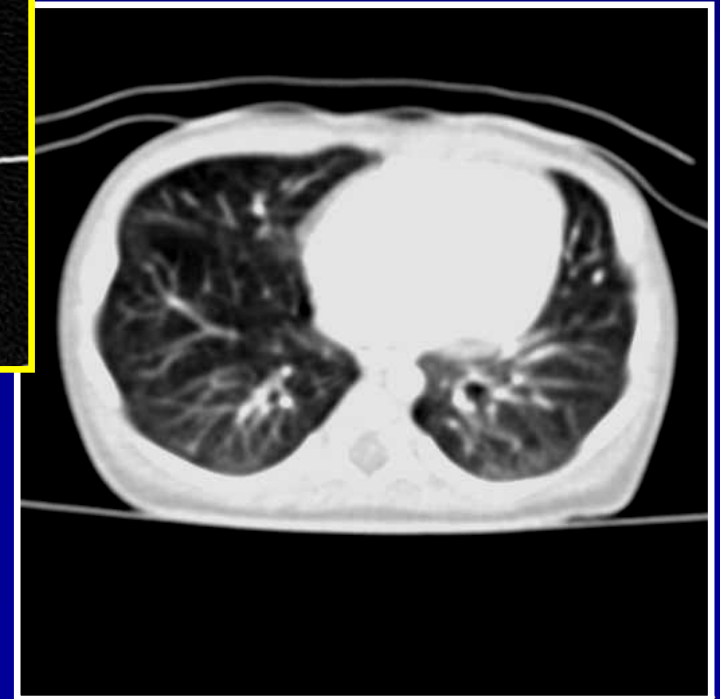


2mm Filtre mou



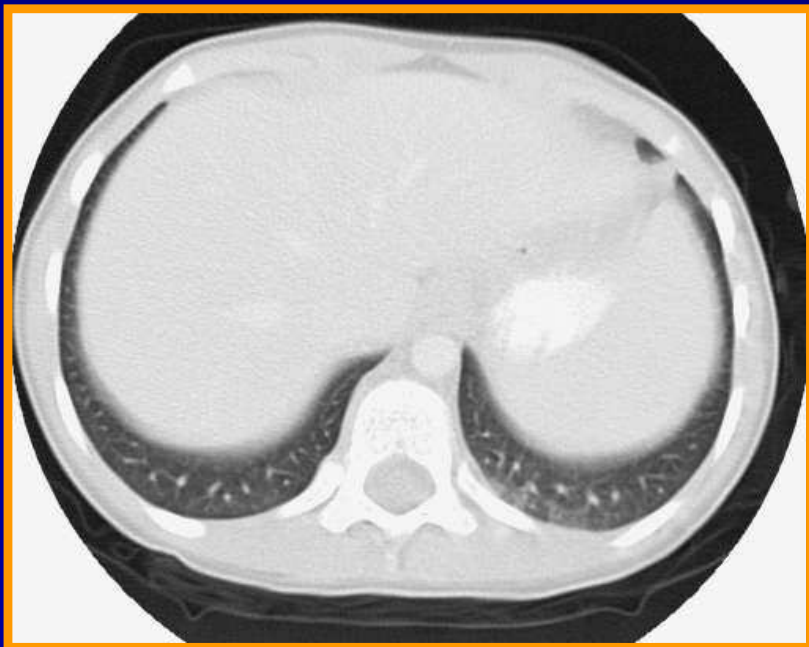
2mm Filtre dur

Coupe épaisse 4mm



- Pas d'apnée chez le nourrisson

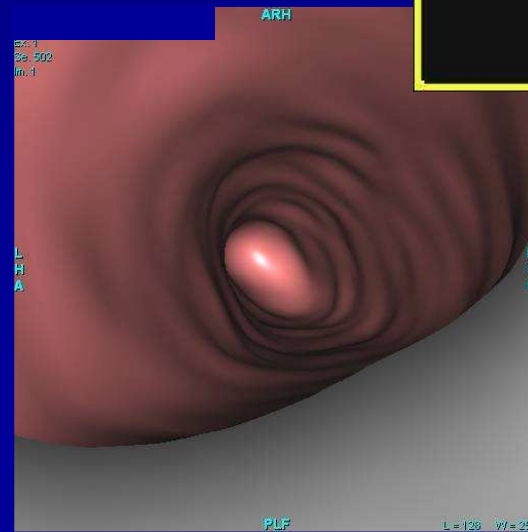
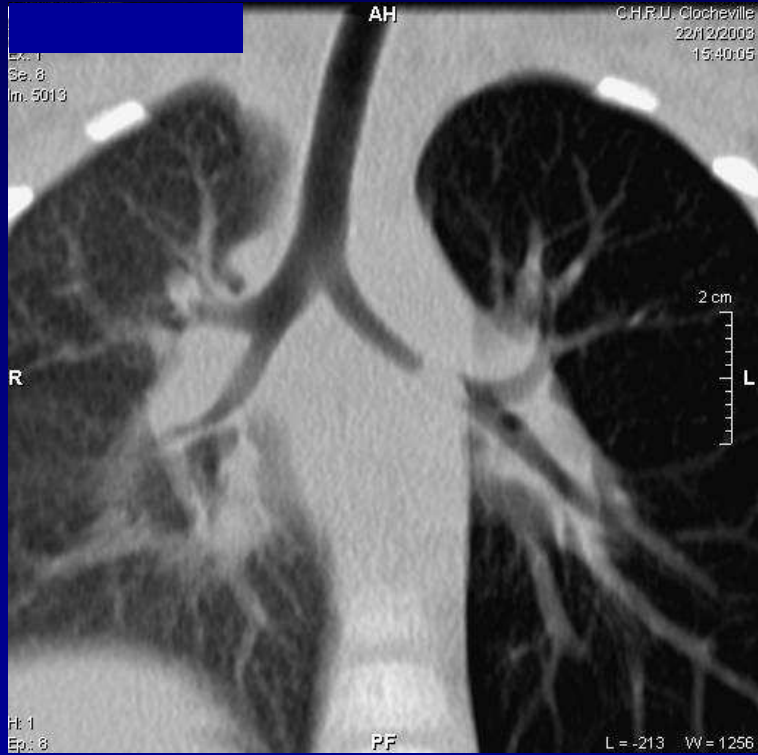
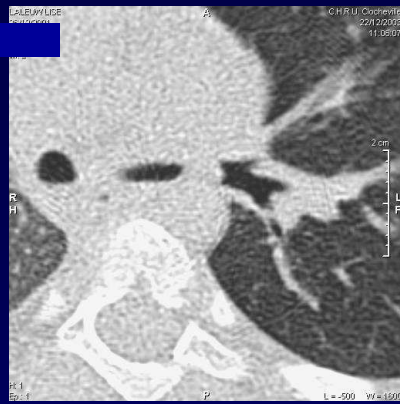
20 mAs :
CTDIvol: 1,1 mGy



80 mAs:
CTDIvol : 3,8 mGy



Corps étranger

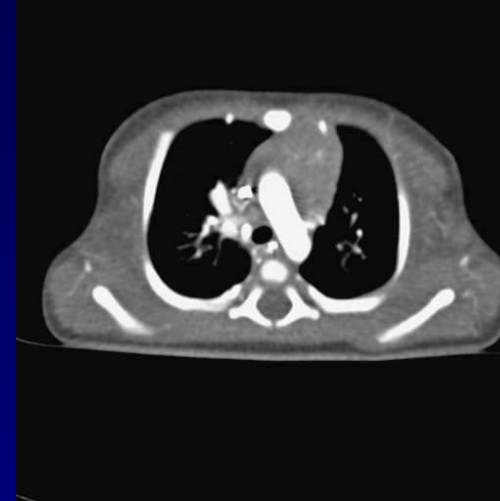
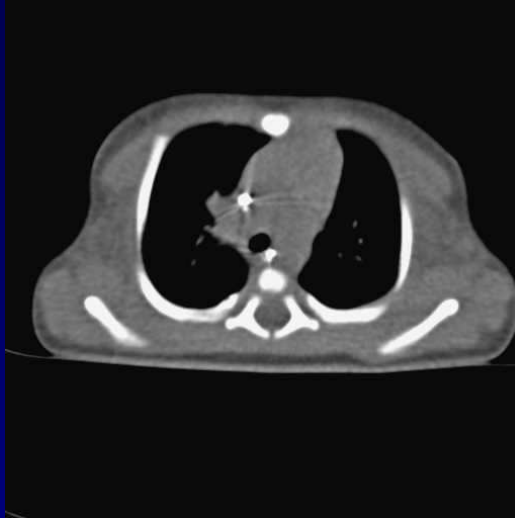


Angio TDM des gros vaisseaux thoraciques

- fort contraste : injection IV
- Tension la plus basse possible: **80 KV**
- nourrisson : 20 à 30 mAs

Poids	ANGIO thoracique hélice en 0,75 mm		CTDI vol en mGy
	kV	mAs	
<15 kgs	80	30	0,78
15 - 25 kgs	80	50	1,3
25 - 35 kgs	80	75	1,95
35 - 45 kgs	80	110	2,86
45 - 55 kgs	80	150	3,9

Pre contrôle : le coût

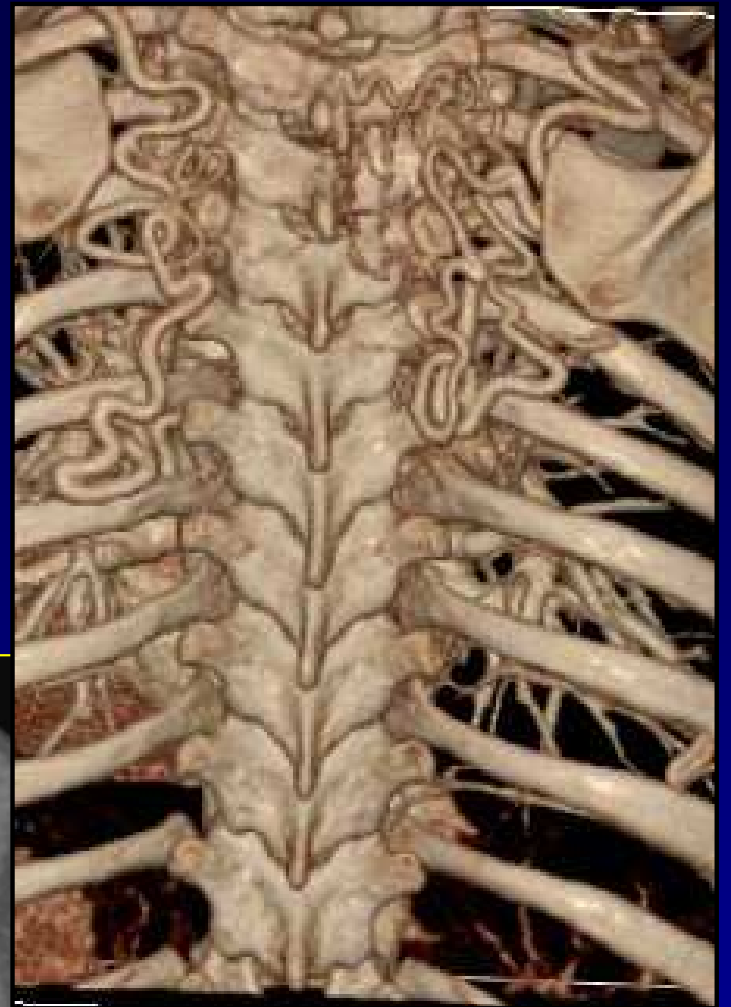
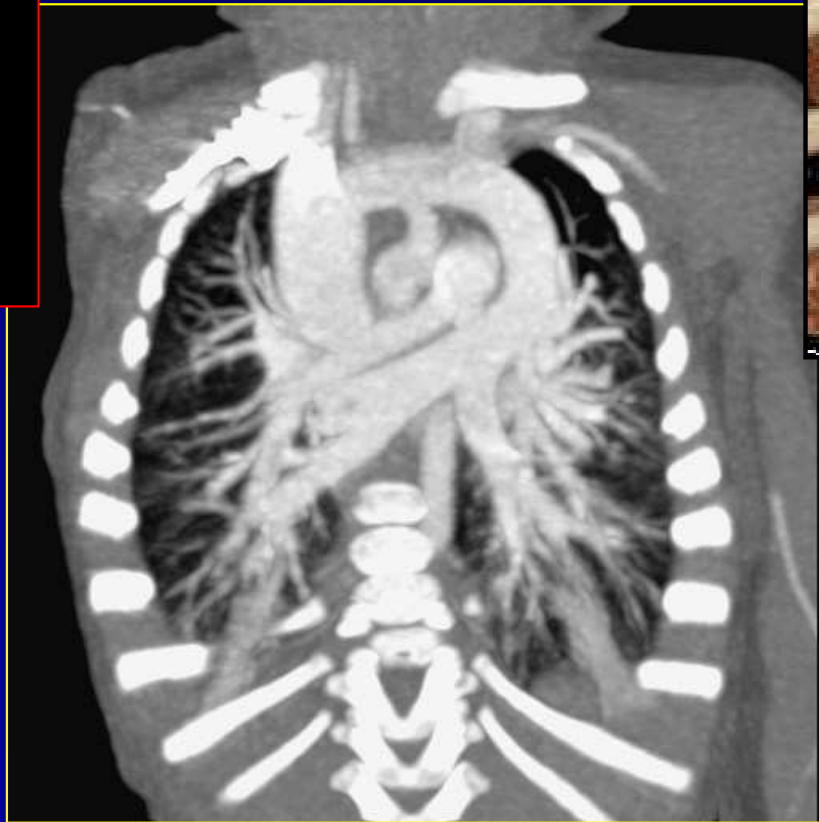


27-Sep-2006 15:38

Service: 3560^REA.NEONAT.CL.HC
Médecin praticien: ^
Opérateur:

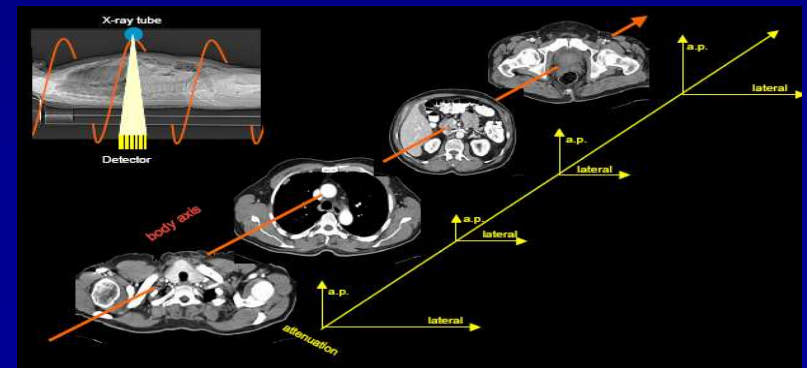
mAs total 775 PDL total 21

	Scan	kV	mAs / réf.	CTDIvol	PDL	TI	cSL
position du patient H-SP							
Topogramme	1	80				2.8	1.0
Précontrôle	2	80	40	2.77	1	0.5	0.8
Bolus I.V.							
Contrôle	3	80	25	19.07	9	0.5	0.8
Angio	14	80	30	0.78	11	0.5	0.8

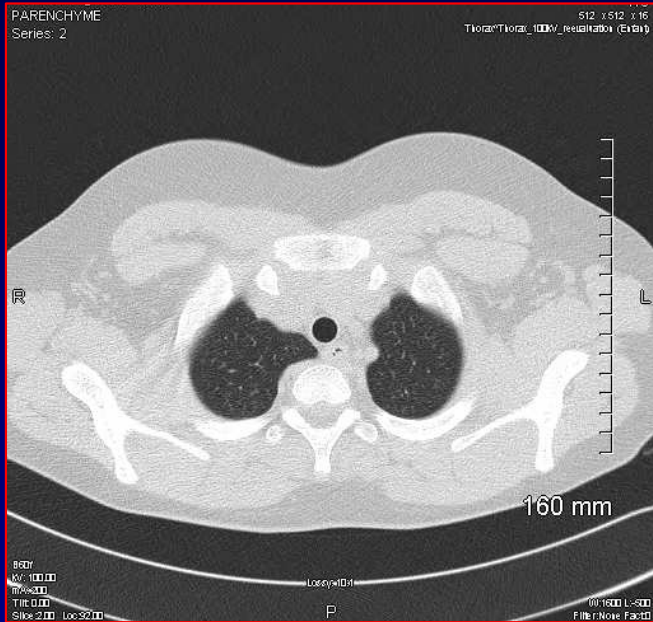


5 LES PROPOSITIONS DES INDUSTRIELS

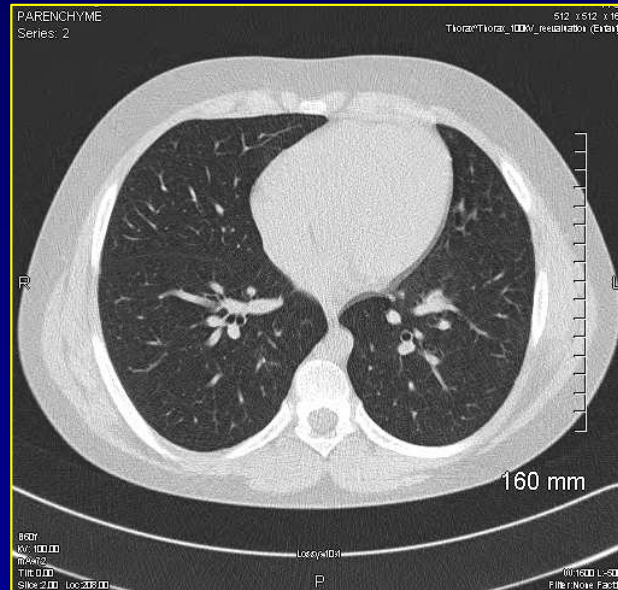
- Protocoles pédiatriques intégrés
 - Fonction de l'âge ou du poids
 - Pre sélection de la tension adaptée à l'examen et au morphotype
- Systèmes de modulation automatique
 - Radiale ou longitudinale
 - Se les approprier !!!!
- Reconstructions itératives



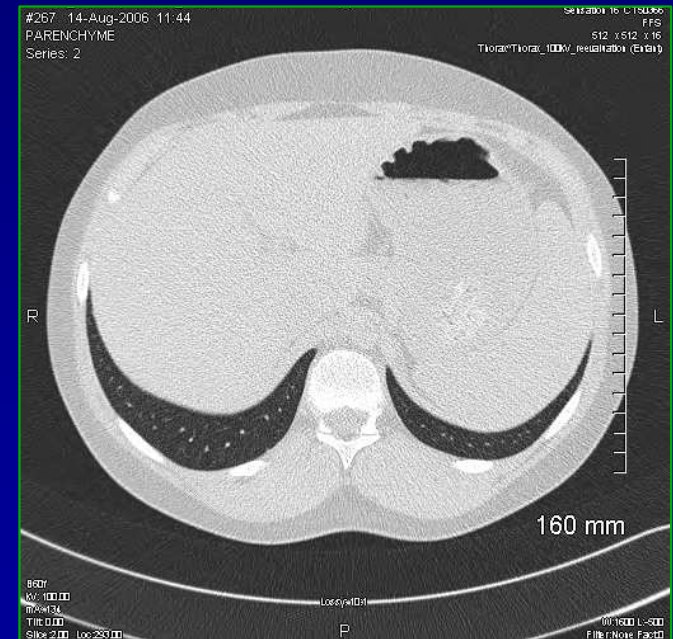
Longitudinale 4D Care dose



100 mAs



36 mAs



67 mAs

Reconstructions itératives

- Modèles multiples selon les industriels
- Utilisations : 2 voies
 - Amélioration qualité : **diminution du bruit**
 - Réduction de **dose** à qualité constante
 - Modification de la texture d'image
- Importance de la réduction de dose ?
 - Évaluations pédiatriques et adultes en cours
 - Nombreuses publications
- **JFR 2011 ASIR** vs reconstructions standards
 - *ASIR=40 permet une amélioration du bruit de 8%, du CNR de 33%, et de la FTM de 8%, avec une diminution de l'IDSPvol de 36%.*
 - *les indices de qualité sont maintenus pour %ASIR=100, entraînant une diminution de l'IDSPvol de 70% par rapport à la référence, mais la texture image est modifiée.*

Nouveau né, 3 jours

- **70 KV**, 29 mAS
- **CTDIv 0,27 mGy**



mAs total 272 PDL total 5 mGycm

	Scan	KV	mAs / réf.	CTDIvol* mGy	PDL mGycm	TI s	cSL mm
Position du patient H-SP							
Topogramme	1	80	35 mA	0.03 L	0	1.4	0.6
Topogramme	2	80	35 mA	0.03 L	1	2.2	0.6
Thorax	3	70	29 / 110	0.27 L	4	0.3	0.6

Exposition et risque chez l'enfant

- **Existe-t-il des NRD ?**
- **Le PDL affiché est-il fiable ?**
- **Quelle dose efficace ?**
- **Quel risque de cancer radio induit ?**

NRD TDM pédiatrique :

1 hélice sur le thorax

- Par tranche de poids (ou âge)

	PDL mGy.cm	F conv	E(mSv)
1 an : 10Kg	30	0,026	1,56
5 ans : 20 Kg	65	0,018	2,34
10 ans : 30 kg	140	0,014	3,92

Mucoviscidose 12 ans ans

- 100 KV, 39 mAs, 512², 0,75mm, 0,5 sec,
- **CTDI_{vol} 1,96**, 23 cm **PDL 52**, 1,35 mSv

NRD : 140



Dans la littérature

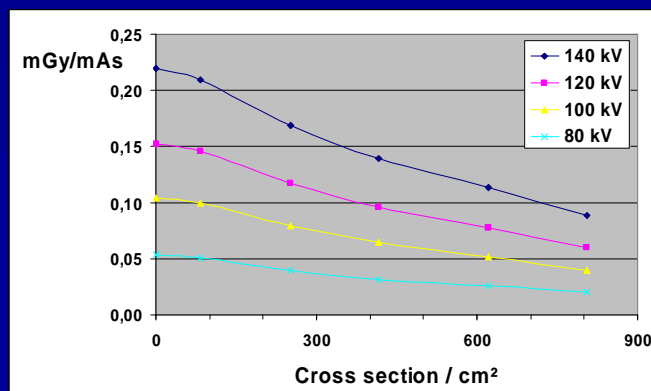
K.E. Thomas <i>Pediatr Radiol 2008 (38)</i>	PDL mGy:cm	NRD France	F conv	E(mSv)
nourrisson	36		0,039	2,8
1 an : 10Kg	66	20	0,026	3,4
5 ans : 20 Kg	104	65	0,018	3,7
10 ans : 30 kg	153	140	0,014	4,1
Plus de 15 ans Fantôme 32	201		0,014	2,8

Exposition et risque Chez l'enfant

- Existe-t-il des NRD ?
- **Le PDL affiché est-il fiable ?**
- Quelle dose efficace ?
- Quel risque radique ?

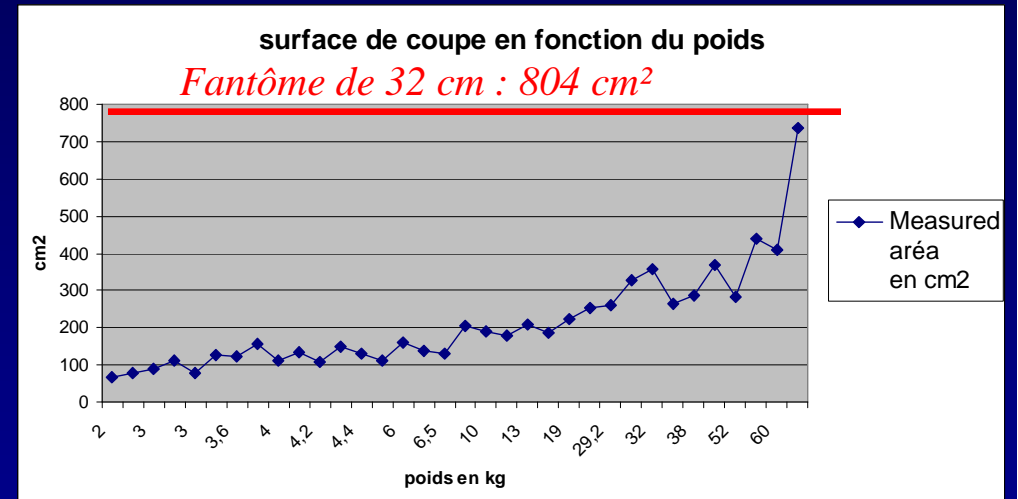
Les CTDI affichés sur nos machines correspondent-ils aux doses délivrées aux enfants ?

- **Non**
- Les chiffres sont fournis pour un patient standard dont le volume ne correspond pas à nos enfants
 - **fantôme de 32 cm** pour le thorax
- Plus le volume irradié est petit plus la dose délivrée est importante



CTDI toujours sous estimé

- Sous estime d'autant plus que
 - L'enfant est jeune
 - La tension est élevée



Jusqu'à 15 ans le $CTI_{vol32cm}$ fournis sur le rapport de dose devrait être multiplié par 2

Exposition et risque chez l'enfant

- Existe-t-il des NRD ?
- Le PDL affiché est-il fiable ?
- **Quelle dose efficace ?**
- Quel risque radique ?

Sensibilité tissulaire accrue: Evolution du facteur de conversion avec l'âge

Shrimpton PC (2004) Assessment of patient dose in CT. NRPB-PE/1/2004. NRPB, Chilton. Also published as Appendix C of the 2004 CT Quality Criteria (MSCT, 2004) at http://www.msct.eu/CT_Quality_Criteria.htm
Shrimpton PC, Hillier MC, Lewis MA et al (2005) Doses from computed tomography examinations in the UK - 2003 review. NRPB - W67, NRPB Publications. Available at <http://www.hpa.org.uk/radiation/publications/index.htm>
Shrimpton PC, Hillier MC, Lewis MA et al (2006) National survey of doses from CT in the UK: 2003. Br J Radiol 79:968-980

- Diminue avec l'âge d'un facteur de 2,5

Nourrisson (0 à 3 mois)	1 an (3mois - 3 ans)	5 ans (3 à 8 ans)	10 ans (8 à 15 ans)	Adulte
0,039	0,026	0,018	0,013	0,014

- Pour l'enfant : index établi sur un fantôme de 16cm

- Dose efficace =

$$\text{PDL}(\text{CTDI}_{\text{vol}32\text{cm}}) \times 2 \times \text{facteur conversion (âge)}$$

Dose efficace des NRD pédiatriques : 1héllice sur le thorax

- Dose efficace =

$$\text{PDL}(\text{CTDI}_{\text{vol}32\text{cm}}) \times 2 \times \text{facteur conversion (âge)}$$

	PDL mGy:cm		Diamètre 16 cm		F conv	E(mSv)
1 an : 10Kg	30	x	2	x	0,026 =	1,56
5 ans : 20 Kg	65	x	2	x	0,018 =	2,34
10 ans : 30 kg	140	x	2	x	0,014 =	3,92

Exposition et risque chez l'enfant

- Existe-t-il des NRD ?
- Le PDL affiché est-il fiable ?
- Quelle dose efficace ?
- **Quel risque de cancer radio induit ?**

Risque de développer un cancer pour 1000 examens

Patient-specific radiation dose and cancer risk estimation in CT: Part II.
Application to patients

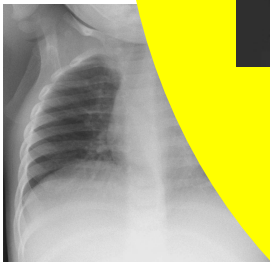
Table IV. Lifetime risks of cancer incidence for the two patients attributable to their CT examinations. Each patient underwent a combined CAP examination consisting of a chest scan and an abdomen-pelvis scan. Each risk value is the average risk on the starting ages. The percentage value in the bracket is the coefficient of variation (standard deviation/100/average) across the starting ages.

	Lifetime attributable risk of cancer incidence (aver/1000 exposed)						Risk ratio ^a
	Newborn (5 weeks, female)			Teenager (12 years, male)			
	Chest	Abdomen-pelvis	CAP ^b	Chest	Abdomen-pelvis	CAP ^b	
Thyroid cancer	0.179 (1%)	0.023 (1%)**	0.202	0.020 (10%)	0.001 (2%)**	0.021	9.6
Breast cancer	0.225 (1%)	0.189 (13%)**	0.234	-	-	-	-
Lung cancer	0.269 (0%)	0.239 (1%)	0.238	0.090 (0%)	0.002 (2%)	0.132	4.0
Stomach cancer	0.044 (2%)	0.064 (0%)	0.078	0.098 (17%)	0.028 (13%)	0.044	2.3
Liver cancer	0.066 (0%)	0.018 (0%)	0.024	0.006 (110%)	0.020 (0%)	0.026	0.9
Colon cancer	0.065 (7%)**	0.148 (0%)	0.153	0.002 (210%)	0.111 (1%)	0.119	1.2
Bladder cancer	0.001 (2%)**	0.133 (2%)	0.134	0.000 (2%)**	0.074 (5%)	0.074	1.8
Ovarian cancer	-	-	-	0.000 (10%)**	0.026 (2%)	0.026	-
Ovary cancer	0.001 (2%)**	0.065 (2%)	0.066	-	-	-	-
Uterine cancer	0.000 (2%)**	0.051 (2%)	0.051	-	-	-	-
Leukemia	0.015 (1%)	0.029 (0%)	0.044	0.012 (1%)	0.022 (0%)	0.014	1.3
Other cancer	0.250 (1%)	0.467 (1%)	0.653	0.053 (2%)	0.163 (0%)	0.108	2.2
Risk index	1.025 (0%)	1.261 (0%)	2.436	0.184 (1%)	0.481 (2%)	0.665	3.7

^aRisk from the combined chest-abdomen-pelvis (CAP) examination, i.e., the summation of risk from the chest scan and that from the abdomen-pelvis scan.
^bRisk ratio equals risk to the newborn patient from the CAP examination over risk to the teenager patient from his CAP examination.
^cCancer risks to organs that were completely outside of the image coverage.
^dCancer risks to organs that were completely outside of the scan coverage.

	Fille 5 semaines	Garçon 12 ans
Risque global	1,075	0,184
Thyroïde	0,18	0,20
Sein	0,33	
Poumon	0,27	0,08
estomac	0,01	0,01
leucémie	0,01	0,01

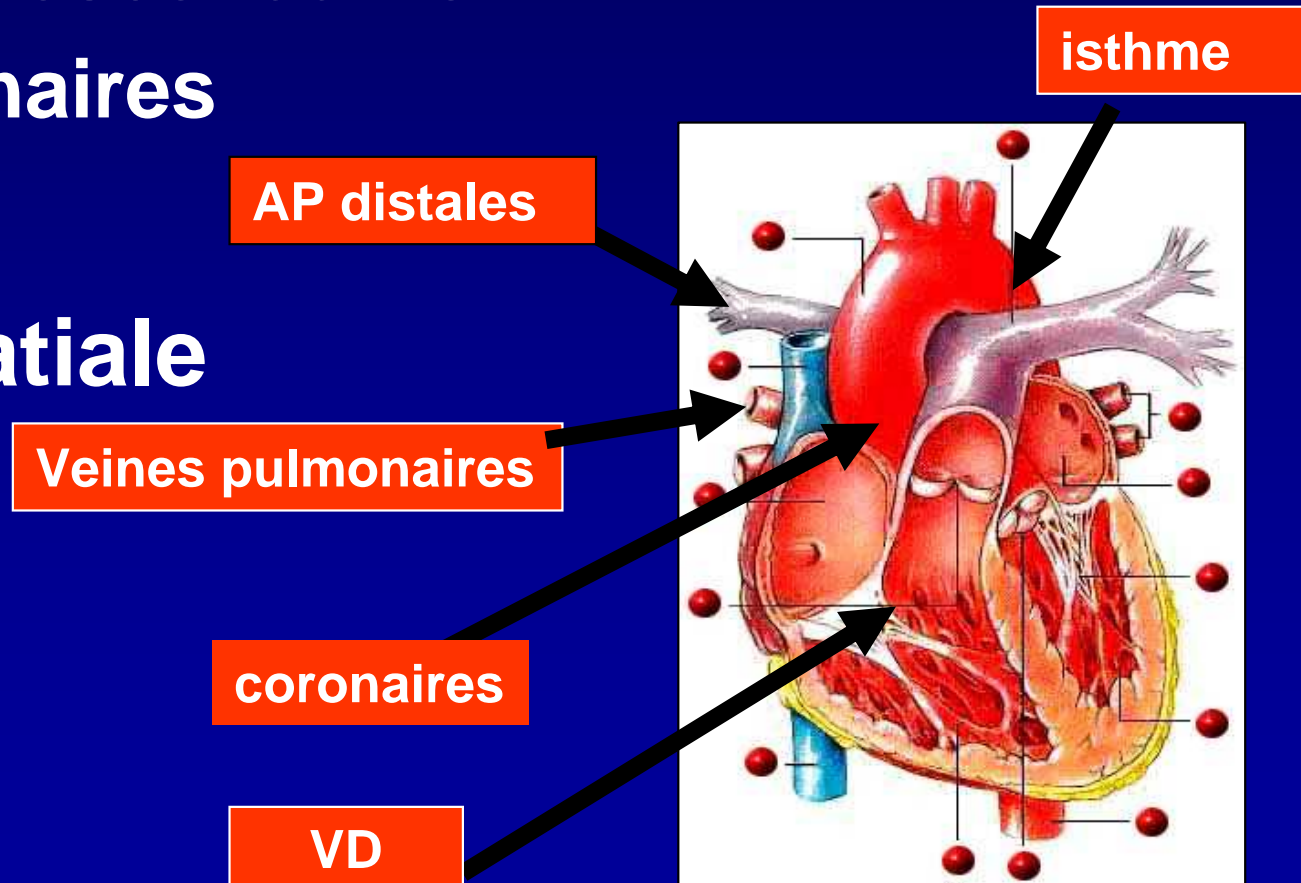
Et le cardio vasculaire ?



- Avant tout le domaine de l'échographie

Limites de l'échographie

- Accessibilité de la structure anatomique
 - AP distale
 - Isthme et AO descendante
 - Veines pulmonaires
- Évaluation 3D
- Résolution spatiale
 - coronaires

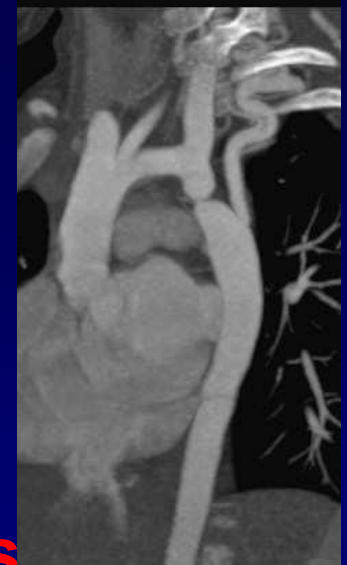


Explorations plus vasculaire que cardiaque

- Vx afférents VC (Sup et Inf) , V pulmonaires
- Vx efférents Aorte et artères pulmonaires



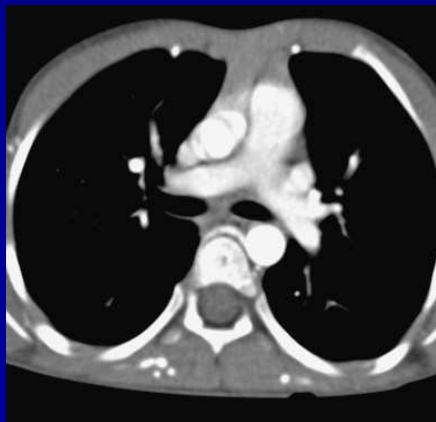
Angio TDM des gros vaisseaux thoraciques



- Généralement pas de gating nécessaire
- Tension la plus basse possible : 80 Kv

Petit : 20 à 30 mAs

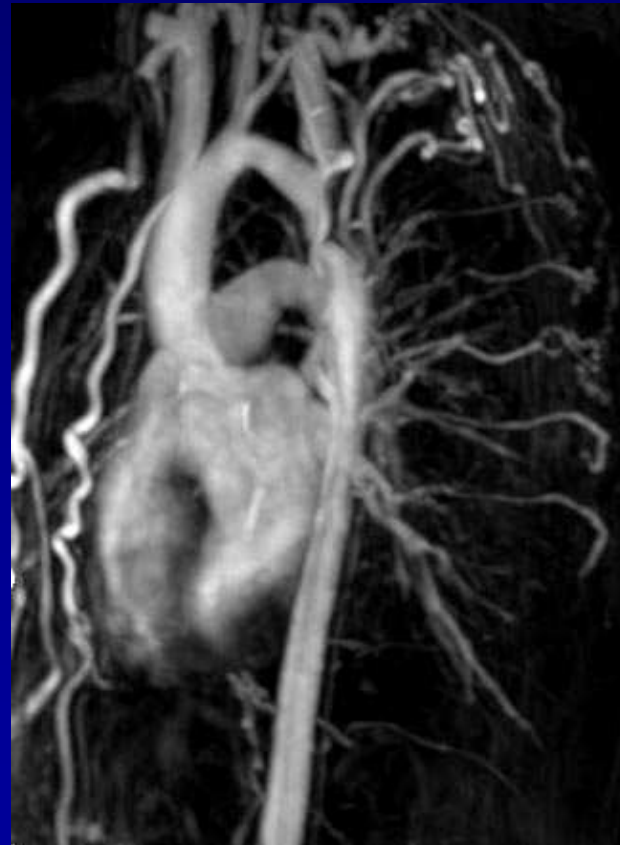
- Bon contraste :
 - paramètres
 - Injection IV



Poids	ANGIO thoracique hélice en 0,75 mm		CTDI vol en mGy
	kV	mAs	
<15 kgs	80	30	0,78
15 - 25 kgs	80	50	1,3
25 - 35 kgs	80	75	1,95
35 - 45 kgs	80	110	2,86
45 - 55 kgs	80	150	3,9

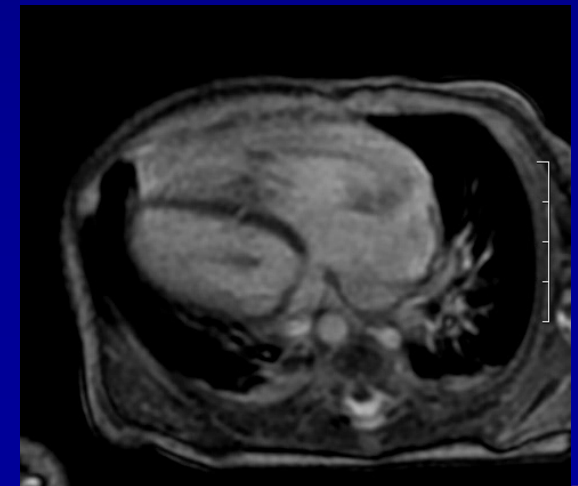
DEVELOPEMENT de l'IRM

- **Mediastinales : pathologie tumorale**
- **Vasculaire artérielles et veineuses**
- **cardiaques**



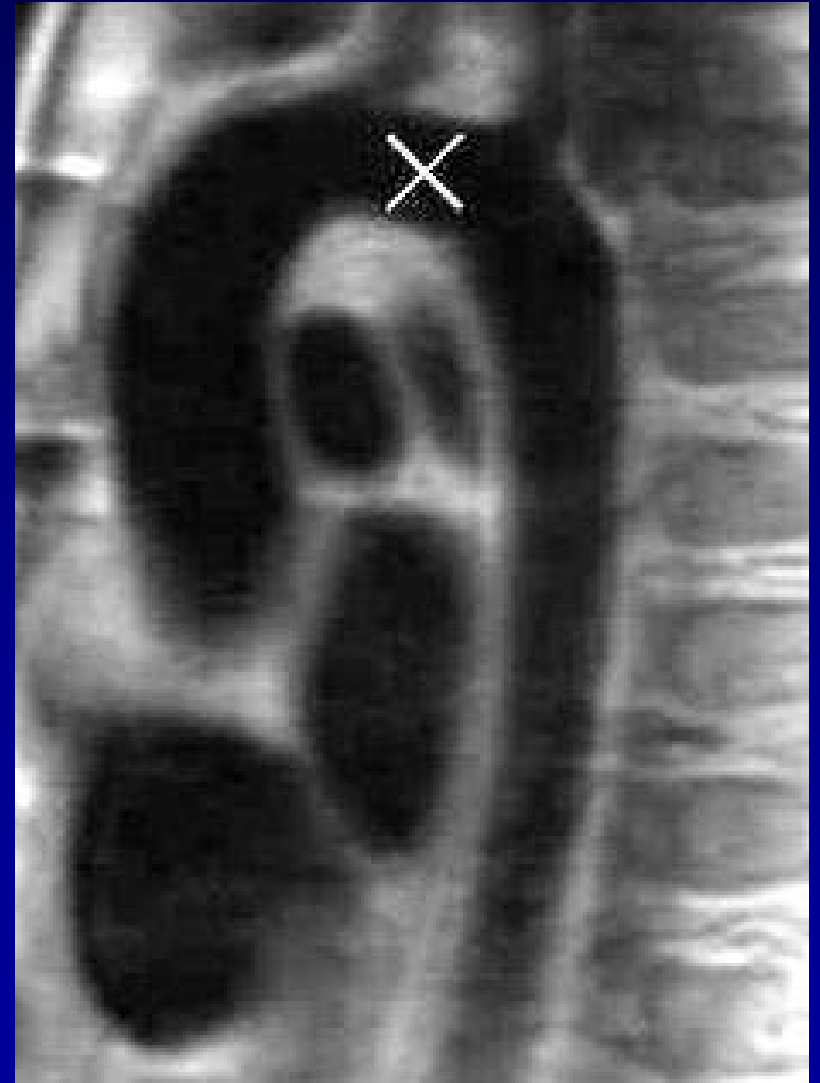
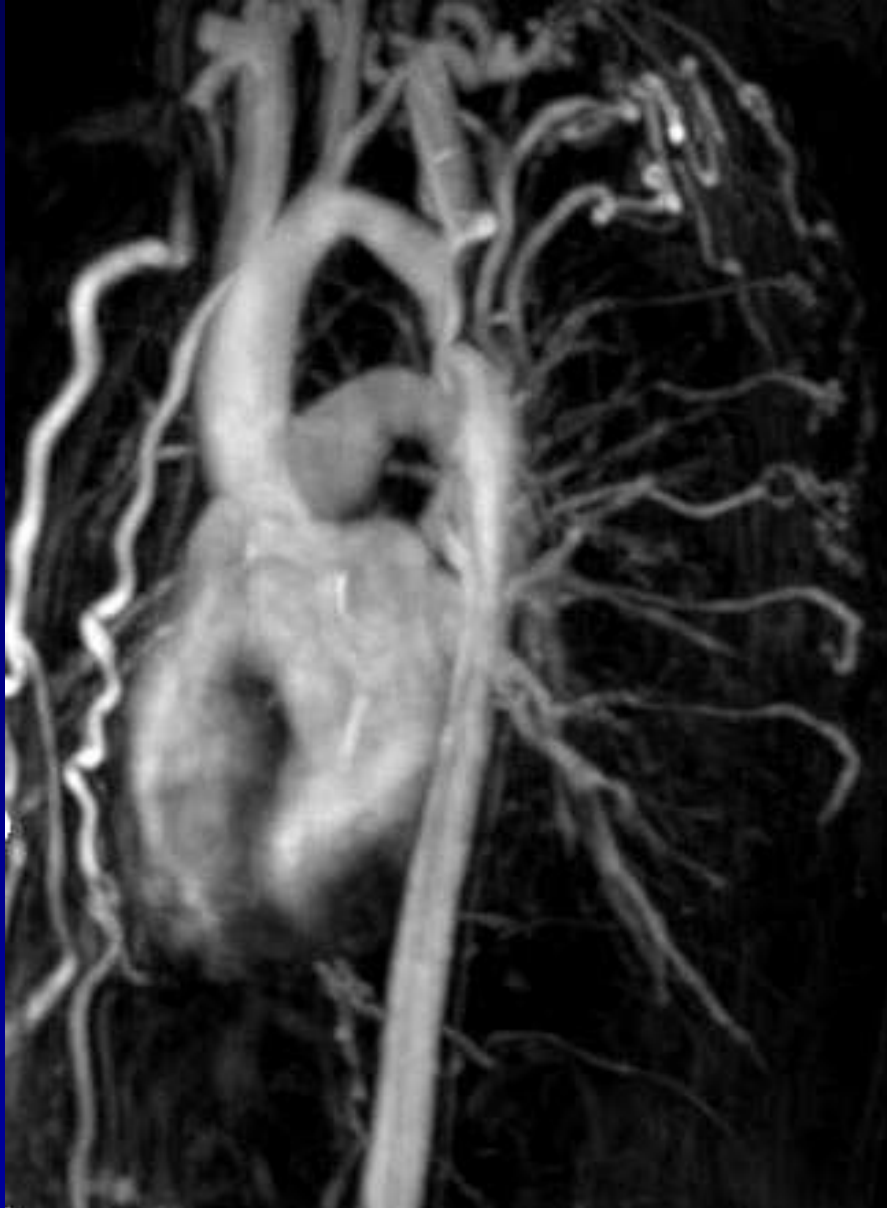
IMPERATIFS TECHNIQUES A L'IRM

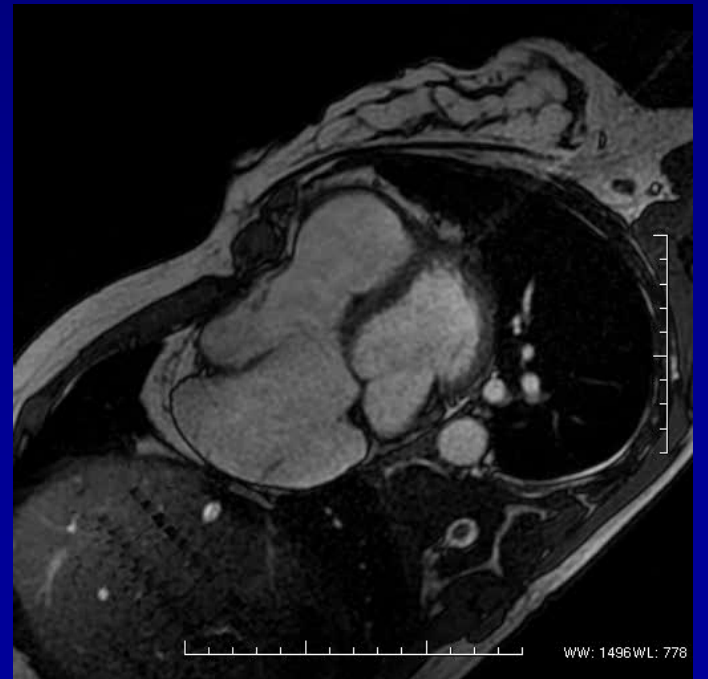
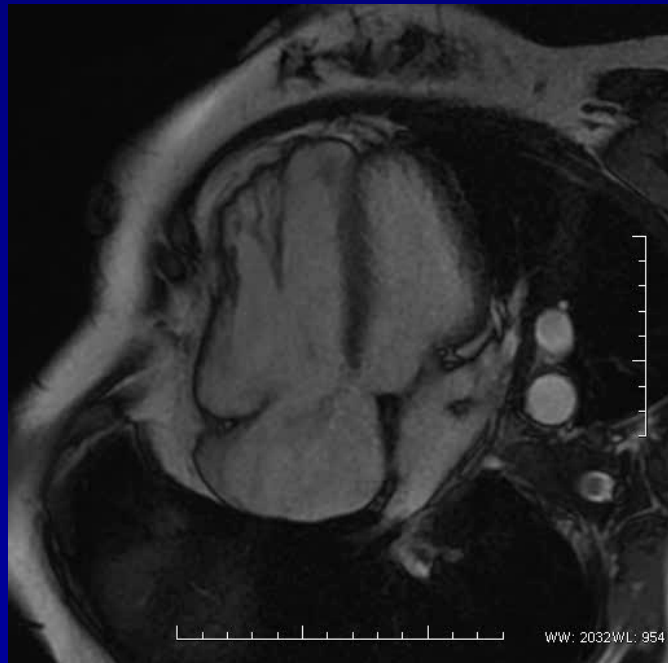
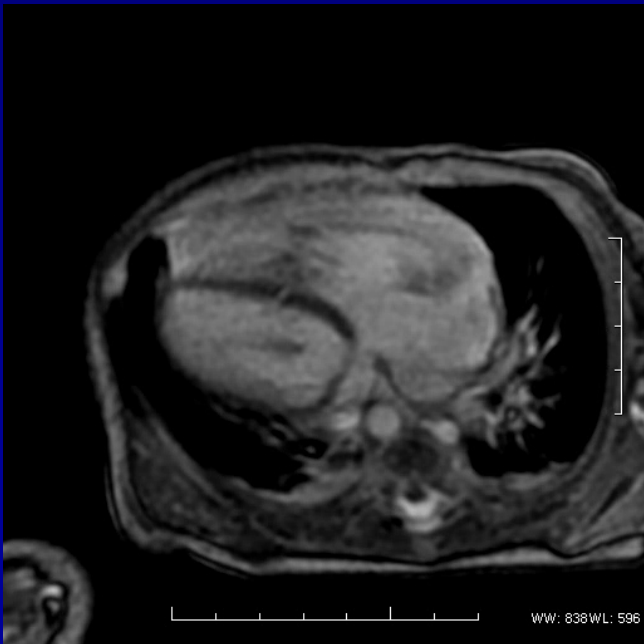
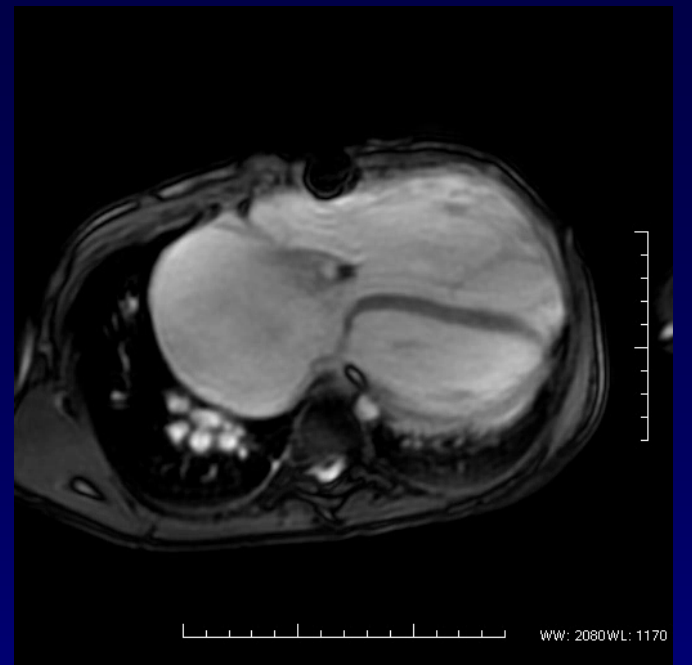
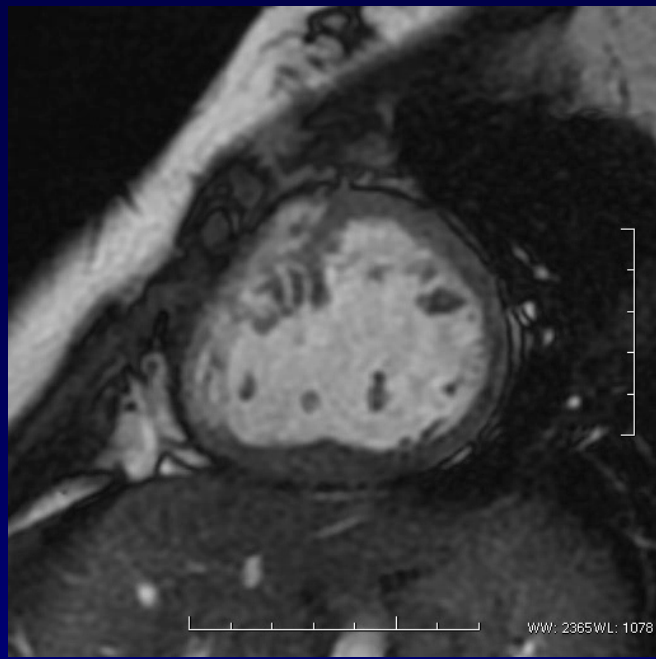
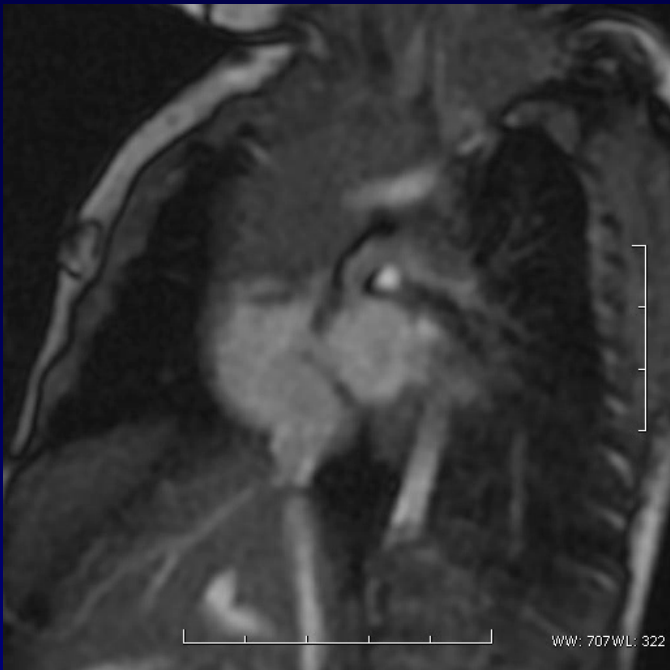
- Objectif : **Etude morphologique et fonctionnelle**
- Compromis
 - Résolutions spatiale et temporelle...
 - Mais aussi résolution en signal, pondération de l'image, durée de la séquence
- Absence d'artéfact de mouvement
 - **Contention, sédation**
 - **Synchronisation cardiaque**
 - Mouvement respiratoire :



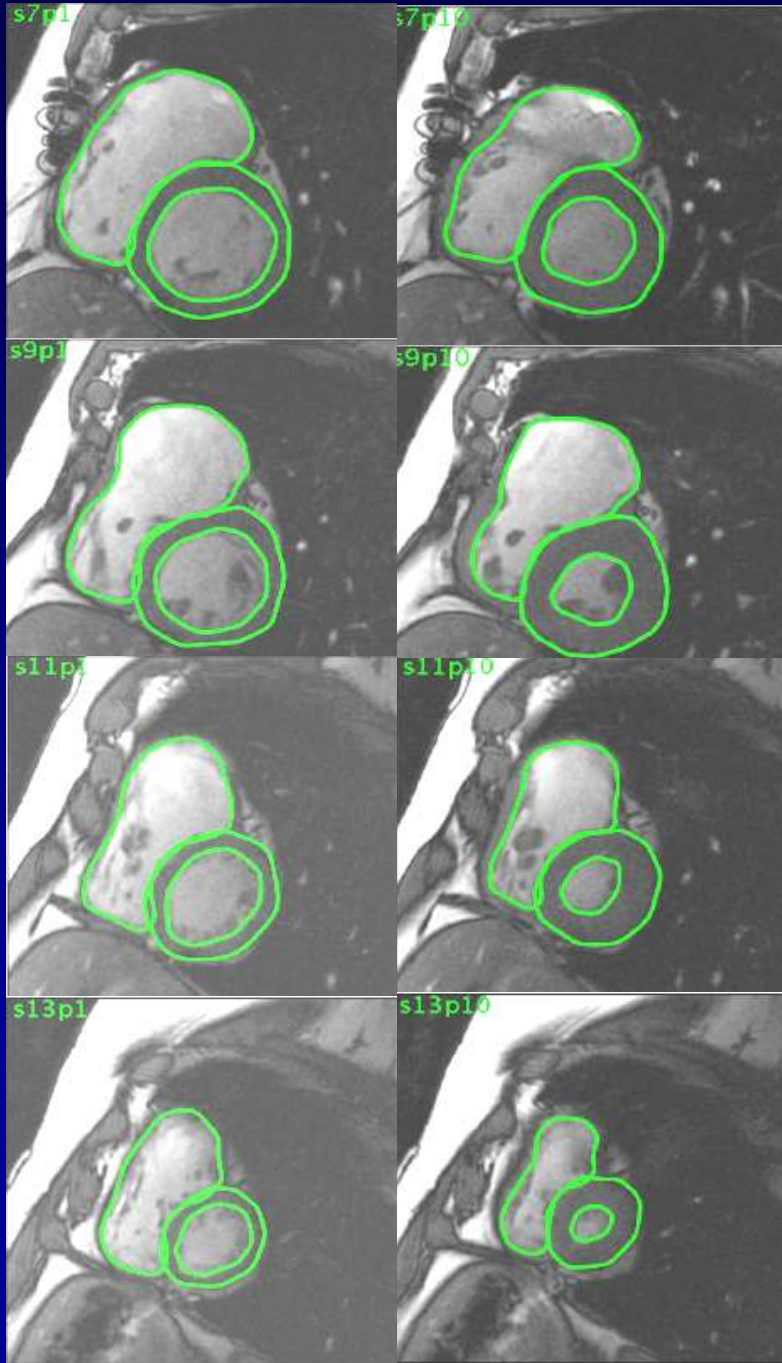
IRM

- **Etudes dynamiques :**
 - **Vélocimétrie : sens et vitesses des flux**
 - **Volumes : fraction d'éjection**
- **L'avenir**
 - **Acquisition dynamique**
 - **Mouvements d'une structure**
 - **Progression du produit de contraste**
 - **Acquisition volumique**





POST TRAITEMENT



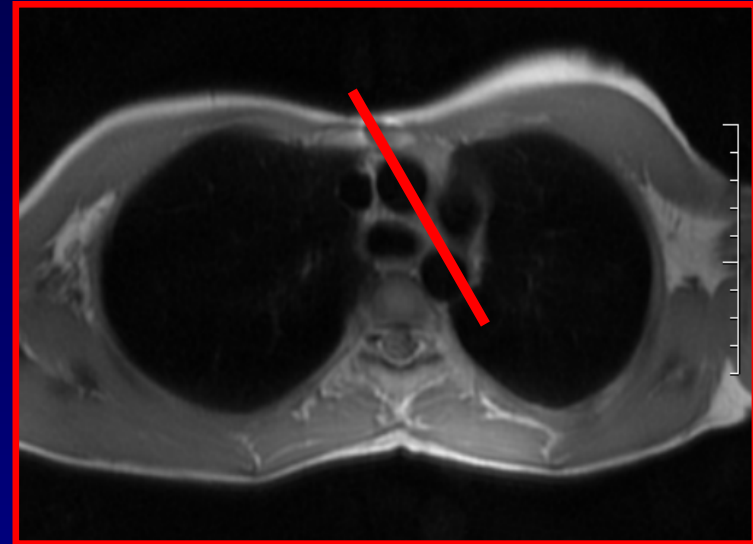
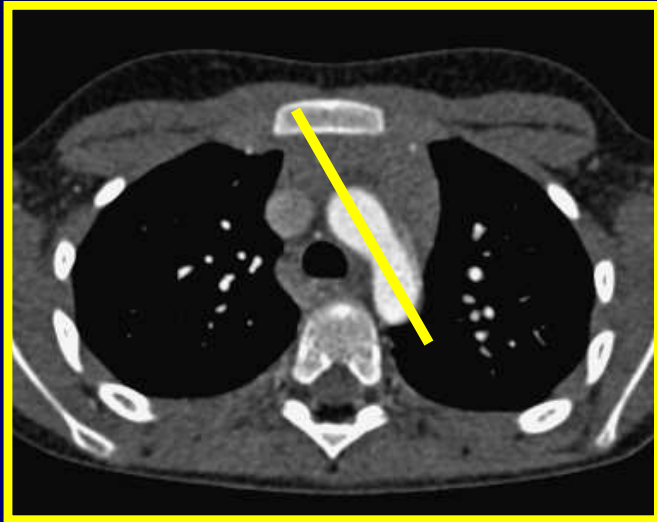
Ventricule gauche

Volume diastolique final du ventricule gauche	89,4 ml	
Volume systolique final du ventricule gauche	34,8 ml	
Volume épicaudique diastolique final	170,6 ml	
Volume épicaudique systolique final	143,1 ml	
Fraction d'éjection du ventricule gauche	61,1 %	(50-70)
Volume systolique	54,6 ml	
Fréquence cardiaque	86 bpm	
Débit cardiaque	4,7 l/min	
DF Mass VG	85,3 g	
SF Mass VG	113,7 g	

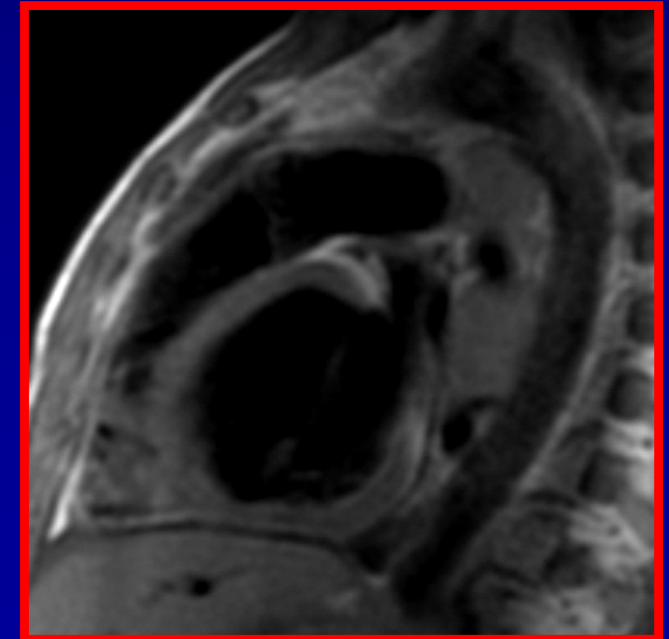
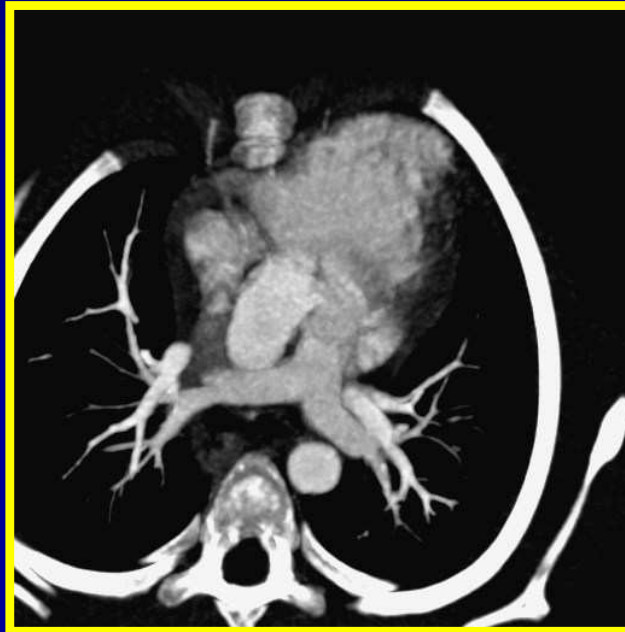
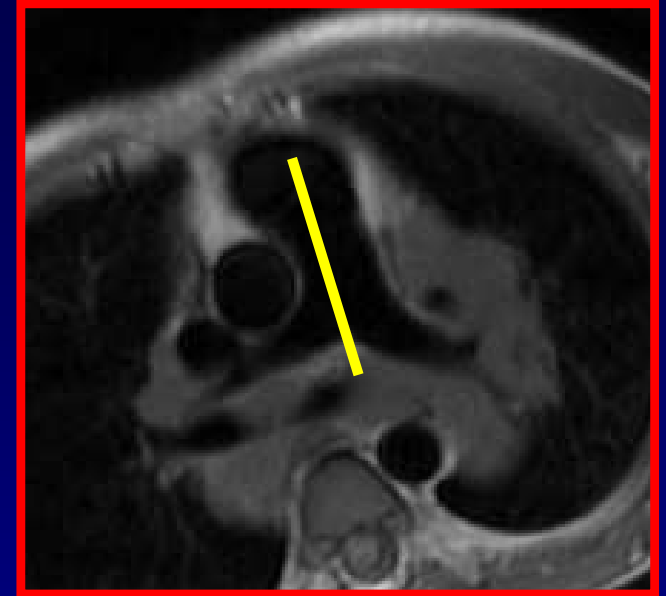
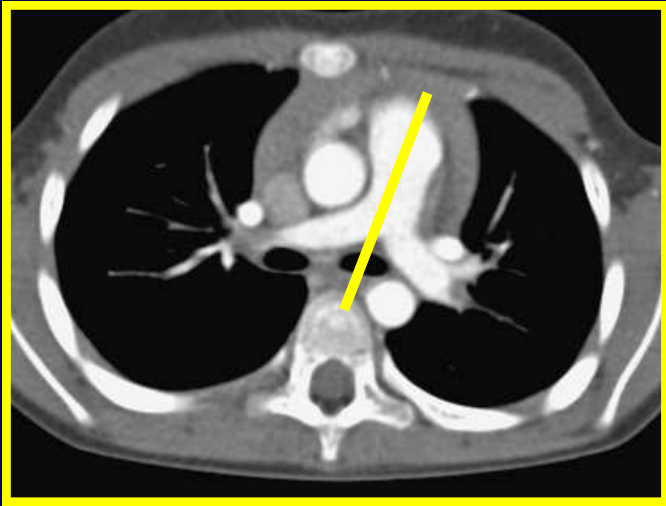
Ventricule droit

Volume diastolique final du ventricule droit	207,7 ml	
Volume systolique final du ventricule droit	157,7 ml	
Fraction d'éjection du ventricule droit	24,1 %	(40-60)
Volume systolique du ventricule droit	50 ml	

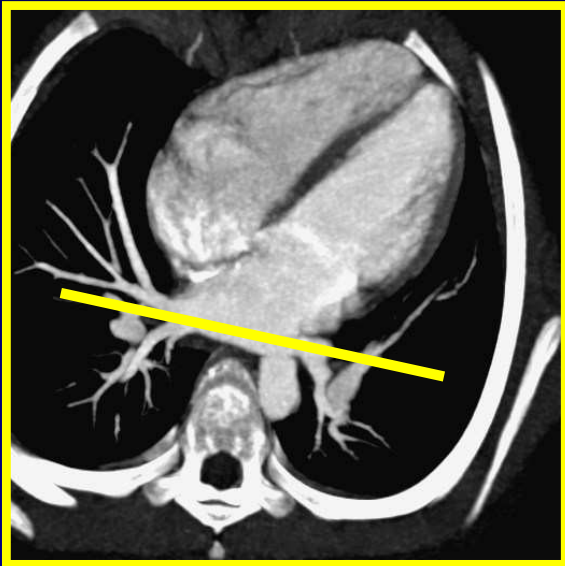
VOIE GAUCHE



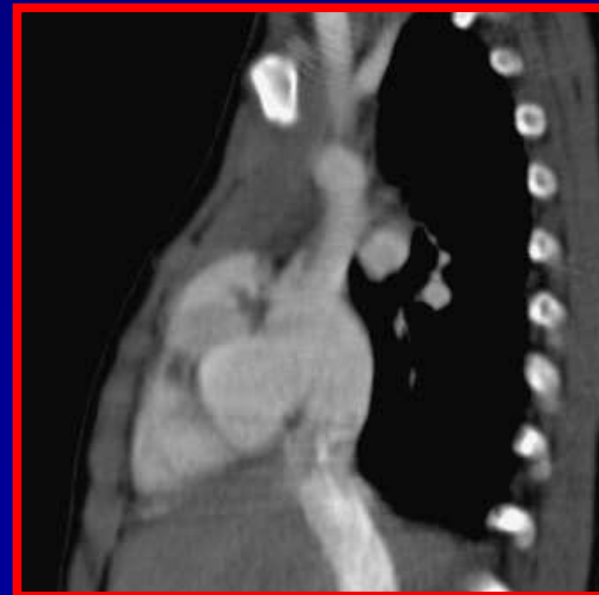
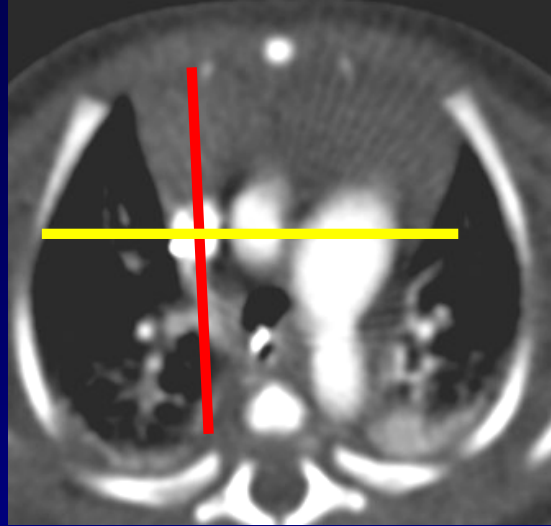
VOIE DROITE



VEINES PULMONAIRES

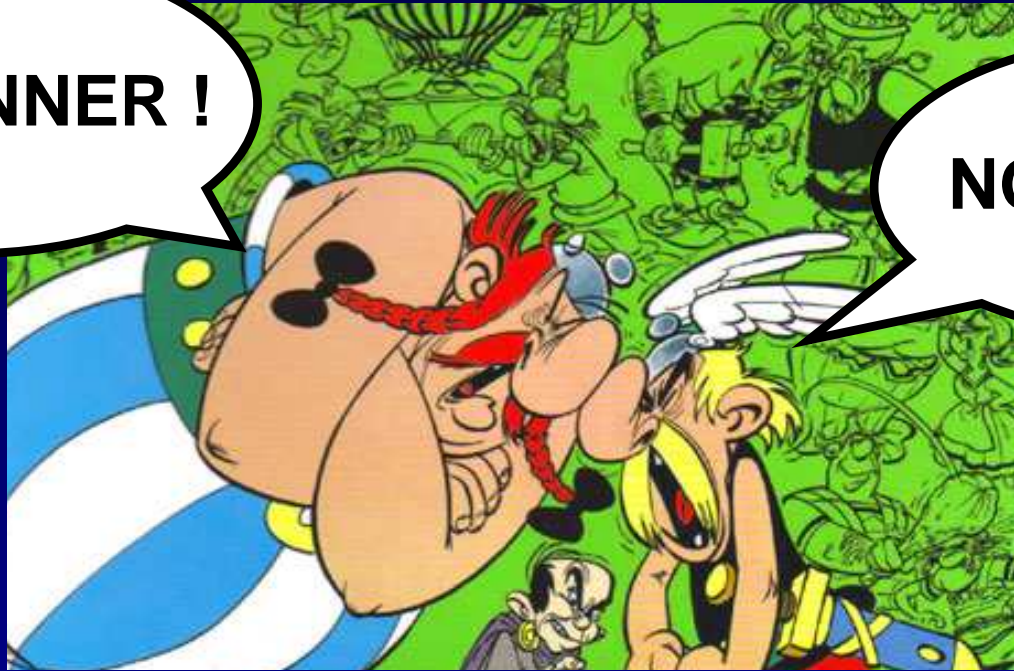


VEINES CAVES



QUELLE TECHNIQUE CHOISIR ?

LE SCANNER !



NON ,L'IRM !!!

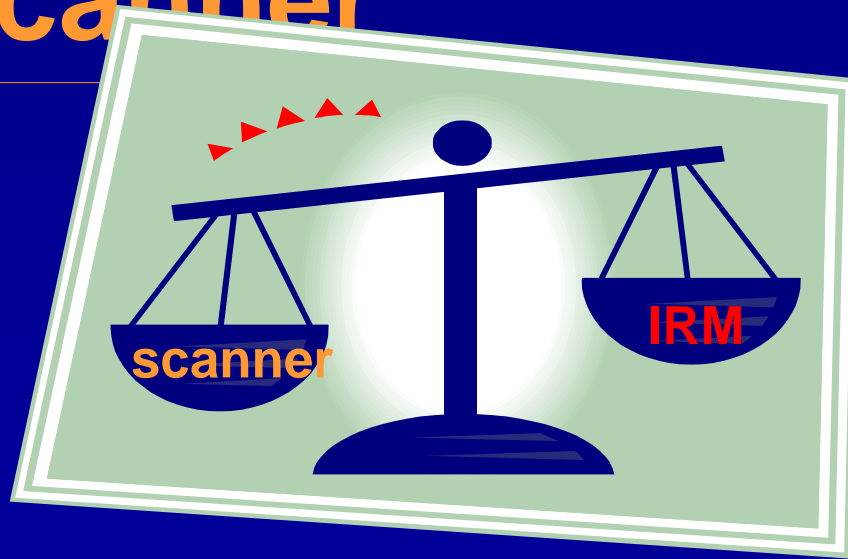
- **Premier pallier** : les contraintes
- **Second pallier** : quelle indication ?

Faire des Scanner ou IRM facilité de mise en oeuvre

- facilité de mise en oeuvre
 - Résolution spatiale
 - Acquisition volumique
 - Résolution temporelle
- Radioprotection
 - Résolution spatiale
 - Acquisition volumique
 - Résolution temporelle

IRM

Scanner



PREMIER PALLIER

- Disponibilité des machines
- Contre indications
- État clinique et environnement de l'enfant



LA ...OU LES QUESTIONS POSEES ?

- Bilan morphologique du cœur ?
ECHOGRAPHIE > IRM >>>TDM gating
- Bilan vélocimétrique ?
ECHOGRAPHIE +++ et si besoin IRM
- Bilan de la biométrie et de la fonction cardiaque ? **IRM > ECHO >>> TDM**
- Bilan morphologique des vaisseaux thoraciques ?
- Bilan des coronaires ?

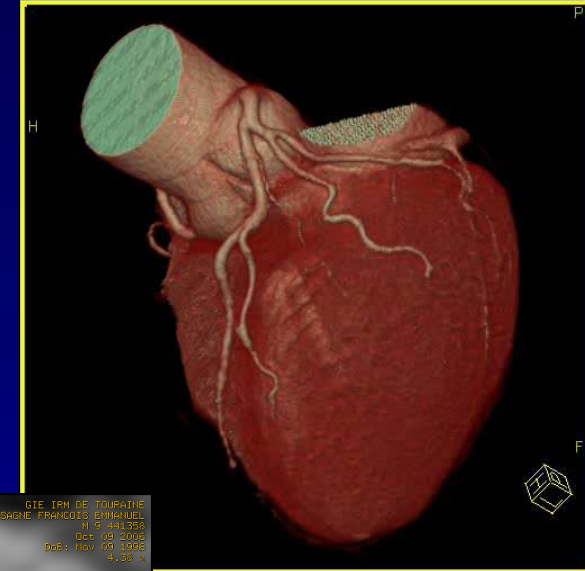
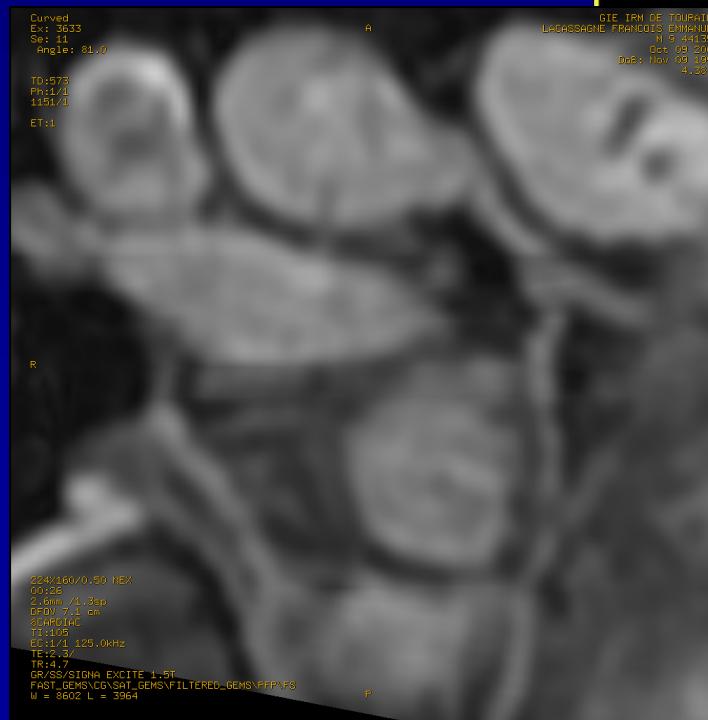
BILAN MORPHOLOGIQUE DES VAISSEAUX THORACIQUES

- **IMAGERIE EN COUPE >> ECHO**
- **TDM vs IRM ?**

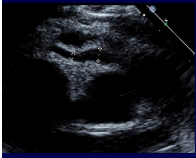
- **Voie gauche**
- **Voie droite**
- **Veines systémiques**
- **Veines pulmonaires**
- **Canal artériel, vx collatéraux**

Et les coronaires ?

- ANOMALIES DE TRAJET
 - Bilan préopératoire sténoses pulmonaires
- ANOMALIES DE CALIBRE
 - Dilatations + + (Kawasaki)
 - Sténoses...

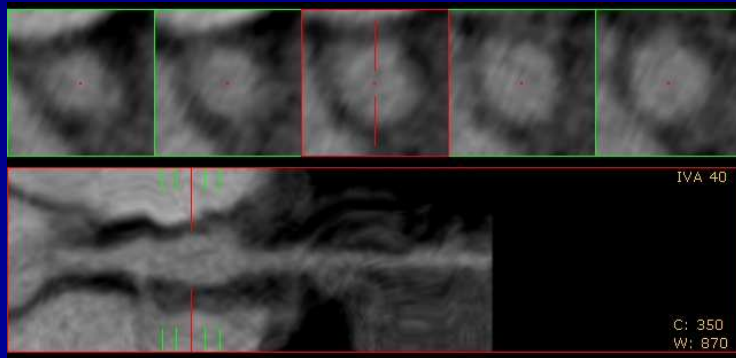
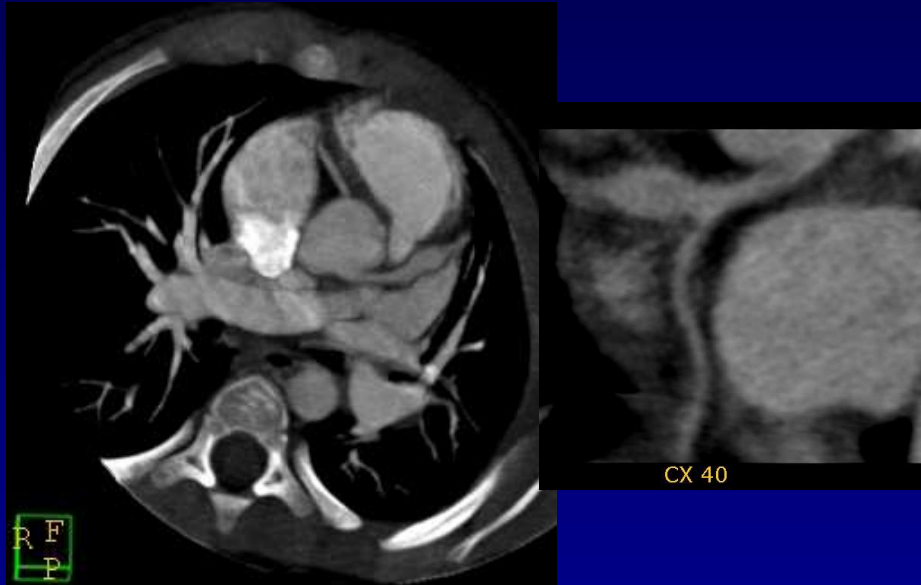


IV+



Coronaires : imagerie par coupes

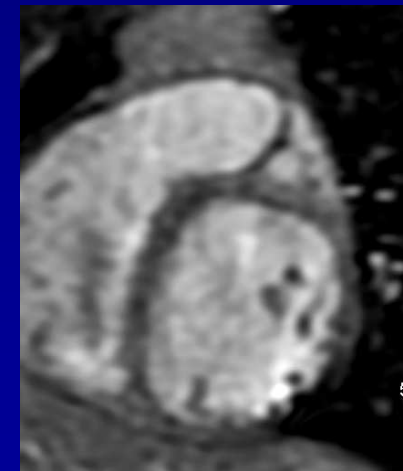
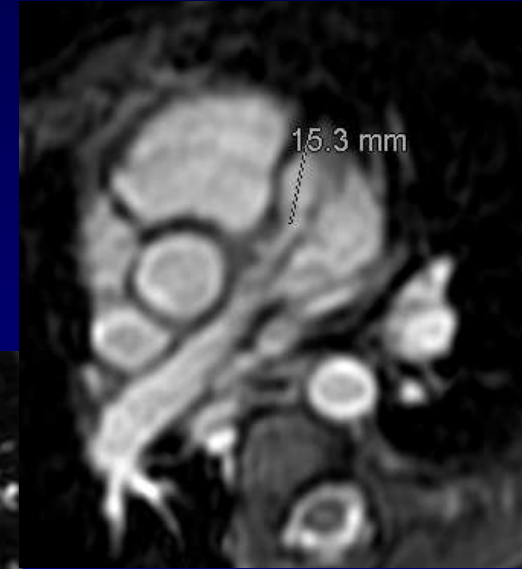
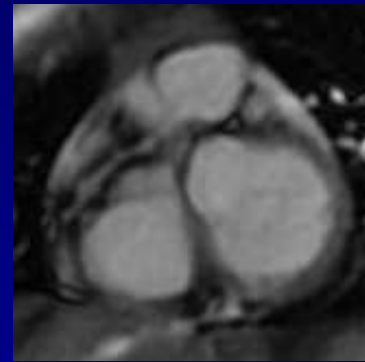
- scanner



Coronary Artery Aneurysms Due to Kawasaki Disease: Diagnosis with Ultrafast CT¹

E. E. Frey Radiology 1988 ;167:725

- IRM



**MR pertinente avant 6 ans
Takemura RSNA 2007**

L'enjeux : la cardiopédiatrie

- Terrain à redécouvrir
- Challenge à notre portée
 - Pathologie malformative
 - L'embryologie on connaît !
 - La **connaissance technologique**
 - C'est notre domaine !
 - Le savoir faire
 - On a l'habitude des enfants « difficiles » !