



**Service de radiodiagnostic
et radiologie interventionnelle**
Professeur Reto Meuli, Chef de service
Rue du Bugnon 46, 1011 Lausanne, Suisse
Web.: www.chuv.ch/rad

**RADIOPROTECTION EN RADIOLOGIE
PROGRÈS TECHNOLOGIQUES ET EXPOSITION DU PATIENT**

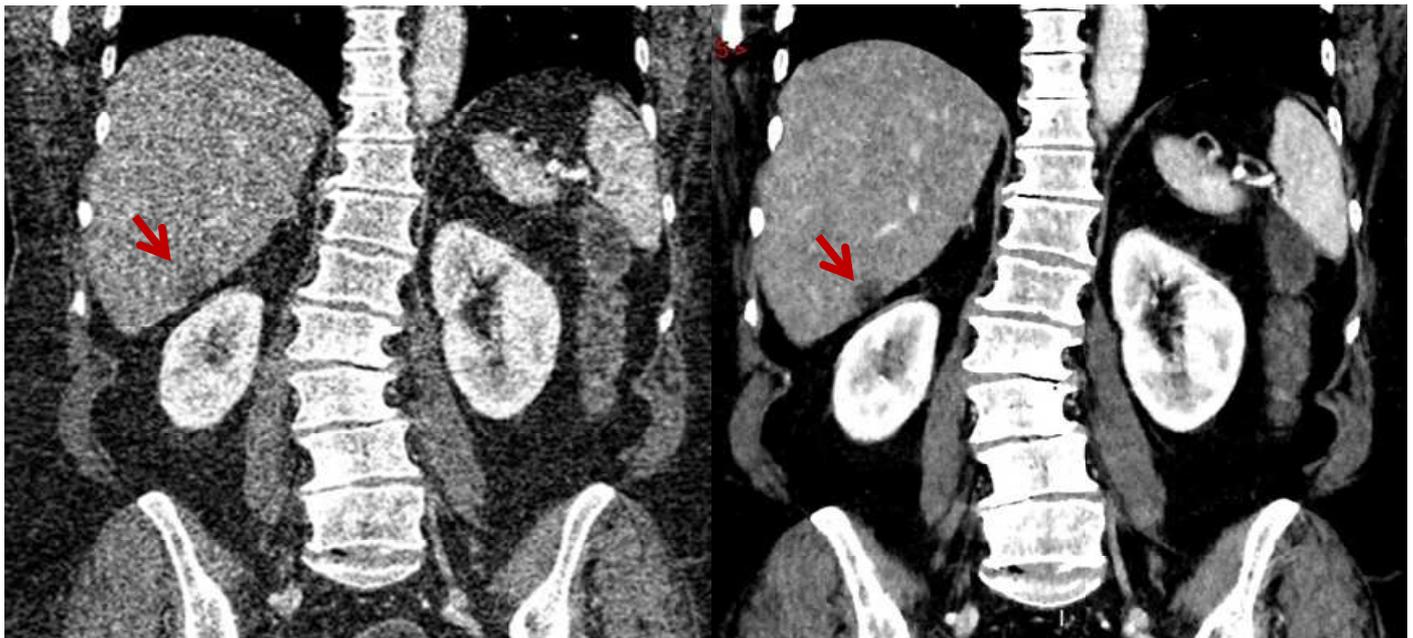
Dr Sabine SCHMIDT - Pr Francis R. VERDUN

Samedi 2 novembre 2013 – 8h00-13h00,
Jéquier Doge, PMU, CHUV, Lausanne

**Ultra-low dose thoraco-abdomino-pelvic CT
100kV, 10-300mA, 0.6s/rotation, noise index 55, 4.2 mSv**

FBP

VEO



Liver metastasis or biliary cyst ?

SIEMENS

Guerbet | 
Contrast for Life



imagination at work



Bayer HealthCare

RADIOPROTECTION EN RADIOLOGIE :PROGRÈS TECHNOLOGIQUES ET EXPOSITION DU PATIENT

Dr Sabine Schmidt, Prof. Francis Verdun

Samedi 2 novembre 2013 – 8h00-13h00- Auditoire Jéquier Doge, PMU, CHUV, Lausanne

Programme

08:00	Café d'accueil	
<hr/>		
08:30	Introduction	Pr R. MEULI
08:35	Cancer et radiologie Etat des lieux des enquêtes épidémiologiques ?	F. BOCHUD
09:05	Iterative reconstruction technique for abdominal CT : How low can we go?	S. SCHINDERA
09:35	CT thoracique: relation, indication et potentiel de réduction de dose	C. BEIGELMAN
10:05	Pause café	
<hr/>		
10:30	CT en pédiatrie : revue des techniques d'optimisation des doses	T. ZAND
11:00	Imagerie en mammographie : les nouveautés en matière de tomosynthèse.	R. KLAUSZ
11:30	Imaging and radiation dose during pregnancy ?	P. VOCK
12:00	L'implication du physicien médical en radiologie : une démarche réellement utile ?	F.R. VERDUN
12:20	QUIZ sur la radioprotection	S. SCHMIDT
12:50	Synthèse de la matinée	R. MEULI
13:00	Fin de la formation	

Cours dispensés par :

Dr Catherine BEIGELMAN-AUBRY,	Radiologie, CHUV, 1011 Lausanne
Pr François BOCHUD,	IRA Institut de radiophysique, Grand-Pré 1, 1007 Lausanne
Dr Remy KLAUSZ,	General Electric, 78533 Buc, France
Dr Sebastian SCHINDERA, PD,	Radiologie – Universität Basel
Dr Sabine SCHMIDT, PD, MER,	Radiologie, CHUV, 1011 Lausanne
Pr Francis R. VERDUN,	IRA Institut de radiophysique, Grand-Pré 1, 1007 Lausanne
Pr Peter VOCK,	Diagnostische Radiologie der Uni, Inselspital, Bern
Dr Tristan ZAND,	Centre d'Imagerie d'Onex, 1213 Onex
Pr Reto MEULI,	Radiologie, CHUV, 1011Lausanne



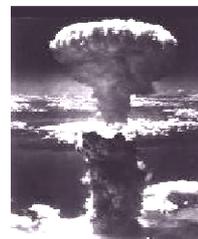
Les enfants sont deux à trois fois plus sensibles que les adultes

- Est-ce correct ?
- **Revue systématique** de la majorité des études
 - impliquant des enfants
 - < 20 ans
 - pas in utero
 - long follow-up nécessaire
- Très hautes doses
 - peu de cas connus
 - effets sévères
- Basses doses (<100 mSv)
 - grandes cohortes indispensables



Données à disposition

- **CT-scan** en médecine
 - les premières données sortent
- **Patients de RTH** ayant eu un cancer
 - doses relativement importantes
 - plusieurs décennies de suivi
- **Survivants H&N**
 - **5% /Sv**
 - 60 ans de follow-up et beaucoup encore en vie
 - Sur 86'611 personnes, 17'833 (0–9 ans) et 17'563 (10–19 ans)
- **Essais bombes atomiques & proximité des centres atomiques**
 - dose encore plus faibles
- **Tchernobyl**
 - utile pour la thyroïde
 - données pas encore claires, 25 ans après



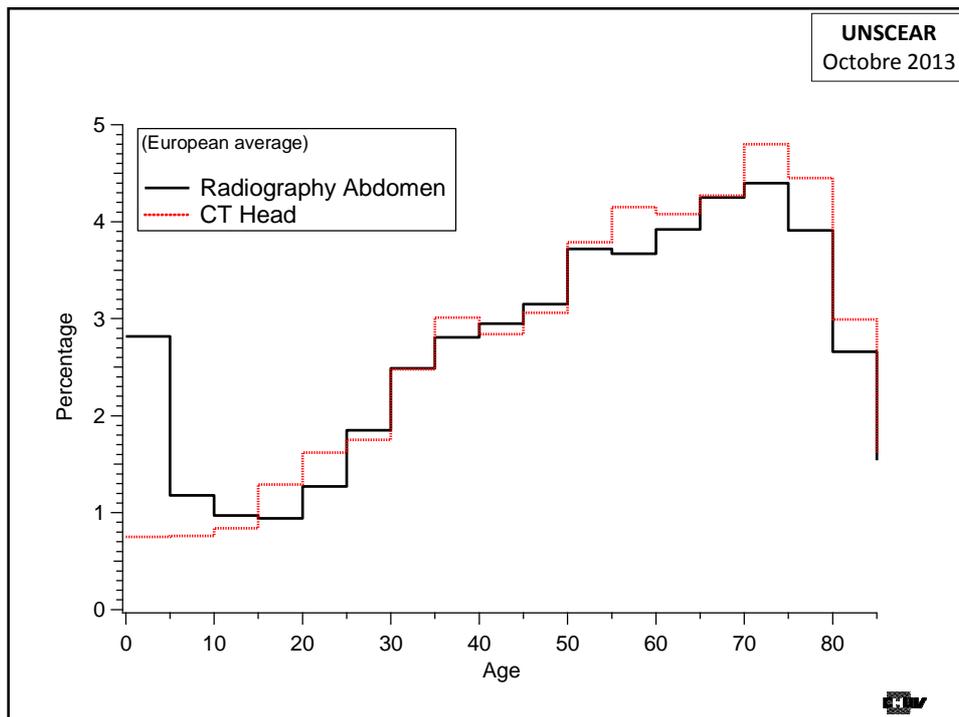
Sources d'exposition

- Les **enfants** tendent à être **moins exposés que les adultes**
 - pas d'expositions professionnelles
 - moins d'examens médicaux
- **Sources** principales
 - **environnement**
 - typiquement 2.4 mSv/an
 - radon source principale
 - procédures **diagnostiques** et **thérapeutiques**
 - 3% - 10% des diagnostics
 - 0.3% des radiothérapies (USA)
 - **accidents** radiologiques



<i>Examination</i>	<i>Percentage performed on children (%)</i>	<i>Examination</i>	<i>Percentage performed on children (%)</i>
RADIOGRAPHY		CT SCANNING	
Chest (posterior-anterior)	9	CT head	8
Chest (lateral)	10	CT abdomen	4
Limbs and joints	15	CT thorax	5
Lumbar spine (anterior-posterior)	7	CT spine	3
Thoracic spine (anterior-posterior)	12	ANGIOGRAPHY	
Cervical spine (anterior-posterior)	9	Non-cardiac angiography	2
Head	19	Cardiac angiography	4
Abdomen	13	Cerebral angiography	2
Upper gastrointestinal	3	NUCLEAR MEDICINE	
Lower gastrointestinal	3	Not available	
Cholecystography	2	RADIOTHERAPY	
Pelvis/hip	9	Not available	
Urography	7		





UNSCEAR
Octobre 2013

Induction de **cancers**

- Incidence des tumeurs radiogéniques
 - **plus variable** chez les enfants que chez les adultes
 - dépend du **type de tumeur**
 - dépend de l'**âge** et du **sexe**

Sur 23 types de cancer étudiés

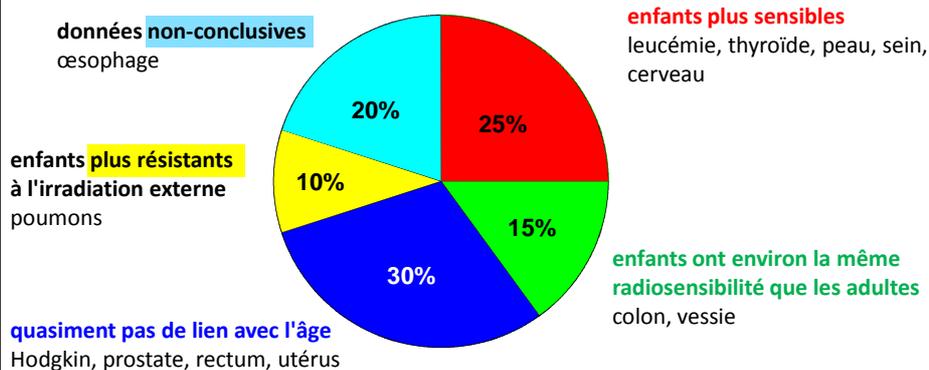


Table 13. Comparison of carcinogenesis risks at age-at-exposure for children versus adults

Cancer site	More	No difference	Less	No sufficient data	Level of evidence
Oesophagus				X	
Stomach (mortality)	ERR	EAR			Moderate
Small intestine ^a				X	
Colon					
- (incidence)	EAR	ERR			Weak
- (mortality)	EAR & ERR				
Rectum ^a				X	
Pancreas ^a				X	
Liver		X			Weak
Lung			X ^b		Moderate
Skin non-melanoma	X				Moderate
Breast	X				Strong
Uterus				X	
Cervix ^a				X	
Ovary				X	
Prostate ^a				X	
Kidney				X	
Bladder		X			Moderate
Brain	X				Strong
Thyroid	X				Strong
Parathyroid				X	
Hodgkin's lymphoma ^a				X	
Non-Hodgkin's lymphoma				X	
Myeloma				X	
Leukaemia non-CLL	X				Strong
Myelodysplasia	X				Weak

^a These tumours are not definitely shown to be increased by radiation exposure.

^b The limited data on radon and lung cancer indicate approximately the same risk after exposure at pre-adult and adult ages.

Effets tissulaires

- Les **enfants** tendent à être **plus radiosensibles** que les adultes

plus sensibles

défauts cognitifs
cataracte
nodules à la thyroïde

identiques

problèmes
neuroendocriniens
foie

plus résistants

fct pulmonaire
prob. médullaires
et ovariens



Table 14. Comparison in children and adults of risks of developing physiological abnormalities following internal and external exposure
Most of the age-at-exposure effects are not seen at doses of less than 0.5 Gy

Organs	More	Same	Less	No sufficient data	Levels of evidence	Comments
Deterministic risks following radiotherapy in children versus adults						
Brain	X				Strong	Neurocognitive reduction
Neuroendocrine		X			Strong	Consequences greater owing to growth hormone suppression
Cataracts	X				Weak	
Cerebrovascular accident	X				Moderate	Stroke
Heart	X				Strong	Prevents growth and remodelling, valvular abnormalities
Breast hypoplasia	X				Strong	Most severe during puberty
Lung			X		Weak	Depends on end point: maximum capacity decreased if chest wall growth is inhibited
Thyroid hypofunction		X			Weak	
Thyroid nodules	X				Strong	
Thyroid autoimmune				X		
Kidney		X			Weak	
Bladder	X				Strong	Bladder capacity reduced
Testes	X				Strong	Most severe during puberty. Reduction in sperm and hormones
Ovaries			X		Moderate	Less sensitive at younger age
Uterus	X				Moderate	Uterine vasculature impaired
Musculoskeletal	X				Strong	Hypoplasia, deformity, osteochondroma
Immune				X		
Marrow whole body			X		Strong	Less available marrow when older



Effets héréditaires : cancers

- **Pas plus de cancers** dans la **progéniture** de ceux qui ont été **exposés étant enfants**

... comme pour les adultes



Effets héréditaires : autres effet

(Beaucoup d'études chez les enfants dont les **parents ont reçu** des traitements de **radiothérapie** étant enfant)

- si la **mère** a eu une **radiothérapie du pelvis**
 - incidence de **fausses couches** légèrement plus élevée
 - **poids** à la naissance **plus faible**
 - davantage de naissances **avant terme**
 - **taille** à l'âge adulte **plus faible** si l'utérus a reçu > 5 Gy
- rien d'anormal dans diverses **analyses génétiques**
- **pas** davantage de **malformations**
- **pas** davantage d'**anomalies congénitales**
- **pas** d'effet sur le **sex-ratio**



Les **enfants** sont deux à trois fois **plus sensibles** que les adultes ?

- **En moyenne** sur tous les types de cancers, probablement **oui**
 - un cancer peut mettre des décennies à se développer
- Dans la pratique, il vaut mieux prendre en compte
 - **caractéristiques** de l'exposition
 - **âge et sexe**
 - **endpoint**



Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study

Mark S Pearce, Jane A Salotti, Mark P Little, Kieran McHugh, Choonsik Lee, Kwang Pyo Kim, Nicola L Howe, Cecile M Ronckers, Preetha Rajaraman, Sir Alan W Craft, Louise Parker, Amy Berrington de González



Lancet
Juin 2012

- Cohorte rétrospective, UK
- > **175'000 patients** âgés de **moins de 22 ans**
- **Examens CT** entre 1985 et 2002, en GB
- Estimation par **calcul de la dose**
 - à la RBM et au cerveau
- Estimation de l'excès d'incidence et mortalité
 - **leucémie** et tumeur du **cerveau**
 - entre 1985 et 2008
- Follow-up
 - min **2 ans** après le premier CT pour les **leucémies**
 - min **5 ans** pour les tumeurs du **cerveau**



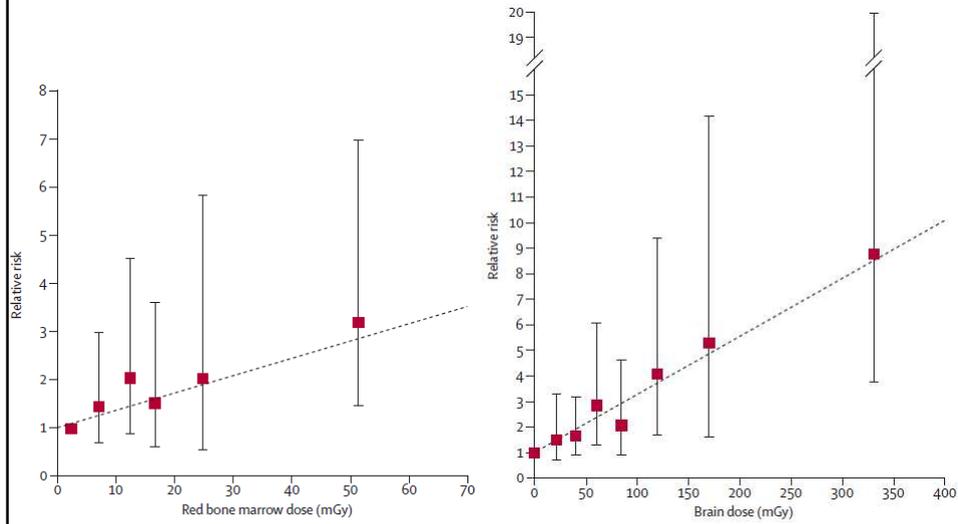
Lancet
Juin 2012

- **Leucémies**
 - 74 / 178'604 patients
 - ERR/mGy : **0.036**, 95% CI 0.005–0.120; $p=0.0097$
 - (significatif uniquement en incluant les **syndromes myélodysplasiques**)
- **Tumeurs du cerveau**
 - 135 / 176'587
 - ERR/mGy : **0.023**, 95% CI 0.010–0.049; $p<0.0001$
- **Risque rel. entre les patients ayant reçus < 5 mGy**
 - et ceux ayant reçu plus de 30 mGy
 - leucémie : **3.18** (95% CI 1.46–6.94)
 - et ceux ayant reçu plus de 50 mGy
 - tumeurs du cerveau : **2.82** (95% CI 1.33–6.03)



Lancet
Juin 2012

**Excellente cohérence avec le
modèle linéaire sans seuil et LSS**



Lancet
Juin 2012

- Examens CT pédiatriques donnant des doses cumulées d'environ
 - **50 mGy** peuvent presque **tripler le risque de leucémie**
 - **60 mGy** peuvent **tripler le risque de tumeur du cerveau**
- Ces cancers sont rares
- Dans les 10 ans après le premier scan d'un enfant de moins de 10 ans
 - **1 excès de leucémie**
 - **1 excès de tumeur du cerveau**
 - **sur 10'000 CT du crâne**



Lancet
Juin 2012

	Leukaemia		Brain tumours	
	ERR per mGy	p value	ERR per mGy	p value
Age at exposure (years)‡				
0-<5	0.030	0.5381	0.005	0.0003
5-<10	0.072		0.028	
10-<15	-0.002		0.037	
≥15	0.049		0.041	



BMJ
Mai 2013

Cancer risk in 680 000 people exposed to computed tomography scans in childhood or adolescence: data linkage study of 11 million Australians

 OPEN ACCESS

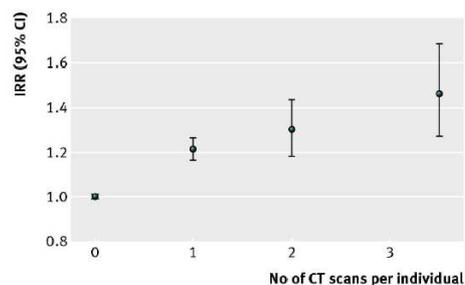
John D Mathews *epidemiologist*¹, Anna V Forsythe *research officer*¹, Zoe Brady *medical physicist*^{1,2}, Martin W Butler *data analyst*³, Stacy K Goergen *radiologist*⁴, Graham B Byrnes *statistician*⁵, Graham G Giles *epidemiologist*⁶, Anthony B Wallace *medical physicist*⁷, Philip R Anderson *epidemiologist*^{8,9}, Tenniel A Guiver *data analyst*⁸, Paul McGale *statistician*¹⁰, Timothy M Cain *radiologist*¹¹, James G Dowty *research fellow*¹, Adrian C Bickerstaffe *computer scientist*¹, Sarah C Darby *statistician*¹⁰



- Cohorte **rétrospective**, Australie
 - entre 1985 et 2005
 - > 10'900'000 sujets
 - 680'211 cancers
- Examens **CT**
 - 3'150 cancers (608 excès)
 - 147 cerveau; 356 autres solides
 - 48 leucémies ou myélodysplasie; 57 autres lymphoïdes
 - Follow-up
 - 1 an après le premier CT
 - 9.5 ans en moyenne
- Estimation de la **dose par calcul**
- Estimation de l'excès d'incidence et mortalité



- Augmentation du risque **déjà** dans la période **1-4 ans après** premier examen
- **Risque** par unité de **dose effective**
 - ERR/mSv : 0.027, 95% CI 0.017–0.037
 - (9 fois plus important que LSS !)
- Risque suite à au moins un examen CT
 - ERR : **0.24**, 95% CI 0.20–0.29; $p < 0.001$
 - plus de risque en bas âge
- Risque suite à chaque examen CT supplémentaire
 - ERR/CT-scan **0.16**



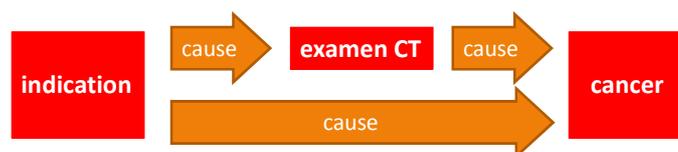
Conclusion de l'étude australienne

- Résultats **compatibles** avec le modèle **linéaire sans seuil**
 - quelle que soit la dose, un risque existe
- Principe de justification
 - faire plus de bien que de mal
 - le **CT** n'est **pas toujours la modalité de choix**
 - traumatisme crânien mineur, suspicion d'appendicite
- Principe d'optimisation
 - toutes les **doses** ne sont **pas encore optimales**
- **Implication des patients** et des **familles** nécessaires



Critique de ces deux études

- **Dosimétrie**
 - limitée pour le Lancet
 - pas utilisée pour le BMJ
- Aucune information sur **l'indication de ces examens**
 - des enfants recevant 5 CT ne sont pas représentatifs de la population et tendent à être en plus mauvaise santé
- L'indication peut être un **facteur de confusion** important ("**Reverse causation**")
 - par exemple, un problème du système nerveux central peut être à la fois la cause de la maladie examinée et du cancer observé par la suite.



Exemple de "reverse causation"

- Etude suédoise sur 35'000 patients ayant réalisé un examen avec de l'I-131 et ayant conduit à 105 cancers

Indication du scan (nombre de cancers)	RR de cancer de la thyroïde par années après le scan				
	2-	5-	10-	>20	Toutes
Toutes raisons (105)	3.1*	2.5*	1.2	1.7*	1.8*
Suspicion de tumeur (69)	6.3*	4.8*	2.3*	3.5*	3.5*
Autres raisons (36)	1.3	1.5	0.6	0.9	0.9

d'après J. Boice, 2nd ICRP Symposium, Abu Dhabi, Oct 2013



Critique de ces deux études

- Temps de **latence (trop) courts**
(1-5 ans pour l'étude UK; 1 an pour l'étude australienne)
 - **amplification** de l'effet d'une potentielle reverse causation
 - **biologiquement peu plausible**
 - association plus grande si l'on considère une latence courte
- Risque **augmentant avec l'âge** du patient pour les tumeurs du cerveau du Lancet



Conclusions

- Les **enfants** sont **plus sensibles**
... mais il y a des **nuances**
- Le **risque radiologique** est **documenté**
... mais **pas** (encore ?) **démontré** dans le domaine du CT
- Tout **examen radiologique** doit être **justifié** et **optimisé**
... le risque doit être justifié par une **indication individuelle**
... une **bonne image** n'est pas (forcément) une **belle image**
- Le **prescripteur** a un **rôle essentiel** en radiologie
... une bonne prescription permet d'optimiser le radiodiagnostic



Iterative reconstruction technique for abdominal CT: How low can we go?

Sebastian T. Schindera, M.D.

Department of Radiology

University Hospital Basel

Basel, Switzerland



Klinik für Radiologie und Nuklearmedizin



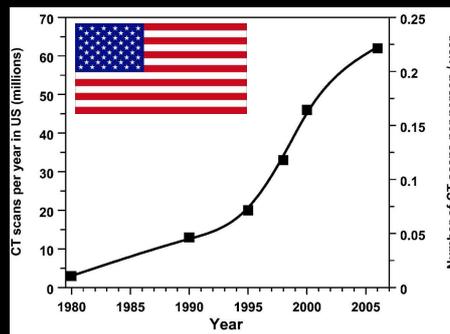
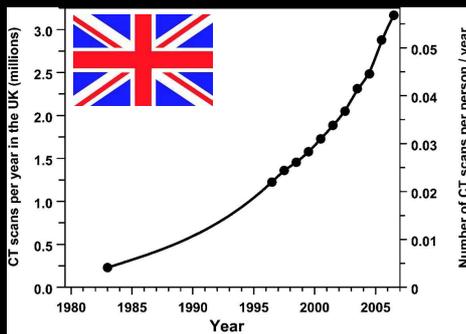
Outline

- I. Importance of dose reduction in abdominal CT
- II. Practical points for dose reduction in abdominal CT
- III. Iterative reconstruction algorithms
- IV. How low can we go with IR in abdominal CT?



I. Importance of dose reduction in abdominal CT

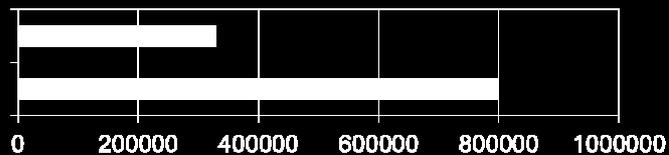
Annual No. of CT scans performed



Hall EJ and Brenner DJ. *BJR* 2008, 81, 362-378



1998
2008



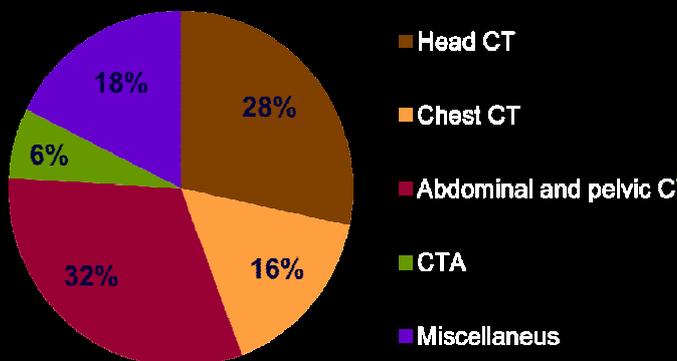
Reasons for increased CT exams

- Technical advances in CT:
 - fast acquisition
 - new clinical applications
- Wide availability of CT scanners

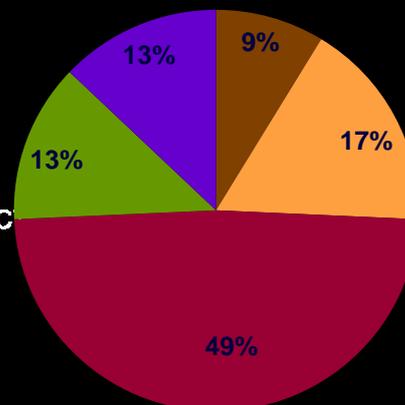


Frequency and associated radiation dose of CT scans

Frequency



Radiation Dose



Effective dose of CT scans

Type of CT Study	Average Effective Dose University Hospital Basel
Angle/foot	0.2 mSv
Brain	1.9 mSv
Chest	2.8 mSv
Abdomen / Pelvis	11.3 mSv

Level of radiosensitivity of organs

High	Medium	Low
Breast	Gonads	Brain
Lung	Bladder	Bone
Bone Marrow	Thyroid	Skin
Colon	Liver	Salivary Glands
Stomach		

IRCP Publication 103 (2007)

Dose reduction in CT

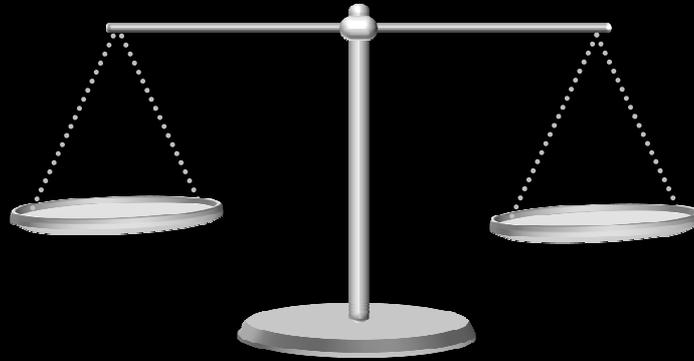
Every effort is necessary to minimize dose from abdominal CT:

- CT manufacturers (invention of dose reduction techniques)
- Technologists (practical radiation protection)
- Medical physicists (CT protocol optimization)
- Radiologists (CT protocol optimization)

 Team approach is most successful

II. Practical points for dose reduction in abdominal CT

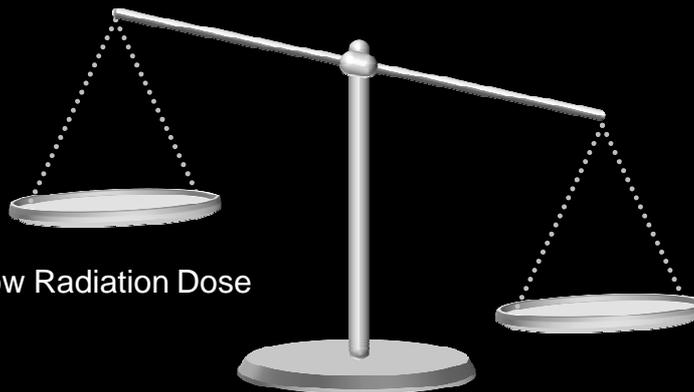
Radiation dose optimization in CT



Radiation dose

Image quality
Diagnostic accuracy

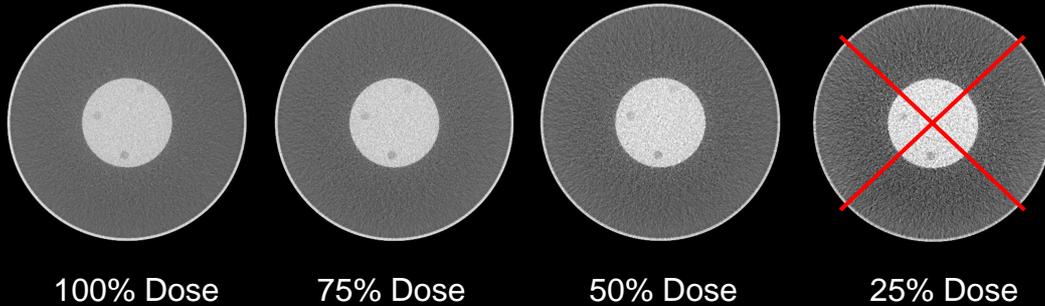
Radiation dose optimization in CT



Low Radiation Dose

Image Quality ↓
Diagnostic accuracy?

How low can we go?



1. Subjective and objective image quality
2. Diagnostic accuracy and confidence

How good needs to be the image quality?

Balance between radiation dose and diagnostic capability according to the diagnostic task:

A: Standard abdominal CT

- Oncologic imaging
- Abominal pain

B: Low-dose abdominal CT

- Evaluation urolithiasis
- CT angiography
- CT urography

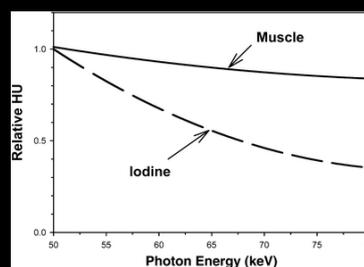
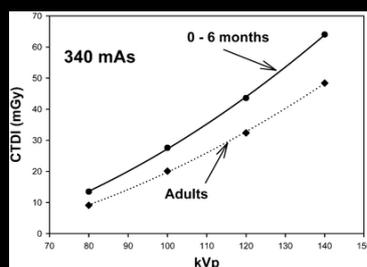


Dose reduction is challenging

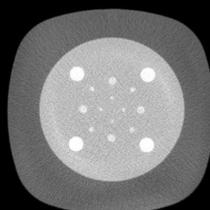
How to reduce the CT radiation dose?

- I. Tube current (mA):
 - linear relationship between the radiation dose
 - no impact on the attenuation
- II. Tube voltage (kVp):
 - exponential relationship between the radiation dose
 - impact on the attenuation

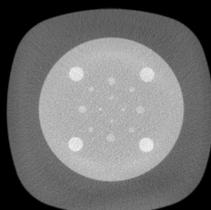
Reduction of tube voltage



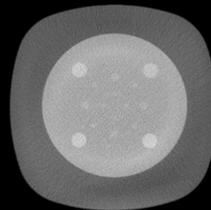
Huda W, *Pediatr Radiol* 2002, 32:709-13



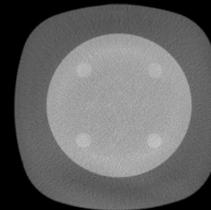
80 kVp



100 kVp



120 kVp



140 kVp

Schindera ST et al. *Radiology* 2008, 246:125-32

Reduction of tube voltage

Reduced tube voltage (e.g. 100 kVp) for abdominal CT:

- CT angiography
- CT of the liver and pancreas during arterial phase
- CT urography
- Patients with low body weight (<75 kg)

Reduction of tube voltage

100-kVp abdominal CT protocol: «CT Abdomen light»



Male patient, 68 kg, BMI 23 kg/m²

SSDE: 8.9 mGy

Effective dose: 4.4 mSv

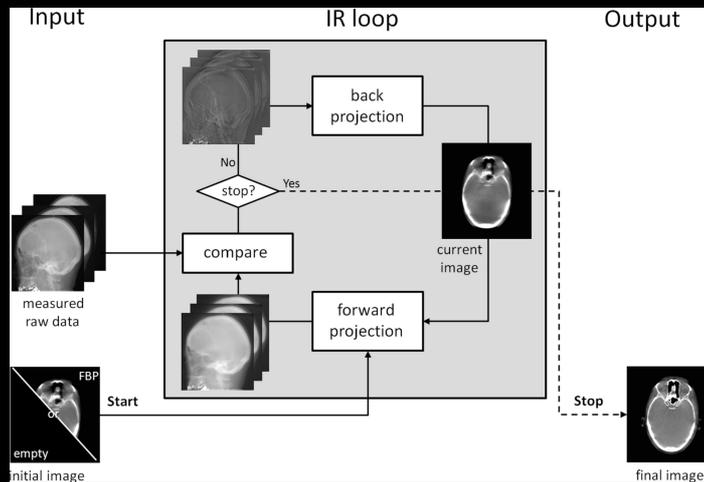
III. Iterative reconstruction for dose reduction in CT

Iterative reconstruction (IR) technique

- Concept of IR was already established in 1960s but given up due to long reconstruction times
- Renaissance of IR a few years ago:
 - higher computational capacities
 - trend towards dose-optimized CT exams
- Aim of IR techniques:
 - noise reduction while preserving spatial resolution
 - metal artifact reduction
- Vendor-specific solutions with very little information („black boxes“)
 - valuable competitive sales argument

Iterative reconstruction (IR) technique

Schematic view of IR process



Beister et al. Physica Medica (2012) 28, 94 - 108

Iterative reconstruction (IR) technique

Table 2 List of statistical reconstruction software products of major vendors of clinical CT systems and the year of introduction.

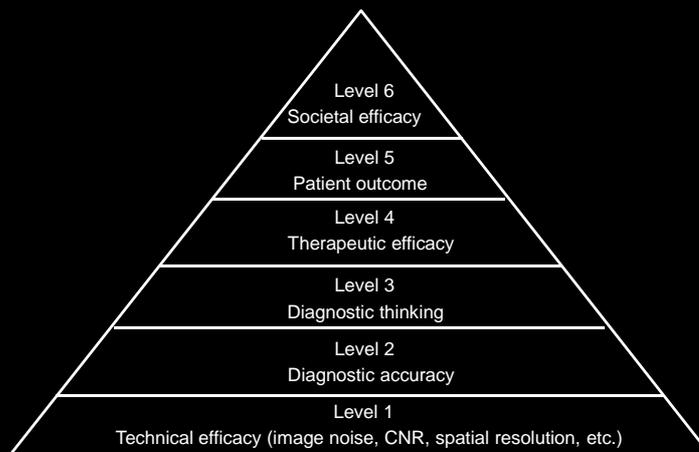
	Acronym	Meaning	Vendor	Year
Hybrid IR technique	ASIR	Adaptive statistical iterative reconstruction	GE	2008
Pure IR technique	VEO (MBIR)	(Product name)	GE	2009
Hybrid IR technique	IRIS	Image reconstruction in image space	Siemens	2009
	SAFIRE	Sinogram affirmed iterative reconstruction	Siemens	2010
	iDose	(product name)	Philips	2009
	AIDR	Adaptive iterative dose reduction	Toshiba	2010

Beister et al. Physica Medica (2012) 28, 94 - 108

IV. How low can we go with IR in abdominal CT?

Assessment of efficacy of IR

Hierarchical model



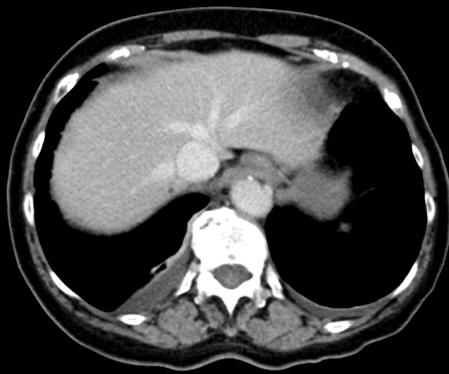
Case from University Hospital Basel



- 90 year old female pt
- BMI 21.5 kg/m², 55 kg
- Anemia
- Rule out tumor

- DLP: 334 mGycm
- SSDE: 12.7 mGy

Case from University Hospital Basel

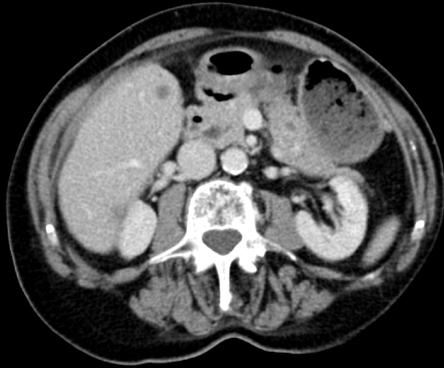


FBP



SAFIRE

Case from University Hospital Basel

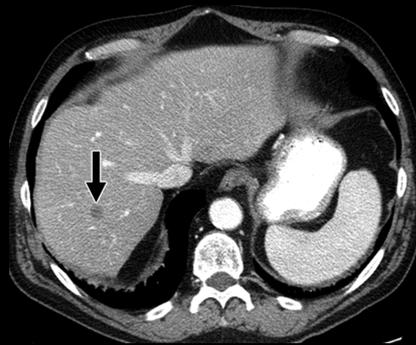


FBP

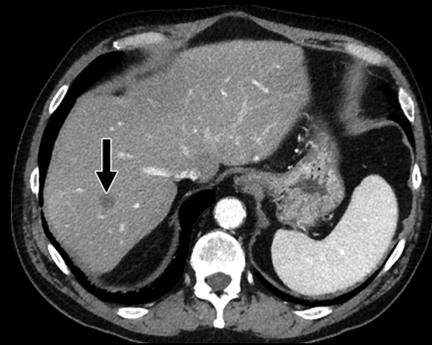


SAFIRE

Assessment of efficacy of IR

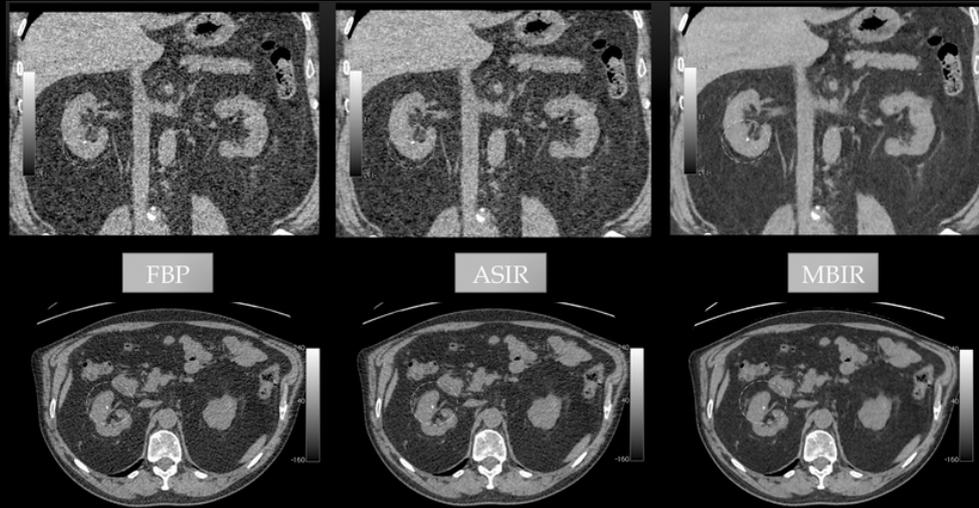


FBP



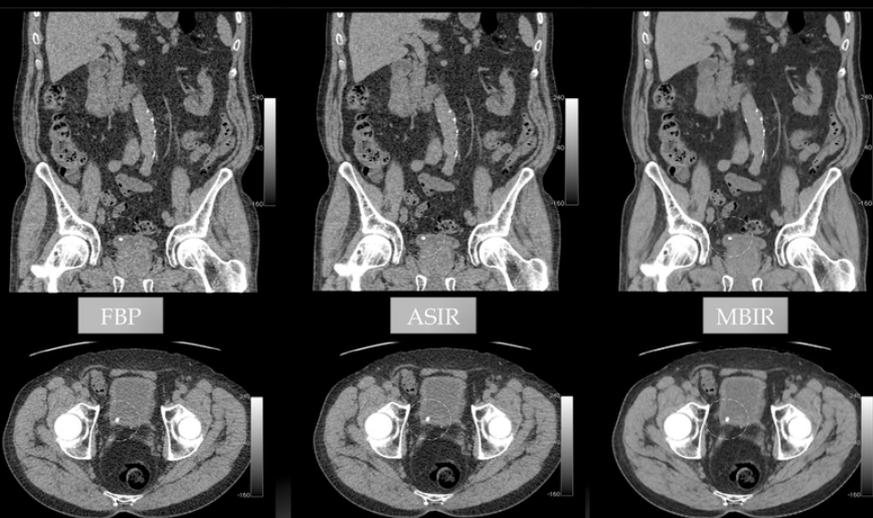
ASIR

Assessment of efficacy of IR



Vardhanabhuti et al. Insights Imaging. 2013 (5):661-9

Assessment of efficacy of IR



Vardhanabhuti et al. Insights Imaging. 2013 (5):661-9

CT thoracique :

Indication et potentiel de réduction des doses

Catherine Beigelman



GENERALITES

- Source de plus de 2/3 de la dose délivrée par imagerie par RX
- Guidelines avec NRD
- Effort des constructeurs
 - Multiples solutions techniques
 - Logiciels indicateurs de qualité de dose (ImageGently /ImageWisely)
- Problème de disponibilité
 - Equipements les plus récents
 - Coût
- Problème de standardisation

Niveaux de Références Diagnostiques IRSN

SCANNER THORAX

- Indice de dose scanographique du volume IDSV (CTDI): 15mGy
- PDL: 475 mGy.cm
- Coefficient de pondération:
0,017 Chez l'homme et 0,020 chez la femme
- Dose: 2 à 10 mSv
- 2,7 années d'irradiation naturelle

RADIOGRAPHIE THORACIQUE

- 0,05 mSv
- 2,4 jours d'irradiation naturelle

ALARA

IV ??

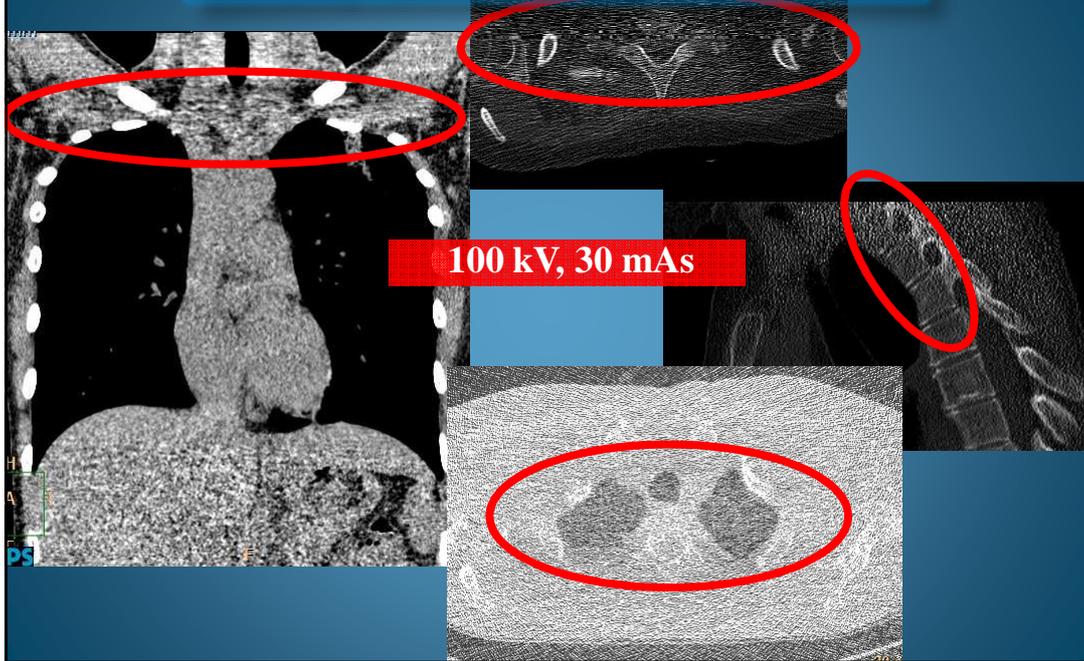
S/B excellent

S/B moyen

S/B faible

Objectif atteint !!!

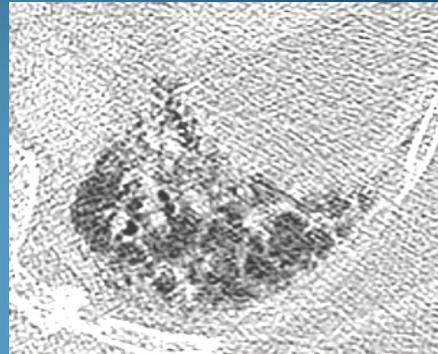
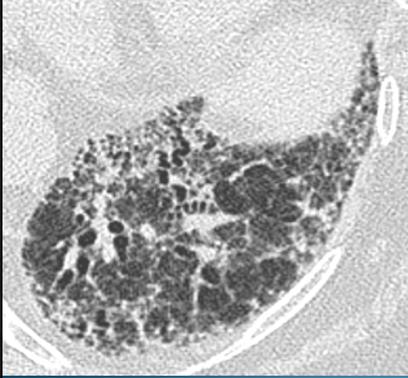
Trop faibles doses: Erreurs-Limites



Filtre dur

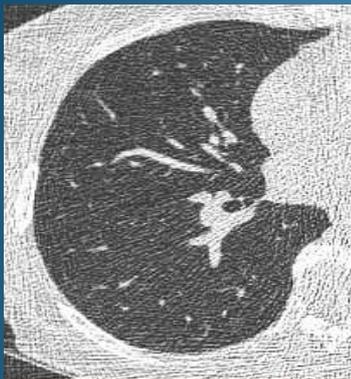
Full dose

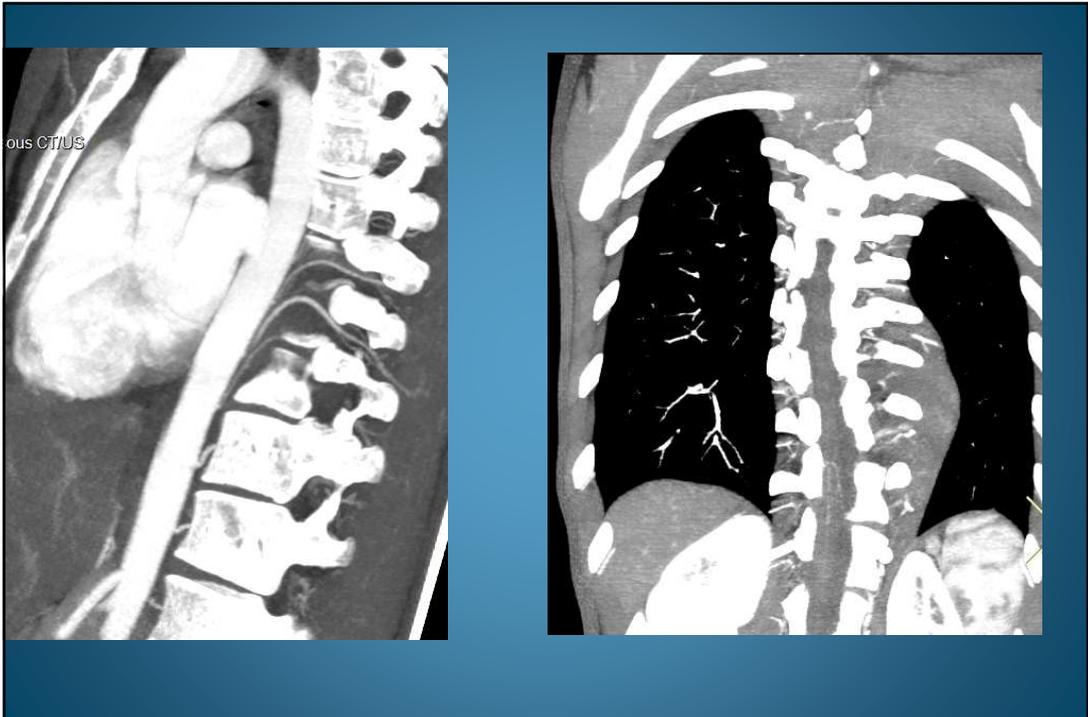
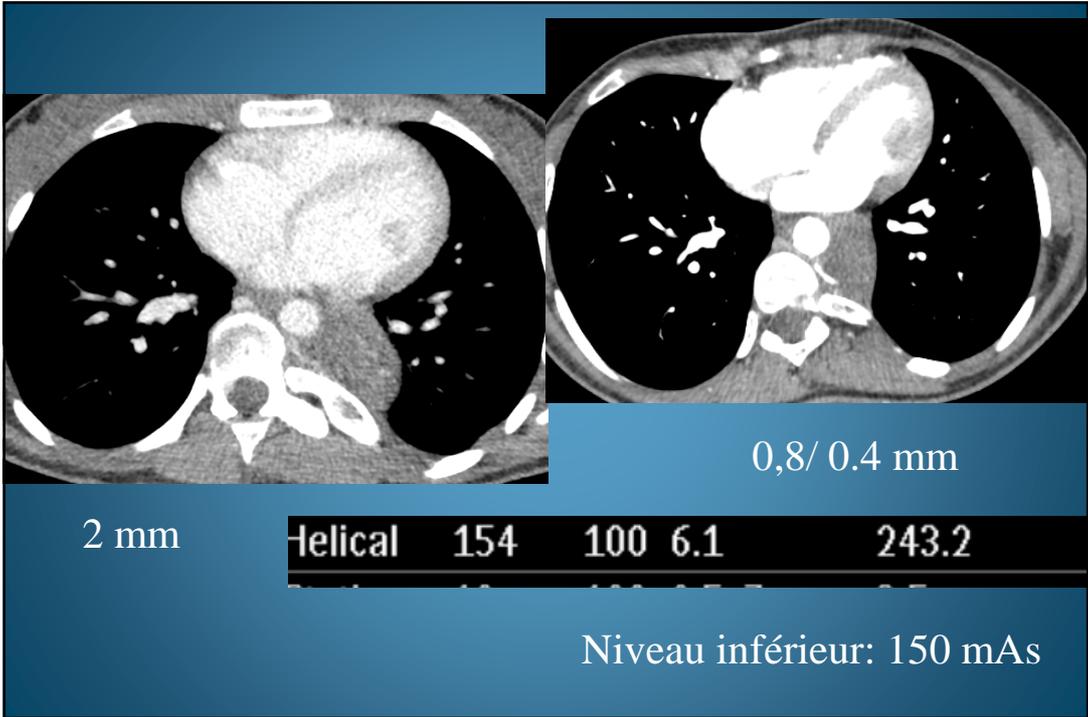
Low dose

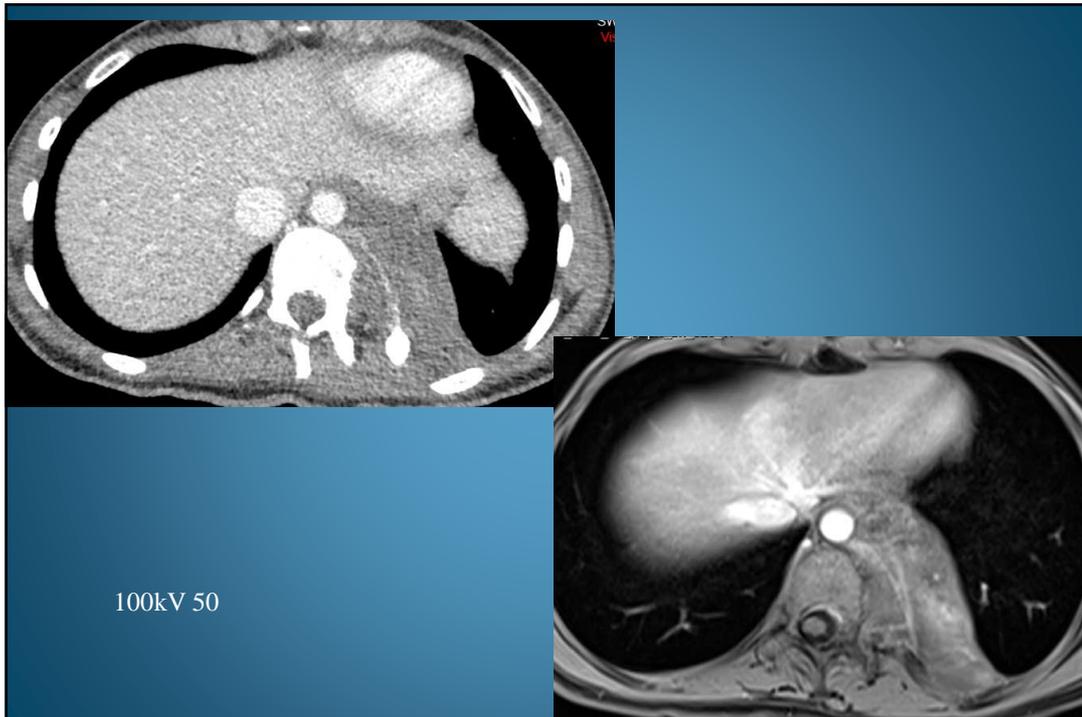


100 kV 130 mA

Type	Scan Range (mm)	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy-cm)	Phantom cm
Diagnostic	-	-	-	-
Medical	531.750-1242.250	2.87	97.10	Body 32
Total Exam DLP:			97.10	







METHODES DE REDUCTION DE DOSE

SCANNER SEQUENTIEL

< 50 ans N = 63

Pathologies infiltrantes (n = 38)

Mucoviscidoses (n = 25)

DLP moyenne: 16,1 mGy x cm versus 77,7 mGy x cm

Réduction de 79,4%

Détection et extension lésionnelle

Bendaoud S., J Thorac Imaging, 2011; 26,190

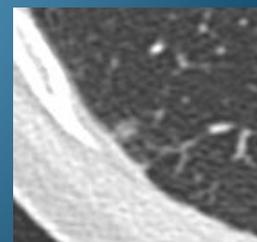
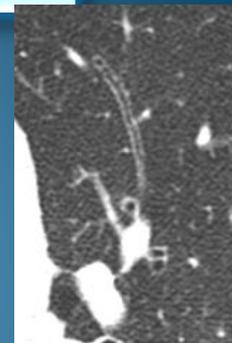
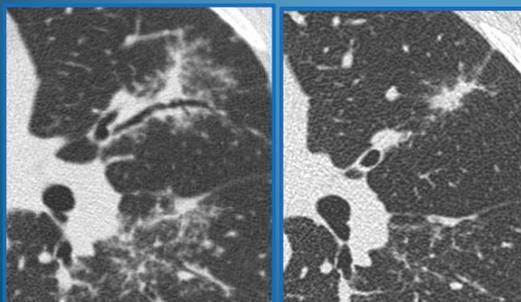
Simulation dosimétrique

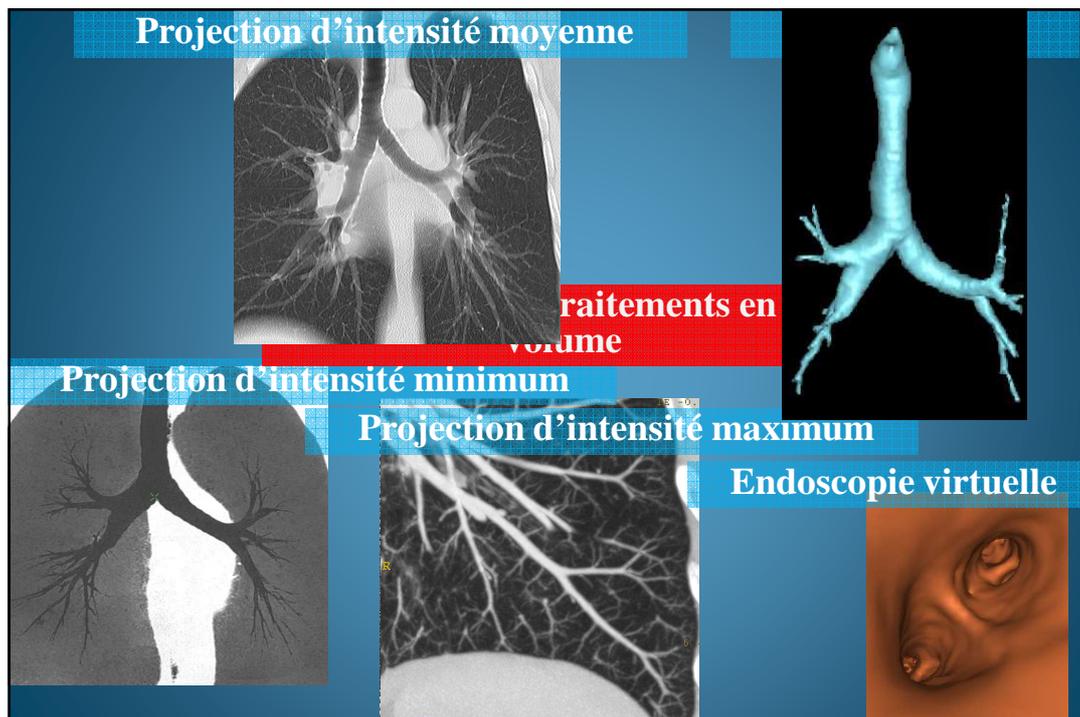
mAs	SPIRALE	SEQUENTIEL
100	259,2 mGyxcm	75,7 mGyxcm
50	129,6	37,9
30	77,8	22,7
20	51,8	15,1
10	25,9	7,6

Longueur: 300 mm

VOLUME VERSUS SEQUENTIEL

- Lésions intercoupes
- Equivalents anatomiques exacts
- Variations anatomiques entre 2 acquisitions
- Amélioration du S/B en volume par mode average
- Autres post-traitements en volume





METHODES DE REDUCTION DE DOSE EN SCANNER VOLUMIQUE

Optimisation tube-détecteurs

Baisse des mAs

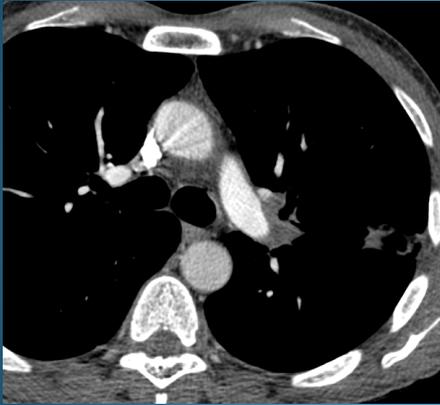
- Fixe
- Adaptée au poids

Baisse des kV

- BMI
- 50% ↓ dose pour ↓ de 20% des kV
- ↑ pitch

Contrôle longueur acquisition

100 kV 93 mA



Patient de 54 ans, ATCD cancer épidermoïde de l'épiglotte
Infection Acinetobacter ursingii. Contrôle

1.94

51.20

Body 32

Modulation de dose

- Noise index GE
- DRI (DoseRight index) Philips
- Quality reference tube current-time product Siemens

Logiciels de modulation de dose organe-based

- ↓ de dose sur 120° rotation du gantry
- ↑ compensatrice sur les 240° restants
- Partie médiale des glandes mammaires

Protection en bismuth

Imagerie cardiaque:

- Prospectif Step and shoot/ Gating ECG
- Modulation diastole

Maîtrise de ces outils ?

Meilleure dose assurée ?

RECONSTRUCTION ITERATIVE

Dose⁴™

IMR

Philips

Iterative Recon-struction in Image Space IRIS™

Sinogram-affirmed iterative reconstruction SAFIRE™

Siemens

Adaptive Statistical Iterative Reconstruction ASIR

Model-based iterative reconstruction MBIR

VEO™

GE

Adaptative Iterative dose reduction (AIDR)

AIDR 3D

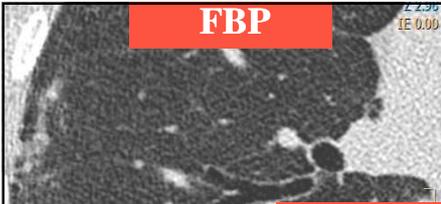
Toshiba

↑ S/B

↑ Résolution spatiale

↓ artefacts

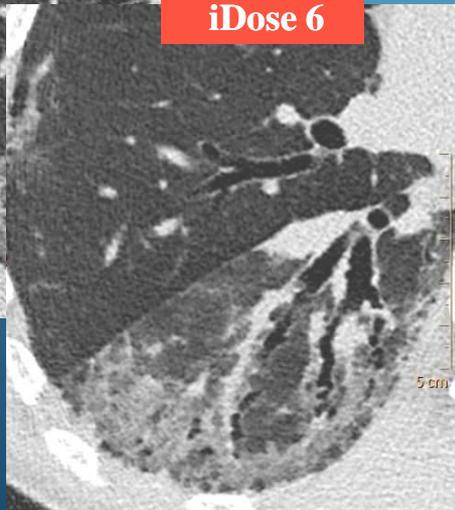
FBP



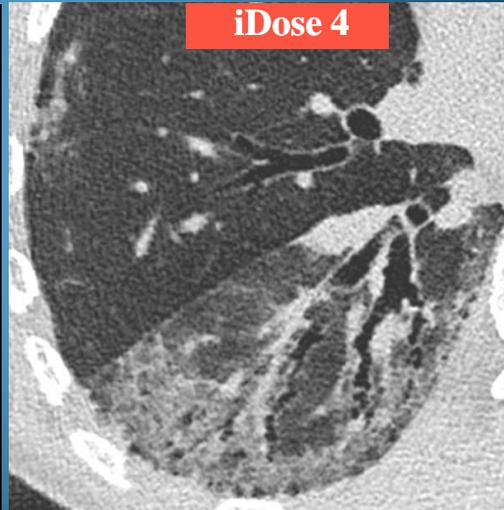
100 kV 30 mAs

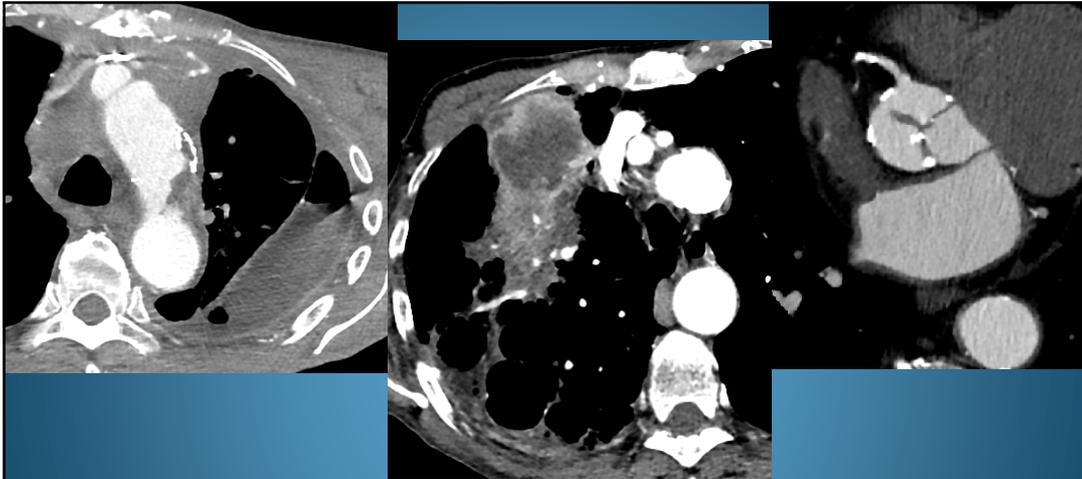
CTDI: 1,2 mGy

iDose 6



iDose 4

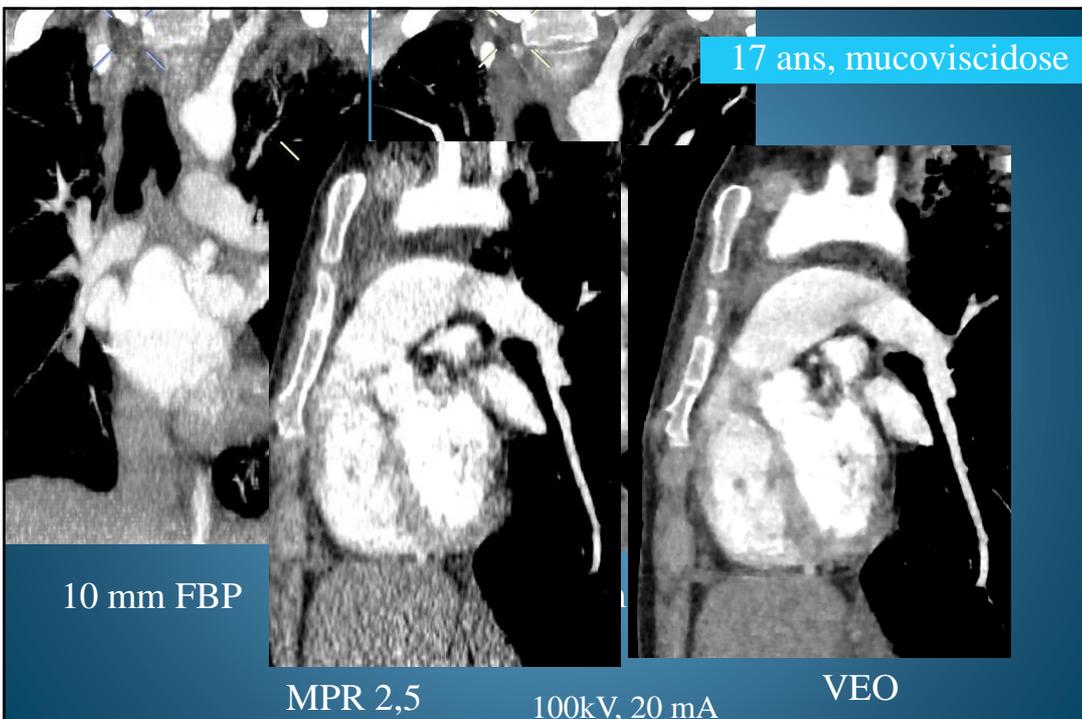




Autres éléments de la chaîne image

Détecteurs à faible rémanence / Suréchantillonnage

Amélioration de la résolution spatiale: stents, coronaires ++



17 ans, mucoviscidose

10 mm FBP

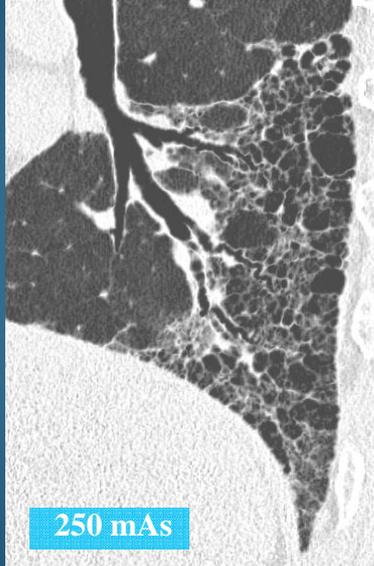
MPR 2,5

100kV, 20 mA

VEO

ABSENCE DE RI

Première évaluation ++



Détail - Diagnostic

Haute résolution

ABSENCE DE RI

Baisse de dose



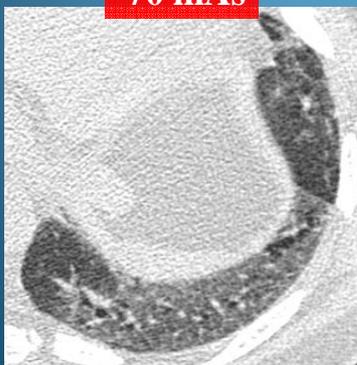
Gros voxel

Résolution spatiale

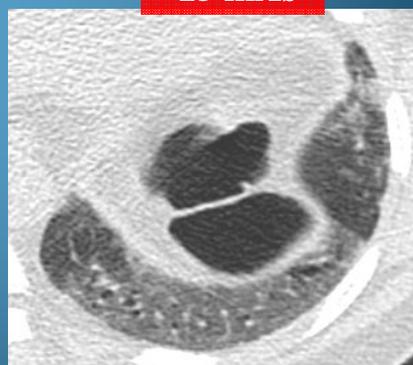
ACTION SUR VOXEL

Pas de détail - Diagnostic

70 mAs



15 mAs



RESOLUTION-VOXELS

Filtre de reconstruction

Excellente résolution spatiale

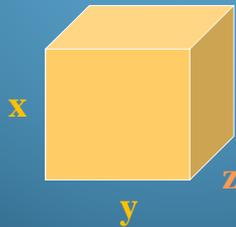
=

Petit voxel !!

$$d \text{ [mm]} = \underline{10}$$

$$2 \times \text{ [pl/cm]}$$

d = taille du pixel ou voxel (x,y)



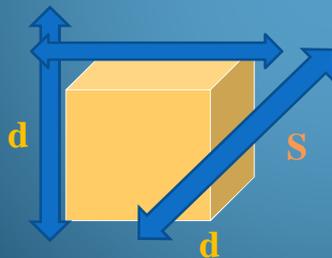
CTDI: indicateur de dose

Pour une taille de voxel donnée

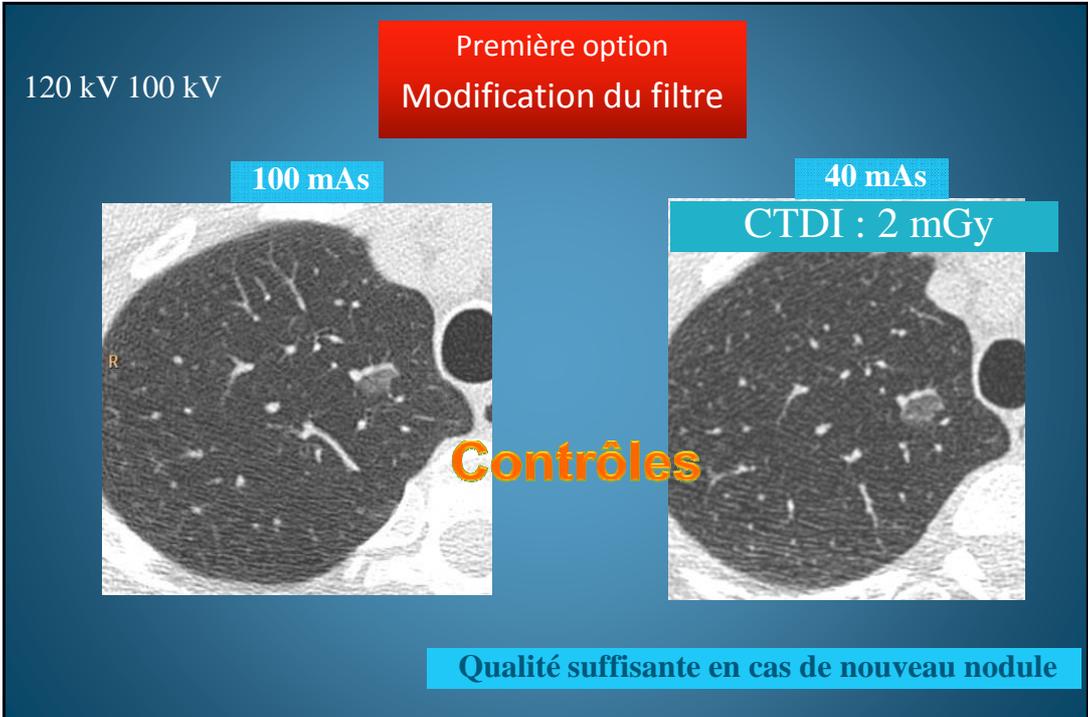
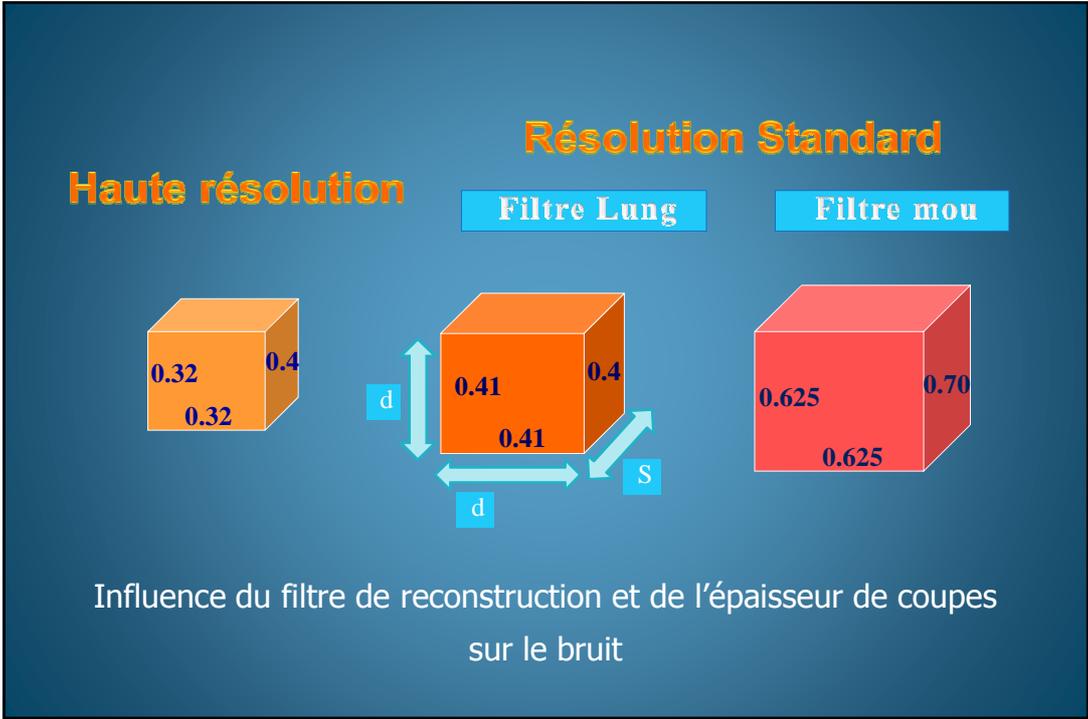
$$\sigma^2 \cdot \text{CTDI}_{\text{vol}} = \text{constante}$$

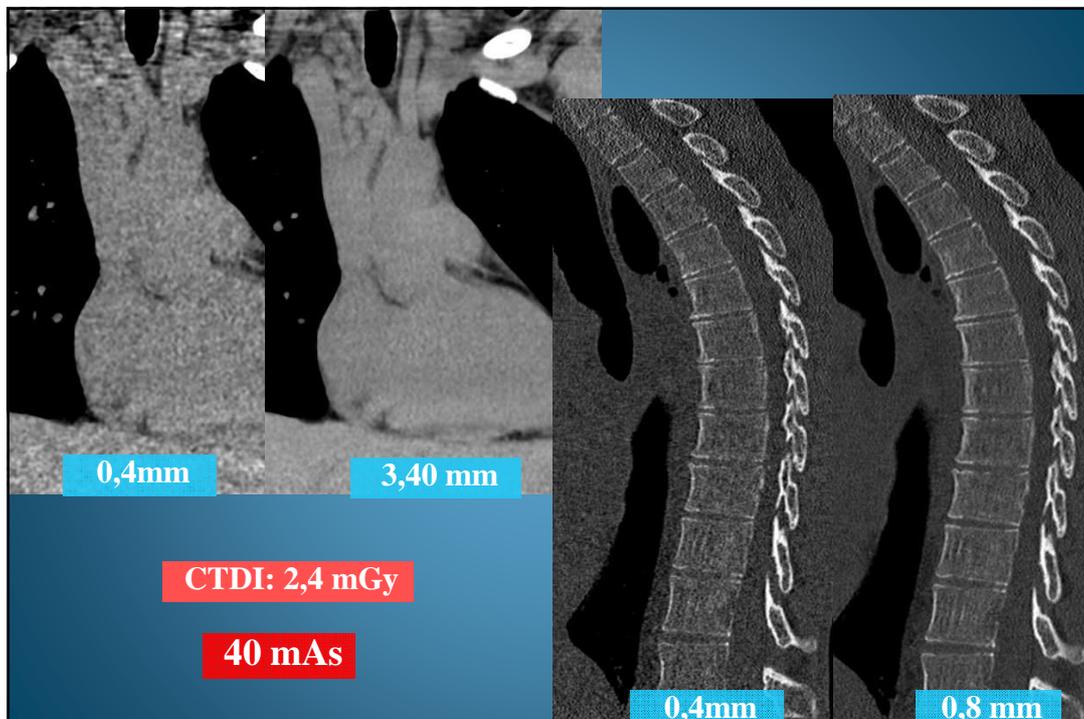
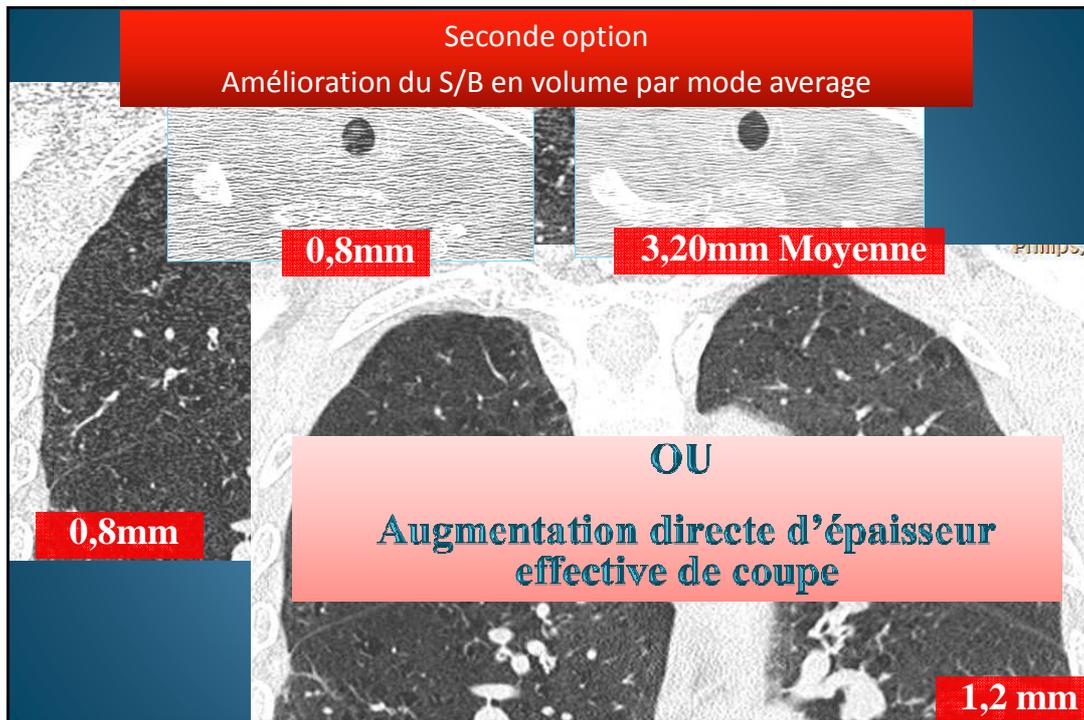
Si CTDI / 4 \longrightarrow Bruit x 2

Interdépendance bruit - Résolution spatiale



Si l'on veut le même niveau de bruit que celui sans réduction de dose



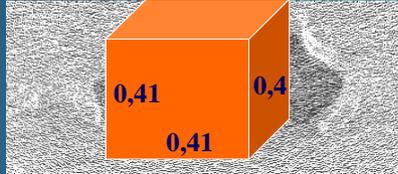


Synthèse astuces à très faible dose

100 kV, 10 mAs

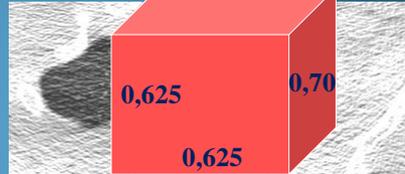
8-106 PARENCHYME
138.2 mm
SW 0.80 mm

PARENCHYME 0,8 mm

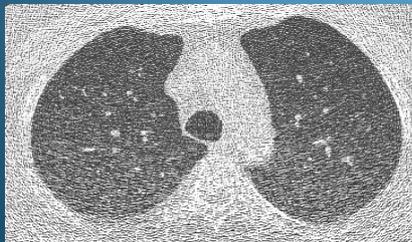


6-59 MEDIASTIN
139.7 mm
SW 1.50 mm

MEDIASTIN 1,5 mm



Ne regardez plus le poumon en filtre dur !!!



Acquisition ratée....

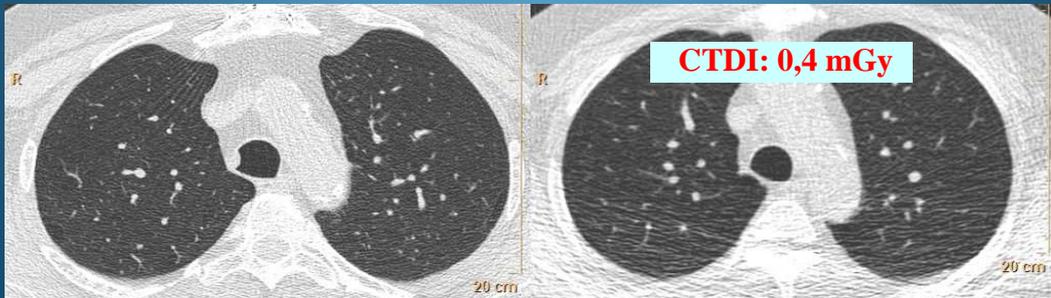
Indications des très faibles doses

120 kV, 100 mAs ...

100 kV, 10 mAs ...

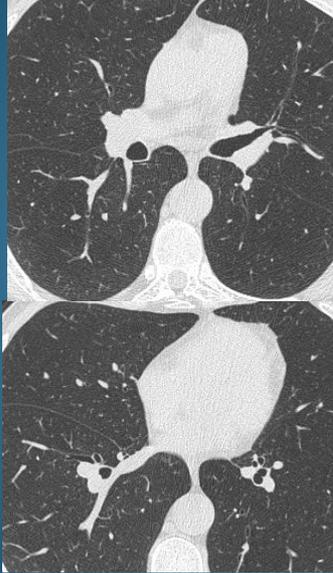
120 kV, 100 mAs 148.0 mm
Z 1.57 SW 1.50 mm

100 kV, 10 mAs
Z 1.30

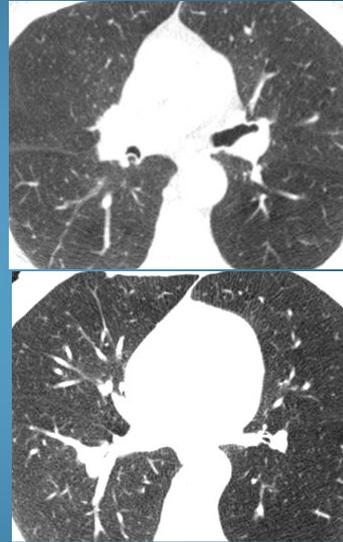


Secrétions endobronchiques

Trachéobronchomalacie



75 mAs



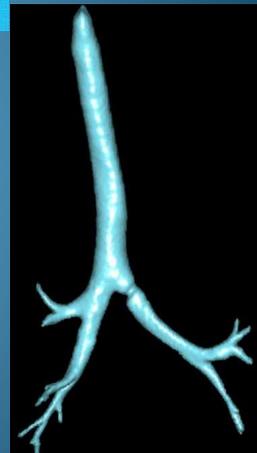
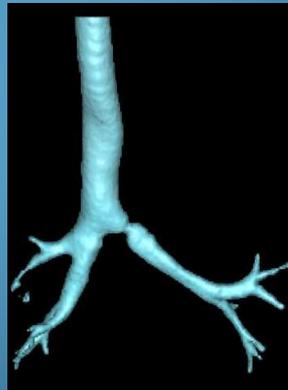
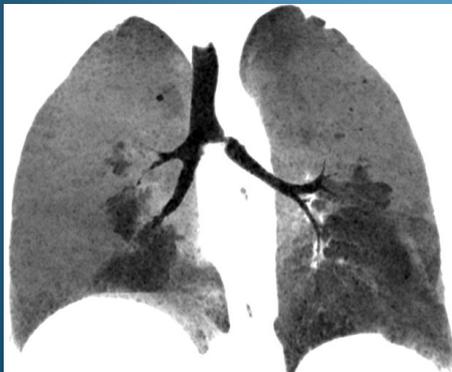
15 mAs

Piégeage expiratoire



Inspiration dose N

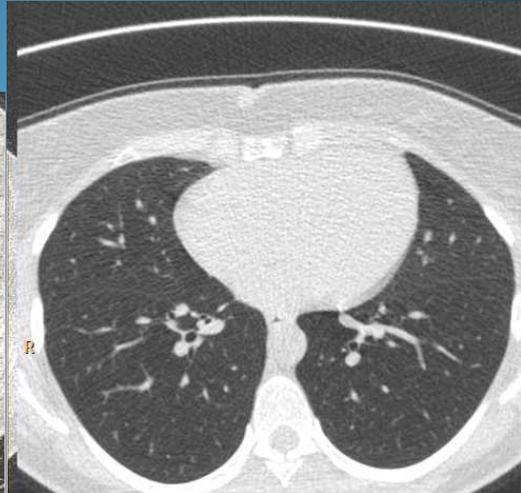
Expiration 15 mAs



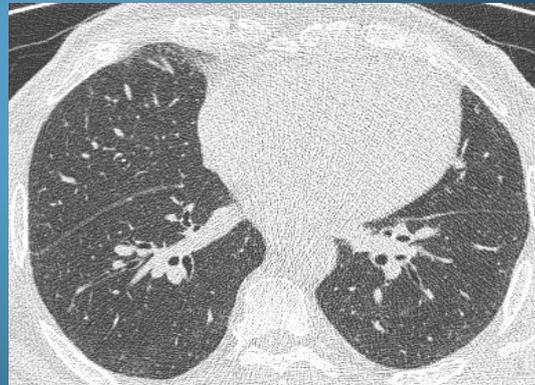
Pseudo-plaques pleurales

120 kV, 11 mAs

120 kV, 60 mAs

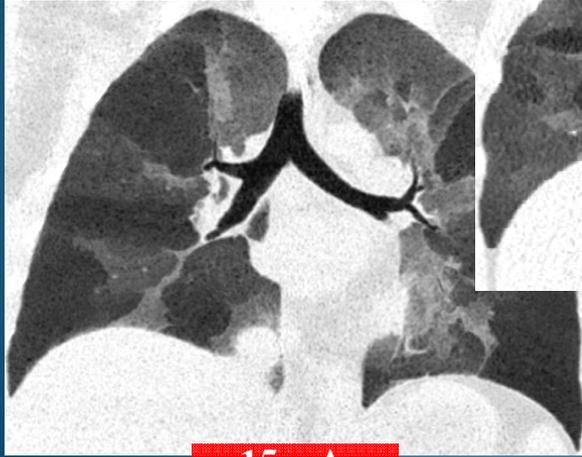


Verre dépoli dépendant anorganique

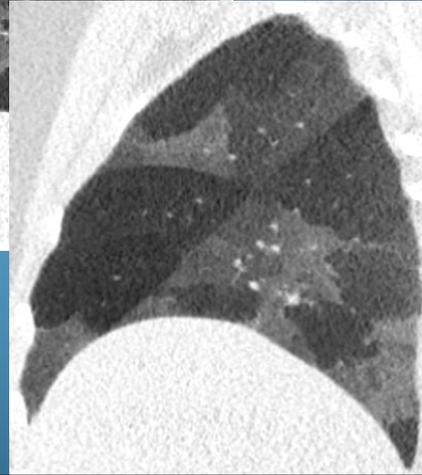
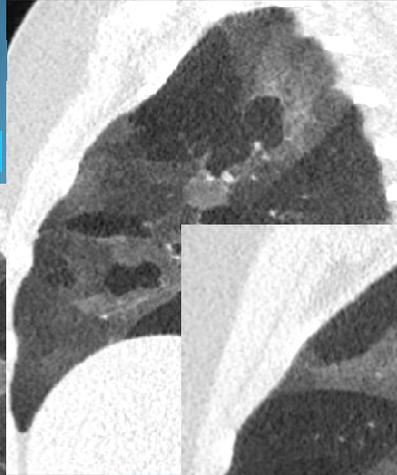


Bronchiolite constrictive

Expiration



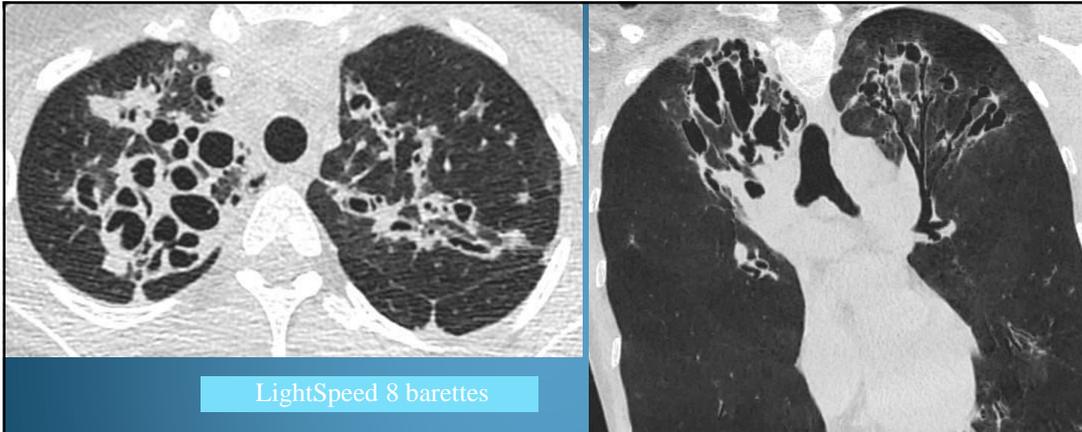
15 mAs



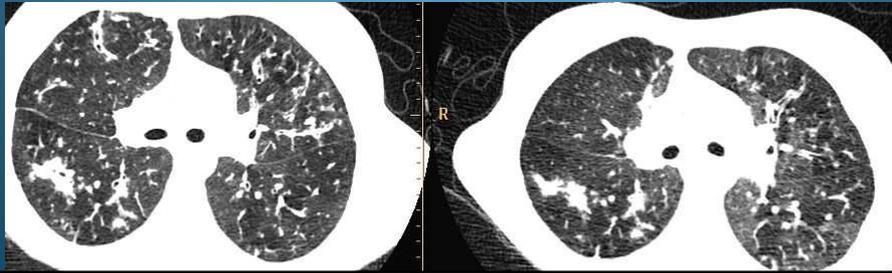
Mucoviscidose 18 ans

Dose Report

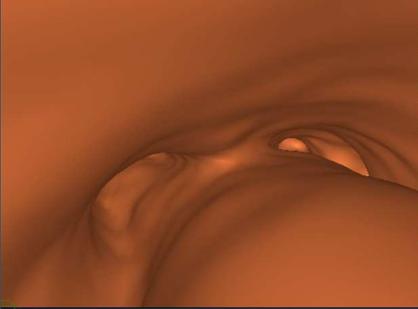
Series	Type	Scan Range (mm)	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy-cm)	Phantom cm
1	Scout	-	-	-	-
2	Helical	553.250-1246.750	0.66	24.13	Body 32
5	Helical	534.250-1241.750	0.33	11.27	Body 32
Total Exam DLP:				35.40	



LightSpeed 8 barettes

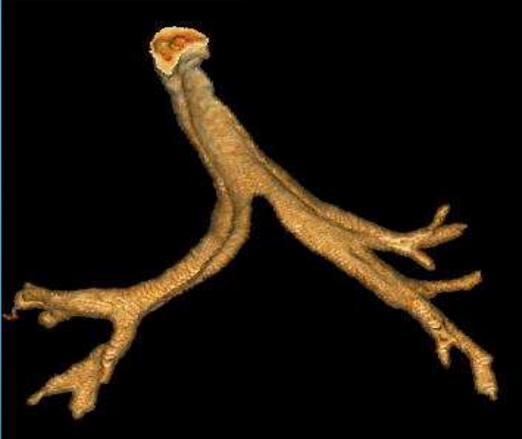


Endoscopie virtuelle et extraction 3D possibles



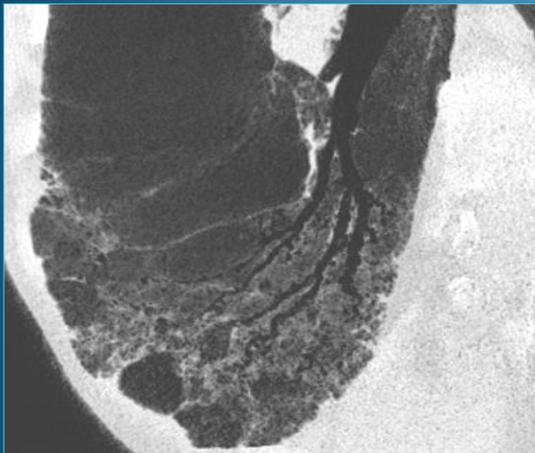
11 mAs

Trachéobronchomalacie



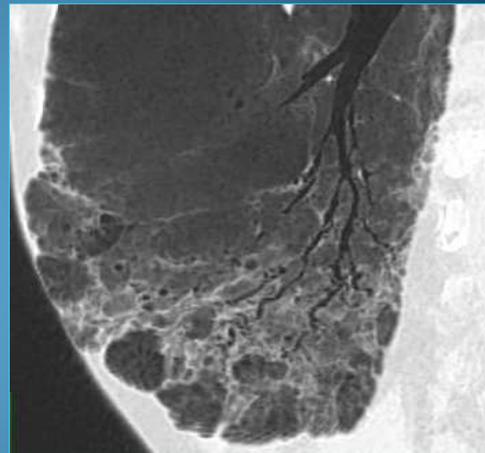
**Quelles modifications des post-traitements classiques
avec les faibles doses ?**

mIP pénalisé

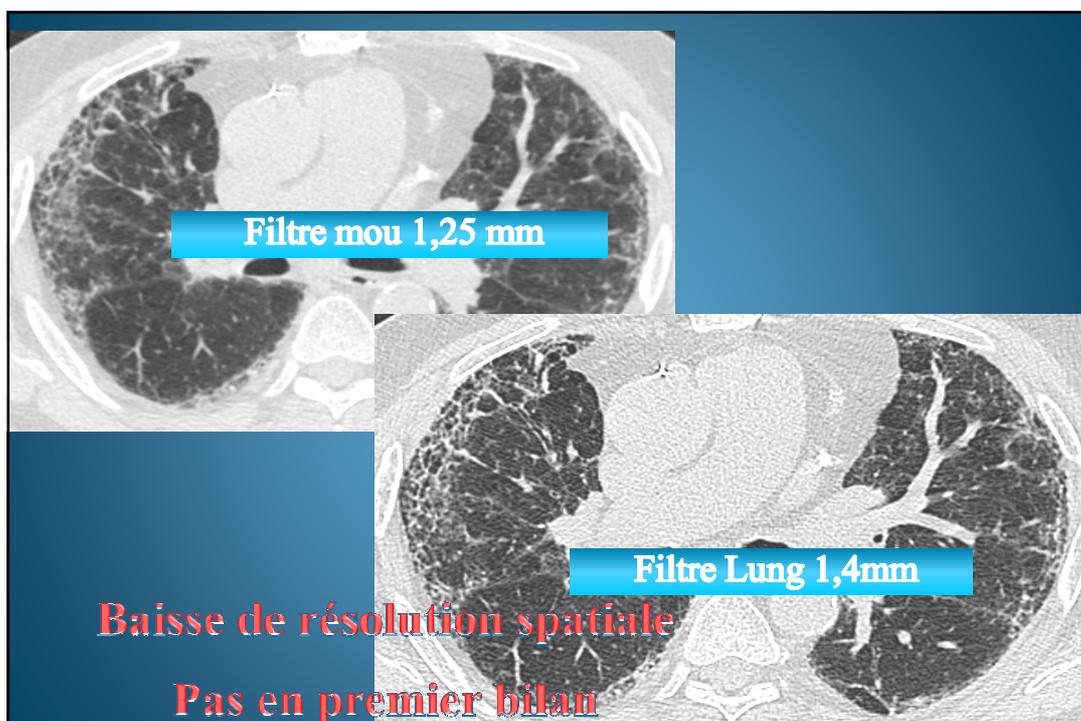
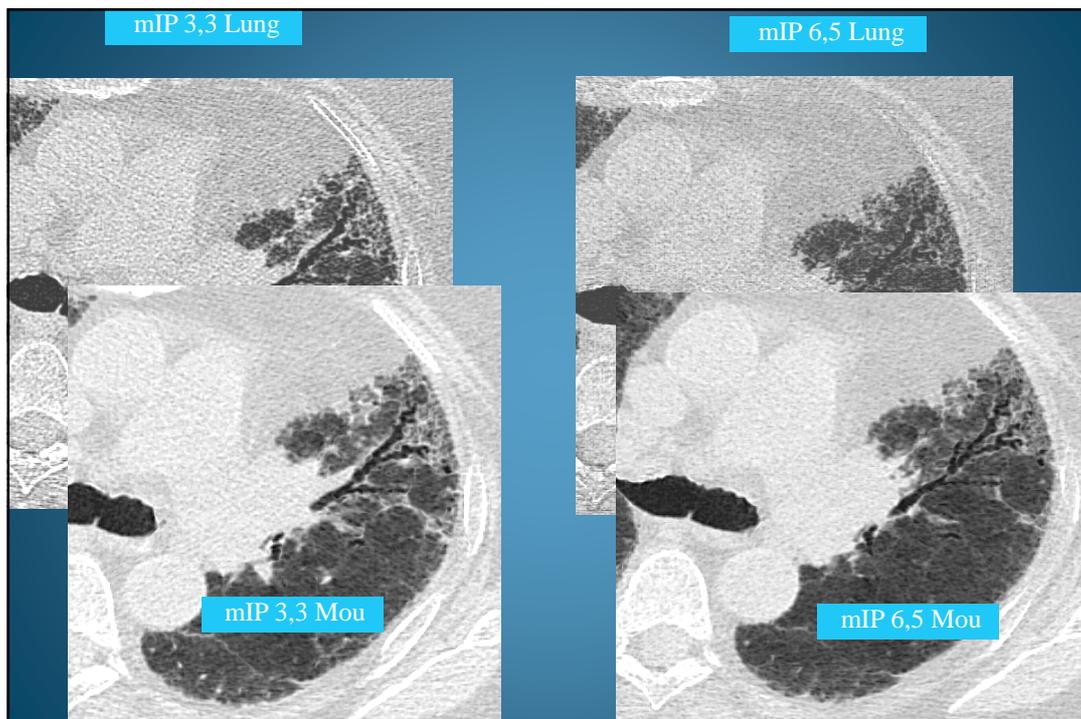


Parenchyme 14 mm

Médiastin 30 mm



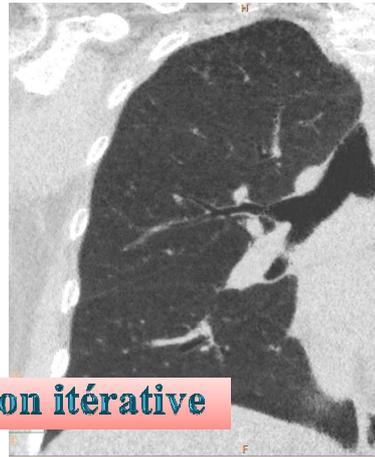
Action sur le voxel



Amélioration de la qualité image en poumon basse dose: MPR mIP

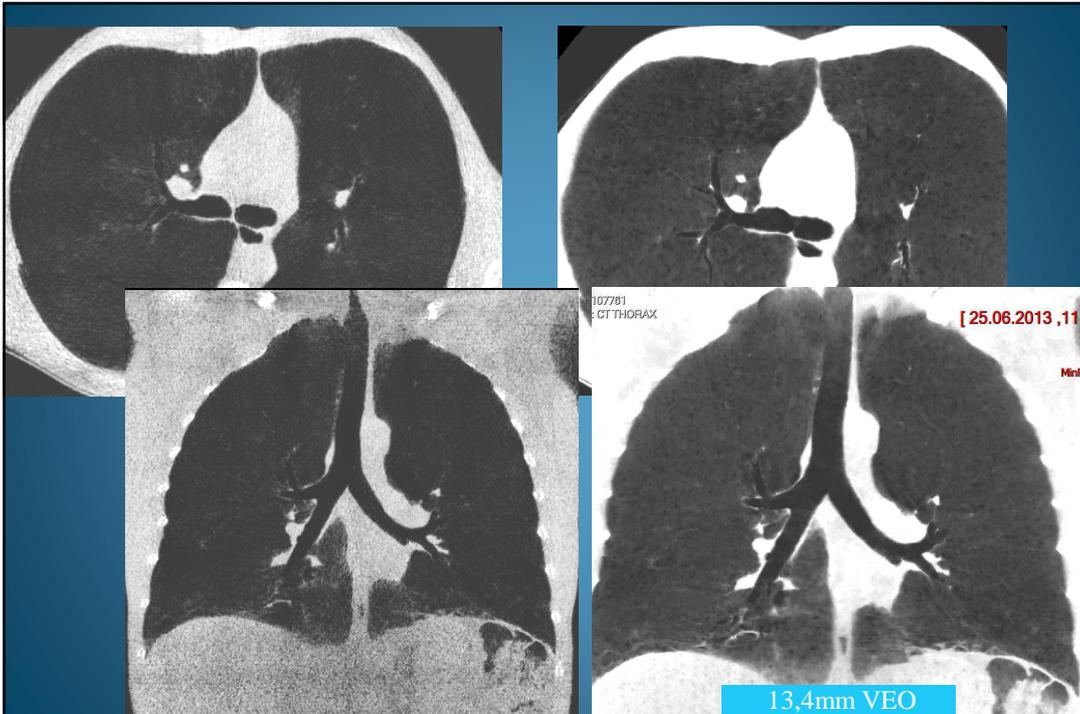
22 kg.m⁻² patient, 100kV, 30mAs, CTDI = 1.2 mGy, DLP = 38.9 mGy.cm

FBP YB, minIP 2.5 mm SW iDose



Reconstruction itérative

Courtesy Dr Beigelman, La Pitié Salpêtrière, Paris, France



COMPOSITION

Epaisseur de slab: 4,96mm

100 kV 11 mAs
CTDI: 0,4 mGy

Filtre YB
FBP

Filtre B+0,75
iDose 3

Filtre B+0,75
iDose 6

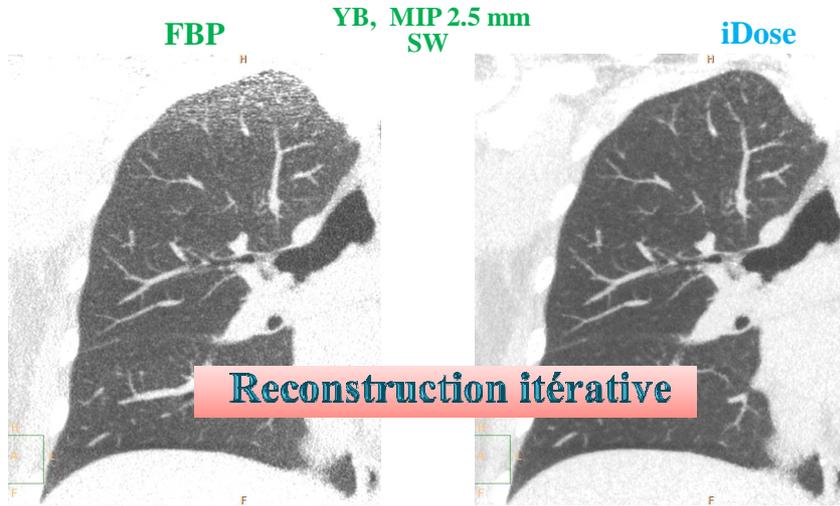
Reconstruction itérative
ET
Changement de filtre

MIP

MIP pénalisé ++

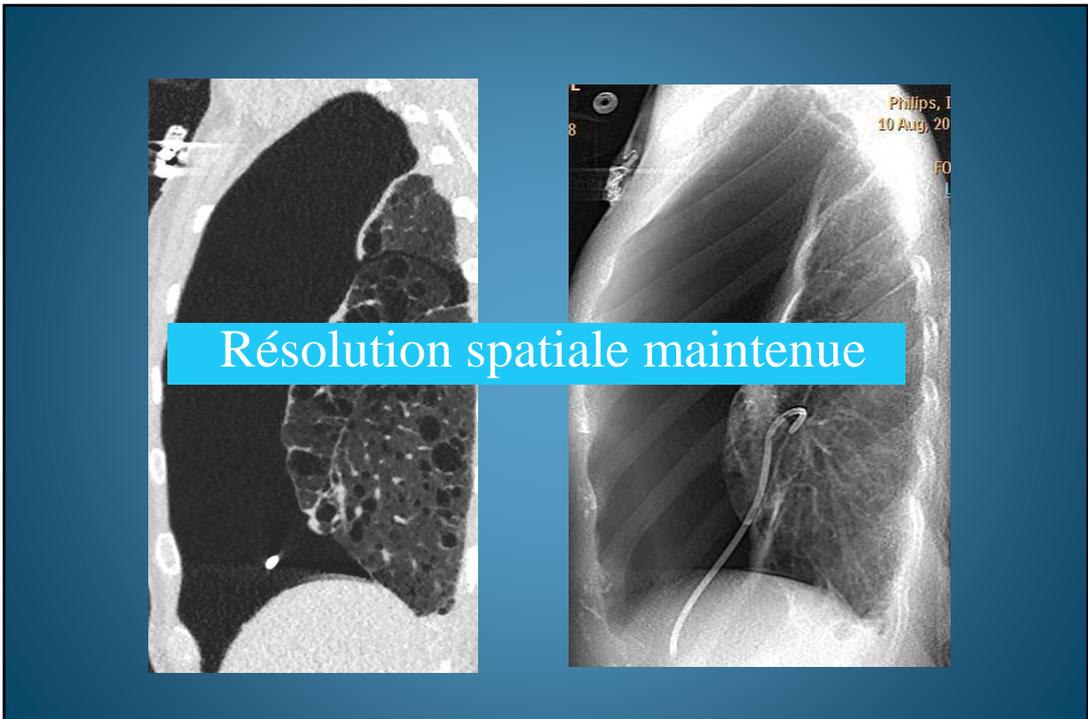
Amélioration de la qualité image en poumon basse dose: MPR MIP

22 kg.m⁻² patient, 100kV, 30mAs, CTDI = 1.2 mGy, DLP = 38.9 mGy.cm



Courtesy Dr Beigelman, La Pitié Salpêtrière, Paris, France

This diagram illustrates the technical parameters and reconstruction process for the low-dose lung MIP images. It features three overlapping MIP image sections. Technical specifications are listed in a dark blue box: **Epaisseur de slab: 4,96mm**, **100 kV 11 mAs**, and **CTDI: 0,4 mGy**. The reconstruction process is detailed in red boxes: **Filtre YB** and **FBP** are used for the initial reconstruction. This is followed by **Reconstruction itérative ET Changement de filtre** (iterative reconstruction and filter change). The final results are shown as **Filtre B+0,75 iDose 3** and **Filtre B+0,75 iDose 6**.

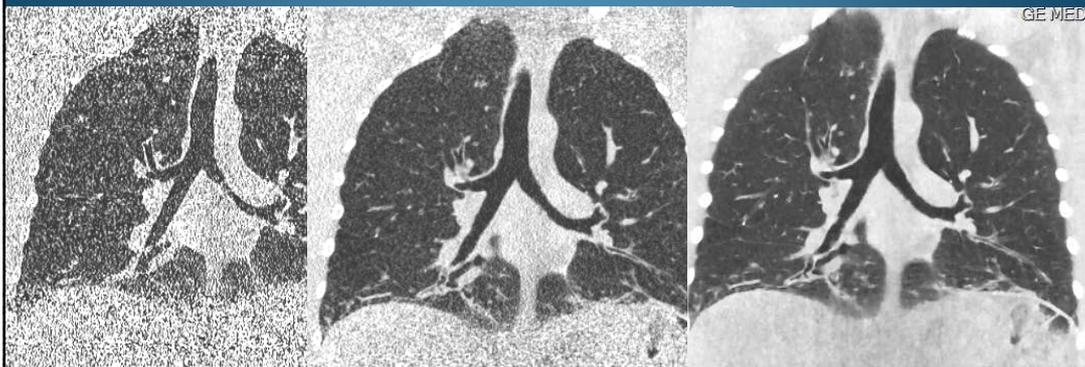




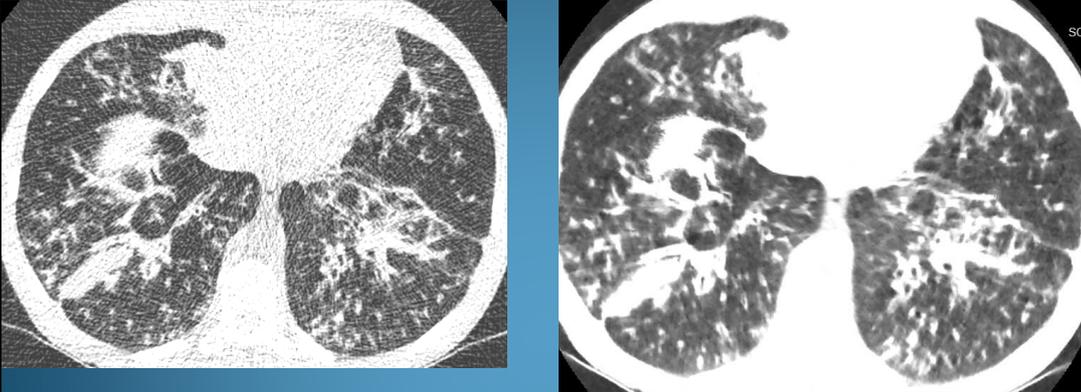
1.25 dur

1.25 mou

VEO



80 kV 10 mA



Dose Report

Series	Scan Range (mm)	CT DIvol (mGy)	DLP (mGy-cm)	Phantom (cm)
Abdominal	526.750-1283.250	0.11	4.18	Body 32
Total Exam DLP:			4.18	

1/1

RECOMMANDATIONS

Substitution des explorations

Attention à la répétition des spirales

Séquentiel alterné

Attention à la répétition des examens

Education des cliniciens

Examens de réalisation critique en configuration critique

CONCLUSION

Bon usage des paramètres et outils

Faibles kV pour angioscannographie

Contrôle CTDI: 2 mGy et

Très faibles doses en complément à filtre mou

Gestion adaptée des post-traitements

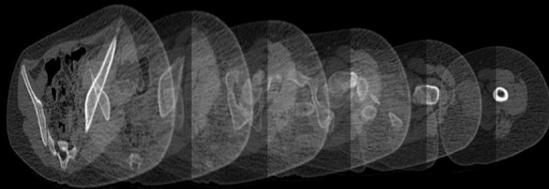
Apport des reconstructions itératives

Autres méthodes disponibles

Rôle essentiel du radiologue

CT en pédiatrie

revue des techniques d'optimisation des doses

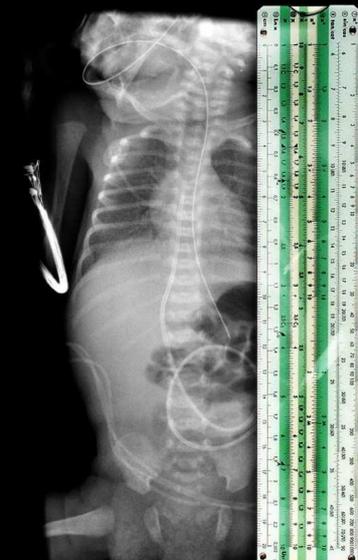


Tristan Zand - radioprotection en radiologie - samedi 2 novembre 2013

 **GROUPE 3R**
RÉSEAU RADIOLOGIQUE ROMAND

du prématuré à l'adulte / spécificités

grande variabilité des échelles de taille et de poids



résolution fixe

taille et volume exponentiels

organes en développement:

- os / cartilage
- thymus
- SNC
- moëlle hématopoïétique

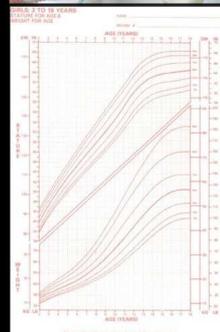
peu d'intérêt commercial des constructeurs

(en amélioration... ex. <http://www.imagewisely.org>)

28s



3m



18a

CT en pédiatrie / revue des techniques d'optimisation des doses - samedi 2 novembre 2013

 **GROUPE 3R**
RÉSEAU RADIOLOGIQUE ROMAND

les rayonnements ionisants

les rayons X sont un juste équilibre entre:

- transparence aérique
- pénétration partielle des tissus biologiques
- atténuation par l'os

contrepartie: absorption moléculaire et atteinte cellulaire



Effect of radiation on aging. These mice are all 14 months old. As young adults, nine mice were given sublethal doses of radiation and nine others were left as untreated controls. The control mice (left) are still sleek and vigorous at 14 months, while six of the irradiated mice have died and the remaining three show signs of extreme aging (right). Howard J. Curtis, Radiation Research, Vol. 72, No. 1 (Oct., 1977)

Cancer Cell

Growth
↓
Tumor

DNA Strand Breakage

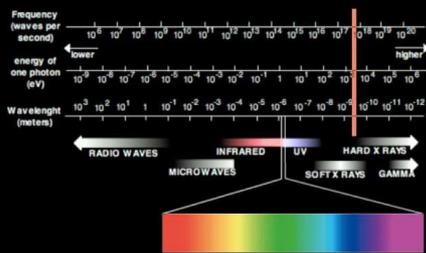
Free Radical Creation
PHOTON
Photo-Electron Creation
PHOTON

2 nm

Ionizing Radiation

Correlation between life span and the relative effectiveness of DNA repair in cells of certain mammals. In each case, cells growing in tissue culture were irradiated with ultraviolet light and then the efficiency with which they repaired their DNA was determined. (From the work of R. W. Hart and R. B. Setlow, 1974.)

Species	Average life span, yr	Relative effectiveness of DNA repair
Human	70	50
Elephant	60	47
Cow	30	43
Hamster	4	26
Rat	3	13
Mouse	2	9
Shrew	1	5



vieillesse
mutations
cancer
mort
stérilité

ALARA : aussi bas que ne le juge bon la raison



haute sensibilité des tissus en développement



principe ALARA:
As Low As Reasonably Achievable

- potentiel vital
- descendance

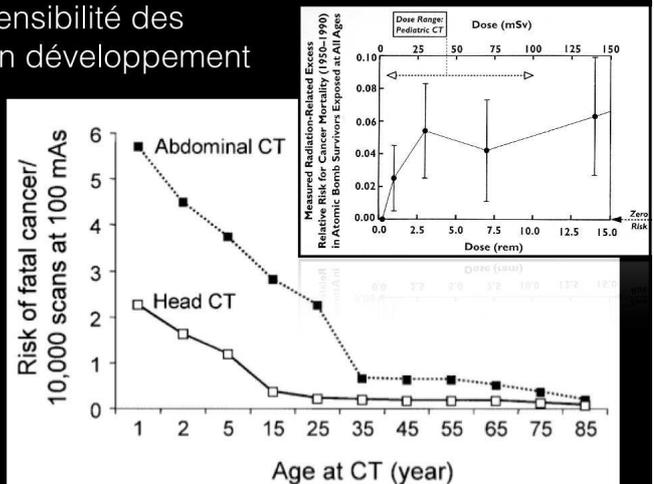


Fig. 7. Graph shows estimated lifetime attributable cancer mortality risk as a function of age at examination for a single typical CT examination of the head or abdomen. Risks are expressed per 10,000 scans at assumed mAs of 100. The mAs and can herefore risk, RESEAU RADIOLOGIQUE ROMAND

l'enfant et les rayonnements ionisants / alternatives?

problématique des indications cliniques:

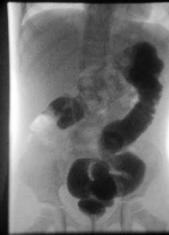
- prise de conscience des doses et de leur impact
- augmentation de l'accessibilité du CT
- rapport avec le coût des soins

~40% d'indications cliniques non justifiées

UNSCIEAR 2000

nécessité de prendre en compte les autres modalités:

- US
- IRM (non-ouverte : anesthésie 6m< <5a)
- RX / EOS
- scopie
- suivi clinique



CT en pédiatrie / revue des techniques d'optimisation des doses - samedi 2 novembre 2013

GRUPE 3R
RESEAU RADIOLOGIQUE ROMAND

l'enfant et les rayonnements ionisants

l'information aux professionnels et patients (parents) s'améliore: presse professionnelle et grand public, internet, éducation, ... image gently, image wisely, ... : **notion de capital radiologique**

et notion de **consentement du patient à l'exposition des rayons** connaissances de l'équipement et des stratégies techniques

The collage includes several key documents:

- Journal Article:** "Solid Cancer Incidence in Atomic Bomb Survivors Exposed in Utero or as Young Children" from the JNCI Journal of the National Cancer Institute.
- Special Review:** "Strategies for CT Radiation Dose Optimization" from the American Academy of Pediatrics.
- Education Exhibit:** "CT Dose Reduction and Dose Management Tools: Overview of Available Options" by Cynthia H. McGinnis, PhD, and Michael R. Bruenstein, RT(R).
- Image Gently Website:** A screenshot of the "image gently" website showing a pledge to reduce radiation exposure in children, with 19,238 pledges to date.
- Image Wisely Website:** A screenshot of the "IMAGE WISELY" website, which focuses on radiation safety in adult medical imaging.
- Other Resources:** Various brochures and educational materials from the Alliance for Radiation Safety in Pediatric Imaging.

CT en pédiatrie / revue des techniques d'optimisation des doses - samedi 2 novembre 2013

GRUPE 3R
RESEAU RADIOLOGIQUE ROMAND

optimisation des doses pour l'enfant vs adulte?



9yo 83mA
100kV
CTDIvol
3.73mGy
2.1mm

but:

- améliorer contraste et détail
- diminution des doses
- amélioration du flux de travail

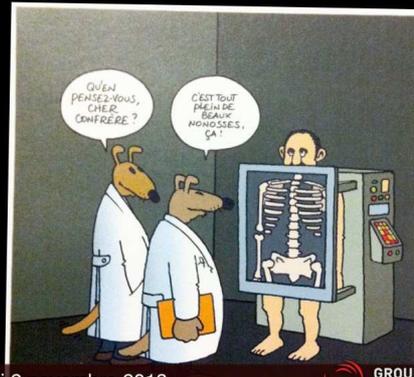
adulte vs enfant?
théoriquement pareil!

différences:

**impact
risques
âge..**

compréhension puis standardisation:

- doses
- injections
- acquisition
- reconstructions



valeurs cible:
x cc/kg
contraste iodé
~65 s temps veineux
~12s artériel
+ rinçage salin

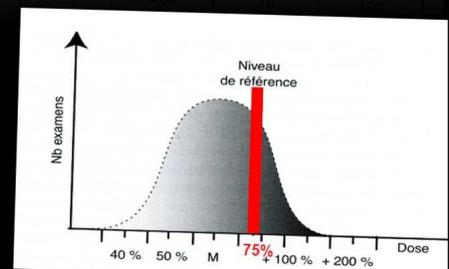
niveaux de référence diagnostique / action la plus simple

NRD Niveaux de Référence Diagnostique

- introduits en 1996 par CPIR
- collecte de données au niveau national / international
- établis pour des examens standardisés et patients types
- **recommandé** : 75ème percentile de la distribution
- indicateur de « **bonne pratique** » : 25ème percentile

Tableau 1 : NRD et valeurs cibles pour adultes

Examen / problématique	NRD (75 ^e percentile)		Valeur cible (25 ^e perc.)	
	CTDI _{vol} [mGy]	PDL [mGy·cm]	CTDI _{vol} [mGy]	PDL [mGy·cm]
1 Crâne / cerveau Examens standards, recherche de métastases, abcès cérébral, ...	65	1000	45	600
2 Cerveau (vaisseaux) Hémorragies, anévrismes, malformations artério-veineuses, ...	65	1000	45	600
3 Partie osseuse de la face, sinus Traumatismes, sinusites, ...	25	350	10	150



niveaux de référence diagnostique

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun Svizra

Division radioprotection
www.irs.ch

Relevances:
Etat le: 01.04.2010
N° révision:

Page 2 / 4

Tableau 1 : NRD et valeurs cibles pour adultes

Examen / problématique	NRD (75 ^e percentile)		Valeur cible (25 ^e perc.)	
	CTDI _{vol} (mSv)	PDI (mSv cm)	CTDI _{vol} (mSv)	PDI (mSv cm)
1 Crâne / cerveau Examens standards, recherche de métastases, abcès cérébraux	65	1000	45	600
2 Cerveau (vaisseaux) Hémorragies, anévrismes, malformations artériovésiculaires	65	1000	45	600
3 Partie osseuse de la face, sinus Traumatismes, sinusites	25	350	10	150
4 Base du crâne, rocher Traumatismes, chéostéatome	50	250	35	200
5 Cou, colonne vertébrale cervicale (parties molles, osseuses) Adénopathie, recherche d'abcès	30	600	15	250
6 Cou (vaisseaux) Anévrisme, dissection vasculaire	20	500	10	350
7 Épaule (parties molles, osseuses) Traumatismes, arthrographie CT	30	500	15	250
8 Thorax (tissus osseux, HR) Infiltrations, adénopathie, localisation locale	10	400	5	250
9 Thorax (vaisseaux) Embolie pulmonaire	15	450	10	300
10 Thorax + épigastre Carcinome pulmonaire, recherche de métastases	15	600	10	300
11 Abdomen (épigastre) Foie, rate, pancréas, recherche de métastases	15	400	10	200
12 Abdomen (épigastre, vaisseaux) Foie, rate, pancréas, recherche de métastases, pathologie vasculaire	15	500	10	250
13 Abdomen/bassin Examens standards, urgence (écoulements abdominaux, abcès, lymphadénopathie rétroperitoneale)	15	650	10	350
14 Abdomen/bassin (vaisseaux) Angio-CT, situation vasculaire	15	650	10	350
15 Bassin (osseux) Traumatismes, malformations	20	500	10	300
16 Bassin (vaisseaux) Angio-CT, situation vasculaire	20	500	10	300
17 Thorax / abdomen / bassin Traumatismes, pathologie osseuse	15	1000	10	700
18 Membres inférieurs (vaisseaux) Traumatismes, fractures, malformations osseuses	30	850	15	300
19 Membres inférieurs (vaisseaux) Angio-CT	15	1000	10	700
20 Membres inférieurs (vaisseaux) Angio-CT	60	1000	30	500

NRD =
Niveaux de
Référence
Diagnostique
CTDI volumique
mais...

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun Svizra

Division radioprotection
www.irs.ch

Relevances:
Etat le: 01.04.2010
N° révision:

Page 3 / 4

Tableau 2 : NRD pour les enfants et les adolescents

Base: M. Galanski, H.D. Nagel, G. Stamm
Pädiatrische Expositionspraxis in der Bundesrepublik Deutschland
(résultats d'une enquête réalisée au niveau national, 2005/06, tab. A.15)

Examen / problématique	Age (ans)	NRD (75 ^e percentile)			
		H	B	H	B
1 Crâne / cerveau	nouveau-né	27	-	290	-
	0-1	33	-	390	-
	1-5	40	-	520	-
	6-10	50	-	710	-
	11-15	50	-	920	-
2 Visage / sinus nasaux	nouveau-né	9	-	70	-
	0-1	11	-	95	-
	1-5	13	-	125	-
	6-10	17	-	180	-
	11-15	20	-	230	-
3 Thorax	nouveau-né	2	1	25	12
	0-1	3.6	1.7	55	28
	1-5	5.6	2.7	110	55
	6-10	8.5	4.3	210	105
	11-15	-	6.8	-	205
4 Abdomen	nouveau-né	3	1.5	55	27
	0-1	5	2.5	145	70
	1-5	8	4	255	125
	6-10	13	6.5	475	240
	11-15	-	10	-	500
5 Colonne lombaire	nouveau-né	7.5	3.7	85	42
	0-1	13	6.5	165	85
	1-5	20	10	270	135
	6-10	32	16	430	215
	11-15	-	26	-	380

CT en pédiatrie / revue des techniques d'optimisation des doses - samedi 2 novembre 2013

Ensemble: H = Haard / B = Body
GROUPE 3R
RESEAU RADIOLOGIQUE ROMAND

taille des fantômes et estimations / SSDE

CTDI volumique mais...
enfant:
dose sous-estimée de
40%
Di Bartolo

AAPM Report No. 204

Size-Specific Dose Estimates (SSDE) in Pediatric and Adult Body CT Examinations

Report of AAPM Task Group 204, developed in collaboration with the International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU) and the Image Gently campaign of the Alliance for Radiation Safety in Pediatric Imaging

2.4 Methods for Different Groups

The various tools used by the four independent research groups

A. Physical Anthropomorphic Phantoms (McCollough and collaborators, Mo)

C. Monte Carlo Voxellized Phantoms (McNitt-Gray and collaborators, MG)

D. Monte Carlo (B)

Table 1: Conversion factors for CTDI_{vol} to SSDE. Table 1A shows factors for lateral and AP dimensions. Table 1B shows factors for effective diameter. Table 1C shows factors for effective diameter. Table 1D shows factors for effective diameter. It is essential that these data be used when the CTDI_{vol} reported is known to be based on the 32 cm diameter body dosimetry phantom.

Table 2A: Conversion factors for SSDE as a function of the lateral body dosimetry phantom. Table 2B shows the conversion factors as a function of the lateral body dosimetry phantom. It is essential that these data be used when the CTDI_{vol} reported is known to be based on the 32 cm diameter body dosimetry phantom.

Table 2C: Conversion factors for SSDE as a function of the lateral body dosimetry phantom. Table 2D shows the conversion factors as a function of the lateral body dosimetry phantom. It is essential that these data be used when the CTDI_{vol} reported is known to be based on the 32 cm diameter body dosimetry phantom.

Table 2E: Conversion factors for SSDE as a function of the lateral body dosimetry phantom. Table 2F shows the conversion factors as a function of the lateral body dosimetry phantom. It is essential that these data be used when the CTDI_{vol} reported is known to be based on the 32 cm diameter body dosimetry phantom.

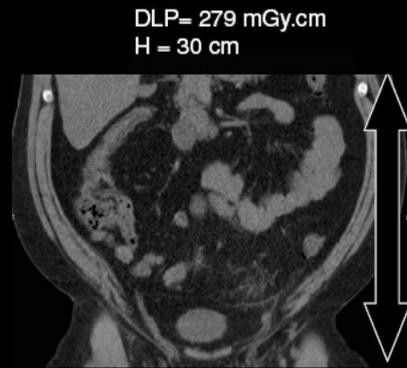
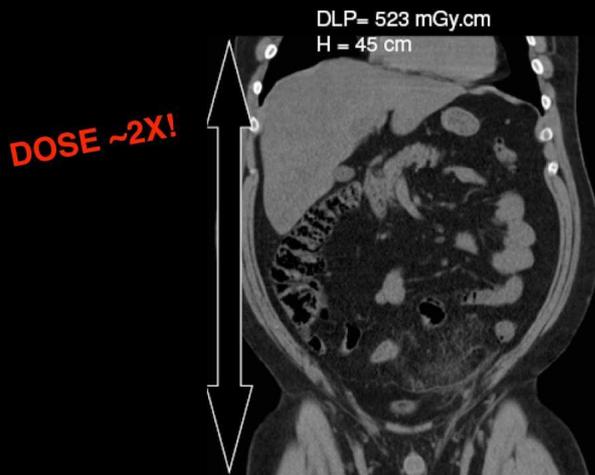
CT en pédiatrie / revue des techniques d'optimisation des doses - samedi 2 novembre 2013

GROUPE 3R
RESEAU RADIOLOGIQUE ROMAND

longueur nécessaire

gérer les paramètres de doses, mais...

un CT **n'est pas** une RX!



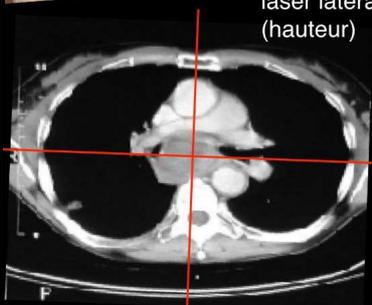
centrage du petit patient



laser latéral
(hauteur)



laser central



centrage dans les 2 plans !

important !!

attention à la modulation automatique

mauvais centrage = dose +++

erreur 3 cm : +18%

erreur 6 cm : +41% CTDI 32cm

Thot et Al, 2007

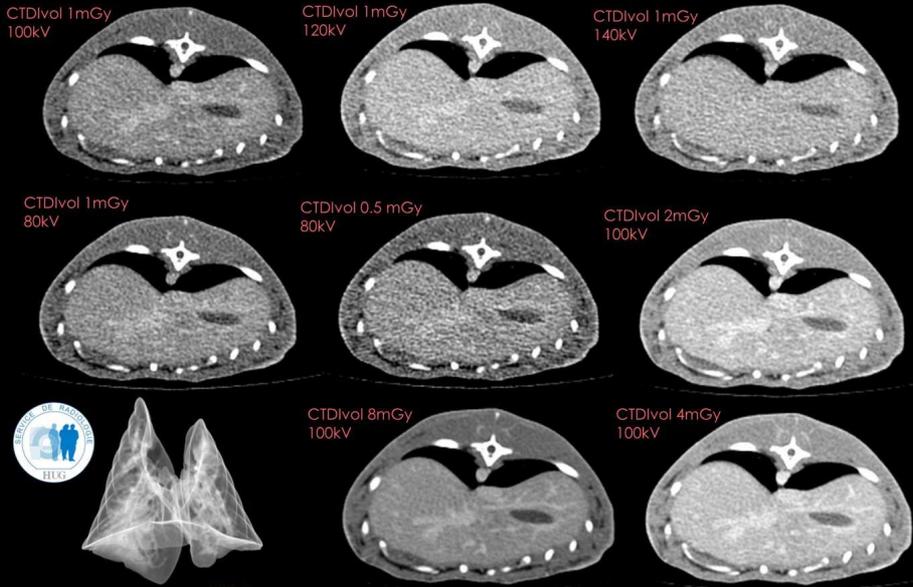
mauvais centrage = bruit +++

erreur 3 cm : + 6%

erreur 6 cm : + 22 % CTDI 32cm

Thot et Al, 2007

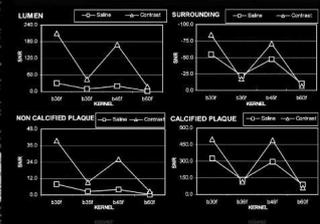
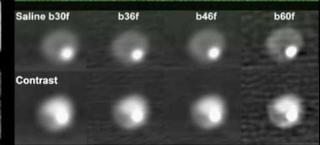
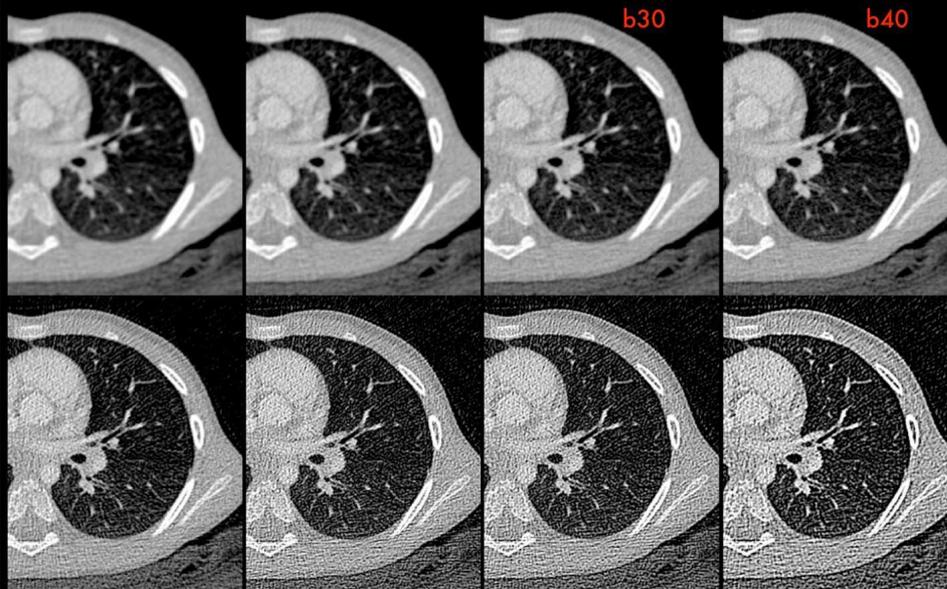
collaboration anesthésio-radio / expérience lapins



CT en pédiatrie / revue des techniques d'optimisation des doses - samedi 2 novembre 2013

GROUPE 3R
RÉSEAU RADIOLOGIQUE ROMAND

filtres de reconstructions



Siemens Somatom 64
4x0.42mm 80kV cTDIvol
1.21mGy 0.4-0.6mm b10-b80

Influence of convolution filtering on coronary plaque attenuation values: observations in an in vivo model of multi-phase computed tomography coronary angiography, Filippou Cademartini, Eur Radiol (2007) 17: 1842-1849

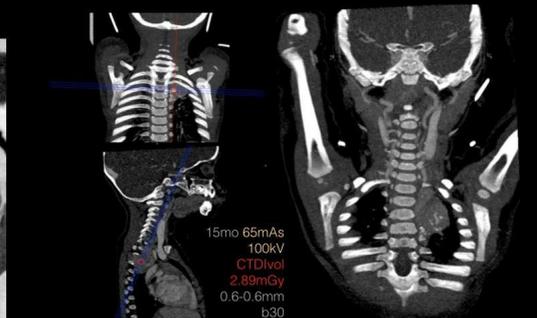
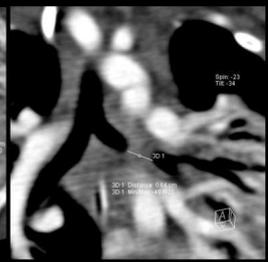
CT en pédiatrie / revue des techniques d'optimisation des doses - samedi 2 novembre 2013

GROUPE 3R
RÉSEAU RADIOLOGIQUE ROMAND

acquisitions volumiques et reconstructions

utilisation des coupes submillimétriques pour toutes reconstructions

- MPR
- courbes
- MIP / MinIP



CT en pédiatrie / revue des techniques d'optimisation des doses - samedi 2 novembre 2013

GRUPE 3R
RÉSEAU RADIOLOGIQUE ROMAND

transfert des paramètres d'exposition entre CTs



14yo - Siemens Somatom 64
CTDIvol 3.87mGy
1.5cc/kg i.v.
2/1mm coronal
reconstruction b40



14yo - GE Lightspeed
CTDIvol 3.82mGy
1.5cc/kg i.v.
2/1mm coronal
reconstruction fissus mous

tableau référence des doses entre machines

weight	CTDIvol mGy	mAs eff	kV
<10kg	1.25	60	80
	2.68	60	100
<20kg	3.13	70	100
<30kg	3.56	80	100
<40kg	4.00	90	100
>=40kg	4.45	100	100

CTDIvol:
valeur normalisée inter-
machines

signal sur bruit / reconstructions
modulation automatique

CT en pédiatrie / revue des techniques d'optimisation des doses - samedi 2 novembre 2013

GRUPE 3R
RÉSEAU RADIOLOGIQUE ROMAND

importance des protocoles d'injection

fonction de:

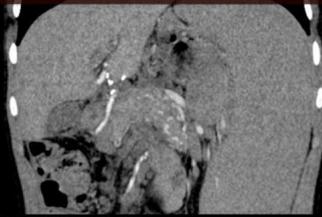
- nécessités diagnostiques
- sémiologie précise
- **préférences et degré de certitude du radiologue en charge**

contraste proportionnel à:

- la dose
- la qualité de l'injection

optimisation du contraste
diminution des passages

phase artérielle



Exam Descripteur: CT 1 abdomen

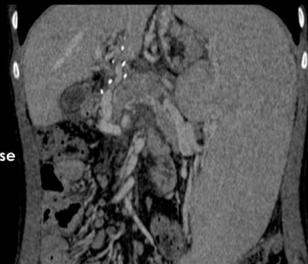
Rapport de dose					
Series	Type	Scan Range (mm)	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy-cm)	Phantom cm
1	Scout	-	-	-	-
2	Helical	5402.000-5110.125	6.07	205.18	Body 32
2	Helical	5401.500-518.375	6.63	284.56	Body 32
Total Exam DLP:			489.74		

Exam Descripteur: CT 1 ABDOMEN

bi-phase

Rapport de dose					
Series	Type	Scan Range (mm)	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy-cm)	Phantom cm
1	Scout	-	-	-	-
2	Helical	5363.750-111.250	4.37	184.05	Body 32
Total Exam DLP:			184.05		

phase veineuse



7yo shunt spleno-rénal / thrombose artère splénique
2cc/kg i.v.
2/1mm
coronal
reconstruction
tissus mous

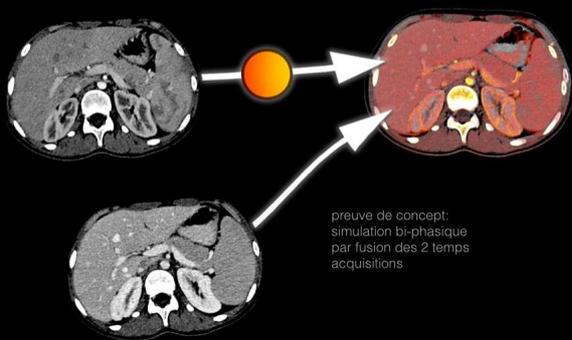


Geneva bibolus - single acquisition fixed arterio-venous lowdose

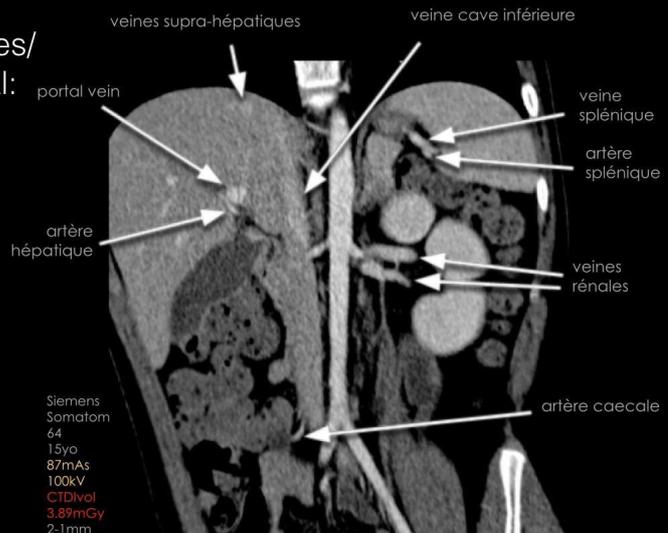
low-dose pédiatrique / injection biphasique: **1.25 à 4.45mGv CTDIvol**

réduire la nécessité de plusieurs passages/
augmenter le contraste intrinsèque global:

- **injection veineuse**
- **injection artérielle**



preuve de concept:
simulation bi-phasique
par fusion des 2 temps
acquisitions



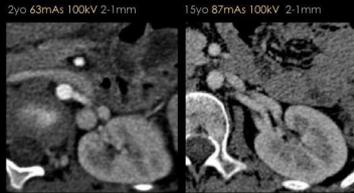
Siemens
Somatom
64
15yo
87mAs
100kV
CTDIvol
3.89mGy
2-1mm

Geneva biphasic - reproductibilité / robustesse - premier cas (HUG)

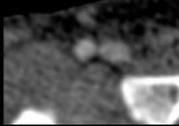
départ simultané à l'injecteur du CT avec délai de 65s



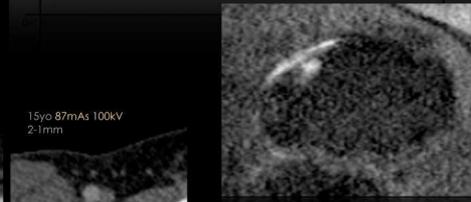
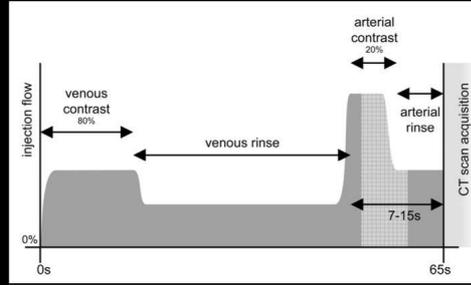
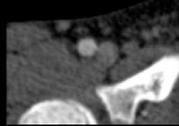
renal: a > v
cortex + pyramides -



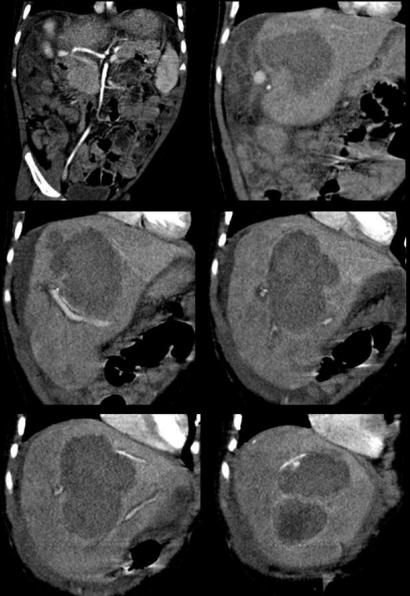
11mo 53mAs 100kV
2-1mm



9yo 69mAs 100kV
2-1mm



Siemens Somatom 64
2yo 63mAs 100kV
CTD_{div} 2.81mGy
2-1mm



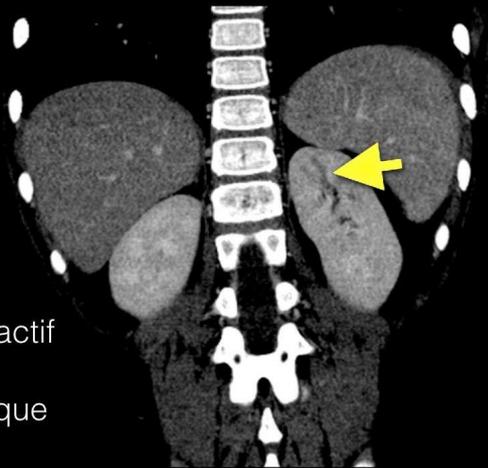
CT en pédiatrie / revue des techniques d'optimisation des doses - samedi 2 novembre 2013

GRUPE 3R
RÉSEAU RADIOLOGIQUE ROMAND

Geneva biphasic - lésions traumatiques - atteintes organiques

6 ans
chute à vélo avec
impact sur le
guidon

- pas de saignement actif
- opacification organique homogène
- bonne résolution



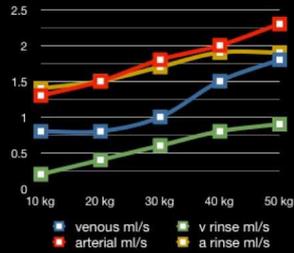
CTD_{div} 4.01mGy
1.5cc/kg i.v.
2/1mm coronal et axial
reconstruction tissu mou

CT en pédiatrie / revue des techniques d'optimisation des doses - samedi 2 novembre 2013

GRUPE 3R
RÉSEAU RADIOLOGIQUE ROMAND

Geneva biphasic - lésions traumatiques - rapports vasculaires

5 ans
chute à cheval
fracture hépatique



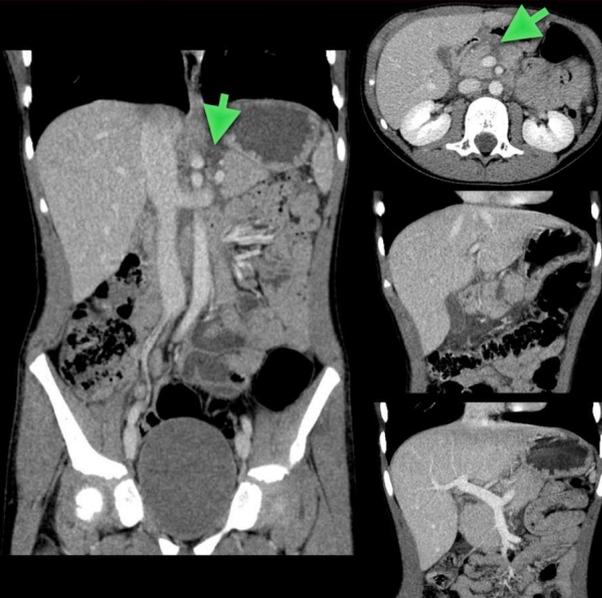
CTDIvol 3.11mGy
1.5cc/kg i.v.
2/1mm coronal
reconstruction fissus mous

- hématome sous capsulaire massif
- pas de saignement actif
- étendue et proximité de la lésion aux vaisseaux artériels et veineux principaux

CT en pédiatrie / revue des techniques d'optimisation des doses - samedi 2 novembre 2013

GRUPE 3R
RÉSEAU RADIOLOGIQUE ROMAND

Geneva biphasic - lésions traumatiques - anatomie vasculaire



5 ans
chute à vélo avec impact sur le guidon

- fracture tête / corps pancréatique
- liquide libre
- pas de saignement actif
- pas d'autre lésion organique ou vasculaire

CTDIvol 3.13mGy
1.5cc/kg i.v.
2/1mm coronal + 10mm MIP coronal
reconstruction fissus mous

CT en pédiatrie / revue des techniques d'optimisation des doses - samedi 2 novembre 2013

GRUPE 3R
RÉSEAU RADIOLOGIQUE ROMAND

Geneva biphasic - lésions traumatiques - vascularisation digestive

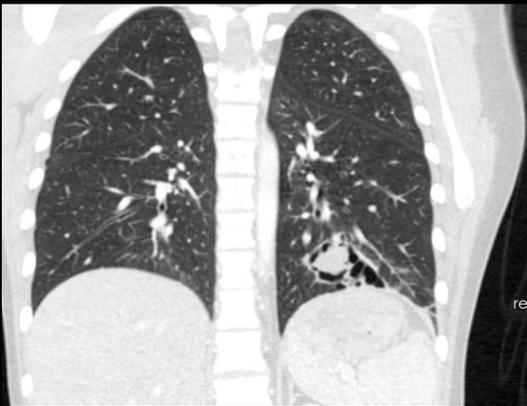
5 ans
chute à vélo avec
impact sur le
guidon



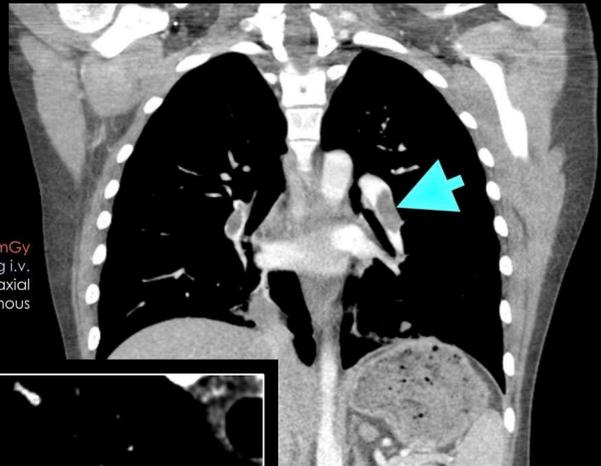
- hématome intramural du colon descendant
- pas de lésion des vaisseaux mésentériques distaux

CTDivol 3.54mGy
1.5cc/kg i.v.
2/1mm axial et MIP sagittal-oblique
reconstruction tissu mou

Geneva biphasic - caractéristiques vasculaires - embolie pulmonaire



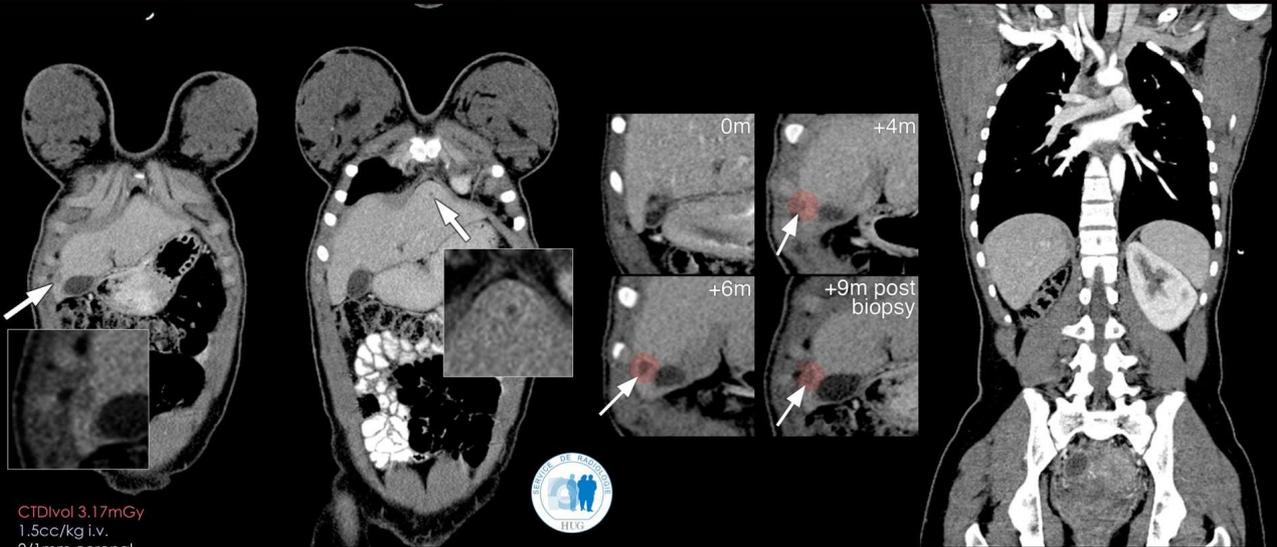
CTDivol 4.42mGy
1.5cc/kg i.v.
2/1mm coronal et axial
reconstruction tissu mou



- embolie pulmonaire - patient neutropénique
- opacification vasculaire
- contraste millimétrique
- bilan parenchymateux (aspergillose)



Geneva biphasic - caractéristiques tissulaires - sensibilité



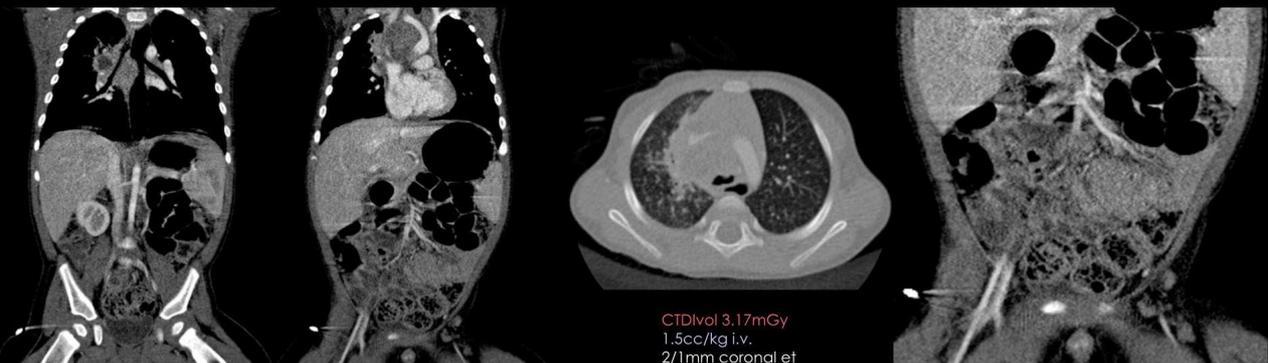
CTDIvol 3.17mGy
1.5cc/kg i.v.
2/1mm coronal
reconstruction
tissus mous

métastases hépatiques à distance de carcinome rénal nephrectomisé

CT en pédiatrie / revue des techniques d'optimisation des doses - samedi 2 novembre 2013

GRUPE 3R
RÉSEAU RADIOLOGIQUE ROMAND

Geneva biphasic - caractéristiques tissulaires - petit corps entier



6 mois
bilan de tuberculose

- bilan ganglionnaire et organique

CTDIvol 3.17mGy
1.5cc/kg i.v.
2/1mm coronal et
axial
reconstruction
tissus mous

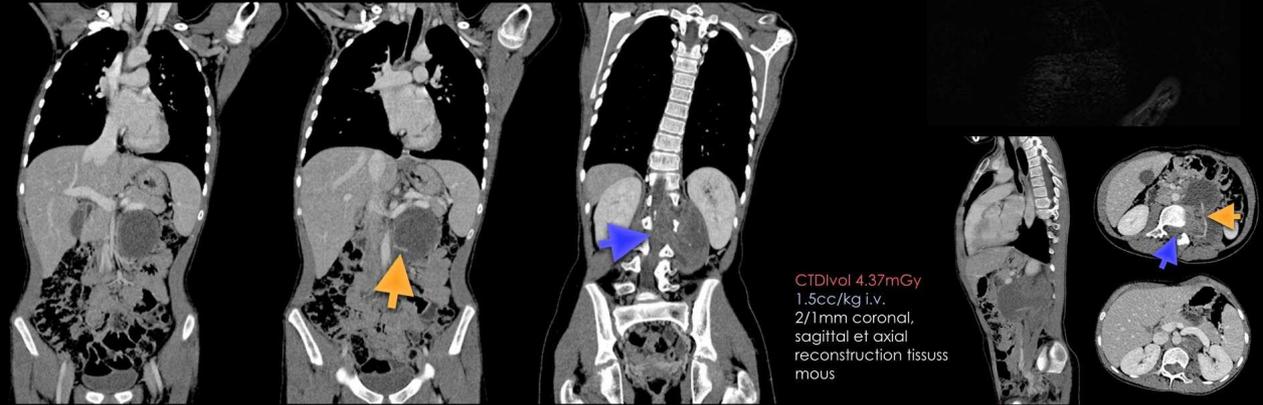
CT en pédiatrie / revue des techniques d'optimisation des doses - samedi 2 novembre 2013

GRUPE 3R
RÉSEAU RADIOLOGIQUE ROMAND

Geneva biphasic - caractéristiques tissulaires - grand corps entier

ganglioneurome:

- cartographie tumorale, vasculaire, pulmonaire et osseuse
- transmission claire



CT en pédiatrie / revue des techniques d'optimisation des doses - samedi 2 novembre 2013

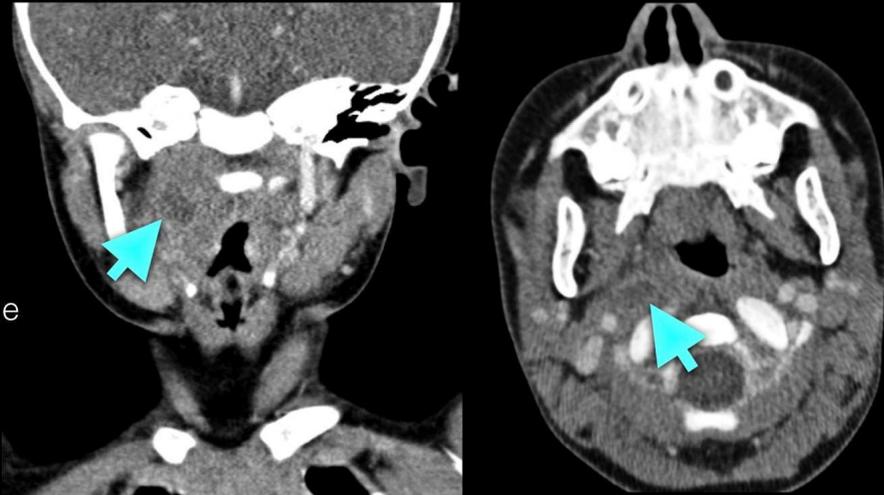
GRUPE 3R
RÉSEAU RADIOLOGIQUE ROMAND

Geneva biphasic - caractéristiques tissulaires - examen répétés

CTDIvol 2.68mGy
1.5cc/kg i.v.
2/1mm coronal et axial reconstruction tissus mous

abcès parapharyngé

- bilan de collection
- infiltration périphérique
- effet de masse
- état vasculaire



CT en pédiatrie / revue des techniques d'optimisation des doses - samedi 2 novembre 2013

GRUPE 3R
RÉSEAU RADIOLOGIQUE ROMAND

IPR 2011 - International Pediatric Radiology Congress / London



injection biphasique lowdose:

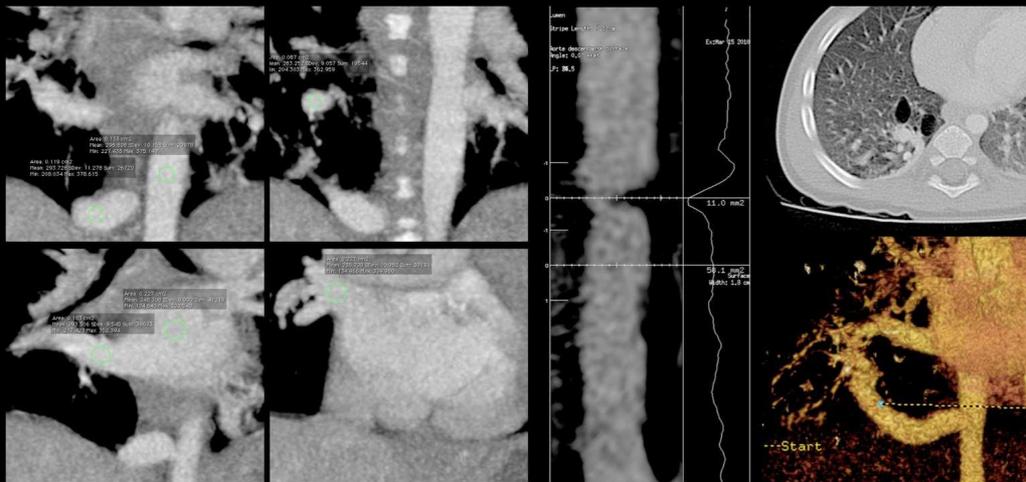
- pour tous les examens thoraco-abdominaux génériques
- standardisation stricte des injections
- acquisition unique pour deux phases injectées



CT en pédiatrie / revue des techniques d'optimisation des doses - samedi 2 novembre 2013

GROUPE 3R
RÉSEAU RADIOLOGIQUE ROMAND

Geneva biphasic - caractéristiques vasculaires - dynamique vasculaire



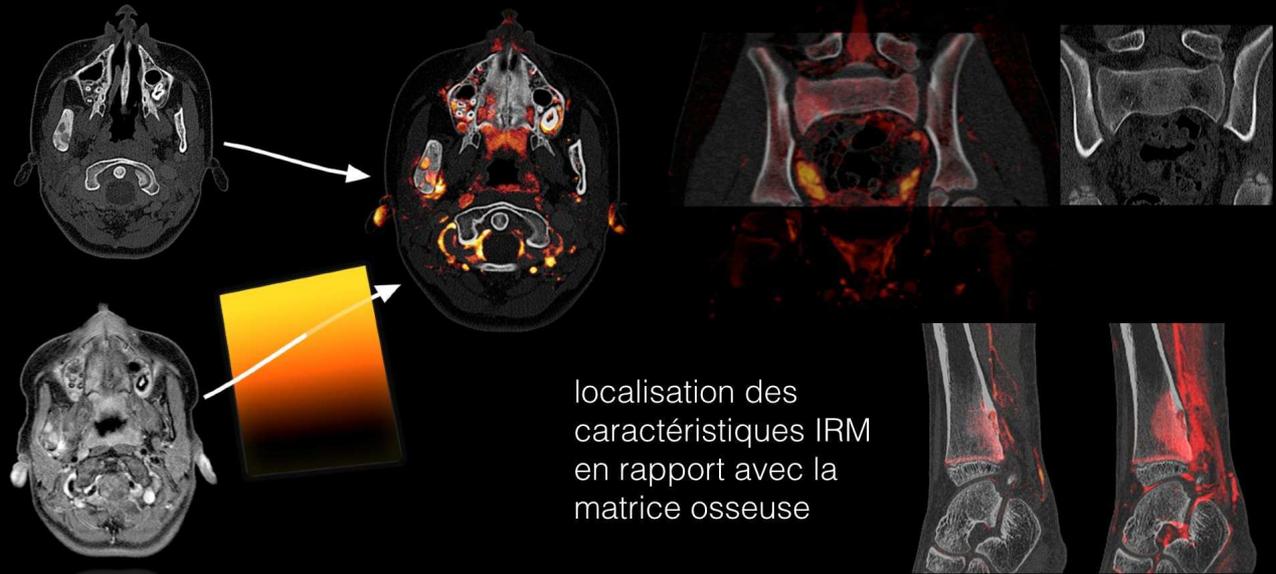
CTDIvol 3.17mGy
2cc/kg i.v.
reconstruction
vasculaire courbe
et 3D volumique

contraste suffisant pour reconstructions 3D et courbes vasculaires
possibilité de mesures d'unités Hounsfield 'dynamiques'

CT en pédiatrie / revue des techniques d'optimisation des doses - samedi 2 novembre 2013

GROUPE 3R
RÉSEAU RADIOLOGIQUE ROMAND

multimodalité



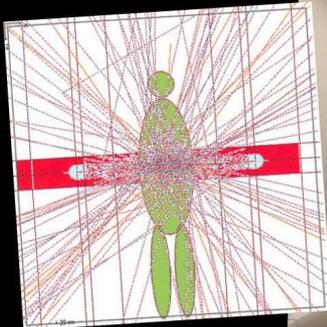
localisation des caractéristiques IRM en rapport avec la matrice osseuse

CT en pédiatrie / revue des techniques d'optimisation des doses - samedi 2 novembre 2013

GRUPE 3R
RÉSEAU RADIOLOGIQUE ROMAND

enfant calme = examen net = moins de ratés

accompagnants :
où les placer ?



rayonnement diffusé
maximum à 45°

- expliquer / rassurer
- divertir / distraire
- accompagner

- penser à l'EMLA
- biberon
- contention

un parent stressé =
un enfant qui bouge

CT en pédiatrie / revue des techniques d'optimisation des doses - samedi 2 novembre 2013

GRUPE 3R
RÉSEAU RADIOLOGIQUE ROMAND

interro demain

devoirs à domicile !

- 1 - comprendre la demande / autres modalités?
- 2 - revoir votre pratique / technique / flux d'examen
- 3 - chercher, trouver et lire le CTDI
- 4 - comparer votre rapport de dose aux NRD
- 5 - injection? maîtriser le contraste
- 6 - savoir entourer expliquer / rassurer / calmer / mais aussi être ferme si nécessaire



CT en pédiatrie / revue des techniques d'optimisation des doses - samedi 2 novembre 2013

 GROUPE 3R
RÉSEAU RADIOLOGIQUE ROMAND

merci de votre attention

“In particular, **mutation due to atomic radiation** is presented as an explanation for his great size and strange powers.”

Le dieu du CT Godzilla selon Wikipedia



un grand merci à toute l'équipe du CIO (Groupe 3R), celle de la radiopédiatrie aux HUG (et plus particulièrement à Vincent Pugin)

email: tristan.zand@pedrad.eu

CT en pédiatrie / revue des techniques d'optimisation des doses - samedi 2 novembre 2013

 GROUPE 3R
RÉSEAU RADIOLOGIQUE ROMAND



Contenu

- Contexte
- Mise en place à travers le monde
- Notre vision pour ne pas rater l'objectif
- Premier bilan
- Perspectives d'évolution
- Conclusion



Contexte

- 97/43/Euratom (30 juin 1997)
 - Les 3 grands principes
 - Justification
 - Optimisation
 - Limitation (NRD pour le patient)
 - Assurance qualité
 - “[...] For other radiological practices, a medical physics expert shall be involved, as appropriate, for consultation on optimization including patient dosimetry and quality assurance including quality control, and also to give advice on matters relating to radiation protection concerning medical exposure, as required.”
(97/43/Euratom, art. 6 “Procedures”, al. 3)



Introduction dans notre législation

Pour les applications en médecine nucléaire et en radiologie interventionnelle par radioscopie ainsi que pour la tomodensitométrie, le titulaire de l'autorisation doit faire appel périodiquement à un physicien médical selon l'al. 4.

Ordonnance sur la radioprotection (ORaP), art. 74 al. 7



Buts et "non-buts" de l'Art. 74.7

- Buts :
 - Mettre en place une collaboration afin d'optimiser la radioprotection du patient et du personnel
 - Evaluer l'état de la pratique en Suisse
 - Faire remonter l'info à la SSR ou SSMN

- "Non-buts" :
 - Auditer, car pas de cahier des charges défini
 - Se substituer au constructeur
 - Se substituer à l'OFSP
 - Pas une inspection mais un partenariat



Ce qui est clair

- La responsabilité des protocoles reste du ressort du radiologue

- Les mesures doivent compléter celles des firmes
 - Dose – qualité d'image au niveau du détecteur (firme)
 - Exposition du patient – qualité d'image (physicien)

- En radiologie, les installations ne sont pas dangereuses en soi
 - Le simple QC est totalement insuffisant
 - La philosophie doit être différente (on n'est pas au % de dose !)

- Le physicien n'envoie pas de rapport à l'OFSP
 - Il doit être considéré comme partie prenante au sein du centre
 - Essai d'introduction du concept en France :
 - Dotation proposée par l'ASN et la SFPM
 - Devoir d'information à l'ASN

- Objectif :
 - La pratique est-elle comparable à d'autres centres ?
 - L'installation est-elle utilisée au mieux de ses capacités ?
 - Existe-t-il un potentiel d'optimisation ?



Base de travail proposée

Modality	QA relating to patient dose	Verification and optimization of patient and staff dose	Training and coaching of technologists and physicians *	Sum per year
CT	0.5	1	1.5	3
Fluoroscopy Cat. A	0.5	1.4	1.5	3.4
Fluoroscopy Cat. B	0.125	0.125	0.75	1
Gamma camera	0.5	0.5	1.5	2.5
PET	0.5	0.75	1.5	2.75
SPECT/CT	1	1.5	3	5.5
PET/CT	1	1.75	3	5.75

- Ne concerne pas les activités de recherche
 - CT :
 - 1.5 j par année et installation (2 – 3 h immobilisation de la machine avec un TRM qui utilise le système)
 - « Coaching » : toutes les options visant à produire des images de manière optimale sont-elles utilisées ?
 - Radiologie interventionnelle
 - 2 j par année et installation (2 – 3 h immobilisation de la machine avec un **utilisateur**)
 - « Coaching » : toutes les options visant à produire des images satisfaisantes sans exposer inutilement le patient et le personnel



Une idée à adopter ?

- Relation : RSNA – AAPM → SSR - SSRPM
 - Outre-Atlantique, il existe...
 - ... des physiciens spécialisés en imagerie RX
 - ... une réelle implication de la physique en radiologie
 - ... des sessions de cours communs au sein des congrès
 - Le physicien est bien une interface avec le constructeur



Etat des lieux

- Notre priorité du moment
 - CT
 - Radiologie et cardiologie interventionnelles
- Approche prise par l'ACR
- Limiter l'immobilisation de l'installation
- Le médecin reste bien sûr le responsable
 - Frustration de certains de mes collègues de la Radiothérapie
- On ne refait pas les tests de la firme mais :
 - Vérification par pointage des éléments qui nous semblent importants
 - Focalisation sur l'utilisation du système
 - Etude du potentiel d'optimisation
 - Etablissement d'un rapport pour le médecin
 - Nous proposons une discussion du rapport
 - Cours de formation continue pour les TRM



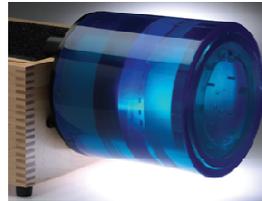
Eléments recueillis durant une visite

- Evaluation de la machine
 - Mesures dosimétriques/collimation
- Utilisation clinique
 - Fantôme AQ
 - Protocoles standards
- Images diagnostiques
 - Analyse de cas transmis par le centre



Utilisation clinique

- Application des protocoles thorax et abdomen standards du centre
 - Reconstructions axiales avec les paramètres locaux (FBP, itératif, ...)
- Protocole d'intercomparaison IRA
 - $CTDI_{vol}$: 15mGy (NRD abdomen)
 - 120kV
 - Reconstruction : 2.5mm jointif/continu
 - FBP (pas d'itératif)
 - Filtre mou (standard)
- Catphan® 600
 - Fantôme QA standard



Analyse d'images cliniques

- Sélection d'examens pratiqués dans le centre
- Critères d'analyse :
 - Le patient est-il à l'isocentre ?
 - Largeur du patient [cm]
 - Épaisseur du patient [cm]
 - Nombre CT moyen dans une zone homogène
 - Bruit dans cette même zone
 - Liste d'organes visibles
 - Utilisation de la modulation du courant (O/N, quelle tension ?)
 - Détail de la dosimétrie ($CTDI_{vol}$, DLP, SSDE)
 - Dose efficace [mSv] (selon ICRP 103)
 - Nombre de phases



Statistiques des examens CT

Protocole	CTDI [mGy]	DLP [mGy cm]	# phases	E [mSv]
Crâne	51.5 ± 15.9	904.1 ± 307.3	1.9 ± 0.8	3.2 ± 1.3
Thorax	9.1 ± 5.8	316.7 ± 189.7	1.4 ± 0.5	6.2 ± 3.5
Abdomen	12.0 ± 6.7	506.7 ± 292.7	2.6 ± 1.4	18.7 ± 12.7

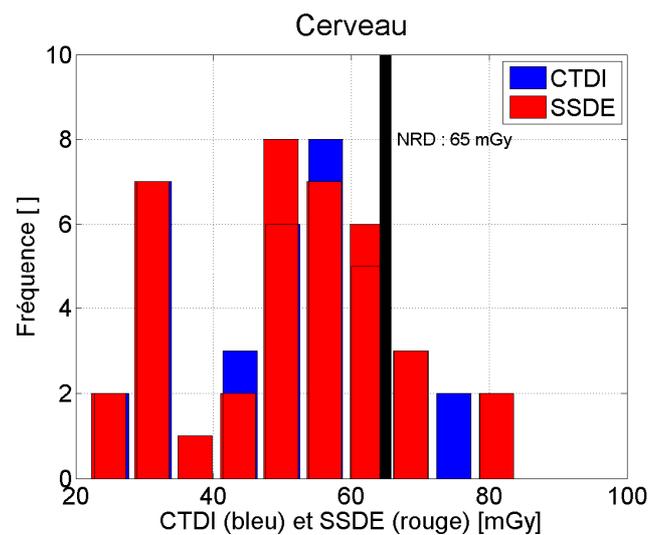
Moyennes des indicateurs dosimétriques pour différents protocoles CT. Les valeurs du CTDI et du DLP s'entendent pour un passage, les doses efficaces s'entendent pour un examen.

Protocole	E min [mSv]	E max [mSv]
Crâne	1.0	6.6
Thorax	1.4	17.6
Abdomen	2.7	61.8

Minima et maxima des doses efficaces calculées sur la base de l'ICRP 103. Les valeurs s'entendent pour un examen.

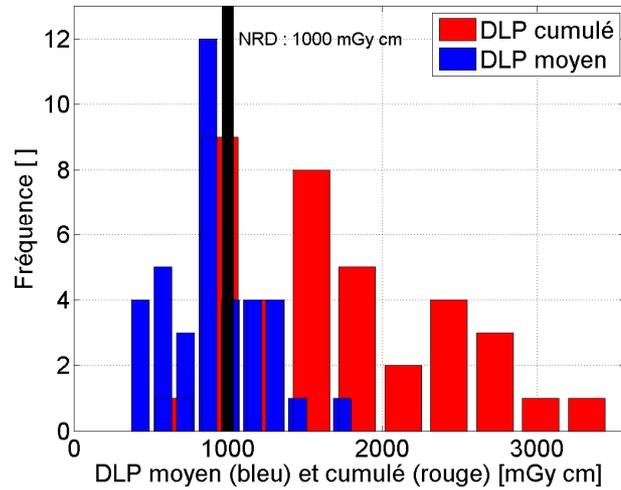


Statistiques des examens CT



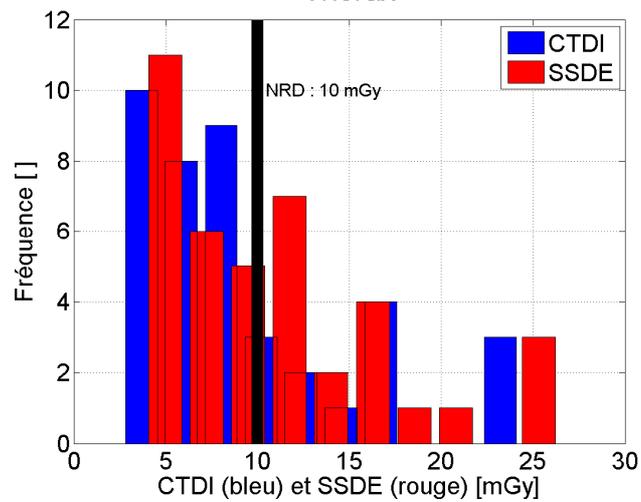
Statistiques des examens CT

Cerveau



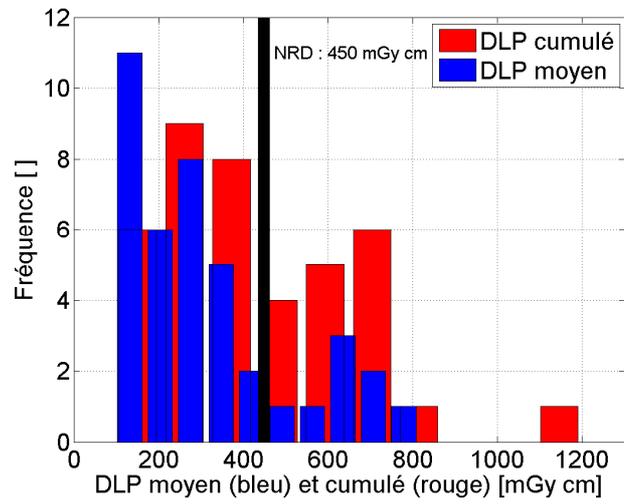
Statistiques des examens CT

Thorax



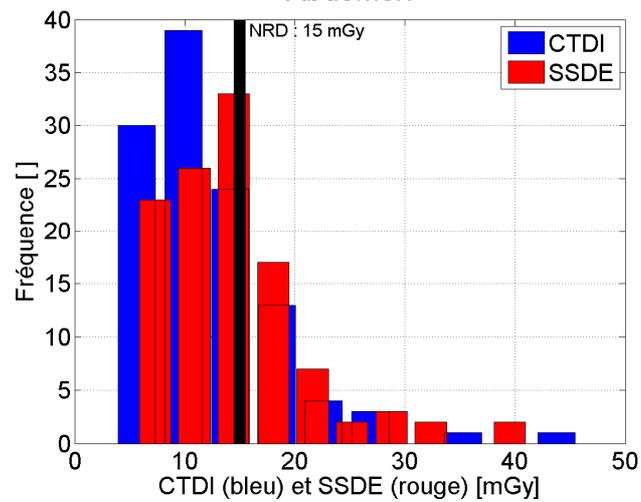
Statistiques des examens CT

Thorax



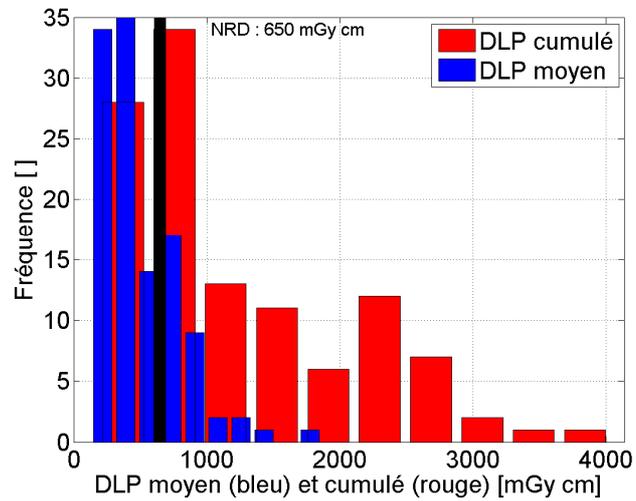
Statistiques des examens CT

Abdomen



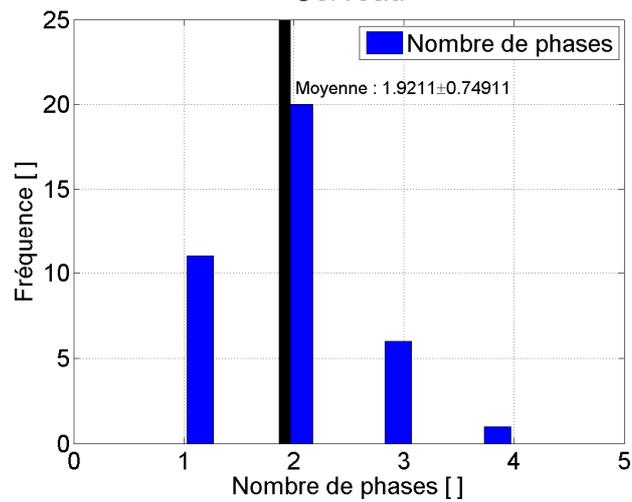
Statistiques des examens CT

Abdomen

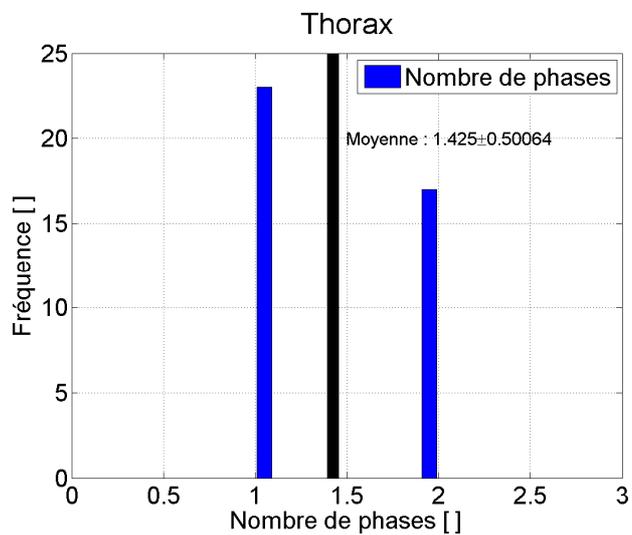


Statistiques des examens CT

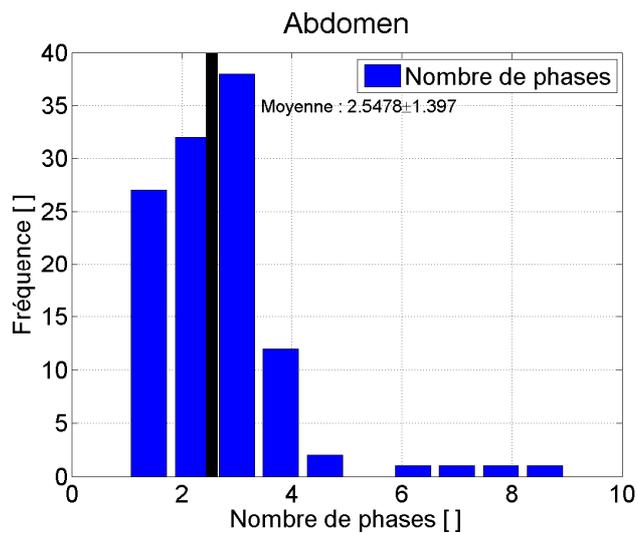
Cerveau



Statistiques des examens CT



Statistiques des examens CT



Repérage de pratiques discutables

Examination	Abdomen	
Patient width [cm]	29.64	
Patient thickness [cm]	19.21	
CTDI _{vol} [mGy]	Native	8.74
	Arterial	7.49
	Portal	7.00
	Delayed 1	8.02
	Delayed 2	8.33
	Delayed 3	8.05
	Delayed 4	8.61
	Delayed 5	9.24
Delayed 6	7.32	
Mean CTDI _{vol} [mGy]	8.09	
SSDE [mGy cm]	12.62	
DLP [mGy cm]	Native	404
	Arterial	192
	Portal	229
	Delayed 1	390
	Delayed 2	187
	Delayed 3	230
	Delayed 4	125
	Delayed 5	210
Delayed 6	210	
Mean DLP [mGy cm]	241.89	
Cumulated DLP [mGy cm]	2177	
Effective patient dose [mSv]	33.31	
Total number of phases	9	



A adapter

- Globalement, NRD respectés
 - Du moins pour chaque passage individuel
- Examens thoraciques et cérébraux
 - Marge d'optimisation présente
- Examens abdominaux
 - Très grande variabilité
 - Marge d'optimisation importante
- Autres examens
 - Ostéo-articulaire : variabilité parfois surprenante
 - Cardiaque : faible masse statistique



Radioscopie

- Caractérisation des débits de dose
- Exposition du personnel
 - Moyen de protection
 - Dosimétrie
 - Présence pendant $\frac{1}{2}$ journée d'activité
 - Monitoring possible par dosimétrie active
- PDS, dose cumulée : qu'es aquò ?



Exemple

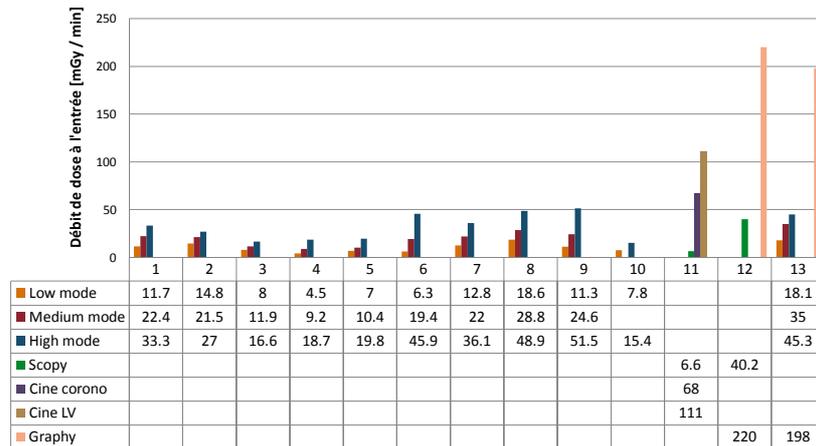
- Vérification du PKS
- Débits de kerma à l'entrée
 - SID: 110cm
 - SDD: 75cm
 - PMMA épaisseurs: 5, 10, 15 et 20cm
- Modes cliniques
 - Investigation des autres modes d'asservissement
 - Influence de l'agrandissement
 - Résolution spatiale avec cible en mouvement



Exemple de caractérisation

Débits de dose sur différentes installations de cardiologie
20cm PMMA, FOV 20cm

Données : 1 à 10: Vano et al., 11 à 13 : IRA



Quel bilan tirer ?

- Art. 74 : quelle est sa plus-value ?
- Potentiel d'optimisation dans le CT
 - Physicien médical : son rôle n'est pas d'initier la démarche mais mettre en évidence éléments d'optimisation potentielle
- Résistance des TRM au départ, mais retours très positifs de leur part
- Pas encore beaucoup de retour des radiologues
 - Rapport de synthèse annuelle (inter-comparaison et variabilité de la pratique)
 - La discussion peut rester entre radiologues, sur la base du rapport en question
 - Pourquoi pas un groupe de travail SSR/SSRPM ?
 - Prendre exemple sur la collaboration ACR/AAPM



Nos préoccupations

- Petits centres et CT
 - Peu de variabilité
 - Interventions annuelles nécessaires ?
- On reste trop focalisé sur la dose
 - Pour nous : l'exposition n'est pas l'enjeu
 - Adéquation qualité d'image - tâche diagnostique



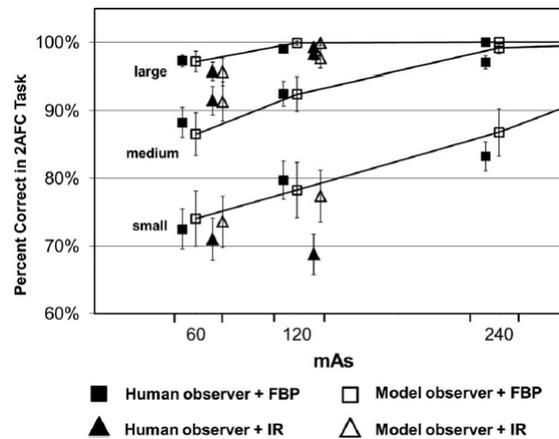
Perspective

- Utilisation d'un modèle d'observateur
- Rapport dosimétrique et indicateur de qualité d'image
 - Réel outil d'optimisation
 - Le danger de l'itératif
 - Le danger de la pression vers la dose la plus faible possible



Etude de détection sur fantôme thorax

- Bonne corrélation CHO et l'humain
- Amélioration marginale de la détection à bas contraste par l'itératif



Yu *et al*, Med. Phys. 40:041908, April 2013



Futur

- Etablir une relation de confiance avec les radiologues
- Rationaliser l'évaluation de la qualité d'image
 - Benchmarking d'installations
- Assurer une radioprotection optimale des radiologues et cardiologues « interventionnalistes » (cristallin)
- Accéder aux endroits « problématiques »
 - Blocs opératoires
 - Endoscopies guidées par radioscopie
- Logiciels de collecte automatique des doses
 - Outil statistique puissant
 - Implication du physicien dans la gestion de l'information



Merci pour votre attention



