

Optimisation de la radioprotection en imagerie pédiatrique

**Pr. Hubert DUCOU-LE-POINTE, Chef du Service de Radiologie Pédiatrique
Hôpital Armand-Trousseau**

**Aurélien BOUËTTÉ, Personne Spécialisée en Radiophysique Médicale
Hôpital Saint-Antoine et Hôpital Armand-Trousseau**

Journée SFRP du 13/12/2011 : Radioprotection des Patients en Imagerie Médicale

■ Risque stochastique plus important que chez l'adulte

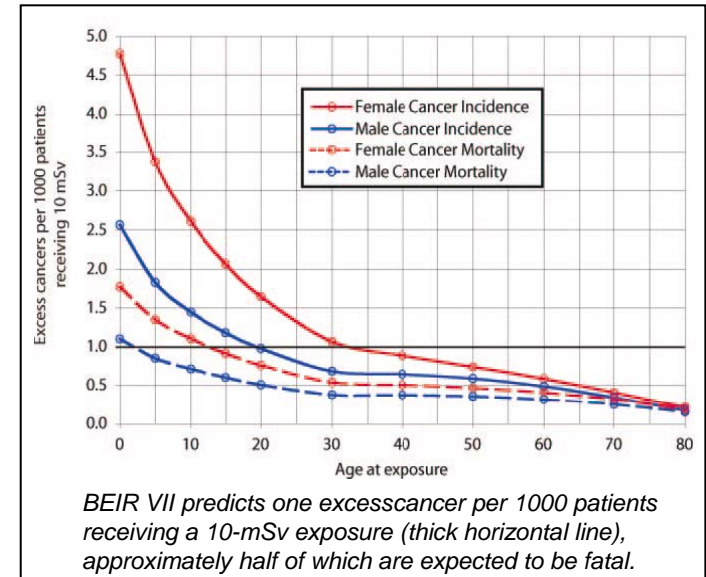
- Enfants plus radiosensible
- Espérance de vie plus longue

■ Estimation des doses efficaces

- Facteurs de pondération W_t non adaptés
- Indicateurs de dose non adaptés
- Coefficients et logiciels de calculs non adaptés

■ Acquisition des images plus difficile

- Risque de mouvement des patients
- Morphotypes de patients très variables
- Pas d'équipements d'imagerie spécifiquement conçus pour la pédiatrie

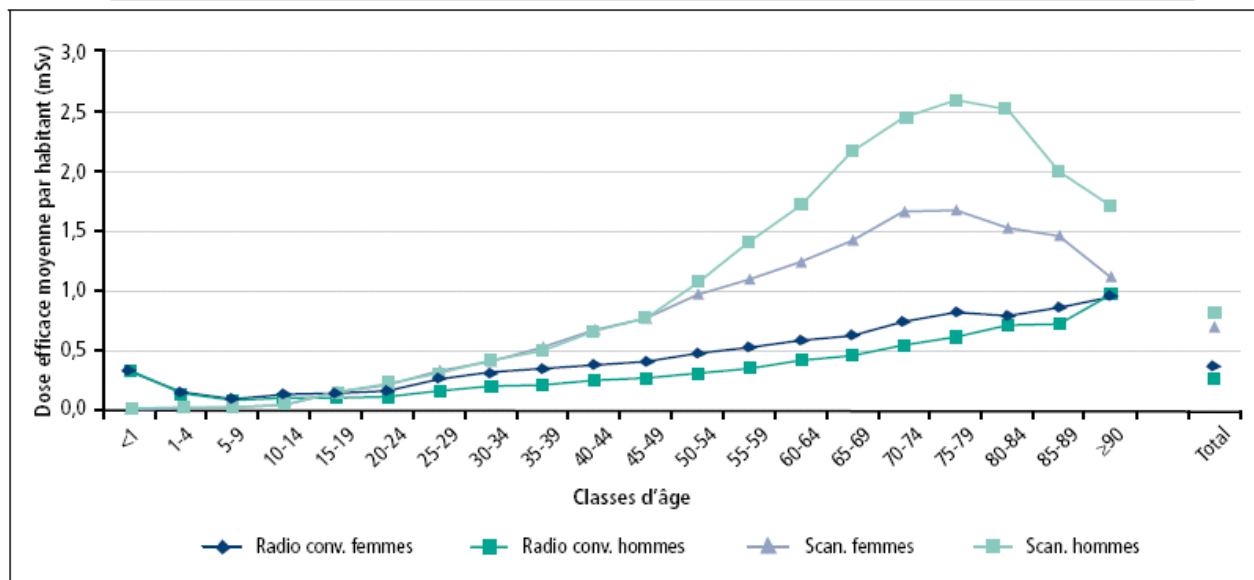
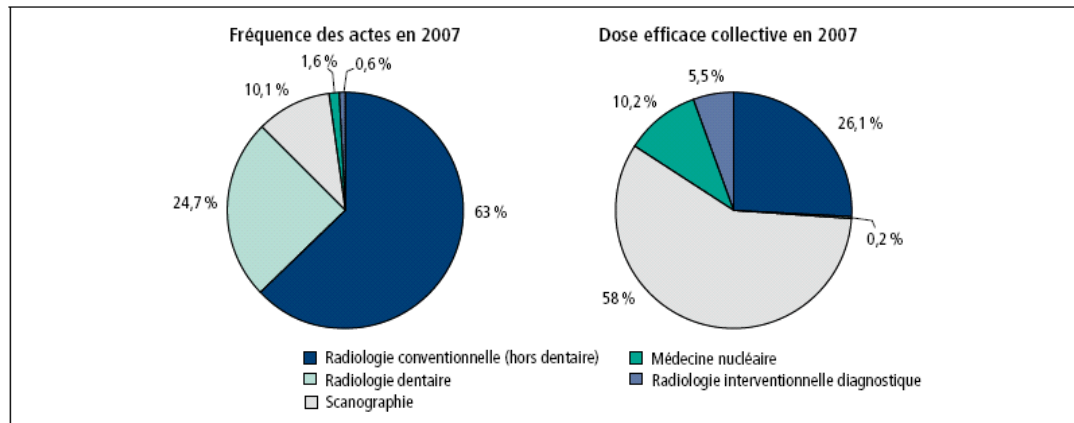


A. Sodickson. Recurrent CT, cumulative radiation exposure, and associated radiation-induced cancer risks from CT of adults. *Radiology*, 2009.

La justification et l'optimisation des actes doivent faire l'objet d'une attention soutenue en pédiatrie

Spécificités en imagerie pédiatrique

Radiologie conventionnelle et Scanographie



IRSN/ Institut de veille sanitaire. Exposition de la population française aux rayonnements ionisants liée aux actes de diagnostic médical en 2007.

■ Indicateur de dose : Produit Dose Surface (PDS)

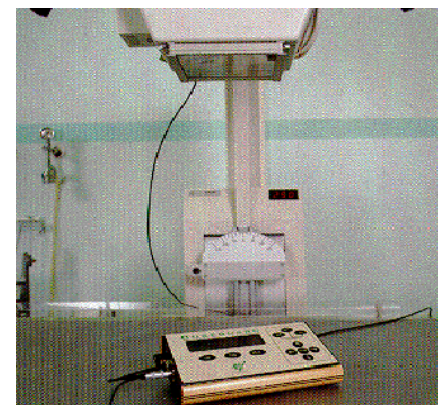
- Mesure avec chambre d'ionisation ou calcul
- Report obligatoire dans le compte-rendu
- Multiplicité des unités constructeurs !
- Nécessité d'un recueil automatisé

■ Calcul de dose efficaces ou de dose à l'entrée à partir du PDS

- Pas de consensus sur la méthode de calcul de la dose efficace
- Coefficients de conversion du PDS en dose efficace non adaptés à la pédiatrie

■ Niveaux de références

- NRD spécifiques pour la pédiatrie
- Relevé pour transmission de 20 valeurs difficile à réaliser par manque de patients pour certains examens



EXAMEN	AGE	De EN mGy pour une exposition
Thorax (postéro-antérieur)	0-1 an	0,08
Thorax (postéro-antérieur)	5 ans	0,1
Thorax (latéral)	5 ans	0,2
Crâne (postéro-antérieur ou antéro-postérieur)	5 ans	1,5
Crâne (latéral)	5 ans	1
Pelvis (antéro-postérieur)	0-1 an	0,2
Pelvis (antéro-postérieur)	5 ans	0,9
ASP (postéro-antérieur ou antéro-postérieur)	5 ans	1

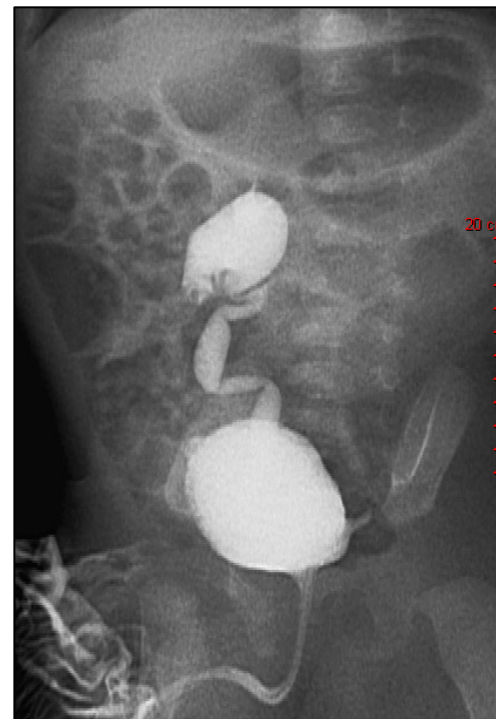
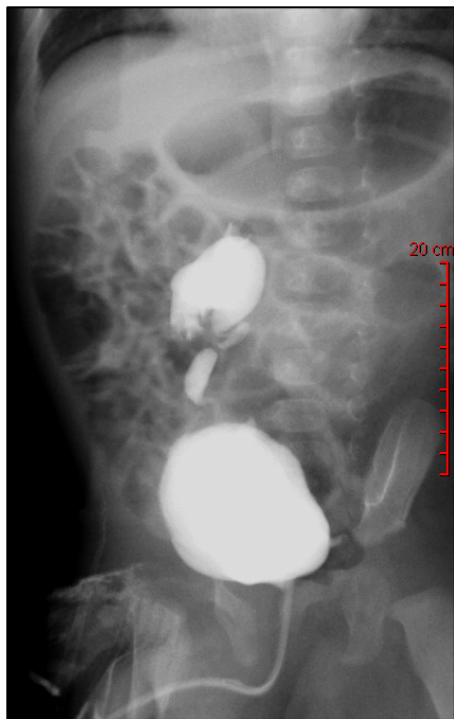
Arrêté du 12 février 2004 relatif aux niveaux de référence diagnostiques en radiologie et en médecine nucléaire

En radiologie conventionnelle

Choix de la bonne technique

- Etudes comparatives fluorographie / film ou fluorographie / amplificateur
 - Ex : Bourlière – Najean, Ph. Devred
 - Étude sur 293 enfant de 0 à 15 ans
 - Résultats : rapport de dose entre conventionnelle et numérisée > 2

- Etude comparative des méthodes d'acquisitions numérisées à réaliser également



En radiologie conventionnelle

Mouvement des patients

■ Contraintes

- Risque de répétition de clichés
- Diminution de la qualité image
- Augmentation du champ d'exposition nécessaire



■ Solutions

- Contention
- Diminution des temps d'exposition (générateurs à haute puissance nécessaires)

En radiologie conventionnelle

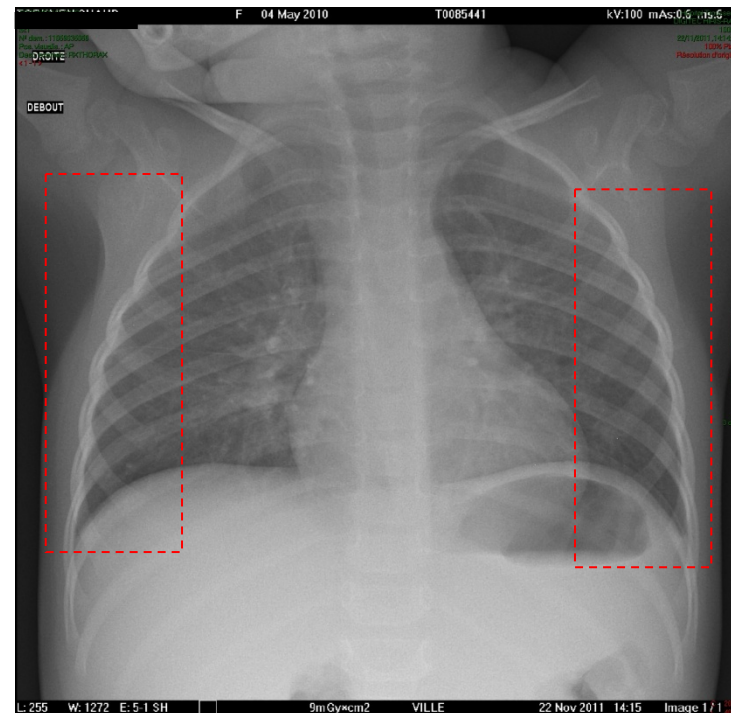
Ajustement des paramètres

■ Automatisation complète impossible

- Programmation par tranche d'âges ou morphotypes
- Tailles des cellules des exposeurs automatiques inadaptées

■ Ajustement des constantes par les manipulateurs

- ↑ tension (kV) : Recherche contraste minimal acceptable
- ↓ charge (mAs) : Recherche S/B minimal acceptable
- ↑ intensité (mA) avec mAs constant : ↓ temps de pose
- ↑ filtration additionnelle : ↓ dose peau
- Limitation de l'usage des grilles anti-diffusante
- Utilisation des diaphragmes

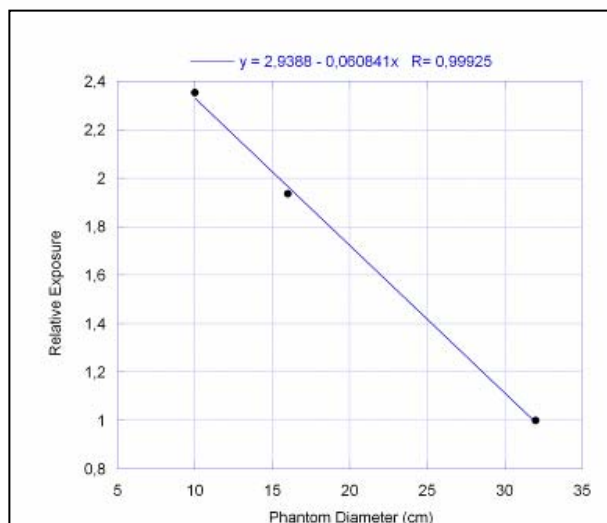


En scanographie

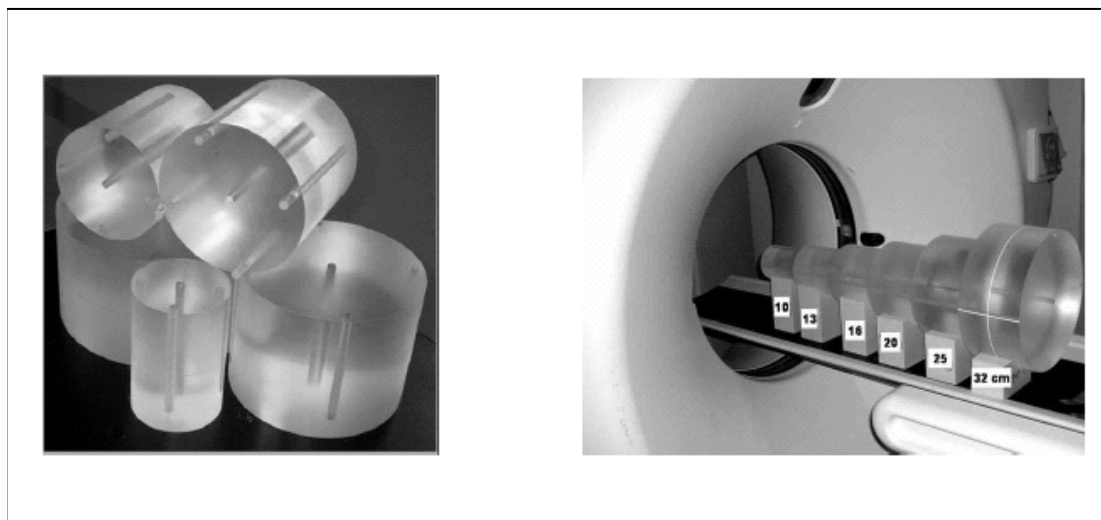
Evaluation des doses

■ Indicateurs de dose : IDSV et PDL

- Calcul automatique par scanner
- Report obligatoire du PDL dans le compte rendu
- Normalisations de l'IDSV et du PDL non adaptées aux diamètres des enfants
- Les scanners affichent :
 - IDSV₁₆ et PDL₁₆ pour examens crâne et rocher
 - IDSV₃₂ et PDL₃₂ pour tous autres examens
 - Ces indicateurs sous-estiment l'exposition des enfants relativement à celle des adultes



Dose absorbée relative mesurée à l'isocentre en fonction du diamètre du fantôme, à paramètres d'expositions constants. Alain Vlassenbroek (Philips Medical Systems), Hubert Ducou le Pointe. 2004.



Hervé BRISSE. Radioprotection en scanographie chez l'enfant : évaluation et optimisation des doses délivrées lors des examens multicoupes, impact du contrôle automatique d'exposition et proposition de niveaux de références diagnostiques. Thèse Doctorat. 2009

■ Niveaux de référence

- Pas encore de NRD réglementaires
- PDL par passage → Nombre de passages non-évalué

**Recommandations dosimétriques SFIPP / IRSN 2008
en scanographie pédiatrique multicoupes (HT, IDSV, PDL)**

	1 an Taille 75 cm Poids 10 kg				5 ans Taille 110 cm Poids 19 kg				10 ans Taille 140 cm Poids 32 kg			
	HT (kV)	IDSV ¹ (mGy)	Long (cm)	PDL ² (mGy. cm)	HT (kV)	IDSV ¹ (mGy)	Long (cm)	PDL ² (mGy. cm)	HT (kV)	IDSV ¹ (mGy)	Long (cm)	PDL ² (mGy. cm)
Crâne	120	30	14	420	120	40	15	600	120	50	18	900
Massif facial	120	25	8	200	120	25	11	275	120	25	12	300
Sinus	100-120	10	5	50	100-120	10	6	60	100-120	10	10	100
Rochers	120	45	3,5	157	120-140	70	4	280	120-140	85	4	340
Thorax standard	80-100	3	10	30	80-100	3,5	18	63	100-120	5,5	25	137
Poumons « basse dose »	80	2	10	20	80-100	3	18	54	100-120	4	25	100
Abdomen et pelvis	80-100	4	20	80	80-100	4,5	27	121	100-120	7	35	245
Os	100-120	7	⁻³	⁻³	100-120	10	⁻³	⁻³	120	12	⁻³	⁻³

Notes

(1) index IDSV₁₆ pour les examens « tête et cou » et IDSV₃₂ pour le tronc et l'os

(2) index PDL₁₆ pour les examens « tête et cou » et PDL₃₂ pour le tronc et l'os, pour un passage

(3) Valeur non fournie, fonction du segment osseux étudié

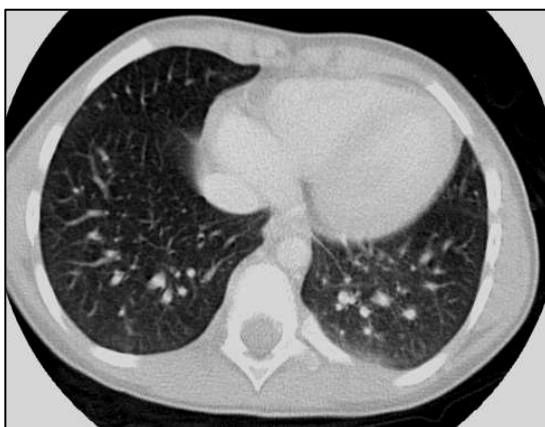
H. Brisse et Bernard Aubert. Niveaux d'exposition en tomодensitométrie multicoupes pédiatriques : résultats de l'enquête dosimétrique SFIPP/IRSN 2007-2008. J. Radiol, 2009.

En scanographie

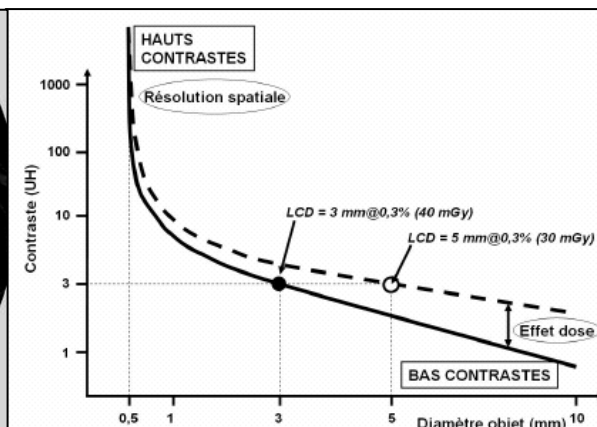
Ajustement des paramètres

■ La détectabilité d'un objet de diamètre donné dépend

- à haut contraste : surtout de la résolution spatiale
- à bas contraste : surtout du bruit de l'image



Coupe scanner thoracique :
contraste spontané élevé des tissus



Courbes contraste-détail. H. BRISSE.
Radioprotection en scanographie chez l'enfant. Thèse
Doctorat. 2009



Coupe scanner abdominal :
contraste spontané faible des tissus

■ Compensation de l'augmentation du bruit avec la corpulence

Ajustement des paramètres du scanner	Bruit	Contraste	Dose
↑ kV	↓↓↓	↓	↑↑↑
↑ mAs _{eff}	↓	≅	↑
Utilisation d'un filtre de reconstruction mou	↓	↑	=

En scanographie

Ajustement des paramètres

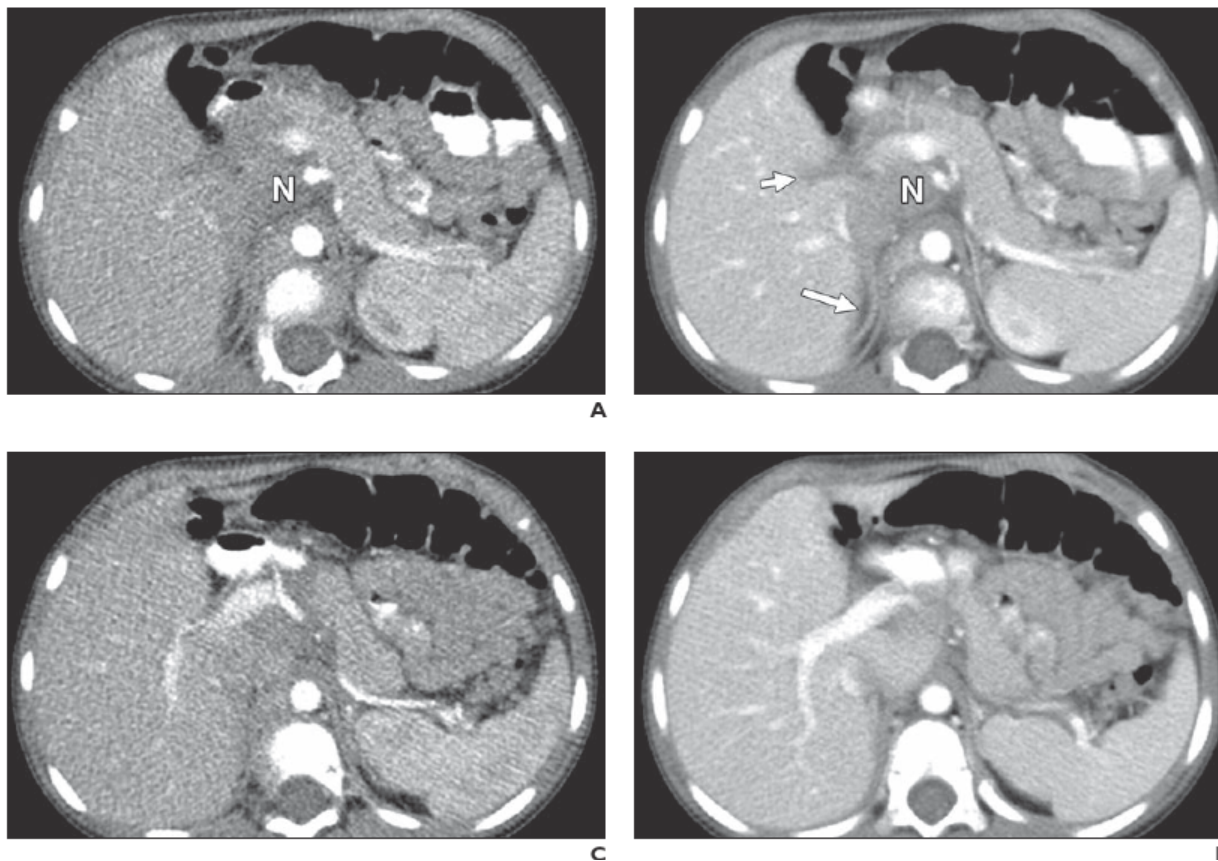


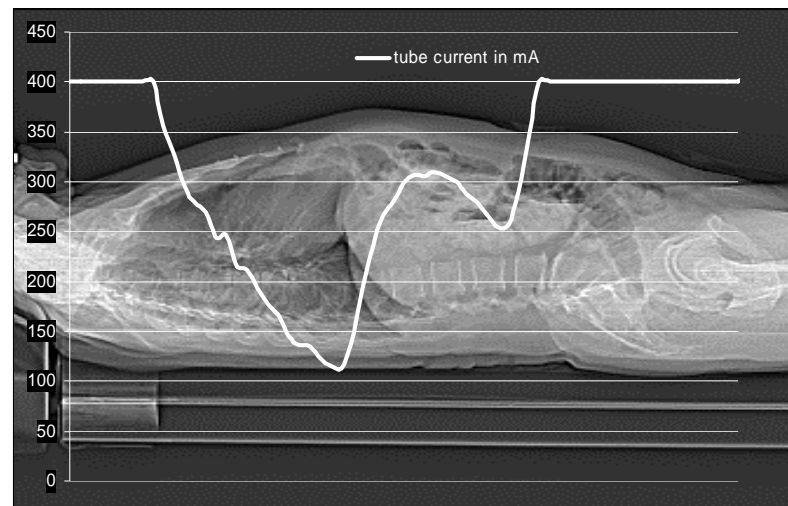
Fig. 14—18-month-old boy with neuroblastoma.

A–D, CT images obtained from chest and abdomen series on same day with low dose of 100 kV and 110 mA (A and C) and high dose of 120 kV and 165 mA (B and D) show superior aspect of right-sided sympathetic chain neuroblastoma (N). Higher-dose images are much better for visualization of anterior displacement of medial part of pancreas; tumor lying behind head of pancreas; compression but noninvasion of inferior vena cava (*short arrow, B*), which is displaced to right by tumor; normal right adrenal gland (*long arrow, B*); and right portal vein. Invasion or thrombosis of portal vein cannot be excluded on low-dose images.

M.D. Cohen. *Pediatric CT Radiation Dose. How Low Can You Go ?* AJR, 2009.

■ Système de régulation automatique de l'intensité

- Disponible sur tous les appareils récents
- Méthodes variables selon les constructeurs
- Diminution attendue de 30% des doses
- En pédiatrie : pas de confiance aveugle !
 - Augmentation possible des doses
 - Systèmes à évaluer avant utilisation en routine



Régulation de l'intensité du courant selon l'axe longitudinal en fonction des variations de densité des tissus révélées par le topogramme.

■ Reconstruction itérative

- Mise en place progressive
- Diminution de 20% des doses chez l'adulte
- Nécessité d'évaluations spécifiques pour la pédiatrie

■ Optimisation des doses

- Collaboration IRSN – Hôpital Armand Trousseau
- Analyse des valeurs de PDL par acquisition pour tous les patients concernés
 - Examens : Thorax / Abdomen et Pelvis / Rocher
 - Tranches d'âges : 0 à 1 an / 4 à 6 ans / 9 à 11 ans
- Scanner PHILIPS MX 8000 IDT 16 barrettes

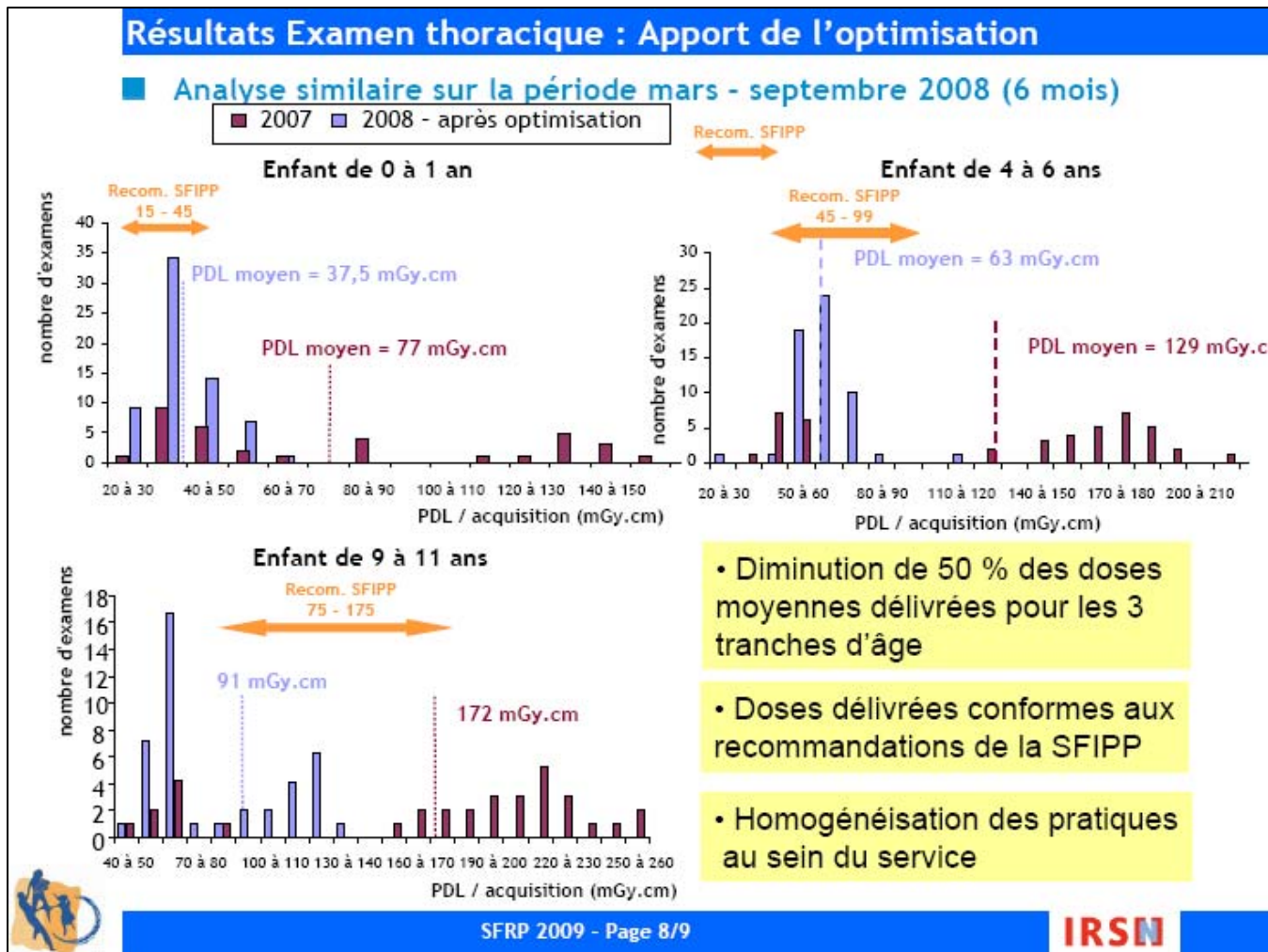
Examen	Protocoles d'acquisition 2007				Protocoles d'acquisition 2008				Recommandations SFIPP/IRSN 2009	
	Âge	haute tension (kV)	charge par coupe (mAs)	pitch**	Âge	haute tension (kV)	charge par coupe (mAs)	pitch**	Âge	haute tension (kV)
thorax standard	bébé	90	90	1	< 2 ans	90	70	0,9	1 an	80–100
	-	-	-	-	2–11 ans	90	90	0,9	5 ans	80–100
	adolescent	120	130	1	> 11 ans	120	80	0,9	10 ans	100–120
abdomino-pelvien	< 15 kg*	90	90	1	< 15 kg*	90	100	0,9	1 an	80–100
	15–24 kg*	90	100	1	15–24 kg*	90	130	0,9	5 ans	80–100
	25–34 kg*	120	90	1	25–34 kg*	120	80	1	10 ans	100–120
rochers	tout âge	140	220	0,313 ou 0,4***	< 1 an	120	220	0,313 ou 0,4***	1 an	120
					> 1 an	140	220	0,313 ou 0,4***	5 ans	120–140
									10 ans	120–140

* Pour les examens abdomino-pelviens les protocoles sont définis selon le poids du patient, la morphologie de patients du même âge pouvant être très variable.
 ** La valeur du pitch caractérise la superposition des coupes (p < 1 : coupes superposées, p = 1 : coupes jointives, p > 1 : coupes non jointives). *** Ces deux valeurs de pitch correspondent à deux protocoles de résolution spatiale différente.

C. Etard, A. Bouëtté, J.L.Rehel, B. Aubert, J. Dagou, H. Ducou-Le-Pointe. Optimisation en scanographie pédiatrique. Radioprotection, 2010

En scanographie

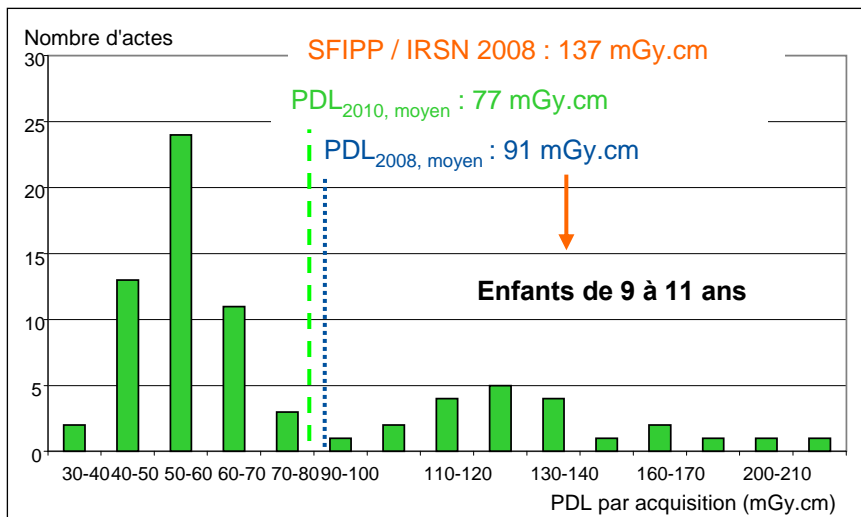
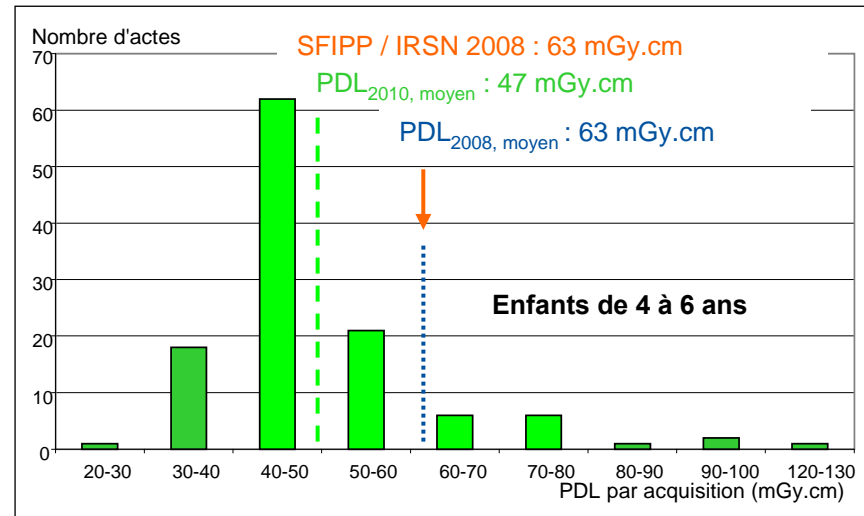
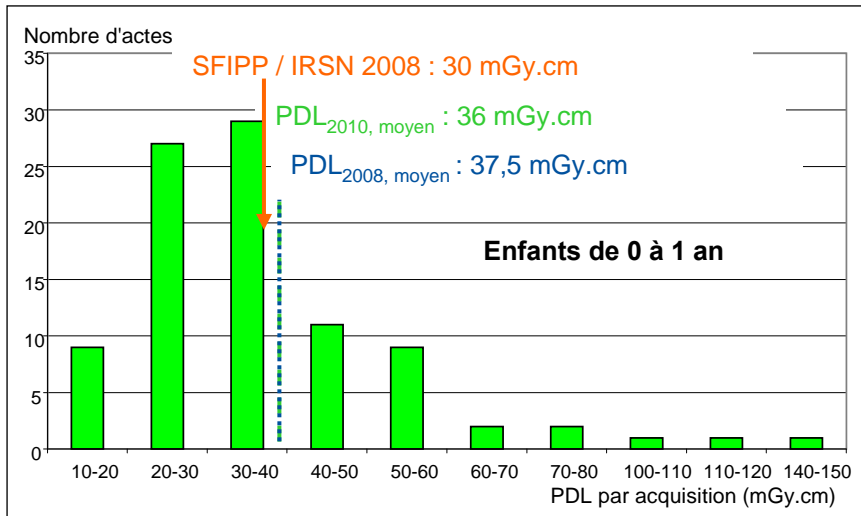
Analyse des doses délivrées à Trousseau



H. Ducou-Le-Pointe, C. Etard, A. Bouëtté, B. Aubert. Optimisation en scanographie pédiatrique. Congrès SFRP 2009.

En scanographie

Analyse des doses délivrées à Trousseau



- Mise en place d'une analyse annuelle systématique
- Pas de dérives des doses observées en 2010

- **Ne pas sous-estimer l'importance des doses délivrées en radiologie conventionnelle par rapport à la scannographie**

- **L'optimisation des doses nécessite une grande technicité**
 - recherche constante de la technique la plus appropriée
 - mises en œuvre de systèmes de contention
 - choix des paramètres pour une multitude de morphotypes

- **L'auto-évaluation périodique des doses délivrées est seule garante d'une optimisation des doses efficace**