

Contrôle de la dose en pédiatrie

H. Ducou le Pointe, A. Hornbeck

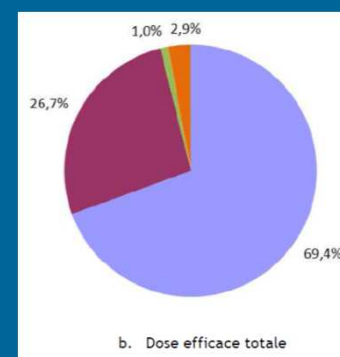
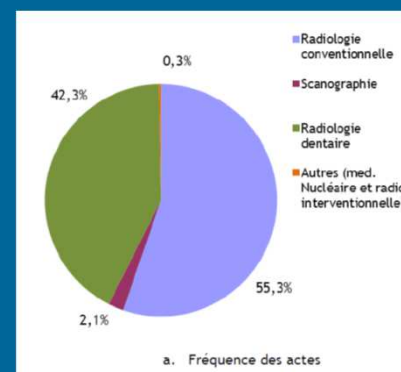
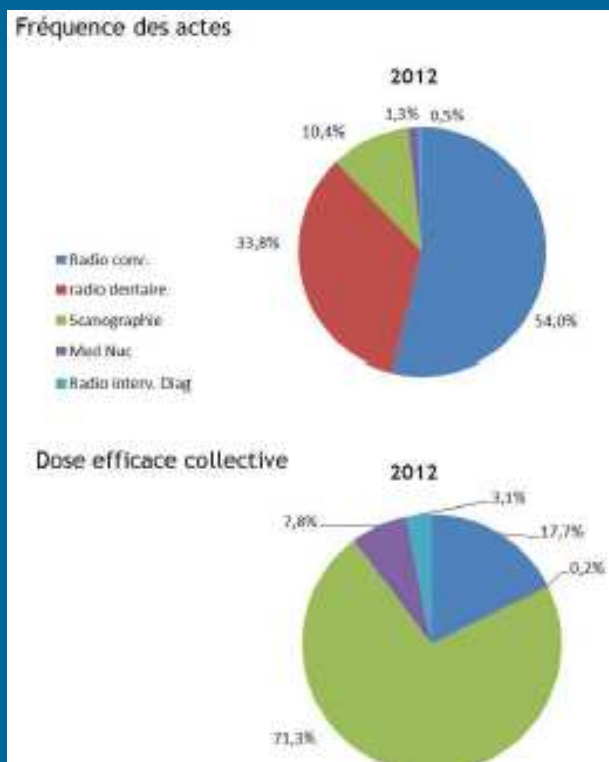
-
- Pourquoi la pédiatrie
 - Indicateurs dosimétriques en pédiatrie en pratique clinique
 - Recueil de la dose : carnet de santé, DACS, NRD...
 - Audits : exemples locaux d'utilisation
-

Pourquoi en pédiatrie ?

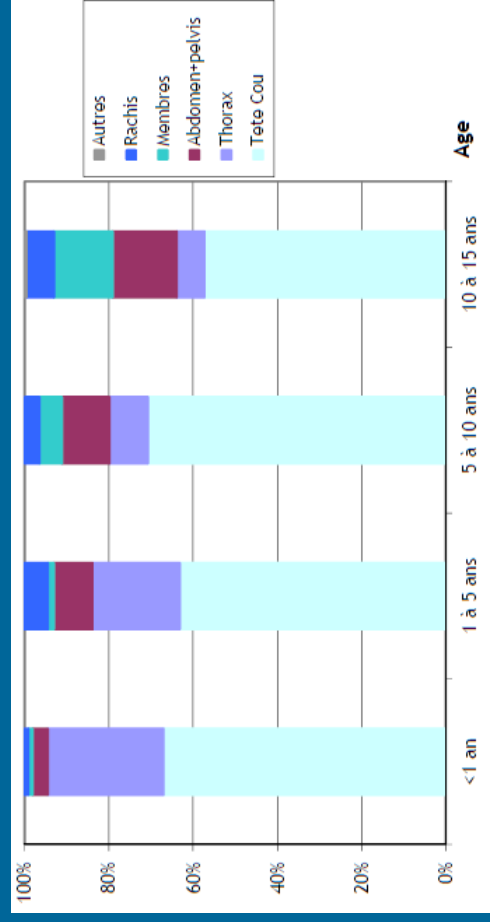
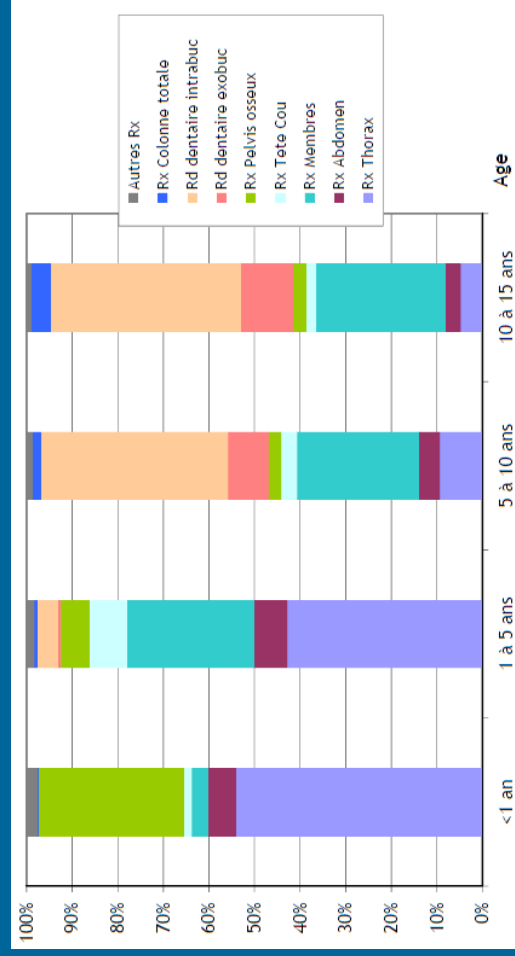
- Les effets redoutés sont différents
- La répartition des actes diagnostiques réalisés est différente

- Effets déterministes. Moins d'actes interventionnels en pédiatrie mais les effets sont les mêmes
- Effets stochastiques : risques supposés plus importants liés à la radiosensibilité accrue des enfants et la longue espérance de vie (Pearce 2012, Matthews 2013...).

Répartition différente des actes et des doses délivrées



Répartition de la fréquence des actes de radiologie conventionnelle par tranche d'âge et par zone anatomique explorée chez l'enfant en 2010.



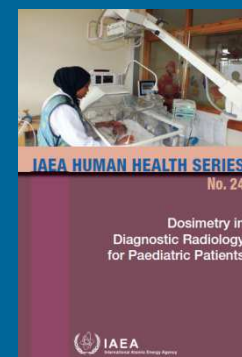
Répartition de la fréquence des actes de scanographie par tranche d'âge et par zone anatomique explorée chez l'enfant en 2010.

Indicateurs dosimétriques en pédiatrie en pratique clinique

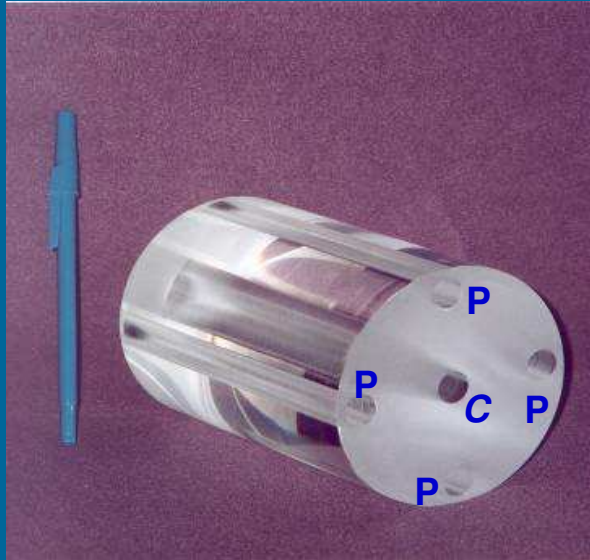
- PDS en imagerie conventionnelle



Calibrer la chambre d'ionisation au rayonnement utilisé en pratique en tenant compte de la filtration additionnelle, unité (mGy.cm^2 ou cGy.cm^2 , Gy.cm^2 ou $\mu\text{Gy.m}^2$) ?



- IDSV (CTDI vol) et PDL en tomodensitométrie

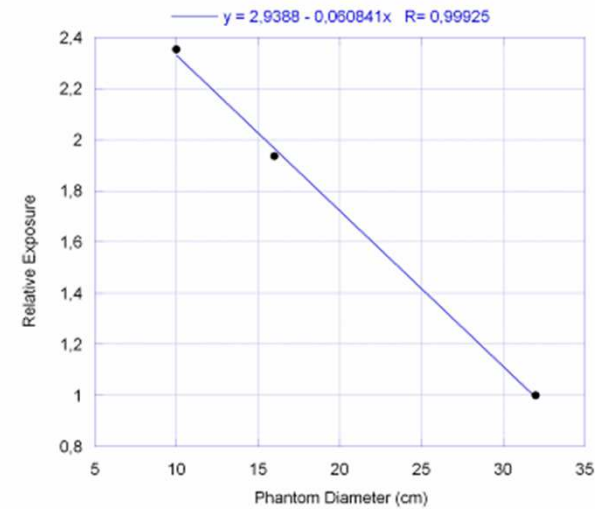


l'Indice de Dose Scanographique
Volumique **IDSV, CTDI_v : mGy**

$$\text{CTDI}_v = \frac{\text{CTDI}_w}{\text{PITCH}}$$

$$\text{CTDI}_w = 1/3 \text{CTDI}_C + 2/3 \text{CTDI}_P$$

Produit dose-longueur (PDL) : mGy.cm



SSDE (Size Specific Dose Estimator)

AAPM Report No. 204

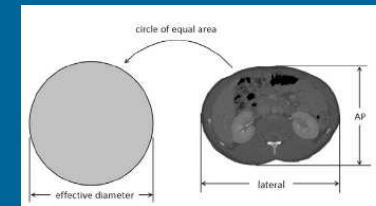


Size-Specific Dose Estimates (SSDE) in Pediatric and Adult Body CT Examinations

Le SSDE est obtenu à partir du CTDIvol multiplié par un facteur de conversion établi par l'American Association of Physicists in Medicine (AAPM). Le facteur dépend du diamètre effectif du patient.

-le diamètre effectif du patient :

$$\text{effective diameter} = \sqrt{AP \times LAT}$$



Fantôme de 32 cm

Effective Dia (cm)	Conversion Factor
8	2.76
9	2.66
10	2.57
11	2.47
12	2.38
13	2.30
14	2.22
15	2.14
16	2.06
17	1.98
18	1.91
19	1.84
20	1.78
21	1.71
22	1.65
23	1.59
24	1.53
25	1.48
26	1.43
27	1.37
28	1.32
29	1.28
30	1.23
31	1.19
32	1.14
33	1.10
34	1.06

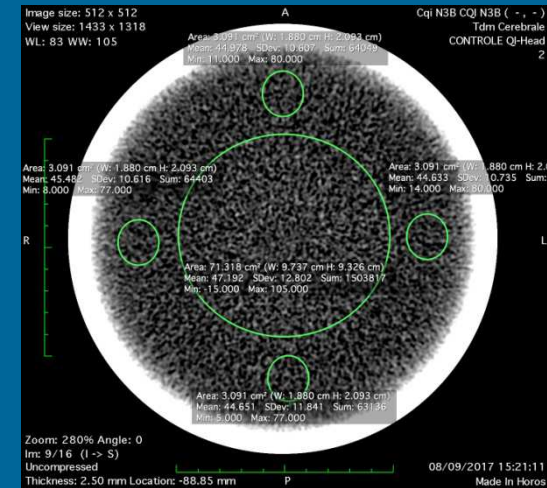
Fantôme de 16 cm

Effective Dia (cm)	Conversion Factor
6	1.49
7	1.43
8	1.38
9	1.32
10	1.27
11	1.22
12	1.18
13	1.13
14	1.09
15	1.05
16	1.01
17	0.97
18	0.93
19	0.90
20	0.86
21	0.83
22	0.80
23	0.77
24	0.74
25	0.71
26	0.69
27	0.66
28	0.63
29	0.61
30	0.59
31	0.56

Attention la SSDE ne doit pas être utilisé pour calculer un PDL ou une dose efficace

Contrôle de la dose mais également de la qualité

- Détection de mauvaise qualité image (45 UH dans l'eau au lieu de 0 ± 4) → actions avec du constructeur pour améliorer la qualité image



- Patient de 2ans,
Artefacts de cible



Dose efficace en pédiatrie :

Facteurs de conversion pédiatrique en fonction de l'âge

Region of body	Effective dose per DLP ($\text{mSv mGy}^{-1} \text{cm}^{-1}$)				
	Children ^a				Adults ^b
	0 years	1 year	5 years	10 years	
Head	0.011	0.0067	0.0040	0.0032	0.0021
Neck	0.017	0.012	0.011	0.0079	0.0059
Chest	0.039	0.026	0.018	0.013	0.014
Abdomen/ pelvis	0.049	0.030	0.020	0.015	0.015

La dose efficace est-elle un bon indicateur dosimétrique ?

- Risque stochastique
- Pas d'intérêt pour un individu donné
- Que penser des logiciels qui proposent de donner une dose efficace pour chaque examen ?

RECUEIL DE LA DOSE

- individuel
 - Service
 - National
 - International
-

DOSE INDIVIDUELLE :

COMPTE-RENDU, Carnet de santé



ASSISTANCE PUBLIQUE
Groupe Hospitalier
Avant de Trousseau
La Roche-Guyon
 26, Avenue du Docteur Arnold Netter
 75571 PARIS CEDEX 12

SERVICE D'IMAGERIE MEDICALE
Pr. Hubert DUCOU LE POINTE

BAILLOT	ORL
ELOISE	
Née le : 16/03/1965 f	
NIP : 4704029367	9054608

Le 23/12/2009

Examen réalisé le 23/12/2009 par Pr. DUCOU LE POINTE Hubert

TDM THORACIQUE

Indication :
 Papillomatoses laryngée. Nodule calcifié du lobe supérieur droit connu.

Technique :
 Acquisition volumique centrée sur le thorax sans injection de produit de contraste.

Résultats :

- Sur le plan pleuroparenchymateux:
 Petit nodule calcifié de 5 mm de diamètre dans le segment dorsal du lobe. Il existe également un micronodule de 2 mm du segment latérobasal du lobe inférieur droit. Ces deux macronodules étaient présents sur l'examen de mars 2008 et ne sont pas évolutifs.
- Il n'y a pas d'épaississement ou d'épanchement pleural.
- Sur le plan cardiomédiastinal :
 Il n'y a pas de masse médiastinale ou hilaraire décelable.
 Le cœur est de taille normale.
- Il n'y a pas d'épanchement péricardique.
- Absence d'adénopathie médiastinale, hilaraire, le long les chaînes mammaires internes ou axillaires.

Conclusion :
 Les deux nodules du poumon droit ne sont pas évolutifs par rapport à l'examen de mars 2008.
 Le reste de l'examen pulmonaire ne montre pas de particularité.

Dosimétrie : TDM thoracique : 142 mSv/cm

[illegible]

- Compte rendu

Dose obligatoire depuis Arrêté du 22/09/06

- Unité ?

- Unité ?

- Utilisé ?

Autre solutions : Dossier Médical du Patient (DMP), DACS interconnectés ?

Contrôle de la dose « collective » à l'échelle du structure de radiologie

DACS (Dosimetric Archiving and Communication System) :

- Historique de la dose pour un patient
- Niveaux d'alerte par examen
- Suivre l'évolution des pratiques
- Outil permettant des évaluations de pratique professionnelles
- Suivi des actions d'optimisation

NATIONAL ET INTERNATIONAL

NRD niveaux de référence diagnostiques en radiologie

- Local, national ou international ?
- Spécificités pédiatrique

Le responsable du(des) dispositif(s) médical(aux) - le déclarant en radiologie classique ou la personne autorisée en scanographie - doit procéder ou faire procéder **au moins une fois par an pour au moins 2 examens** à une évaluation dosimétrique sur un groupe de **30 patients** ou sur des **fantômes types** (cf. tableaux 1 à 5) réalisés par installation. Il est demandé que ces examens ne soient pas les mêmes pour 2 années consécutives.

LES NRD arrêté du 24 octobre 2011



Tableau 6. – Niveaux de référence en scanographie pédiatrique pour une acquisition

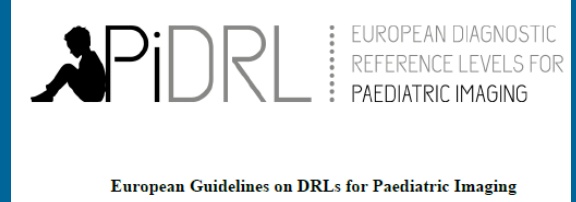
EXAMEN	POIDS 10 kg (1 an)		Poids 20 kg (5 ans)		Poids 30 kg (10 ans)	
	IDSV (mGy)	PDL (mGy.cm)	IDSV (mGy)	PDL (mGy.cm)	IDSV (mGy)	PDL (mGy.cm)
Encéphale	30	420	40	600	50	900
Massif facial	25	200	25	275	25	300
Rochers	45	160	70	280	85	340
Thorax	3	30	4	65	5	140
Abdomen-pelvis	4	80	5	120	7	245

Remarques du GPMed sur les NRD pédiatriques



- Le nombre d'examens pédiatriques est généralement faible au regard de l'activité d'un service de radiologie ou de médecine nucléaire généraliste ;
- Le nombre de services spécialisés en imagerie pédiatrique est limité ;
- Les paramètres influant sur la dose reçue lors d'un examen d'imagerie sont essentiellement corrélés à la morphologie de l'individu. La morphologie variant très significativement au cours de l'enfance, il est nécessaire de distinguer des NRD par catégorie de poids ou d'âge, ce qui diminue le nombre d'examens participant à l'analyse statistique visant à définir ou mettre à jour les NRD

NRD PiDRL



Recommended weight groups (intervals) for <i>body</i> examinations	Recommended age groups (intervals) for <i>head</i> examinations
< 5 kg	0 - < 3 months
5 - < 15 kg	3 months - < 1 y
15 - < 30 kg	1 - < 6 y
30 - < 50 kg	≥ 6 y
50 - < 80 kg	

Recommended grouping of patients for paediatric DRLs

Radiography	Fluoroscopy	CT	IR
Equipment data: manufacturer and type	Equipment data: manufacturer and type	Equipment data: manufacturer and type	Equipment data: manufacturer and type
Detector system (screen/film, including speed class (S/F); computed radiography, including phosphor used (CR); digital radiography; type of detector (DR)	Type of detector (DR)	Detector configuration (number of detector rows)	Type of detector (DR)
Source detector distance (SDD)	Source detector distance (SDD)		Source detector distance (SDD)
Added filtration	Added filtration		Added filtration
Grid (used/not used/not removable)	Grid (used/not used/not removable)		Grid (used/not used/not removable)
Exposure parameters: kV, mA, mAs	Exposure parameters: kV, mA, mAs	Exposure parameters: kV, mA, mAs	Exposure parameters: kV, mA, mAs
		Automatic tube voltage selection tool used/ not used	
		Rotation time, mode (sequential/helical), pitch (helical) or table increment (sequential), Field of View (FOV), collimation thickness, beam shaping filters, scanning length	Field of View (FOV)
Automatic exposure control (AEC) (activated/ deactivated)	AEC mode	Tube-current modulation	AEC mode
		Image quality level: Quality Reference mAs/noise index/reference image	
		Standard deviation of CT numbers or equivalent	
		Image handling: reconstruction slice thickness, iterative reconstruction	
		Number of phases and scan sequences	
		Size of the calibration phantom	



European Guidelines on DRLs for Paediatric Imaging

Supplementary data to support the patient dose surveys for establishing DRLs.

Quelles NRD Rx conventionnelle et en contraste

Anatomical region	Projection(s) or procedure
Radiography	
Head (skull)	AP/PA
	LAT
Thorax (chest)	AP/PA
Abdomen	Abdomen-pelvis AP
Pelvis	Pelvis/hip AP
Cervical spine	AP/PA
	LAT
Thoracic spine	AP/PA
	LAT
Lumbar spine	AP/PA
	LAT
Whole spine/Scoliosis	AP/PA
	LAT
Fluoroscopy	
Urinary tract	Micturating/Voiding cystourethrography (MCU/VCU)
Gastro-intestinal tract	Upper GE-examinations
	Contrast enema

European DRLs for radiography and fluoroscopy

Radiography and fluoroscopy			
Examination	Age or weight group	EDRL	
		K _{a,e} , mGy	P _{KA} , mGy cm ²
Head AP/PA	3 months-<1 y		215
	1-<6 y		295
	≥6 y		350
Head LAT	3 months-<1 y		200
	1-<6 y		250
Thorax AP/PA**	<5 kg		15
	5-<15 kg	0,06	22
	15-<30 kg	0,08	50
	30-<50 kg	0,11	70
	50-<80 kg		87
Abdomen AP	<5 kg		45
	5-<15 kg		150
	15-<30 kg	0,40	250
	30-<50 kg	0,75	475
	50-<80 kg		700
Pelvis AP	15-<30 kg		180
	30-<50 kg		310
MCU	<5 kg		300
	5-<15 kg		700
	15-<30 kg		800
	30-<50 kg		750*

*Based on 4 NDRLs, range 400-2000 mGy cm²; **AP/PA: DRL applies to both AP and PA projections

Quel NRD en scanner

Anatomical region	Procedure
Head	Routine Paranasal sinuses Inner ear/internal auditory meatus Ventricular size (shunt)
Neck	Neck
Chest	Chest Cardiovascular CT angiography
Abdomen	Abdomen (upper abdomen) Abdomen+pelvis
Trunk	Whole body CT in trauma
Spine	Cervical spine Thoracic spine Lumbar spine

CT examination (one scan series).

Computed tomography			
Exam	Age or weight group	EDRL	
		CTDI _{vol} , mGy	DLP, mGy cm
Head	0-<3 months	24	300
	3 months-<1 y	28	385
	1-<6 y	40	505
	≥6 y	50	650
Thorax	<5 kg	1,4	35
	5-<15 kg	1,8	50
	15-<30 kg	2,7	70
	30-<50 kg	3,7	115
	50-<80 kg	5,4	200
Abdomen	<5 kg		45
	5-<15 kg	3,5	120
	15-<30 kg	5,4	150
	30-<50 kg	7,3	210
	50-<80 kg	13	480

Quels NRD en radiologie interventionnelle

Des données existent au moins localement pour :

Cardiac procedures

- Patent Ductus Arteriosus (PDA) occlusion

- Atrial Septal Defect (ASD) occlusion

- Pulmonary valve dilatation

Non-cardiac procedures

- PICC

Des études devraient être menées

- Embolization (arterio-venous malformation, trauma, iatrogenic, portal) all excluding head+neck+spine

- Embolization (arterio-venous malformation, trauma, iatrogenic) head/brain+neck+spine

- Sclerotherapy (vascular malformations, cysts)

- Arteriography

EN PRATIQUE

- Connaitre son activité
 - Optimisation
 - Mesure à mettre en place
-

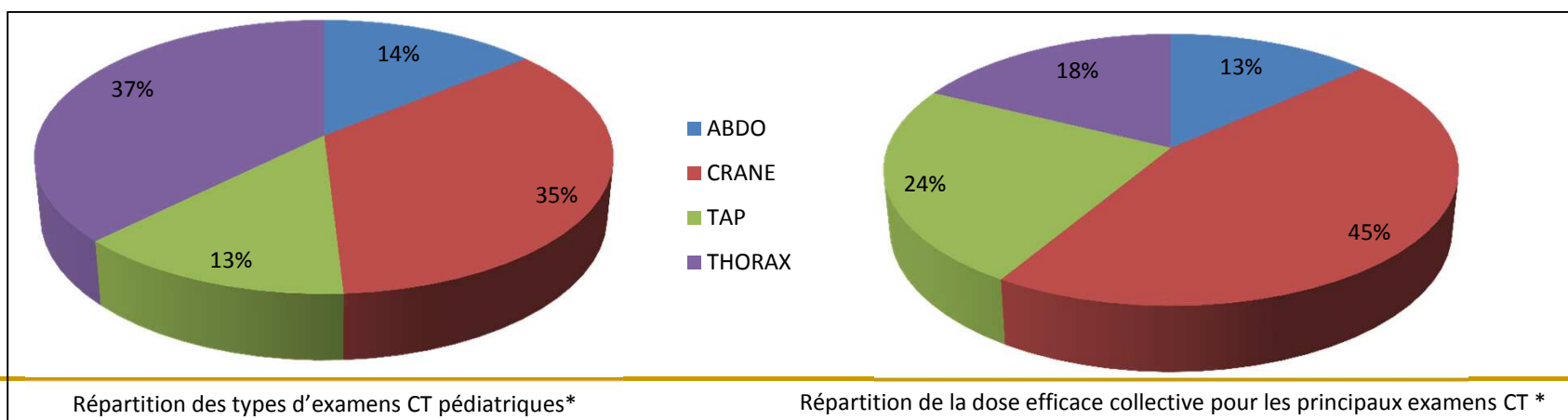
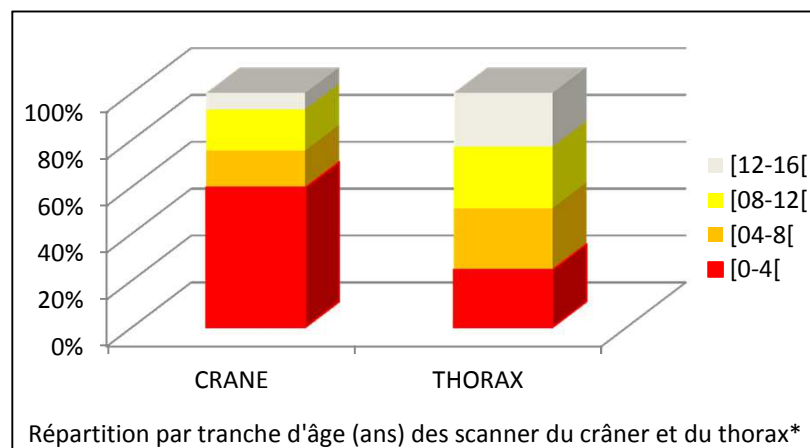
Bilan initial dose crâne

■ Examen le plus contributif de la dose délivrée par CT Trousseau

- Doses efficaces calculées par type d'examen CT et par tranches d'âges à partir des PDL
- Doses collectives calculées par examens à partir des nombres d'examens par tranche d'âge

Coefficients de conversion des PDL en dose efficace en mSv/(mGy,cm-1)

	Tête	Poumons	Abdomen	Pelvis
Adulte	0,0019	0,0146	0,0153	0,0129
10 ans	0,0027	0,0237	0,0249	0,0219
5 ans	0,0035	0,0323	0,0357	0,0300
1 an	0,0054	0,0482	0,0530	0,0446
0 an	0,0087	0,0739	0,0841	0,0701



Nouveau Scanner : Analyse recueil doses après 1^{er} mois

			IDSV (mGy)			PDL (mGy.cm)		
EXAMEN	Age (ans)	Nb Acquisitions	Trousseau	Référence*	Ecart relatif	Trousseau	Référence	Ecart relatif
Crane	[0-4[	34	17,9	30	-40,5%	287,9	420	-31,4%
	[04-8[	9	22,4	40	-44,1%	411,7	600	-31,4%
	[08-12[	10	28,2	50	-43,5%	515,5	900	-42,7%
	[12-16[	4	40,0			664,9		
Thorax	[0-4[	16	0,8	3	-74,4%	14,2	30	-52,5%
	[04-8[	16	1,0	4	-75,3%	22,6	65	-65,2%
	[08-12[	16	1,3	5	-74,2%	33,9	140	-75,8%
	[12-16[	14	3,2			104,1		
M.Facial	[0-4[	2	9,8	25	-60,8%	116,3	200	-41,9%
	[04-8[	1	12,4	25	-50,3%	155,6	275	-43,4%
	[08-12[			25			300	
	[12-16[	1	63,7	25	154,6%	710,1		
Rochers	[0-4[	5	26,3	45	-41,5%	92,2	160	-42,4%
	[04-8[	4	31,5	70	-55,0%	119,4	280	-57,3%
	[08-12[	6	39,2	85	-53,8%	158,1	340	-53,5%
	[12-16[	4	97,9			379,7		
Sinus	[0-4[	2	2,8	10	-71,7%	28,6	50	-42,7%
	[04-8[	5	4,4	10	-56,2%	55,9	60	-6,8%
	[08-12[	5	4,0	10	-60,1%	50,0	100	-50,0%
	[12-16[	3	31,7	10	217,0%	371,0		
Abdo-pelvis	[0-4[	7	1,3	4	-68,3%	27,3	80	-65,9%
	[04-8[	8	2,0	5	-60,0%	54,9	120	-54,3%
	[09-12[	1	9,7	7	38,4%	116,3	245	-52,5%
	[12-16[	7	6,7			240,5		
TAP	[0-4[	15	1,4	4	-64,3%	55,6		
	[04-8[	10	1,9	5	-61,3%	72,9		
	[08-12[	7	3,8	7	-45,1%	152,9		
	[12-16[	13	5,6			263,4		

Evolution des doses tous protocoles confondus

				Avant Modification		Après Modification		
EXAMEN	Age	Nb Acquisitions	Référence	CTDIvol (mGy)	Nb Acquisitions	CTDIvol (mGy)	Nb Acquisitions	Ecart relatif Avt/après
Crane	[0-4[	90	30	17,9	34	19,6	56	10%
	[04-8[	44	40	22,4	9	21,4	35	-4%
	[09-12[	30	50	28,2	10	24,5	20	-13%
	[12-16[	20	—	40,0	4	35,8	16	-11%
Thorax	[0-4[	59	3	0,8	16	0,8	43	7%
	[04-8[	39	4	1,0	16	1,1	23	8%
	[09-12[	36	5	1,3	16	1,6	20	21%
	[12-16[	50	—	3,2	14	3,6	36	10%
M.Facial	[0-4[	14	25	9,8	2	11,4	12	17%
	[04-8[	9	25	12,4	1	11,9	8	-4%
	[09-12[	—	25	—	—	12,4	3	—
	[12-16[	7	25	63,7	1	14,6	6	-77%
Rochers	[0-4[	15	45	26,3	5	32,8	10	24%
	[04-8[	13	70	31,5	4	35,2	9	12%
	[09-12[	14	85	39,2	6	39,2	8	0%
	[12-16[	8	—	97,9	4	48,5	4	-50%
Sinus	[0-4[	5	10	2,8	2	3,1	3	9%
	[04-8[	—	10	4,4	5	—	—	—
	[09-12[	12	10	4,0	5	4,8	7	20%
	[12-16[	11	—	31,7	3	4,5	8	-86%
Abdo-pelvis	[0-4[	17	4	1,3	7	0,9	10	-31%
	[04-8[	15	5	2,0	8	1,8	7	-10%
	[09-12[	19	7	9,7	1	2,4	18	-75%
	[12-16[	25	—	6,7	7	4,2	18	-38%
TAP	[0-4[	37	4	1,4	15	1,2	22	-19%
	[04-8[	28	5	1,9	10	1,9	18	-4%
	[09-12[	35	7	3,8	7	2,6	28	-31%
	[12-16[	45	—	5,6	13	4,0	32	-28%

Contrôler la dose en scanner interventionnel pédiatrique :

□ Analyse des pratiques :

période de relevé :	PDL (mGy.cm)			CTDI vol (mGy)			Nombre séquences scopie	de de	Nombre d'hélices
6 mois									
	min	max	MOY	min	max	MOY	(min-max)		(min-max)
Ponctions Abdomen (n = 4)	1,9	124	22,7	0,9	22,2	4,9	2-3		1
Ponctions Thorax (n = 1)	15,1	22,2	/	1	10,4	/	1		1
RF Ostéomes Ostéoïdes (n = 8)	4,3	43,3	15,3	1,35	28,9	6,14	2-3		2-6

Analyse des pratiques : comparaison avec les pratiques conventionnelles

Procédure	PDL moyen CT conv.	PDL total max en CT interventionnel
Abdo Pelv vs. Ponction Abdo	101	124
Thorax vs. Ponction thorax	45,6	22
Membres inf. vs. Ostéomes	42	43

- Gestion du risque : niveau d'exposition max
 - En termes de CTDIvol : 28,9 mGy
 - En termes de PDL : 124 mGy.cm

- On est très loin des effets déterministes !

- Niveaux dosimétriques pas plus important qu'en CT conventionnels.

- Conclusion : Absence de besoins de mise en place de procédure de radiovigilance avec seuils d'alerte

CONCLUSION

- Bonne connaissance des spécificités pédiatriques des indicateurs de doses
- DACS
- NRD Nationales (interconnections des DACS pédiatriques ?)
- Audits adaptés sa pratique

