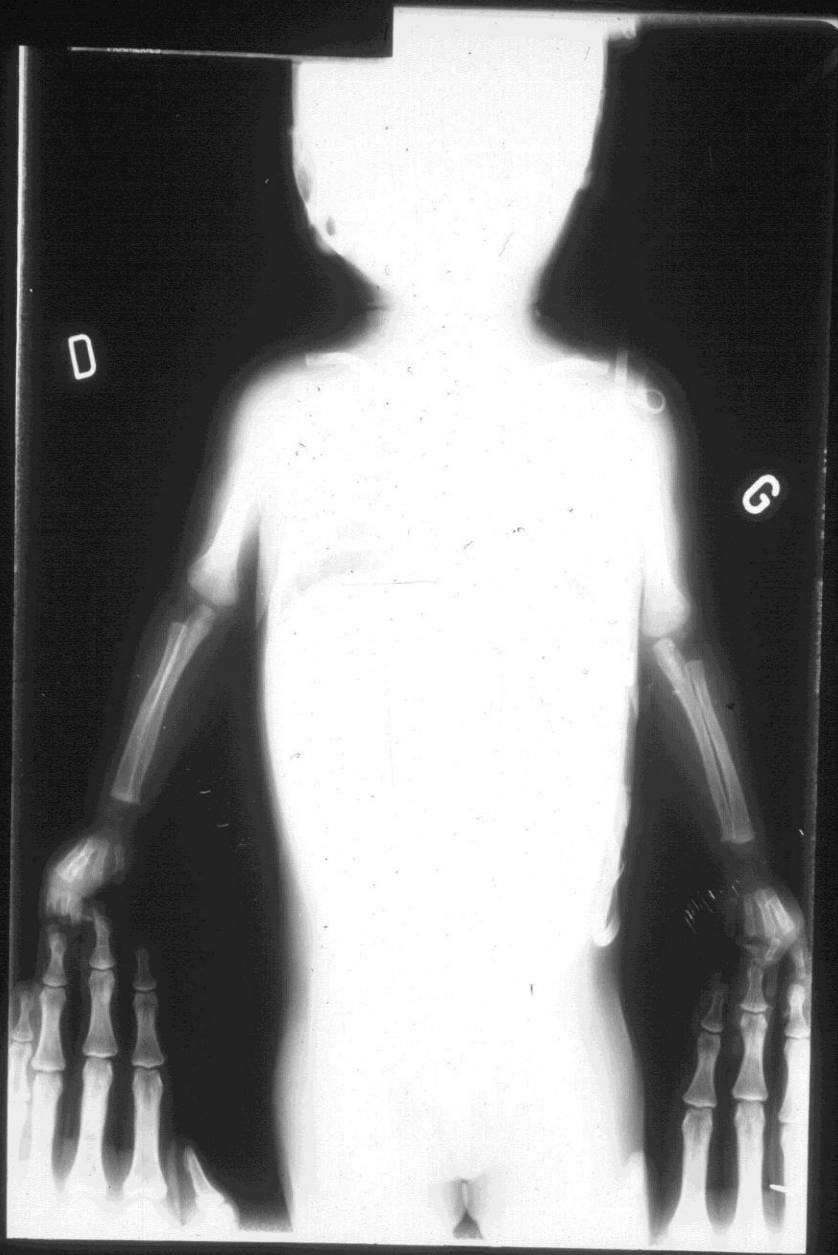


La question est-elle pertinente ?

Comment réduire
les doses d'irradiation
en radiologie conventionnelle
chez l'enfant?

Table 4 Variation of entrance surface dose (μGy) observed in the three CEC paediatric Trials (1989/91, 1992, 1994/95): median, minimum-maximum values and corresponding ratio (min:max) of frequent X-ray examinations in paediatric patients

Type of X-ray examination		Infant			5 year			10 year		
Chest AP (1000 g newborn)	45	11 - 386	1:35	—	—	—	—	—	—	
Chest PA/AP	75	21 - 979	1:47	67	19 - 1347	1:71	71	17 - 1157	1:68	
Chest AP (mobile)	90	34 - 718	1:21	68	29 - 333	1:11	91	29 - 760	1:26	
Chest Lateral	—	—	—	140	37 - 554	1:15	153	39 - 1 976	1:51	
Skull PA/AP	930	152 - 4514	1:30	967	242 - 4626	1:19	1036	130 - 5 210	1:40	
Skull Lateral	—	—	—	703	138 - 2358	1:17	577	113 - 3 787	1:33	
Pelvis AP	260	18 - 1369	1:76	485	86 - 2785	1:32	812	89 - 4167	1:47	
Full Spine PA/AP	867	107 - 4351	1:41	—	—	—	—	—	—	
Thoracic Spine AP	—	—	—	—	—	—	887	204 - 4 312	1:21	
Thoracic Spine Lateral	—	—	—	—	—	—	1629	303 - 6 660	1:22	
Lumbar Spine AP	—	—	—	—	—	—	1146	131 - 5 685	1:43	
Lumbar Spine Lateral	—	—	—	—	—	—	2427	249 - 23 465	1:94	
Abdomen AP/PA	440	77 - 3210	1:42	588	56 - 2917	1:52	729	148 - 3 981	1:27	



Percentage of films displaying poor radiographic technique with regard to radiation protection

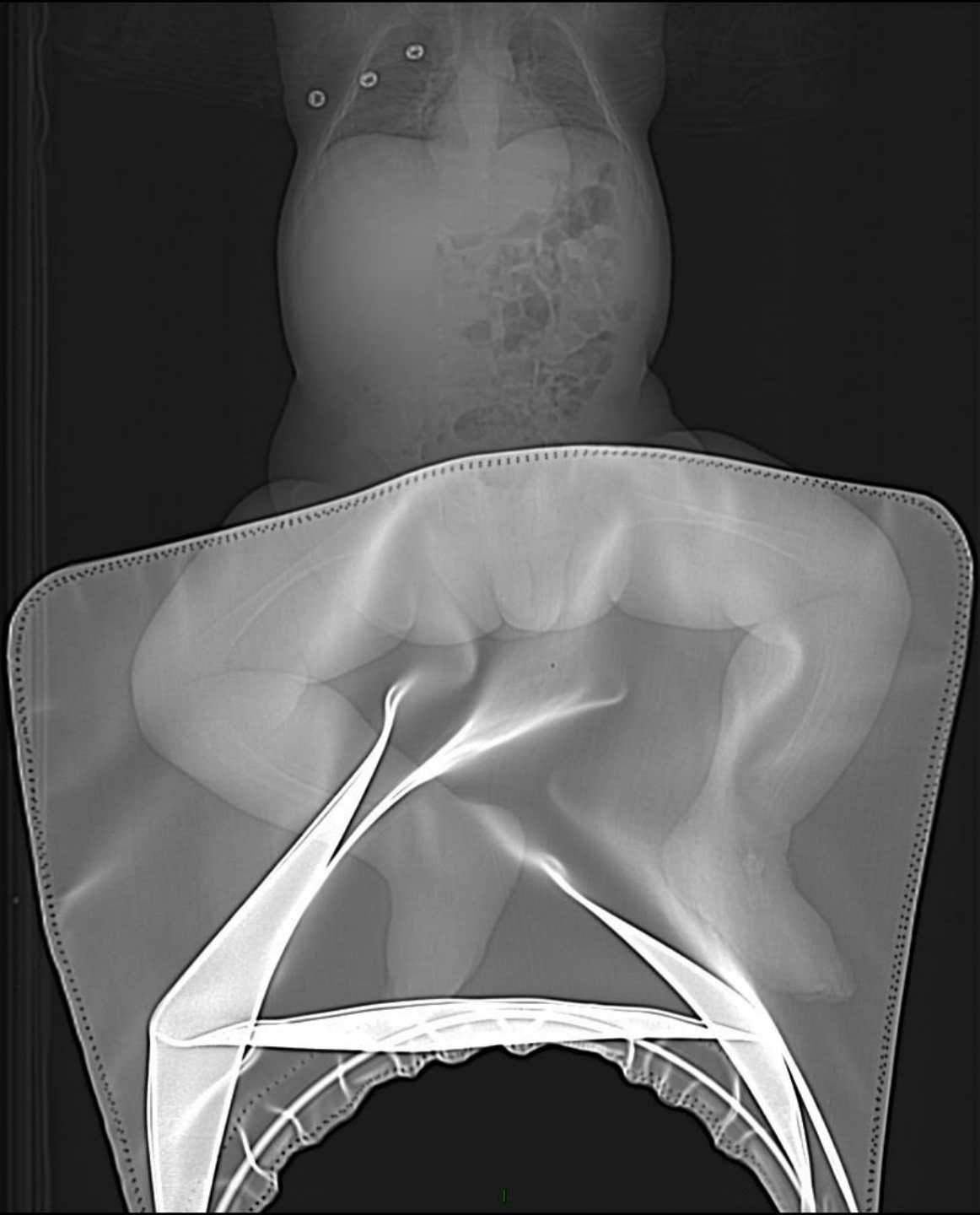
	Chest				Other			
	C1	C2	G1	G2	C1	C2	G1	G2
% of films with holder's hands present	0	0	44	34	0	8	22	18
% of films with unnecessary patient body parts/organs present	0	0	28	31	0	2	3	21
% of films with only one or no collimation mark present	0	0	8	9	2	2	0	2

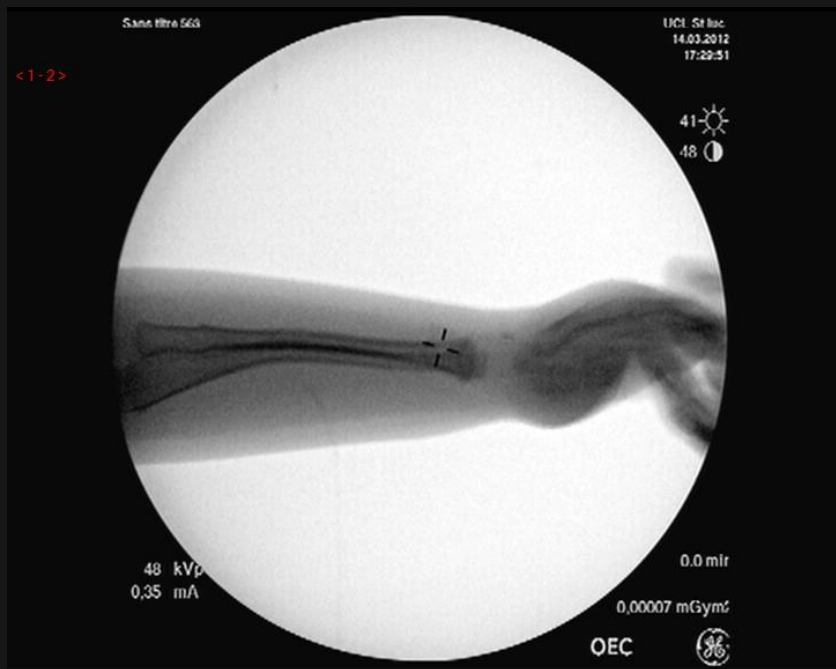
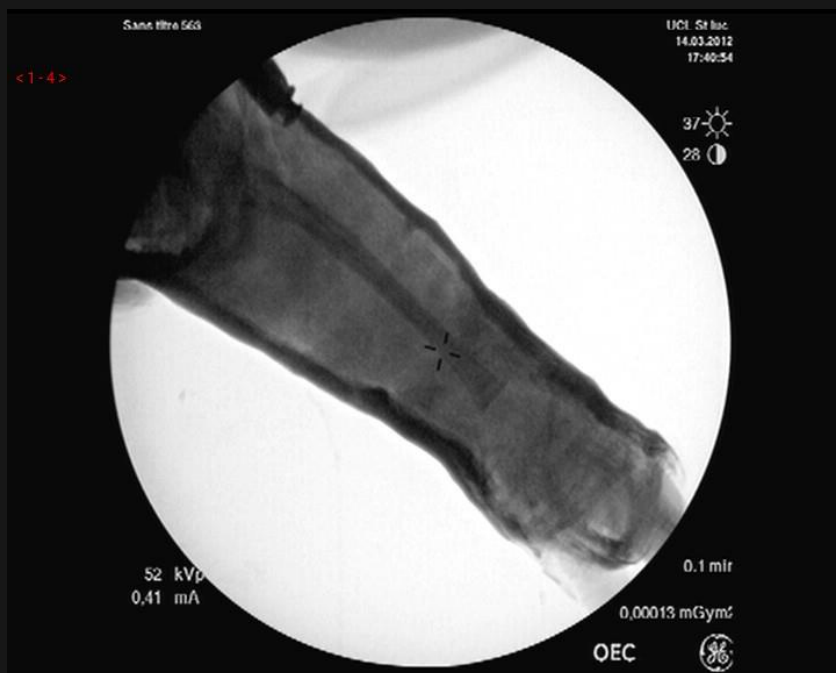
Percentage of films displaying excellent radiographic technique with regard to demonstration of clinical information

	Chest				Other			
	C1	C2	G1	G2	C1	C2	G1	G2
% of films displaying minimal or no tilting or rotation	76	85	48	31	90	92	62	61
% of films displaying excellent visualization of fine detail	100	85	71	57	96	90	86	64

<2-1>

R



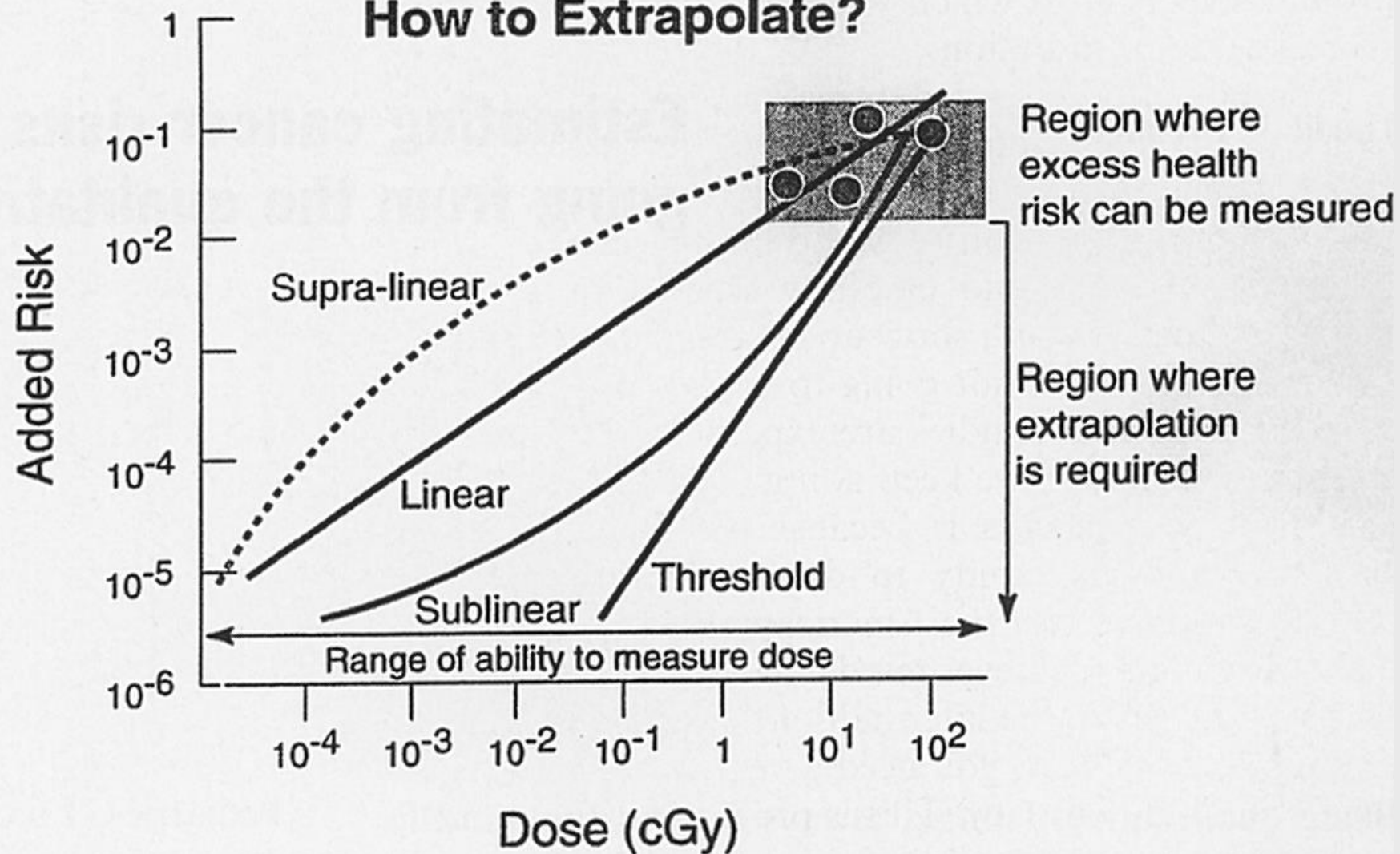


- principaux risques à envisager en radiologie d'enfants :
 - induction de cancer
 - modification du matériel génétique

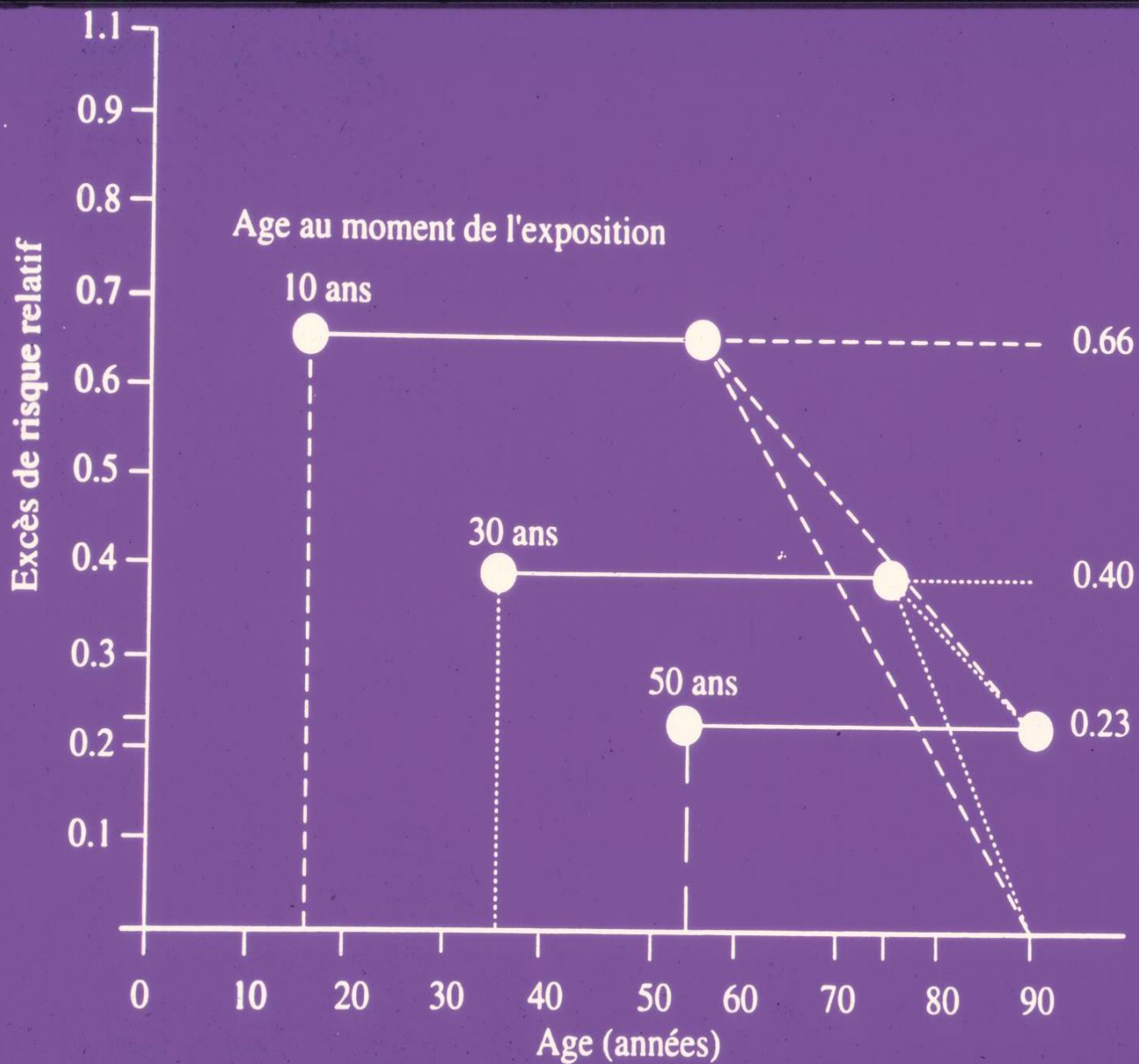
- risque de mortalité par cancer radio-induit* :
 - 8% par Gy pour la population générale
 - 13 à 15% par Gy pour irradiation à l'âge de 5 ans
 - 11 à 16% par Gy pour irradiation à l'âge de 15 ans

* *haute dose, haut débit, corps entier*

How to Extrapolate?



- délai entre irradiation et « effet biologique »
 - leucémie : 3 à 15 ans après irradiation aiguë
 - autres cancers : 20, 30, 40, ... ans



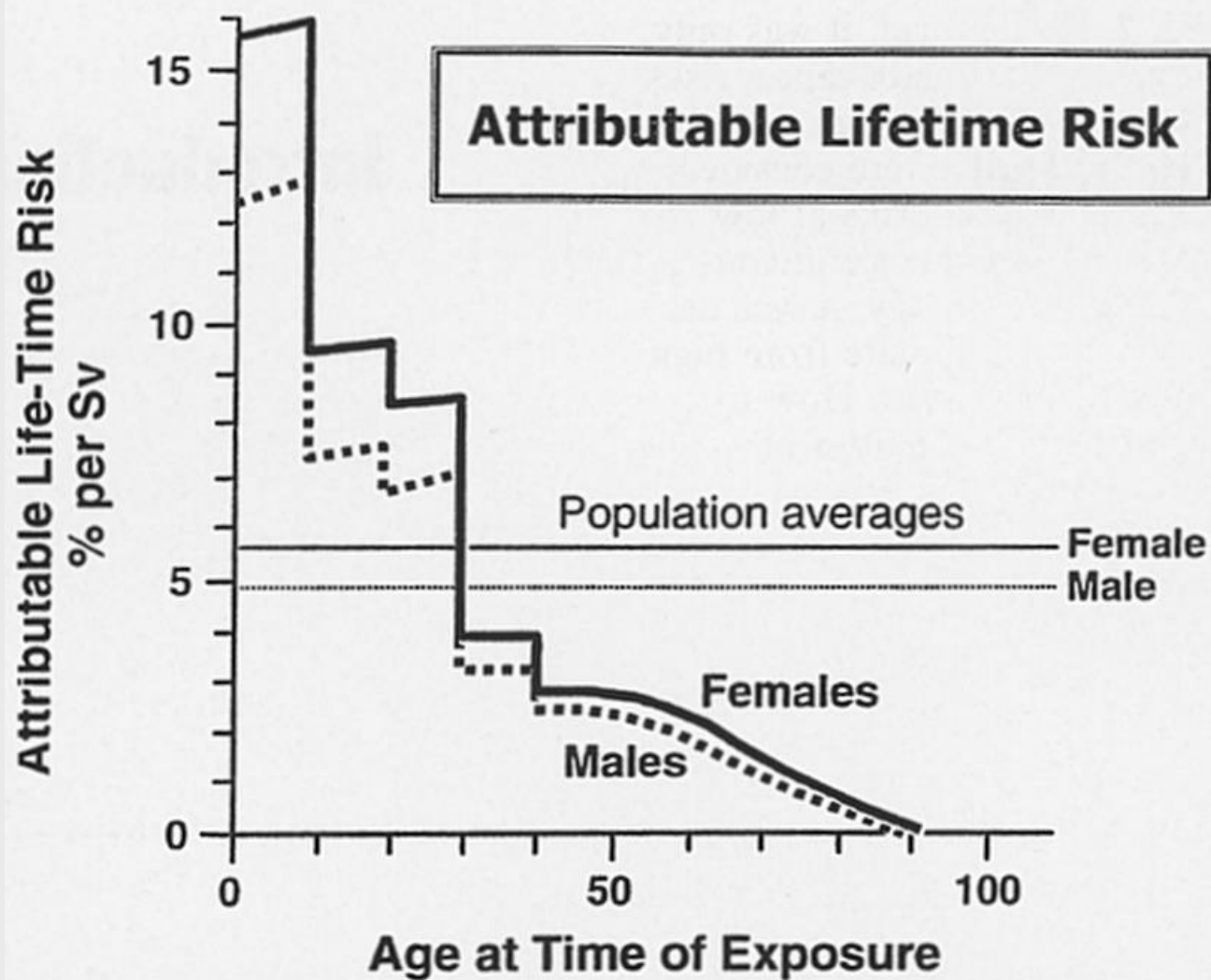


Fig. 1. Lifetime risk of excess cancer per sievert as a function of age at the time of exposure. Data from the A-bomb survivors. While the average risk for a population is about 5% per sievert, the risk varies considerably with age; children are much more sensitive than adults. At early ages, girls are more sensitive than boys

- risque « génétique »

- 1/3 à 1/4 du risque léthal par cancer radio-induit

- *mais l'espoir de procréation est entier chez l'enfant*

- pour le patient :

pas de contrainte de limite de dose

- la dose de radiations ionisantes délivrée est un des éléments à considérer dans un contexte plus général
 - contexte psychologique
 - caractère douloureux de la procédure
 - complications iatrogènes

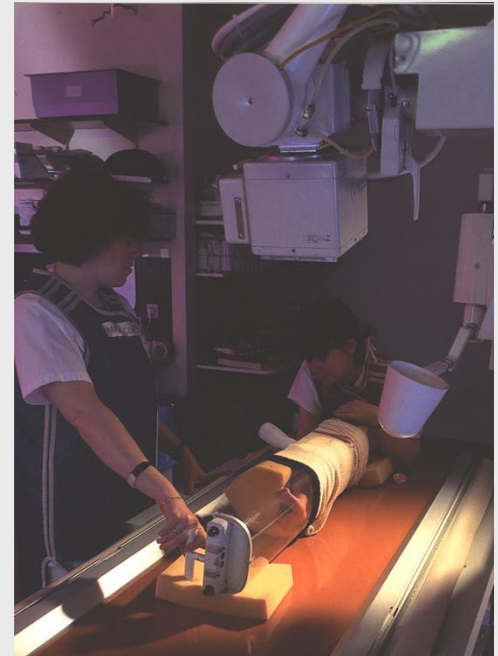
- causes potentielles d'irradiation intempestive chez l'enfant :

- difficulté d'immobilisation (centrage, flou cinétique, ...)

- accessoires proposés par les constructeurs :

- centrage « à distance » moins précis
- utilisation plus systématique de scopie
- agression psychologique ++

- oubli de protection des gonades



- causes potentielles d'irradiation intempestive chez l'enfant :

- transposition d'une technique « adulte » à l'enfant

- exemple de la radiographie du bassin

- faisceau RX à basse énergie (< 65kV) x 2
- couple film-écran haute définition (classe 100 à 200) x 4
- double incidence x 2

FACTEUR 16 !

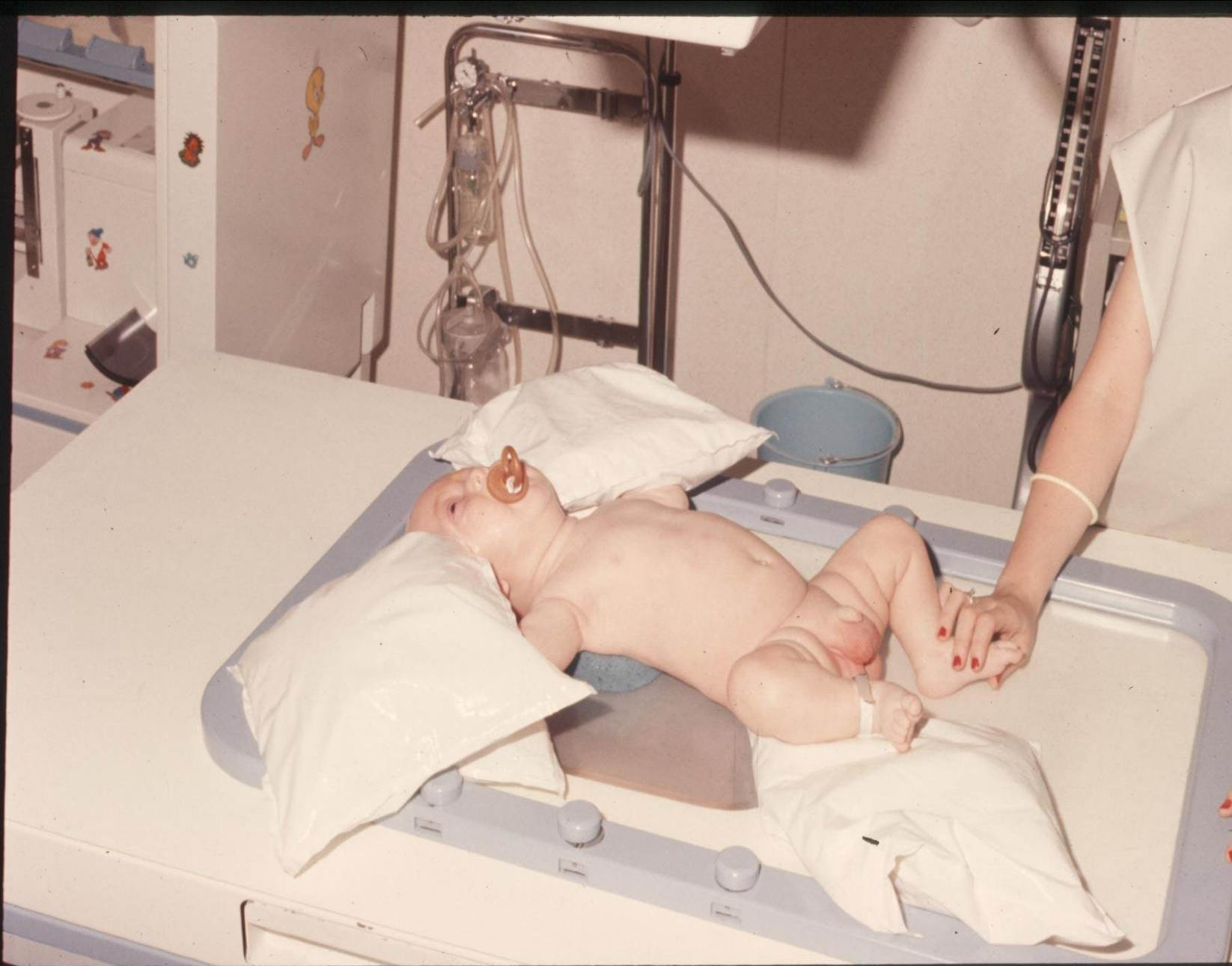
VALIDATION de l'INDICATION (la prescription)

- ne pas faire un examen irradiant non-indispensable
- accès aux éléments du dossier clinique
discussion avec le correspondant clinicien
connaissance des substitutions possibles



INSTALLATION de l' ENFANT

- confort de l'enfant : physique et psychologique
- conditions de réussite dès la 1ère acquisition
(contention - sédation - anesthésie)
- statifs adaptés



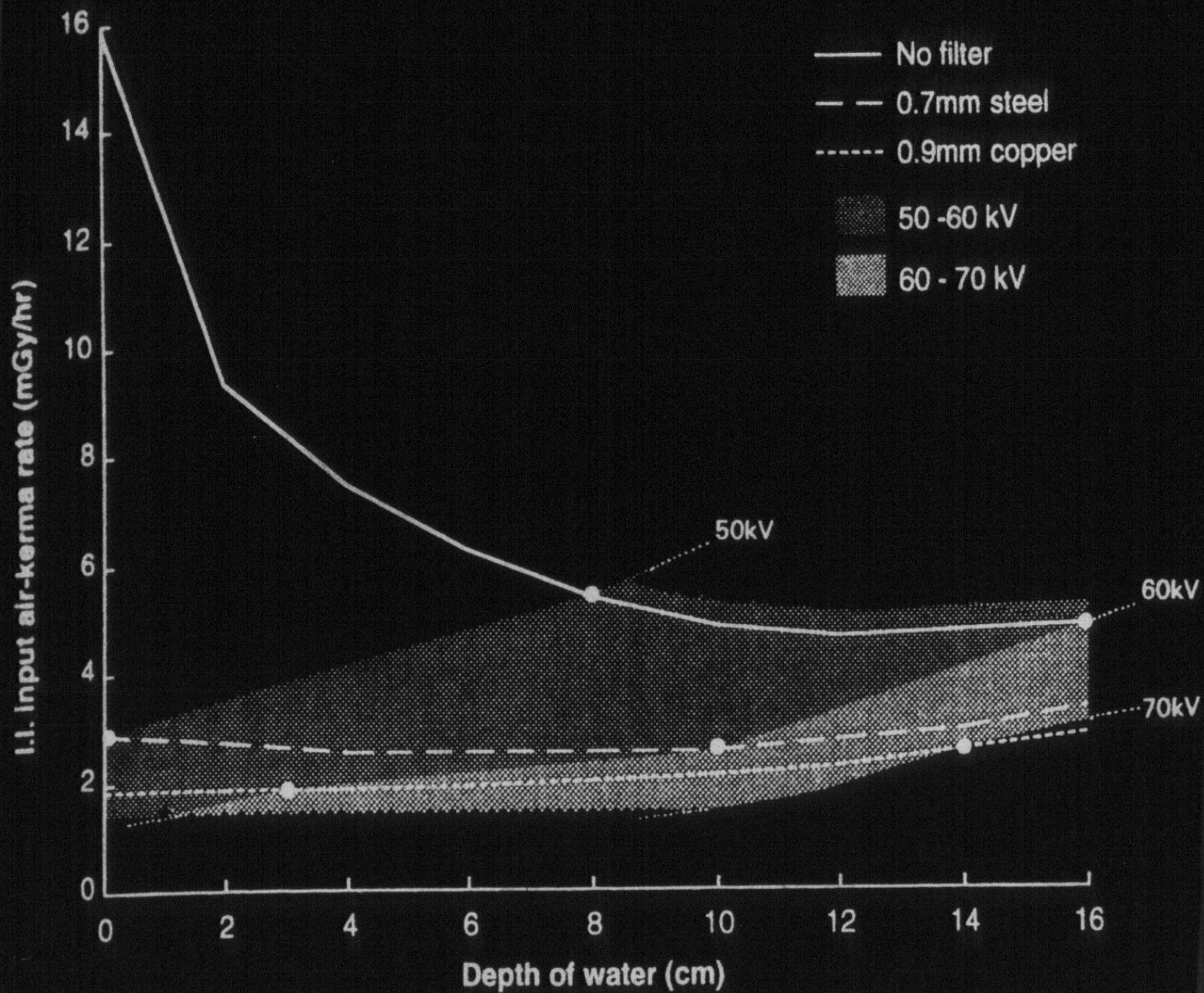


EQUIPEMENT SPECIFIQUE

- générateur à haute fréquence
 - tension stable
 - temps de montée en tension court
- automates d'exposition :
 - adaptation des chambres d'ionisation
 - temps d'exposition très court < 10 ms
 - alternative : doses manuelles

EQUIPEMENT

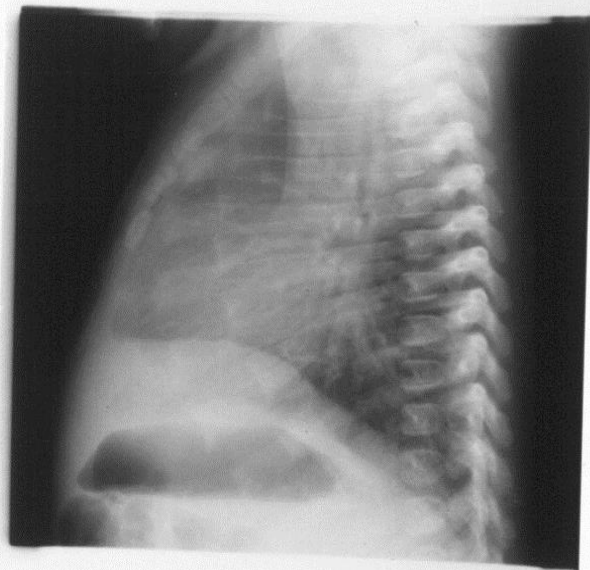
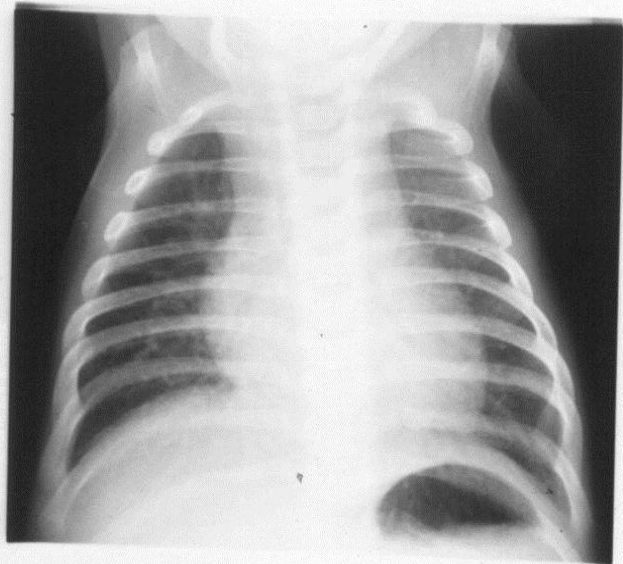
- foyer radiogène intermédiaire : 0,6 mm.
- filtration optimale → élimination composantes de basse énergie du spectre d'émission
- couple film-écran : classe 400 à 800
- matériel radiotransparent : - grille en carbone
- cassettes en plastique
- grille anti-diffusé amovible



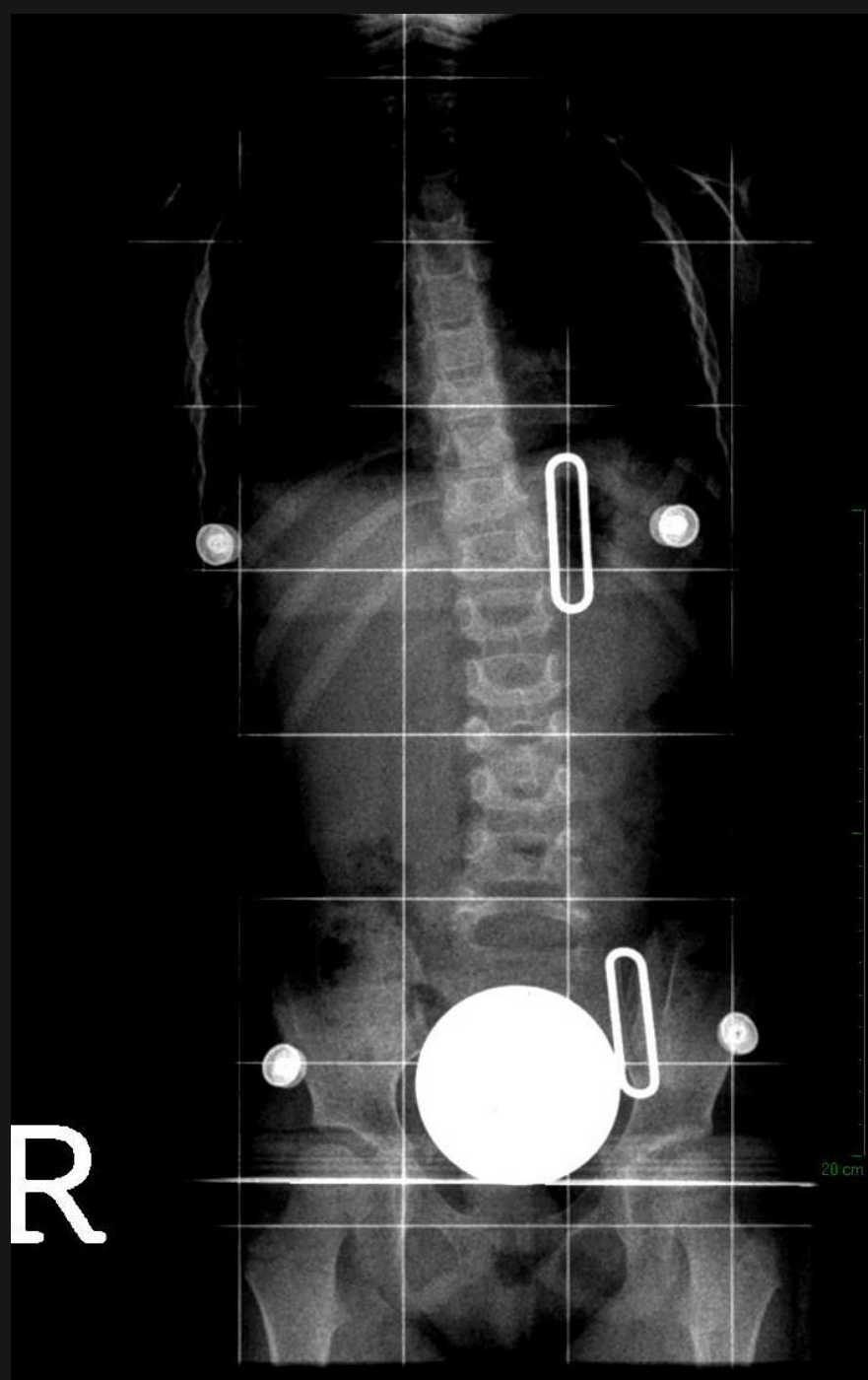
(a)

ELEMENTS TECHNIQUES PRATIQUES

- éviter l'utilisation de basse tension : \nearrow kV
- filtration additionnelle
- limiter strictement le volume irradié
 - diaphragmes, localisateurs
 - protection des gonades (dans ou à proximité du champ)
- incidence postéro-antérieure si organes sensibles en superficie (ex : full-spine chez la fille)
- protection thyroïdienne en radiologie dentaire



R



EQUIPEMENT

- foyer radiogène intermédiaire
- filtration optimale → élimination de l'excès d'énergie
- couple film-écran : classe 400
- matériel radiotransparent : - g
- C
- grille anti-diffusé amovible

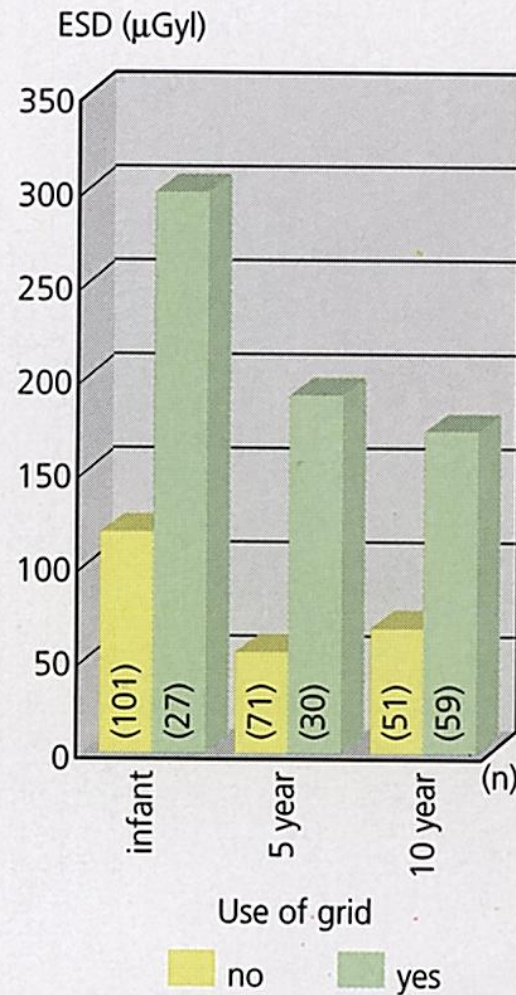
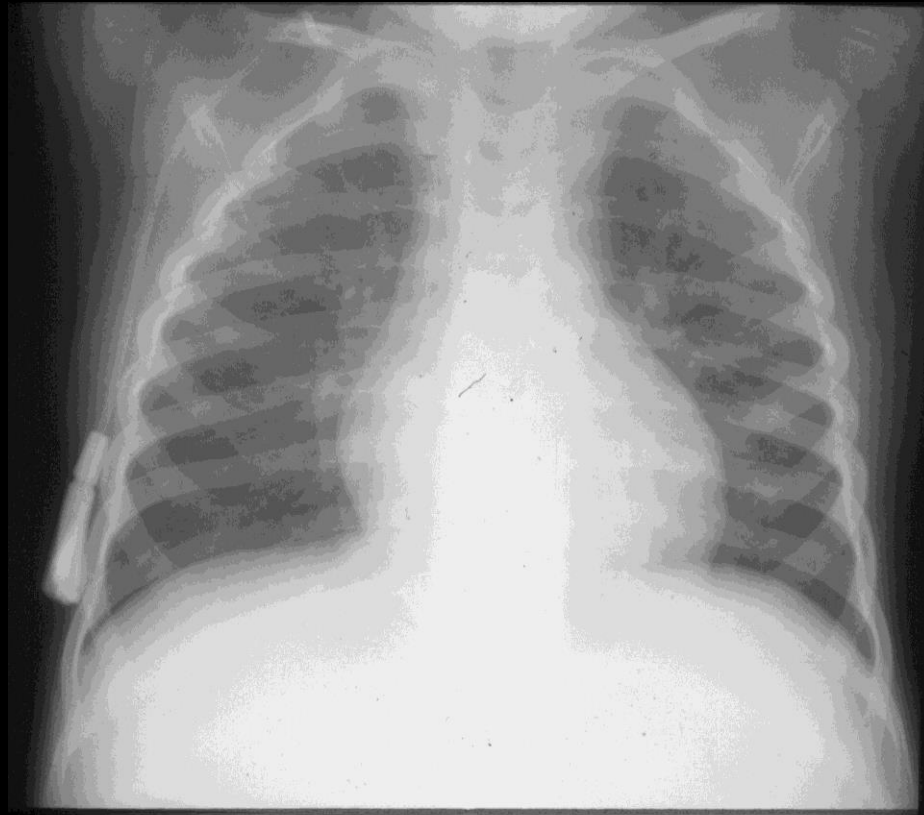
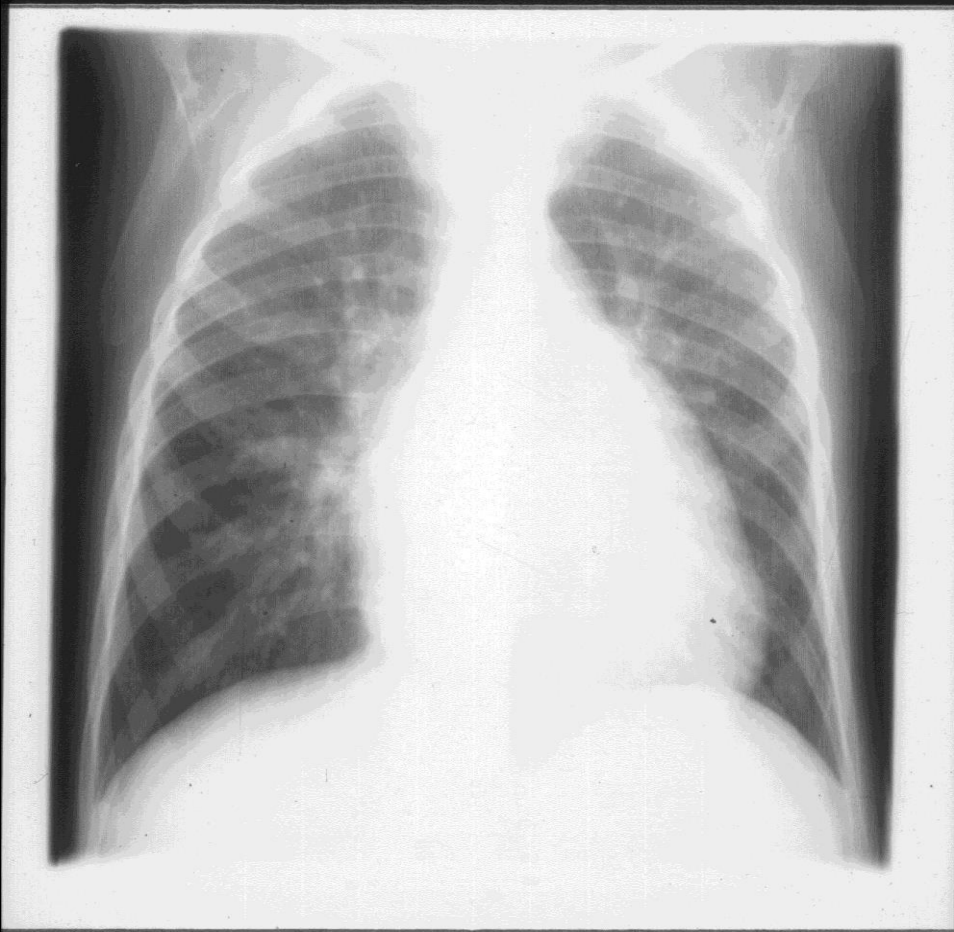


Figure 6 Mean entrance surface dose (ESD) with and without a grid for the chest PA/AP examinations on 10 month infant, 5 year and 10 year old children; n = number of X-ray departments



EQUIPEMENT : nouvelles technologies

- graphie sur amplificateur de brillance numérisé
- écran radioluminescent à mémoire - ERLM
(«plaque phosphore »)
- détecteurs au sélénium
- système Charpak ?

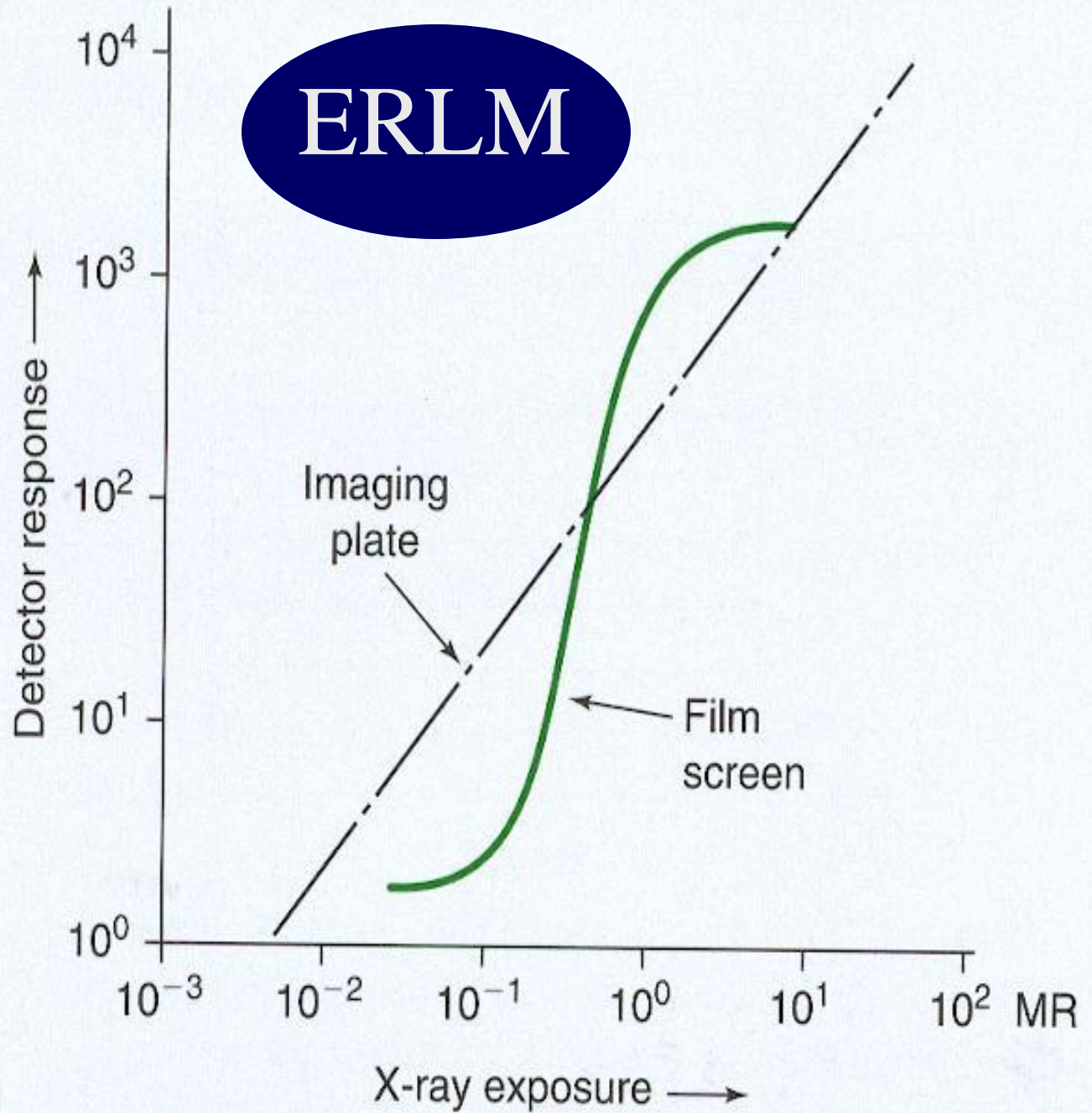


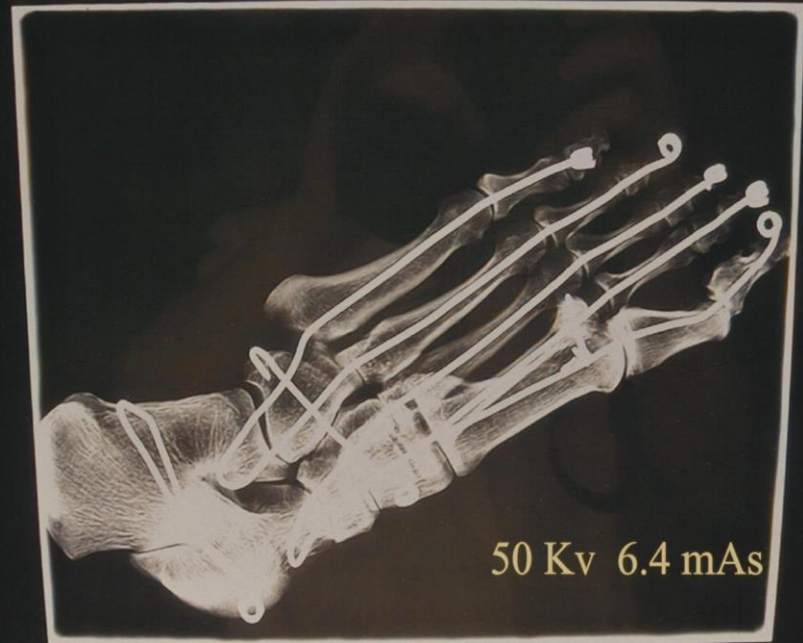
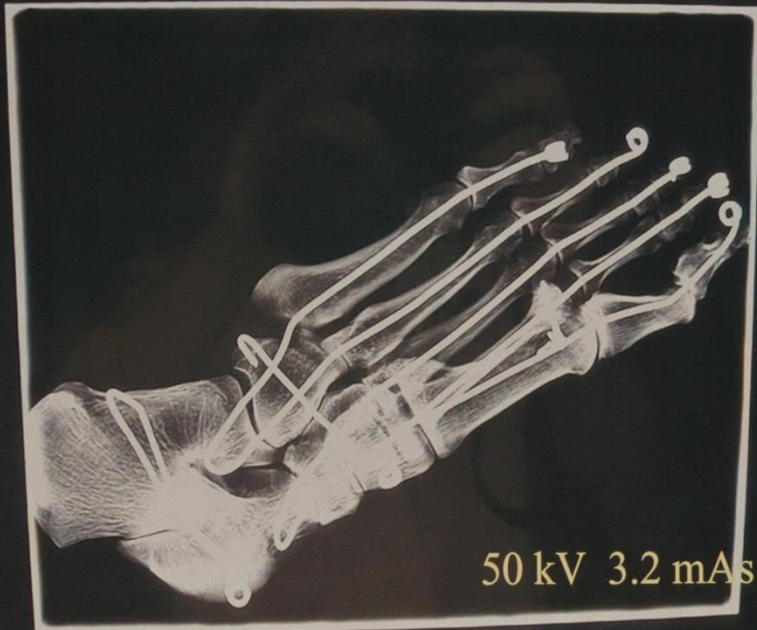
TABLE 3: Comparative Clinical Doses from Voiding Cystourethrography

Age Group (yr)	Dose in mGy (1 SD)					
	Digital Spot Film			105-mm Spot Film		
	Fluoroscopy	Spot	Total	Fluoroscopy	Spot ^a	Total ^a
Neonate to 1						
Skin	1.738 (0.519)	0.455 (0.155)	2.193 (0.537)	1.738 (0.519)	3.003	4.741
Midplane	0.510 (0.273)	0.118 (0.041)	0.628 (0.276)	0.510 (0.273)	0.719	1.228
1-5						
Skin	1.829 (1.019)	0.537 (0.346)	2.367 (1.074)	1.829 (1.019)	3.494	5.323
Midplane	0.528 (0.291)	0.136 (0.091)	0.664 (0.309)	0.528 (0.291)	0.837	1.365
5-7						
Skin	4.477 (6.206)	0.919 (0.955)	5.396 (6.279)	4.477 (6.206)	6.024	10.501
Midplane	1.301 (1.802)	0.227 (0.237)	1.589 (1.820)	1.301 (1.802)	1.447	3.294

^a Values are estimates.

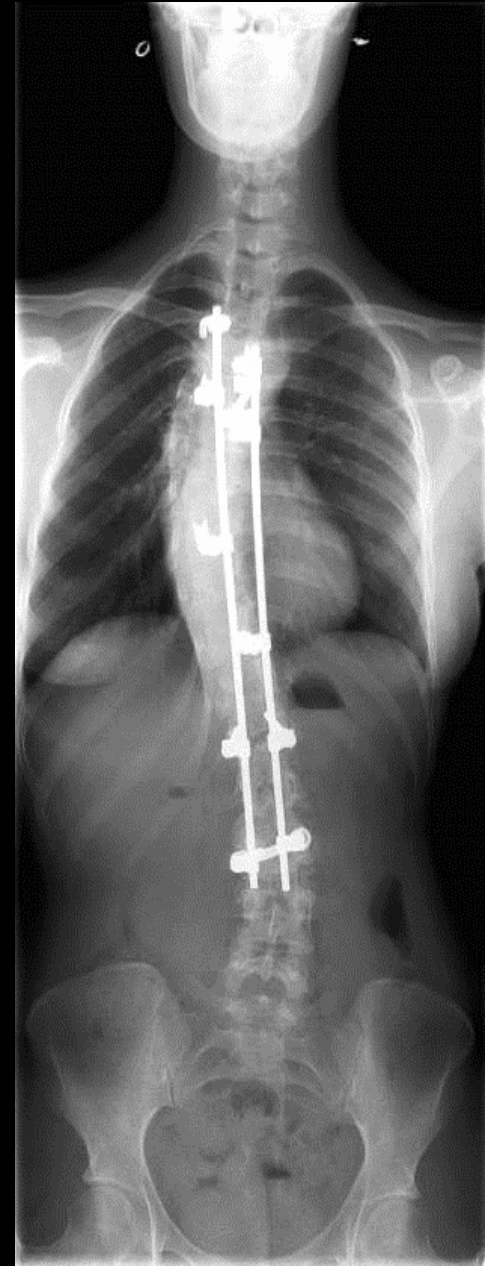
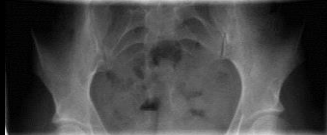
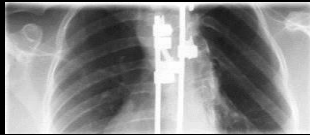
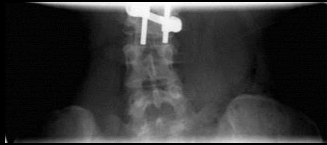
ERLM

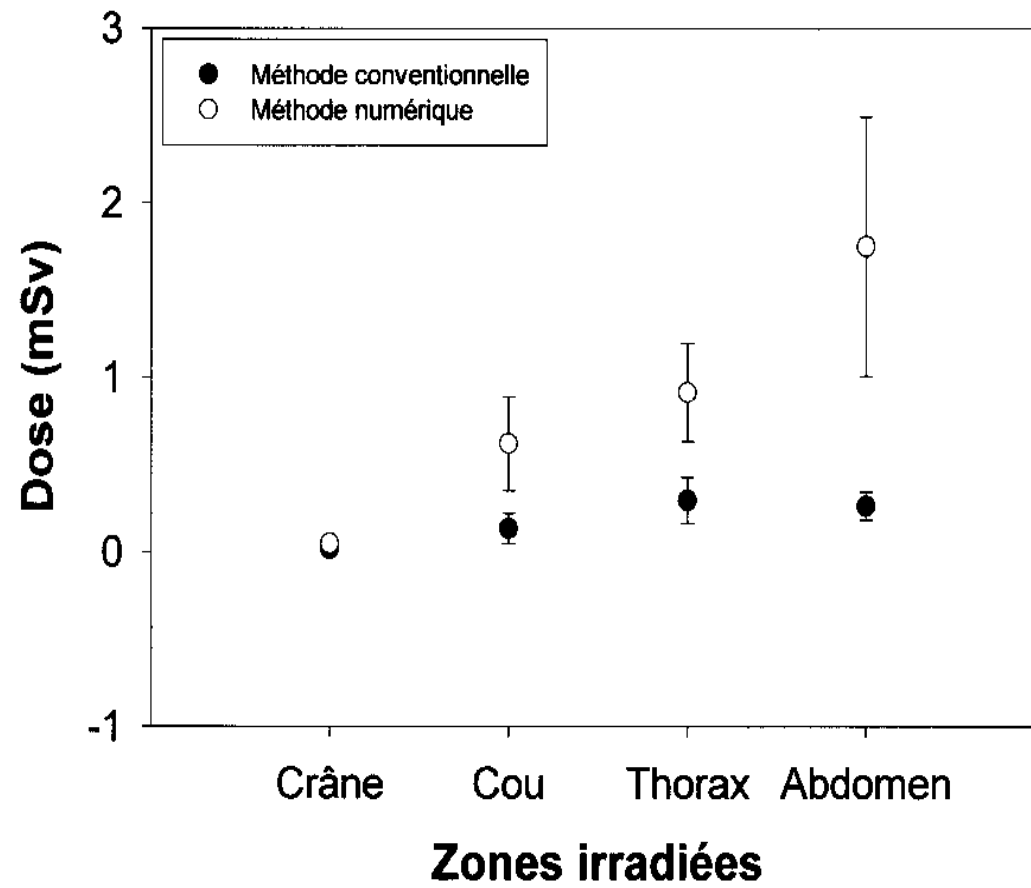




double dose !

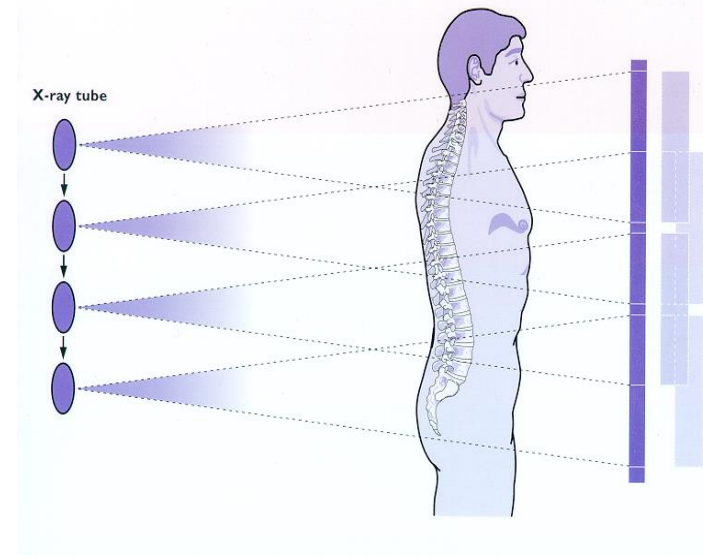
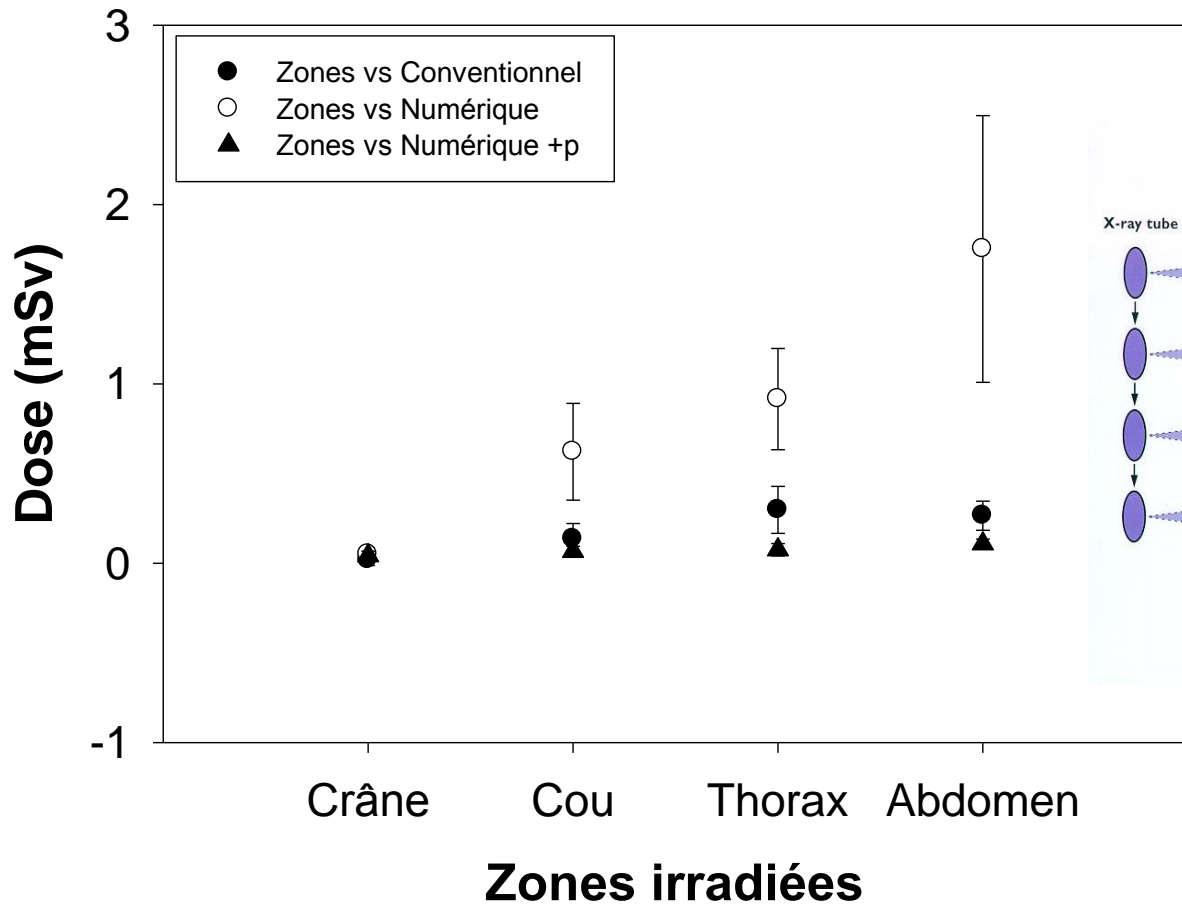






Résultats

	Groupe I (conventionnel)		Groupe II (numérique - graphie)		Groupe III (scopie pulsée)		Ratio (GI / GII)	Ratio (GIII / GII)
	<i>dose (mSv)</i>	<i>moy.</i>	<i>dose (mSv)</i>	<i>moy.</i>	<i>dose (mSv)</i>	<i>moy.</i>		
crâne	0 à 0,1	0,02	0 à 0,11	0,05	0,01 à 0,08	0,04	0,35	0,8
cou	0,02 à 0,27	0,13	0,13 à 1,05	0,62	0,03 à 0,11	0,06	0,22	0,10
thorax	0,15 à 0,62	0,30	0,52 à 1,44	0,91	0,03 à 0,12	0,07	0,32	0,08
abdomen	0,11 à 0,42	0,26	1,12 à 3,19	1,75	0,08 à 0,16	0,11	0,15	0,06



EVALUATION de sa PRATIQUE

- contrôle de qualité
- assurance de qualité
- qualification des professionnels
- niveaux de doses de référence

FLUOROSCOPIE

- mA minimal
- ablation grille anti-diffusé (gain de 40%)
- filtration additionnelle
(57 à 70% gain pour 0,7 mm Al.)
- stricte limitation de la durée *

* *dose à la paroi latérale du thorax !*

valvuloplastie cardiaque percutanée = 1000 RX thorax

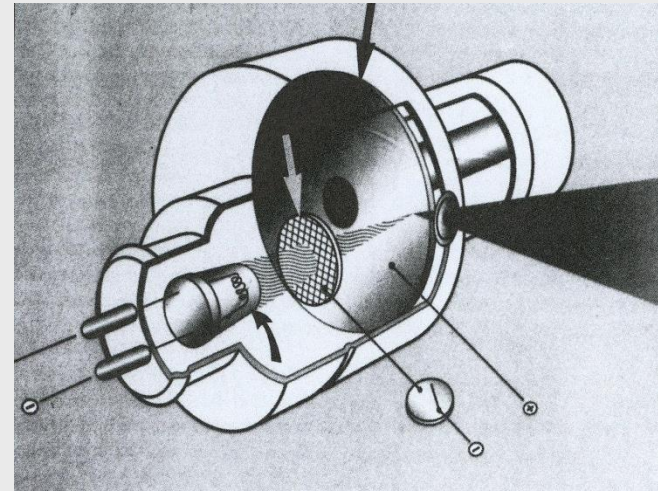
Facteurs influençant la dose (fluoro.)

- facteur temps

- mémorisation dernière image

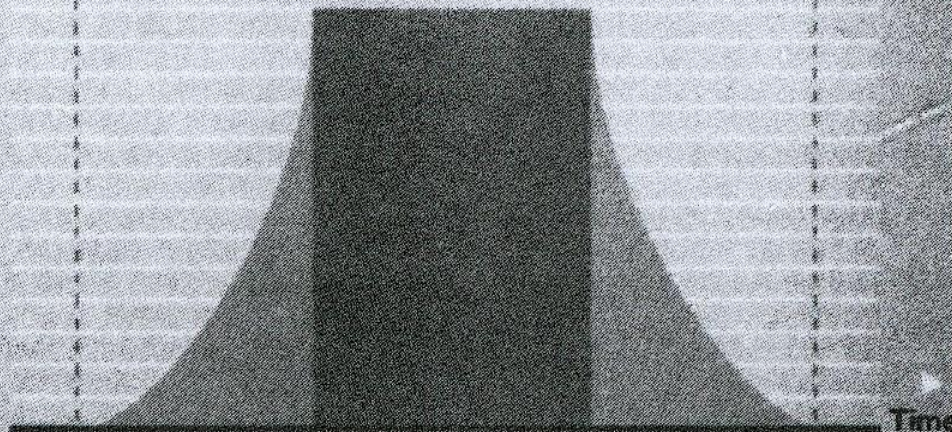
- scopie intermittente ou pulsée

- enregistrement du temps de scopie



Conventional Pulsed Fluoroscopy

X-ray
Dose



Ramping

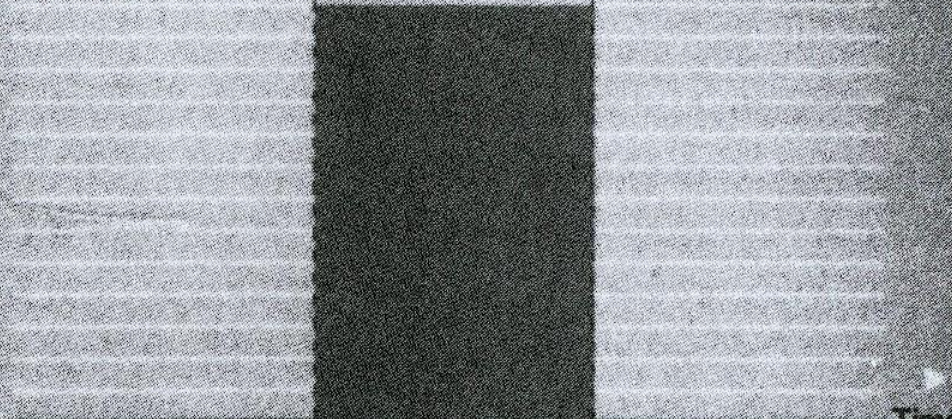
Imaging
Pulse

Trailing

Time

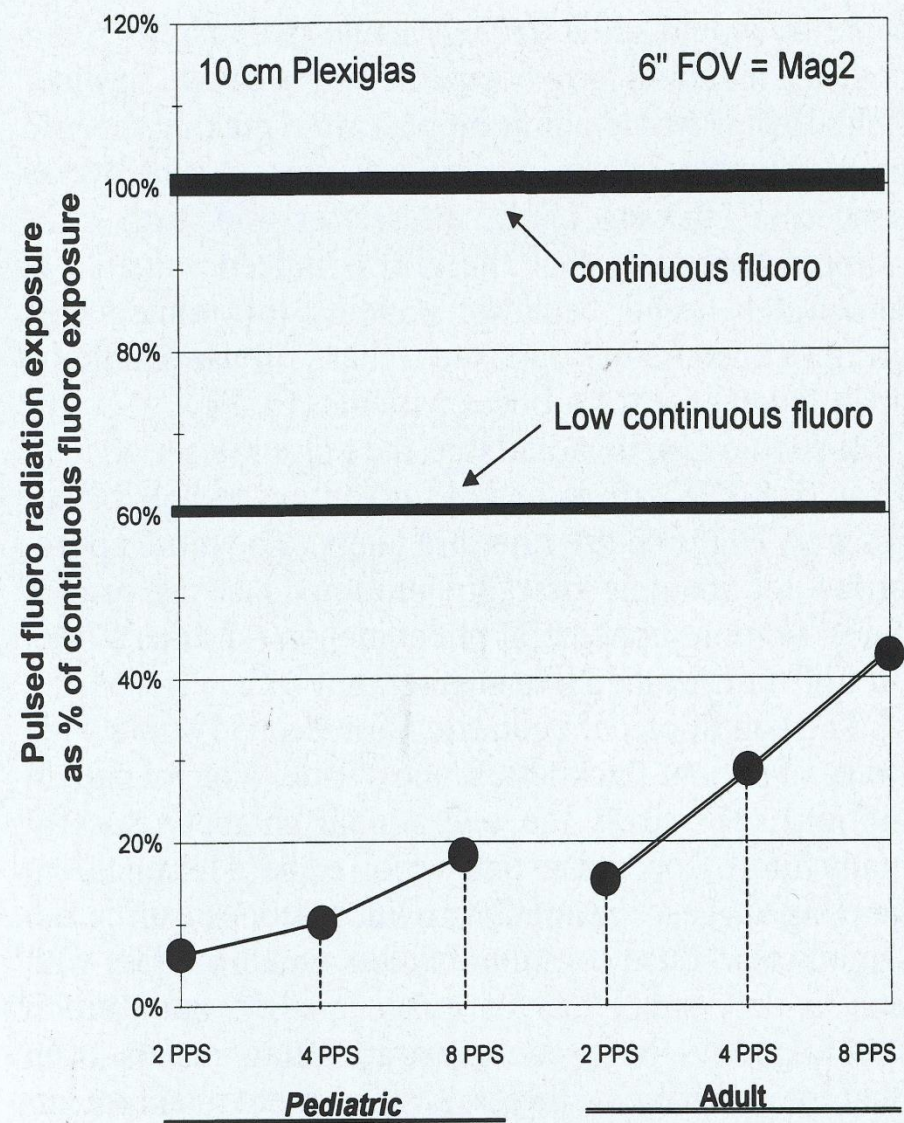
Grid-Controlled Fluoroscopy

X-ray
Dose



Imaging Pulse

Time



Pulsed fluoro mode

Fig.2 The pulsed fluoroscopic radiation entrance skin exposure rate after pediatric optimization for the six allowable pulsed fluoroscopic modes, shown as a percentage of the radiation exposure rate for continuous fluoroscopy mode

TABLE 5**Fluoroscopy Time, Fluoroscopic Exposure, and Number of Digital Spot Films for Conventional Fluoroscopy Versus 7.5-pps Pulsed Fluoroscopy for All Types of Studies**

Fluoroscopy Type	Mean (SD)		
	Fluoroscopy Time (min)	Radiation Exposure (R)	No. of Spot Films
Conventional	2.1 (1.6)	1.1 (0.8) ^a	17.9 (13.4)
Pulsed (7.5 pps)	2.0 (1.7)	0.3 (0.25)	17.8 (13.4)

Note.—pps = pulses per second.

^aStatistically significant difference ($p < .05$) from the 7.5-pps pulsed fluoroscopy group.

PROCEDURE ADAPTEE à l'indication

- stricte limitation du nombre d'incidences
 - pas de procédure stéréotypée
 - pas de clichés comparatifs systématiques

INCIDENCE AP
(nouveau-nés)

1 - ELEMENTS EXIGES POUR LE RADIODIAGNOSTIC

Critères de l'image

- 1.1 Cliché pris en inspiration complète
- 1.2 Reproduction du thorax sans bascule ni rotation
- 1.3 Reproduction du thorax depuis la trachée cervicale jusqu'à D12-L1 (une partie de l'abdomen peut être incluse pour des indications particulières)
- 1.4 Reproduction de la vascularisation dans la moitié centrale des poumons
- 1.5 Reproduction visuellement nette de la trachée et des bronches proximales
- 1.6 Reproduction visuellement nette du diaphragme et des angles costo-phréniques
- 1.7 Reproduction du rachis et des structures juxta-rachidiennes ; visualisation du poumon rétro-cardiaque et du médiastin.

2. EXEMPLE DE BONNE TECHNIQUE RADIOGRAPHIQUE

- 2.0 Position du patient : décubitus dorsal
- 2.1 Appareillage radiographique : dans le berceau (incubateur) ou sur table selon les conditions cliniques
- 2.2 Dimension du foyer : 0,6 mm (\leq 1,3 mm)
- 2.3 Filtration additionnelle : 1 mm Al + 0,1 mm de Cu ou matériaux similaires
- 2.4 Grille d'antidiffusion : aucune
- 2.5 Couple film-écrans : classe de sensibilité 200-400
- 2.6 DFF : 80-100 (150) cm
- 2.7 Tension appliquée : 60-65 kV
- 2.8 Exposition automatique : aucune
- 2.9 Temps d'exposition : 4 (2) ms
- 2.10 Radioprotection : cache de caoutchouc plombé sur l'abdomen à proximité immédiate du bord du faisceau primaire ; si le cache ne peut pas être placé directement sur le patient, un masque plombé peut être disposé sur le couvercle de l'incubateur.

1. DIAGNOSTIC REQUIREMENTS

Image criteria

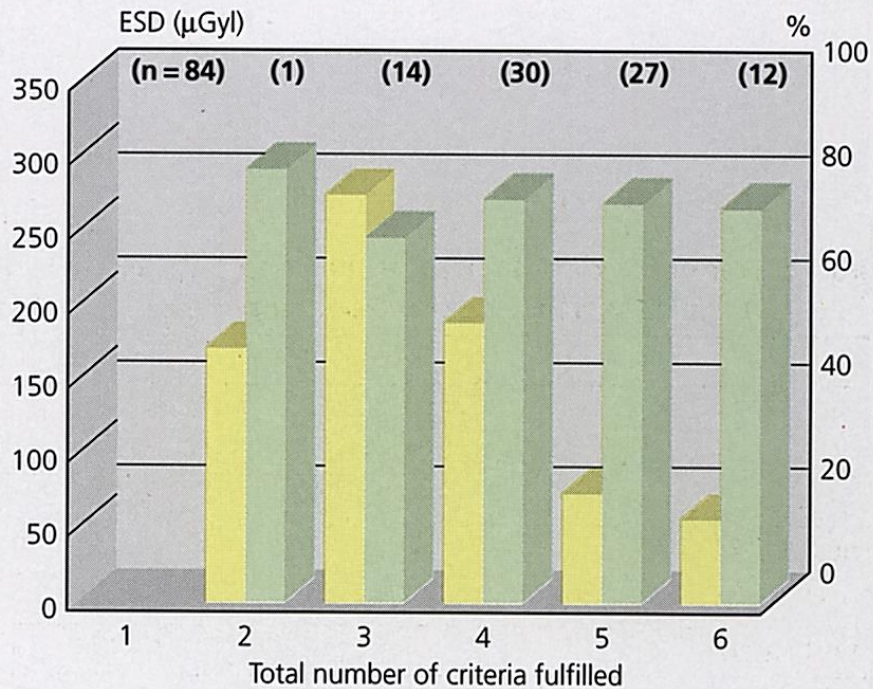
- 1.1. Performed at peak of inspiration, except for suspected foreign body aspiration
- 1.2. Reproduction of the thorax without rotation and tilting
- 1.3. Reproduction of the chest must extend from just above the apices of the lungs to T12/L1
- 1.4. Reproduction of the vascular pattern in central 2/3 of the lungs
- 1.5. Reproduction of the trachea and the proximal bronchi
- 1.6. Visually sharp reproduction of the diaphragm and costo-phrenic angles
- 1.7. Reproduction of the spine and paraspinal structures and visualisation of the retrocardiac lung and the mediastinum

2. CRITERIA FOR RADIATION DOSE TO THE PATIENT

Entrance surface dose for standard five year old patient: 100 μ Gy

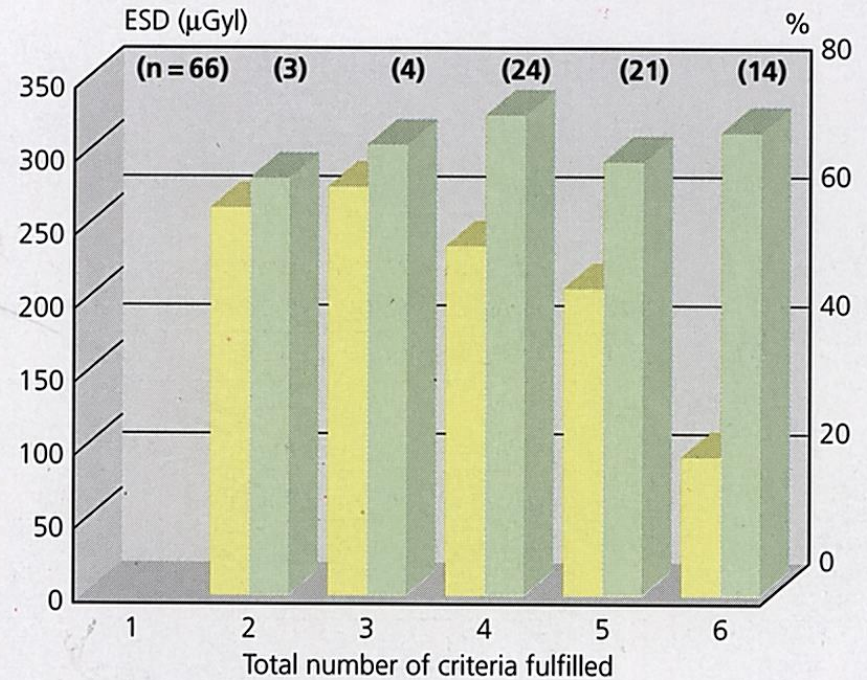
3 EXAMPLE OF GOOD RADIOGRAPHIC TECHNIQUE

- 3.0. Patient position : upright, supine position possible
- 3.1. Radiographic device : table or vertical stand, depending on age
- 3.2. Nominal focal spot value : 0.6 (≤ 1.3)
- 3.3. Additional filtration : up to 1 mm Al + 0.1 or 0.2 mm Cu (or equivalent)
- 3.4. Anti-scatter grid: $r = 8; 40/\text{cm}$: only for special indications and in adolescents
- 3.5. Screen film system : nominal speed class 400 - 800
3.6 FFD 100 - 150 cm
- 3.7. Radiographic voltage : 60 - 80 kV (100 - 150 kV with grid for older children)
- 3.8. Automatic exposure control : chamber selected - lateral; preferably none in infants and young children
- 3.9. Exposure time : < 10 ms
- 3.10. Protective shielding : lead-rubber coverage of the abdomen in the immediate proximity of the beam edge



■ Dose ■ Image Quality

Figure 9 Impact of good radiographic technique on entrance surface dose and image quality: Chest AP/PA examination for 10 year old child; n = number of X-ray departments



■ Dose ■ Image Quality

Figure 8 Impact of good radiographic technique on entrance surface dose and image quality: Chest lateral examination for 5 year old child; n = number of X-ray departments

Individual percentile profile

low dose
high image quality

high dose
low image quality

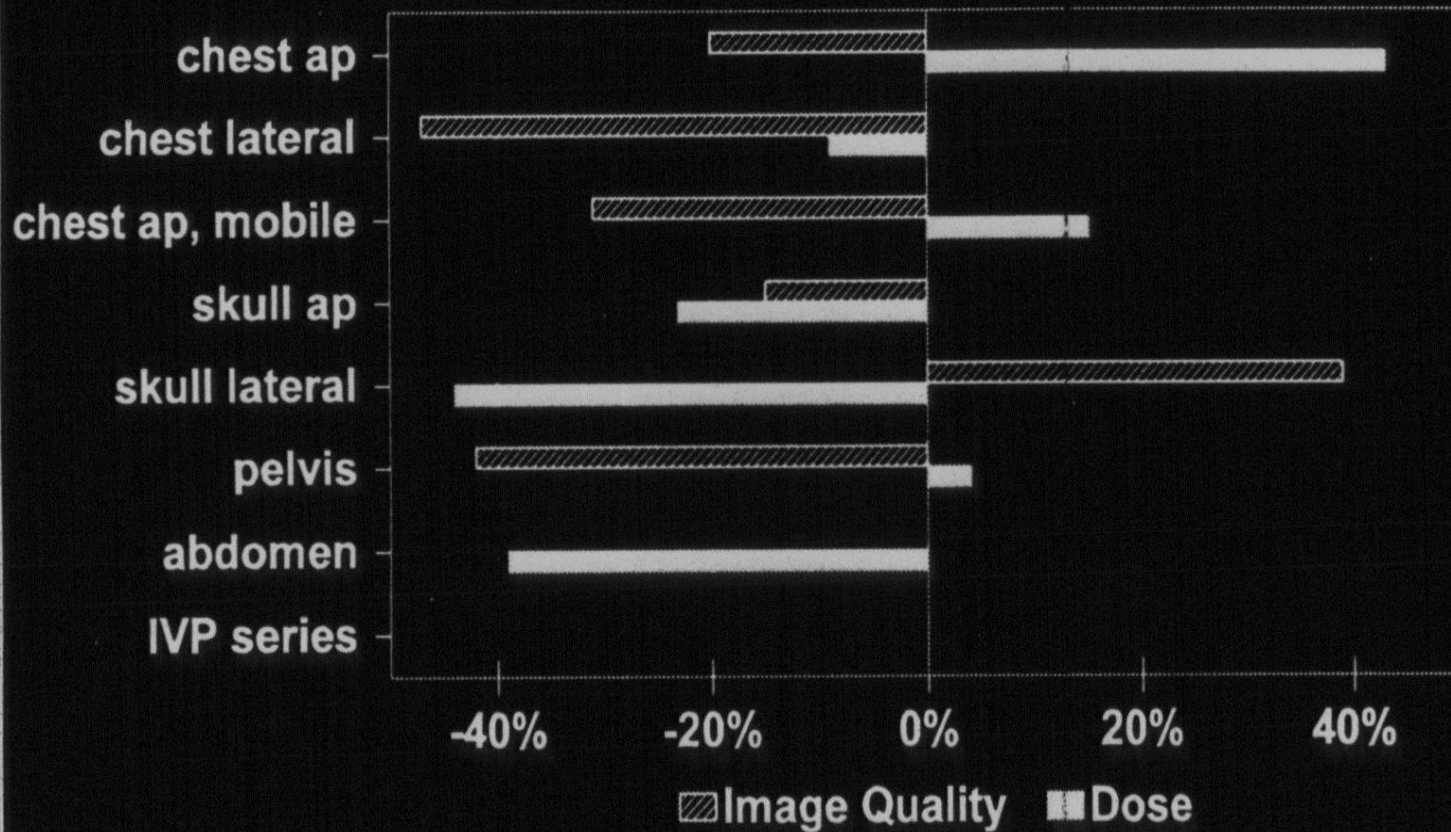


TABLE 1

Effective Radiation Doses

Examination	Effective Dose (mSv)	Equivalent Number of Chest Radiographs	Equivalent Dose of Natural Background Radiation
Background radiation	3.0	150	—
Transatlantic airline flight (New York to London)	3.6	180	1 year, 85 days
Skull x-ray	0.07	3.5	9 days
2-view chest radiograph	0.02	—	3 days
Abdomen radiograph	1.0	50	125 days
Pelvic radiograph	0.7	35	86 days
Barium swallow	1.5	75	188 days
Barium enema	7	350	2 years, 145 days
Head CT	2	100	250 days
Chest CT (pediatric parameters)	Up to 3	150	1 year, 10 days
Chest CT (adult parameters)	8	400	2 years, 270 days
Abdomen/pelvis CT (pediatric parameters)	Up to 5	250	1 year, 260 days
Abdomen/pelvis CT (adult parameters)	15 to 20	750 to 1,000	5.1 to 6.8 years
Radionuclide renal scan (99m-Tc)	1	50	125 days
Radionuclide bone scan (99m-Tc)	4	200	1 year, 135 days

Data source:^{20,22,24}

dose	équivalent irradiation naturelle
1mSv	6 mois
40 μ Sv	1 semaine
5 μ Sv	1 jour
0,25 μ Sv	1 heure