

# Notions d'irradiation médicale chez l'enfant

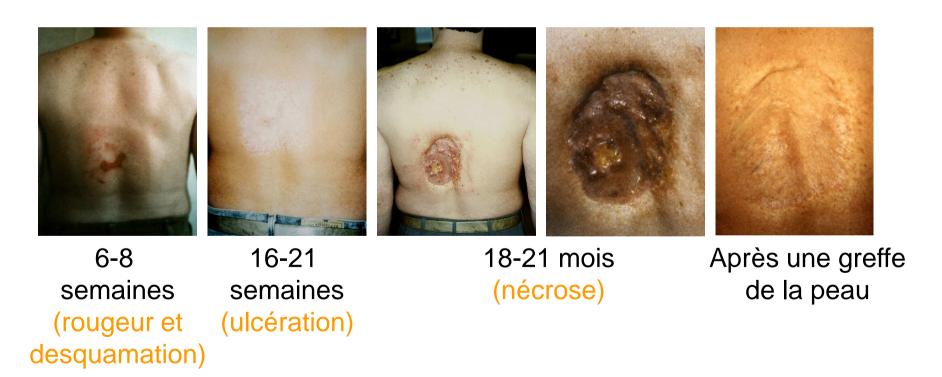
Docteur Sophie COMBELLES Service d'imagerie pédiatrique - C.H.U. Toulouse - Hôpital des Enfants

#### Effets biologiques Irradiation Lésion de l'ADN Réparation fidèle Réparation fautive Cellule réparée ... mais viable Cellule mutée Pas d'effet Cellule morte Survie initiale D > 80 mSvmais division Effets différés impossible aléatoires ou stochastiques Mort cellulaire immédiate **S**omatiques ou différée (cancers) <1% des cancers attribuat aux rx ionisantes Génétiques, Effets obligatoires déterministes à seuil héréditaires D > 500 mSv

#### Exemple d'effet déterministe

Patient de 40 ans ayant subi en 1990 plusieurs procédures de coronographie et d'angioplastie

Dose à la peau : probablement plus de 20 Gy (E ~ 1000 mSv)



#### Effet aléatoire: exemple du coro-scanner

#### Protocoles techniques :

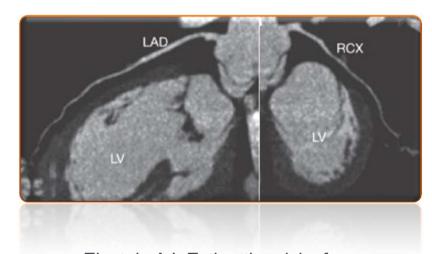
- ▶ 64 coupes/tour
- Gating cardiaque
- Émission pulsée...

#### Doses efficaces à l'organe :

Poumons: 42 à 91 mSv

Sein : 50 à 80 mSv

- Risques :
  - Cancer pulmonaire : 1/3261 homme, 80 ans
  - Cancer du sein ++ : I/I 43 femme jeune, inclusion de tout le thorax...



Einstein AJ, Estimating risk of cancer associated with radiation exposure from 64-slice computed tomography coronary angiography. JAMA. 2007; 298: 317-23.

Hurwitz LM, Radiation Dose from Contemporary Cardiothoracic Multidetector CT Protocols with an Anthropomorphic Female Phantom: Implications for Cancer Induction. Radiology. 2007. Calculées en utilisant un

facteur de pondération selon

la qualité de rayonnement

1Gy de photon est moins

cancérigène qu'1 Gy de neutrons

## Grandeurs et unités

# Grandeur Physique

Mesure

Dose absorbée, D (Gy)

IGy=I | absorbé par kg de matière/

Energie déposée par unité de masse,

Calculées en utilisant

- les w<sub>R</sub> et w<sub>T</sub> (facteur de pondération selon la qualité du rayonnement w<sub>R</sub> et facteu de pondération tissulaire « radiosensibilité » w<sub>T</sub>)
- les fantômes anthropomorphes

# Grandeur opérationnelle

Calcul

Dose équivalente, *H* (Sv)

« façon dont le tissu est irradié »

Grandeur de protection

Calcul

Dose efficace, E (Sv)

- Facteur de qualité du rayonnement
  - type du rayonnement
  - énergie du rayonnement
  - Facteur biologique

RISQUE

Additive

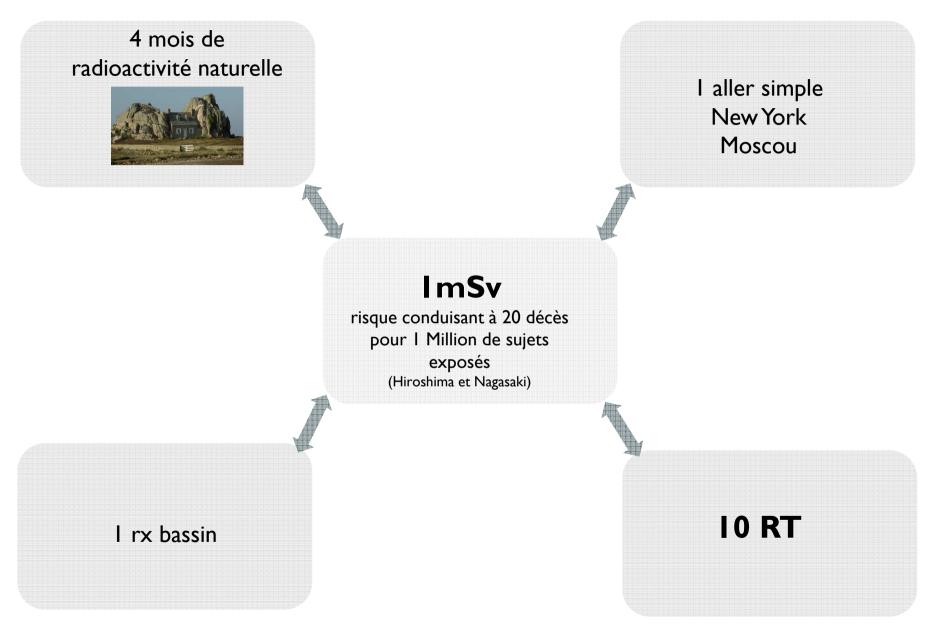
Comparées par mesures et calculs (en utilisant les  $w_R$  et  $w_T$ , et les fantômes anthropomorphes)

WT

### Facteur de pondération tissulaire W<sub>T</sub>

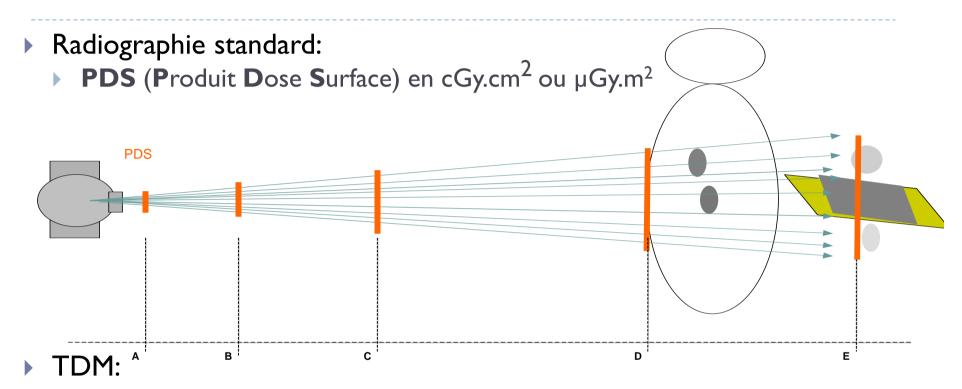
$\Sigma = 1$	· ·	Peau Cerveau Glandes salivaires Surfaces osseuses Thyroïde Poumon Seins Oesophage Estomac Foie Côlon Vessie Gonades Moelle osseuse rouge moy tissu restant eur, rein, surrénales, vés. biliaire, pancréas, sus, rate, utérus/prostate muq buccale, gg	
--------------	-----	---	--

Mais, ces comparaisons ne prennent pas en compte le débit de dose +++



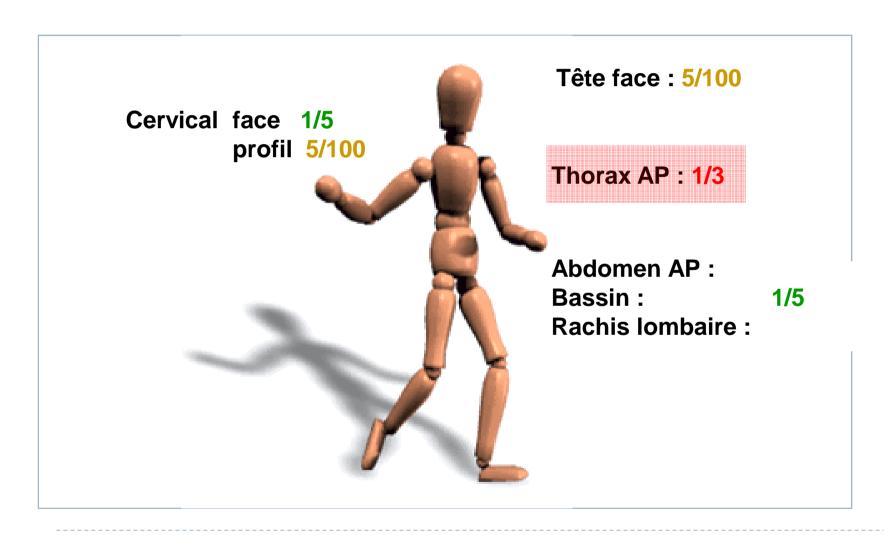
Irradiation médicale: France: I.I mSv/an/ individu dont I mSv dû au seul diagnostic

### Quelle unité pour quelle technique?



- Produit Dose Longueur PDL en mGy.cm (en distinguant le PDL de la tête et du cou et celui de l'étage TAP)
- Computed Tomography Dose Index CDTI (dose absorbée pour un cylindre de I cm de patient d'un poids de 70kg, fantôme de 32cm de diamètre, augmente si l'épaisseur du patient diminue (moins d'atténuation) → CDTI vol des enfants sous estimé d'un facteur 2,5, pas de fantôme enfant )

# Radiographies standards: Conversion PDS (Gy.cm²) > E dose efficace



#### NRD en rx conventionnelle chez l'enfant

Examen	Age (années)	De (mGy)	$\longleftrightarrow$	Dose Efficace E (mSv)	Expo naturelle
Thorax (face)	0-1	0.08		0.026	3j
Thorax (face)	5	0.1	1/3	0.033	4j
Thorax profil	5	0.2		0.07	8 j (~2 RT)
Bassin (face)	0-1	0.2		0.04	4.5j (~2 RT)
Bassin (face)	5	0.9	1/5	0.18	21j (~5 RT)
ASP	5	ı	-	0.2	23j (~6 RT)

Jamais de profil systématique...

DE= PDS/SE x FRD; SE: surface d'irradiation du patient; FRD: facteur de rétrodiffusion Brody A Pediatrics 2007; 3:677 Enfant de 5 ans

# TDM: Conversion DLP $(mGy.cm) \rightarrow E$ dose efficace



	Dose efficace/PDL mSv/(mGy.cm)				
	<1an	1 an	5 ans	10 ans	adulte
Tête	0.011	0.0067	0.004	0.0032	0.0021
Thorax	0.094	0.062	0.043	0.029	0.014
Abdo & Pelvis	0.118	0.072	0.048	0.032	0.015
Jambes					0.008

#### Niveaux de dose d'exposition

```
10
            TDM TAP
8
            TDM thorax < I an
            Cosmonaute mission Apollo
            Exposition annuelle Creuse / hab
            Exposition annuelle Bretagne / hab
            ITDM thorax à 5 ans
2
            ITDM thorax à 10 ans, exposition annuelle moy (France)
1,7
            Rx rachis lombaire
1,2
            Rx bassin
            Exposition annuelle moyenne personnel des services d'imagerie
0,15
            diagnostique
0,1
            RT
0,03
       → RT enfant service radio pédiatrie
```



#### Radiosensibilité particulière de l'enfant/fœtus

- Organisme en croissance
- Proportion importante de cellules jeunes
- ► Espérance de vie élevée ( la probabilité d'apparition d'un effet secondaire en particulier carcinologique)
- Potentiel génétique restant à s'exprimer vis-à-vis de la descendance (mais diminution de la fertilité)
- ▶ Fœtus:
  - Risque malformatif (9ème jour à 9 SA)
  - ▶ Risque neurologique (8 à 15 SA)
  - ► ≤ 10 cGy → risques négligeables (tous les actes de rx et tdm même si utérus dans le faisceau)

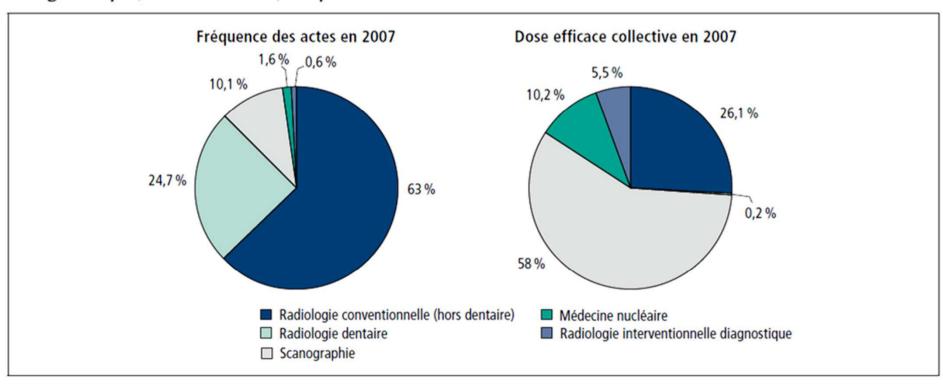
#### Particularités de la radio-pédiatrie

- Rx conventionnelle:
  - > 50% des actes en pédiatrie
  - ▶ Moins irradiante que TDM...
- TDM:
  - Moindre recours
  - Très irradiant ...
- Information des parents et de leurs enfants permettant de rationaliser la demande d'examens complémentaires
- Principe de précaution: pas d'exposition inutile
   Préférer l'échographie et l'IRM chaque fois que possible.



## TDM: en constante augmentation ... et paramètres souvent insuffisamment adaptés... SUREXPOSITION

Répartition de la fréquence des actes et de la dose efficace collective par type d'exploration diagnostique, France entière, 2007



Institut de veille sanitaire — Exposition de la population française aux rayonnements ionisants liée aux actes de diagnostic médical en 2007 / p. 17

# Risque décès par cancer radio induit lié à une exposition unique (%)

FILLE	CT ABDOMEN	CT CRANE	
Nné	0,3	0,08	
10 ans	0,17	0,03	
50 ans	0,025	0,005	
GARCON	CT ABDOMEN	CT CRANE	
Nné	0,16	0, I	
10 ans	0,1	0,035	
50 ans	0,025	0,005	

#### Sur la population des EU, en 1995:

- 170 décès attribuables à un CT du crâne réalisé chez un enfant de moins de 15A
- 310 décès attribuables à un CT abdominal réalisé chez un enfant de moins de 15A Augmentation linéaire du risque avec le nombre d'examen

<sup>▶</sup> Brenner DJ, Elliston CD, Hall EJ, Berdon WE. Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT. AIR Am | Roentgenol 2001;176(2):289–296.

#### Risque carcinologique

- Pearce et al., Lancet 2012 revue multicentrique: Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study
  - ▶ Enfants de < 15 ans
    - Sur-risque dès le le mSv:
      - □ Dès 2 CT cérébraux → risque x 3 de tumeurs cérébrales dans les 10 ans
      - □ Dès 5 CT cérébraux → risque x 3 de survenue de leucémie dans les 10 ans
    - ▶ Importance de protocoles pédiatriques optimisés ++++ centres spécialisés
    - Pertinence de l'indication, le mieux étant de ne pas irradier
- Notion de radiosensibilité individuelle

#### Principes de la radioprotection

- Justification des pratiques utilisant des rayonnements ionisants (bénéfices>risques) Art R.1333-66 CSP
- Limitation des doses individuelles (cibles)

càd suffisamment basses pour qu'aucun effet déterministe n'apparaisse et que la probabilité des effets stochastiques soit tolérable et acceptable

Optimisation de la radioprotection (source)

Exposition la plus basse possible compte tenu des facteurs économiques et sociaux et du résultat attendu >> PRINCIPE ALARA ( as low as reasonnably achievable)

#### Règles pour le clinicien

- Guide du bon usage des examens d'imagerie médicale (site de la SFR, <u>sfrnet.org</u>)
- Echange d'informations écrites entre demandeur et celui qui réalise l'acte



- partage des responsabilité des 2 parties en cas de survenue d'un évènement indésirable (Décret 24/03/2003).
- Le radiologue décide en dernier lieu de la justification de l'acte et de sa réalisation.
- ► Excellente coopération entre clinicien et radiologue
   → dialogue et partenariat +++

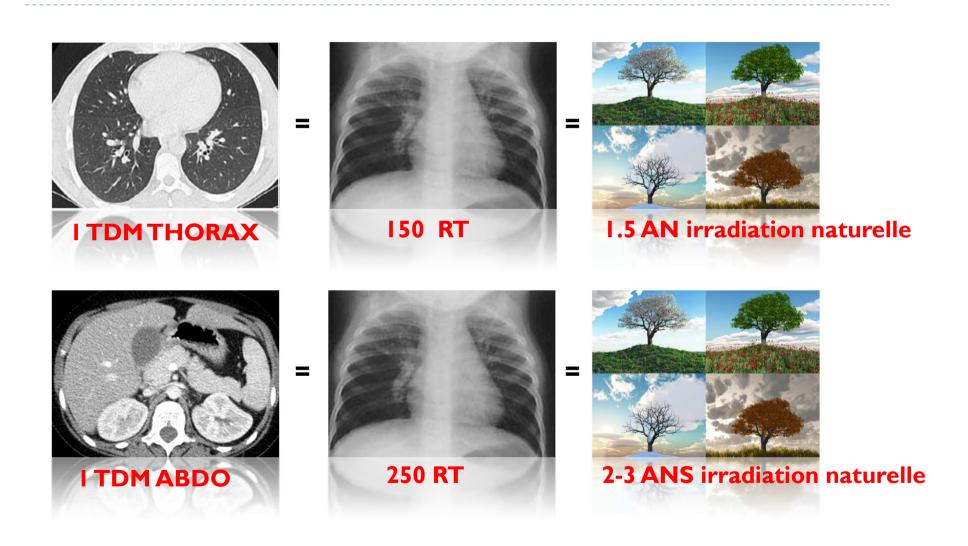




### Règles pour le radiologue

- Formation du radiologue et maintenance des appareils (art 1333-11 CSP)
  - Formation initiale et continue <u>obligatoire</u> en radioprotection renouvelable tous les 10 ans
  - Contrôles « qualité » sur les équipements obligatoires
- Validité de l'indication
- Protocole d'examen « guide des procédures radiologiques » édité par la SFIPP, SFR
- Connaissance des niveaux de référence diagnostic NRD (décret 15/02/2004)
- Expression obligatoire de la dose délivrée dans le CR
  - TDM,
  - Rx du tronc (thorax, abdomen, pelvis, ceinture) et de la région cervico-encéphalique, ne concerne pas le squelette périphérique.

### Equivalence de doses pour des protocoles optimisés



## Conclusion

