

---

## **Calcul de dose**

- **Radiographie et radioscopie**
- **Tomodensitométrie**



## RADIOGRAPHIE ET RADIOSCOPIE

### Calcul de la dose absorbée à la peau du patient (dose à la surface d'entrée (DE) ou dose à la peau (DAP))

2 méthodes :

- À partir du PDS
- À partir des paramètres techniques

#### Calcul à partir du PDS

2 paramètres nécessaires :

- La dose dans l'air :  $DE(AIR) = \frac{PDS}{Se}$
- Le rayonnement rétrodiffusé (FRD = 1.4)

**Formules :**

$$DE = D_{air} \times FRD$$

- $D_{air}$  = Dose dans l'air
- FRD = Facteur de rétrodiffusion
  - Le FRD dépend du kV. Il est compris entre 1,2 et 1,5. Nous utiliserons 1,4 pour tous les calculs.

Donc.

$$DE = \left( \frac{PDS}{Se} \right) \times FRD$$

- La surface d'entrée  $Se$  est mesurée à l'aide d'un ruban métrique sur la peau du patient. C'est la surface à la peau du patient, la surface d'entrée exposée.
- FRD = 1,4

## Calcul à partir des paramètres techniques

- La dose à l'entrée du patient dépend des paramètres suivants:
  - La tension appliquée U (en kV)
  - La charge Q (en mAs)
  - La distance foyer-peau (en mètres)
  - Le facteur de rétrodiffusion (FRD = 1,4)
  - Un coefficient  $K_0$  (mGy/mAs à 1 m). Doit être mesuré pour chaque appareil. Correspond au débit de dose dans l'air mesuré à 1 mètre du foyer.

- $DE = K_0 \times FRD \times \left(\frac{U}{100}\right)^2 \times Q \times \left(\frac{1}{DFP}\right)^2$

- Pour simplifier le calcul, on remplace  $K_0 \times FRD$  par une constante: 0,15 mGy/mAs, donc:

$$DE = 0,15 \times \left(\frac{U}{100}\right)^2 \times Q \times \left(\frac{1}{DFP}\right)^2$$

$$DE = 0,15 \times \left(\frac{kV}{100}\right)^2 \times mAs \times \left(\frac{1}{DFP}\right)^2$$

## TOMODENSITOMÉTRIE (TDM) (OU SCAN OU CT SCAN OU TACO)

Avant de procéder au calcul de dose en tomodensitométrie, il faut connaître certaines particularités de la TDM.

Les doses reçues par les patients peuvent être relativement élevées en TDM; par exemple, une TDM du poumon requiert une dose équivalant à environ 400 radiographies du poumon en PA.

En TDM, le tube fait une rotation de 360° et le volume de tissu est irradié dans tous les sens. Une partie importante de la dose reçue par le patient est due à l'interaction Compton produite à l'intérieur du corps proprement dit. Et les tissus adjacents au faisceau primaire reçoivent aussi une dose élevée à cause de l'effet de pénombre : les vibrations mécaniques provoquent une mauvaise collimation au point focal et engendrent ce rayonnement inutile.

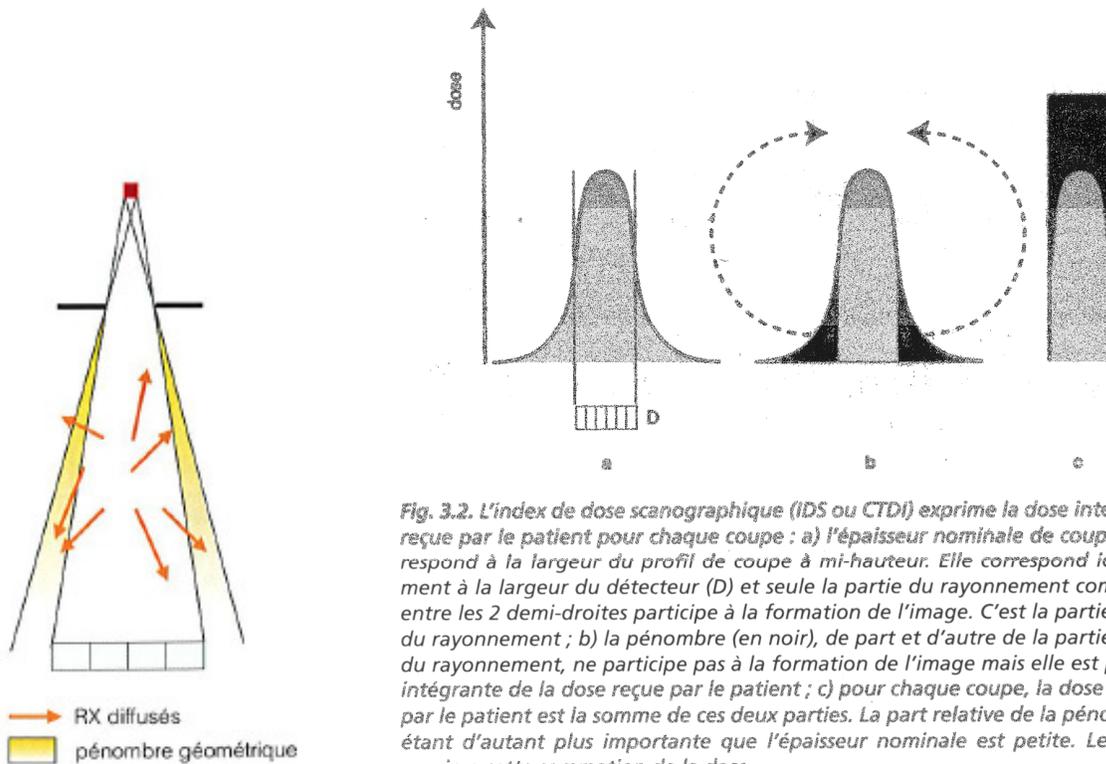


Fig. 3.2. L'index de dose scanographique (IDS ou CTDI) exprime la dose intégrale reçue par le patient pour chaque coupe : a) l'épaisseur nominale de coupe correspond à la largeur du profil de coupe à mi-hauteur. Elle correspond idéalement à la largeur du détecteur (D) et seule la partie du rayonnement comprise entre les 2 demi-droites participe à la formation de l'image. C'est la partie utile du rayonnement ; b) la pénombre (en noir), de part et d'autre de la partie utile du rayonnement, ne participe pas à la formation de l'image mais elle est partie intégrante de la dose reçue par le patient ; c) pour chaque coupe, la dose reçue par le patient est la somme de ces deux parties. La part relative de la pénombre étant d'autant plus importante que l'épaisseur nominale est petite. Le CTDI exprime cette sommation de la dose.

Source : DILLENSEGER J.-P. et al. *Guide des technologies de l'imagerie médicale et de la radiothérapie*, Elsevier Masson, 2016, p. 177.

Source : CORDOLIANI Y.-S. et H. FOEHRENBACH, *Radioprotection en milieu médical. Principes et mise en pratique*, Elsevier Masson, 2008, p.35.

## CTDI :

Le CTDI (Computed Tomography Dose Index) ou IDS (index de dose scanographique) est l'indice de dose reçue par le patient pour une coupe, donc la somme de la radiation primaire et diffusée reçue. On utilise couramment en français le sigle anglais CTDI.

Le CTDI s'exprime en milligrays (mGy) ou en joules/kilogramme.

## CTDI<sub>w</sub> :

Le CTDI<sub>w</sub> est le CTDI pondéré qui tient compte du rayonnement reçu au centre du patient et aussi en périphérie. Le CTDI<sub>w</sub> est la dose transmise au patient lors d'une rotation du tube, en tenant compte des axes  $x$  et  $y$ . Il se calcule de la façon suivante :

$$\text{CTDI}_w = 1/3 \text{CTDI}_c + 2/3 \text{CTDI}_p$$

Où CTDI<sub>c</sub> représente la dose mesurée au centre et CTDI<sub>p</sub> représente la dose mesurée en périphérie.

## CTDI<sub>vol</sub> :

Les appareils indiquent le plus souvent le CTDI volumique (CTDI<sub>vol</sub>). « Il s'agit d'une valeur estimée qui exprime la dose transmise au patient pour chaque rotation du tube selon le volume irradié. La valeur du CTDI<sub>vol</sub> tient compte du chevauchement ou de l'espacement des coupes effectuées selon le pitch d'acquisition.

Cette valeur de dose en mGy est basée sur des mesures préalablement effectuées par le fabricant sur des fantômes de polyméthylmétacrylate (PMMA) de 16 et 32 cm de diamètre. Chez l'adulte, le fantôme de 16 cm est utilisé afin de déterminer des valeurs de doses relatives à la tête (Head 16 ou S ou Small) et celui de 32 cm pour les valeurs relatives au corps (Body 32 ou L ou Large). » (OTIMROEPMQ, Avis de radioprotection. Tomodensitométrie, 2020)

Le CTDI<sub>vol</sub> correspond au CTDI<sub>w</sub> divisé par le pas ou pitch d'acquisition.

$$\text{CTDI}_{vol} = \frac{\text{CTDI}_w}{P_A}$$

Le pas ( $P_A$ ) =  $\frac{\text{vitesse de déplacement table (VDT)} \times \text{temps de rotation du tube (TRT)}}{\text{largeur du faisceau (LF)}}$ .

$$P_A = \frac{\text{VDT} \times \text{TRT}}{\text{LF}}$$

- Le CTDI<sub>vol</sub> ne donne pas la dose totale reçue par le patient puisqu'il donne la dose d'une seule coupe.

## PDL :

Pour connaître la dose totale, il faut connaître l'ensemble du volume irradié; il faut donc multiplier le  $CTDI_{vol}$  par la longueur explorée lors de l'examen.

- On parle donc de PDL (produit dose longueur).

$$\text{Le PDL} = CTDI_{vol} \times \text{longueur (L)} \\ \text{mGy} \times \text{cm}$$

Le PDL s'exprime en milligray.centimètre (mGy.cm) et est un indicateur de la dose délivrée au cours d'un examen complet.

## Dose efficace :

- Par la suite, si on veut estimer la dose efficace (E) d'un protocole complet en tenant compte de la radiosensibilité des organes inclus dans la région exposée et de l'âge du patient, on doit multiplier le PDL par un facteur de conversion (K ou  $E_{PDL}$ ) associé à une région anatomique donnée et par une valeur relative à l'âge (VRA) en pédiatrie. Le VRA varie de 1 pour les adultes à 9,5 pour un nouveau-né. La dose efficace (E) s'exprime en sieverts (Sv) ou millisieverts (mSv).

$$E = PDL \times E_{PDL} \times VRA$$

RÉGION ANATOMIQUE	COEFFICIENTS $E_{PDL}$ ADULTES	
	HOMME	FEMME
Tête	0,0022	0,0022
Cou	0,0022	0,0022
Thorax	0,0177	0,0177
Abdomen	0,0181	0,0185
Pelvis	0,0128	0,0200
Abdomen et pelvis	0,0147	0,0195
Thorax-Abdomen-Pelvis	0,0159	0,0188

ASSOCIATION DES PHYSICIENS ET INGÉNIEURS BIOMÉDICAUX DU QUÉBEC, *Étude des doses en tomodynamométrie : rapport d'étude, première partie, analyse des examens courants, 2008*

## CALCUL DE DOSE EN TOMODENSITOMÉTRIE (TDM)

**La formule :**

$$\begin{array}{l} \text{PDL} \qquad \qquad = \qquad \text{CTDI}_{\text{vol}} \qquad \times \qquad \text{L} \\ \text{Produit dose longueur} = \text{CTDI volumique} \times \text{longueur d'exploration} \\ \text{(mGy.cm)} \qquad \qquad \qquad \text{(mGy)} \qquad \qquad \qquad \text{(cm)} \end{array}$$

► **Comment trouver le CTDI volumique?**

$$\text{CTDI}_{\text{vol}} = \frac{\text{CTDI}_w}{\text{Pas (P}_A \text{ ou pitch d'acquisition)}}$$

► **Comment trouver le pas?**

$$P_A = \frac{\text{vitesse de déplacement table (VDT)} \times \text{temps de rotation tube (TRT)}}{\text{largeur du faisceau (LF)}}$$

► **Comment trouver la largeur du faisceau?**

$$\text{LF} = \text{nombre de détecteurs utilisés} \times \text{largeur d'un détecteur}$$

ou

$$\text{LF} = \frac{\text{vitesse de déplacement table (VDT)} \times \text{temps de rotation tube (TRT)}}{\text{Pas (P}_A \text{ ou pitch d'acquisition)}}$$

► **Comment trouver la longueur de l'exploration?**

$$\text{L} = \text{temps d'acquisition (TA)} \times \text{vitesse de déplacement table (VDT)}$$

ou

Longueur d'exploration avec « S » et « I » (supérieur ou inférieur au point de centrage).

$$\text{Ex. : } S = 1,000$$

$$I = 209,000$$

$$L = 1,000 + 209,000 = 210 \text{ mm ou } 21 \text{ cm}$$

## CALCUL DE DOSE À LA PEAU EN TOMODENSITOMÉTRIE (TDM)

On vous demande d'effectuer le calcul de dose à la peau d'un patient adulte qui vient de subir une tomodensitométrie poumons/abdomen/pelvien.

- A) Quelle sera la dose totale en mGy transmise à la peau du patient adulte selon le volume exploré pour cet examen selon les informations générales et les protocoles techniques suivants?
- B) Quelle évaluation du risque radiobiologique pouvez-vous faire (mesure de la dose efficace)?
- C) Quelle serait la dose efficace pour un enfant de 10 ans?

## INFORMATIONS GÉNÉRALES

- Salle n° 14
- Appareil de tomodensitométrie GE Lightspeed 16
- Générateur triphasé à haute fréquence
- CDA à 120 kVp = 5,0 mm Al
- EXAMEN DEMANDÉ : tomodensitométrie thorax/abdomen/pelvien

### *Protocoles techniques utilisés*

PROTOCOLES	POUMON	ABDOMEN	PELVIEN
Temps d'acquisition (TA)	11 s	14 s	14 s
mA	180	240	240
kVp	120	120	120
mAs	1980	3360	3360
Temps de rotation du tube (TRT)	0,7 s	0,8 s	0,8 s
<i>Pitch</i> d'acquisition (P <sub>A</sub> )	1,75	0,562	0,562
Vitesse de déplacement de la table (VDT)	17,5 mm/s	11,25 mm/s	11,25 mm/s
Largeur du faisceau (LF)	7 mm	16 mm	16 mm
CTDI <sub>w</sub>	14,75 mGy	19,67 mGy	19,67 mGy
CTDI <sub>vol</sub>	mGy	mGy	mGy
Produit de dose longueur (PDL)	mGy.cm	mGy.cm	mGy.cm

**A. 1) Poumon**

$$\begin{aligned} \text{PDL}_1 &= \text{CTDI}_{\text{vol}} \times \text{longueur d'exploration (L)} \\ &= \left( \frac{\text{CTDI}_w}{P_A} \right) \times (\text{TA} \times \text{VDT}) \\ &= \left( \frac{14,75 \text{ mGy}}{1,75} \right) \times (11 \text{ s} \times 17,5 \text{ mm/s}) \\ &= 8,429 \text{ mGy} \times 192,5 \text{ mm} \\ &= 8,429 \text{ mGy} \times 19,25 \text{ cm} \\ &= 162,258 \text{ mGy.cm} \text{ ou } 162,3 \text{ mGy.cm} \end{aligned}$$

**2) Abdomen**

$$\text{PDL}_2 =$$

**3) Pelvien**

$$\text{PDL}_3 =$$

---

Dose totale à la peau pour cet examen =

$$\text{PDL poumon} + \text{PDL abdomen} + \text{PDL pelvien} =$$

(1)                      (2)                      (3)

Dose totale =

## B. Évaluation du risque radiobiologique

$$\text{Dose efficace} = \frac{\text{PDL} \times E_{\text{PDL}} \text{ (ou K)} \times \text{VRA}}{E} \text{ (mSv)}$$

$$1) \text{ Poumon} = 162,3 \text{ mGy.cm} \times 0,0177 \times 1 =$$

$$2) \text{ Abdomen} = \text{_____} \times \text{_____} \times \text{___} =$$

$$3) \text{ Pelvien} = \text{_____} \times \text{_____} \times \text{___} =$$

$$\text{Dose efficace totale} = E_{(1)} + E_{(2)} + E_{(3)}$$

$$\text{Dose efficace totale} =$$

## C. Dose efficace pour un enfant de 10 ans considérant la VRA à 1,8

## Références

- ASSOCIATION DES PHYSICIENS ET INGÉNIEURS BIOMÉDICAUX DU QUÉBEC, *Étude des doses en tomodensitométrie : rapport d'étude, première partie, analyse des examens courants*, 2008
- CECR, *Les défis des technologues en tomodensitométrie*, consulté en ligne le 2 mars 2021: [https://www.santeestrie.qc.ca/clients/SanteEstrie/Professionnels/CECR/Presentations/Les\\_defis\\_des\\_tecnologues\\_en\\_tomodensitometrie\\_2017-10-05.pdf](https://www.santeestrie.qc.ca/clients/SanteEstrie/Professionnels/CECR/Presentations/Les_defis_des_tecnologues_en_tomodensitometrie_2017-10-05.pdf)
- CORDOLIANI Y.-S. et H. FOEHRENBACH, *Radioprotection en milieu médical. Principes et mise en pratique*, Elsevier Masson, 2008.
- DILLENSEGER J.-P. et al. *Guide des technologies de l'imagerie médicale et de la radiothérapie*, Elsevier Masson, 2016.
- OTIMROEPMQ, *Avis de radioprotection. Tomodensitométrie*, 2020. <https://www.otimroepmq.ca/wp-content/uploads/2019/10/Tomodensitometrie-2020.pdf>