

Tomodensitométrie : Aspect Technologique et Dosimétrie

E. de Kerviler, Service de Radiologie, Hôpital Saint-Louis

Objectifs

- ▶ **Grandeurs dosimétriques**
 - ▶ Introduction et rappels
- ▶ **Particularités du scanner**
 - ▶ Définition des indicateurs de dose
 - ▶ Passage à des indicateurs de dose efficace
- ▶ **Réduction de dose au scanner**



Rappels

- ▶ Les doses « physiques » (mesurables) exprimées en milligrays
 - ▶ Dose absorbée D (en un point donné)
 - ▶ Dose absorbée moyenne \bar{D} (organe par ex.)
 - Quantité d'énergie déposée localement

- ▶ Les doses « calculées » (non mesurables) exprimées en millisiverts
 - ▶ (Dose équivalente H)
 - ▶ Dose efficace E +++
 - Quantification des effets et évaluation des risques



Exemple : mGy ou mSv ?

Examen	Dose moyenne	Dose efficace
Dose en ...*	milligray (mGy)	millisievert (mSv)
Thorax	20	6

* Ordre de grandeur standard

→ 2 « doses » pour le même examen



Concept général : RX

D_{air} (mGy/mAs)
Mesurée

Contrôle de qualité

D peau
(mGy)

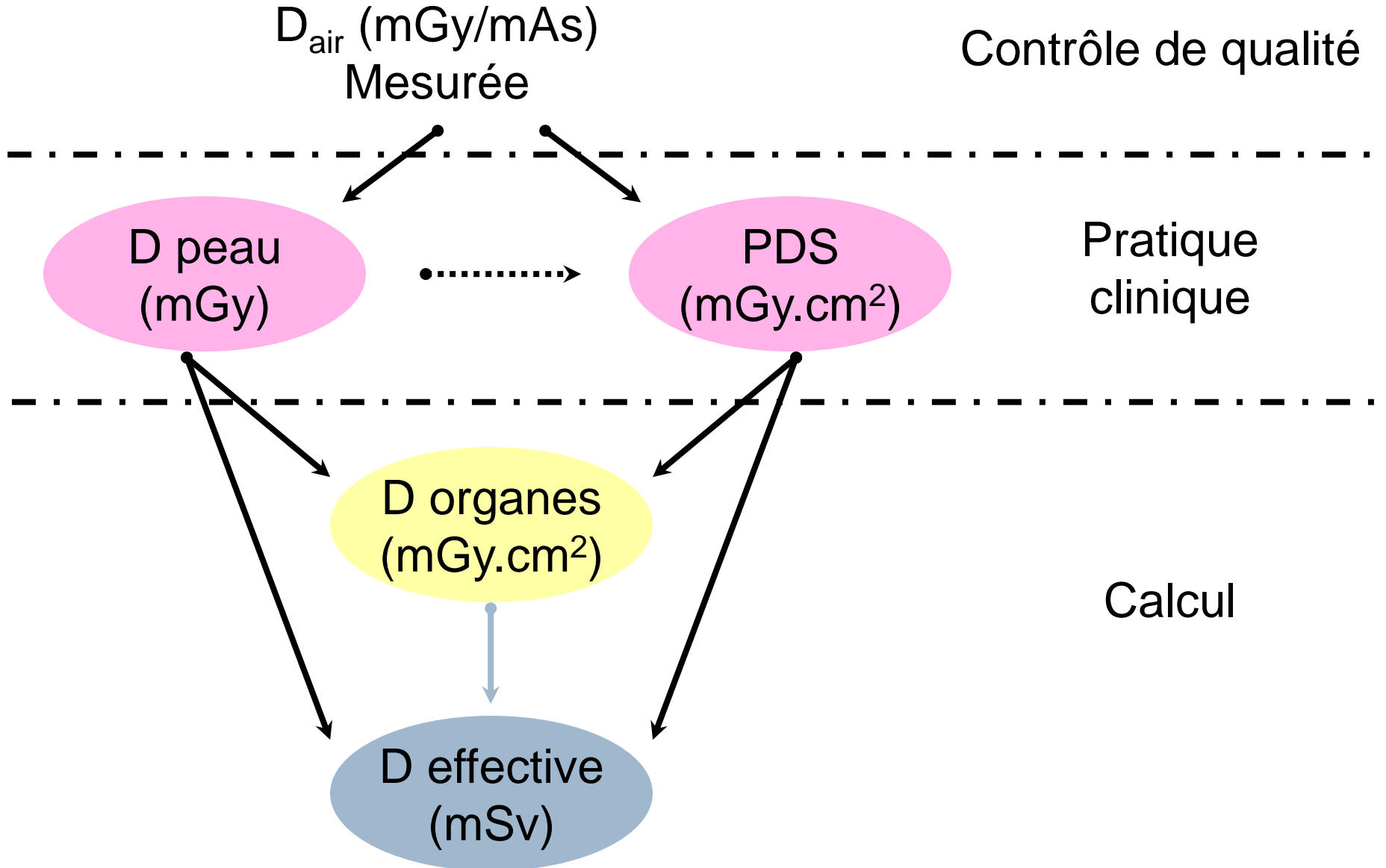
PDS
(mGy.cm²)

Pratique
clinique

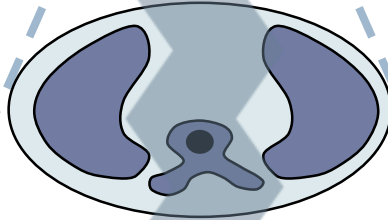
D organes
(mGy.cm²)

Calcul

D effective
(mSv)



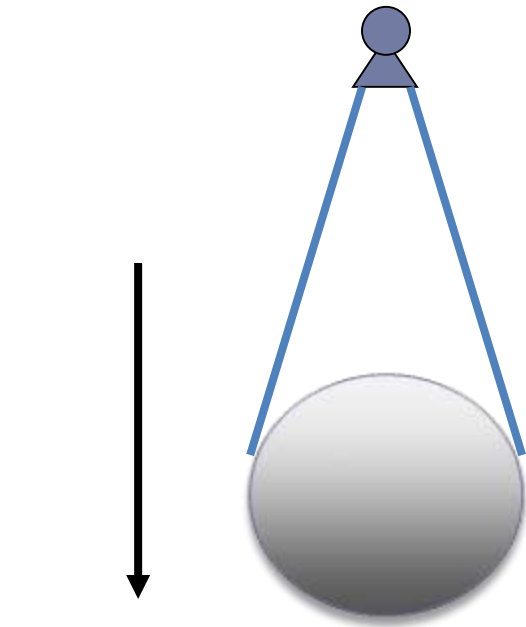
Tube



Détecteur

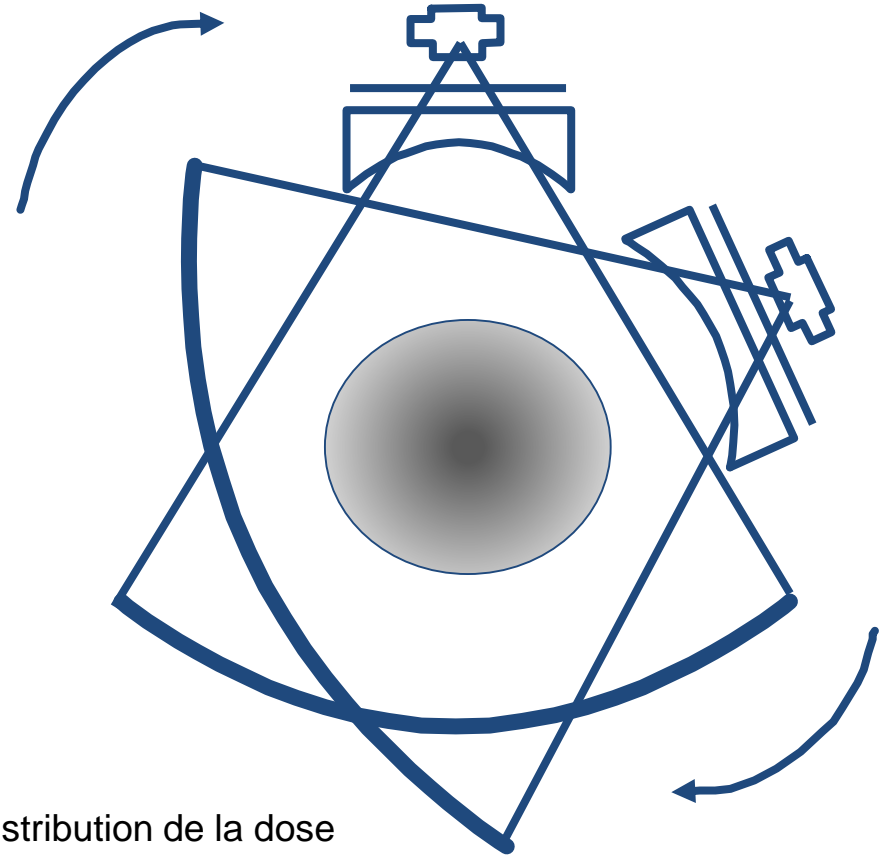


RX versus CT



Gradient de dose

RX



Distribution de la dose
avec symétrie circulaire

CT



Différents fantômes

φ 32cm phantom
Large Adult Body (85 kgs)

φ 28cm
Average Adult Body (70 kgs)

φ 16cm phantom
Average Adult Head

φ 10cm phantom
Infant Brain or Body <1year

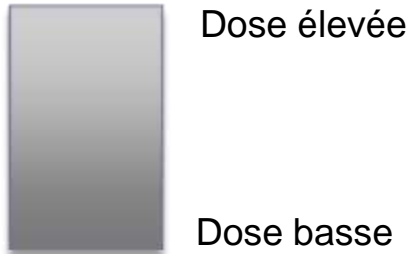


Répartition de la dose

Périphérie / Centre

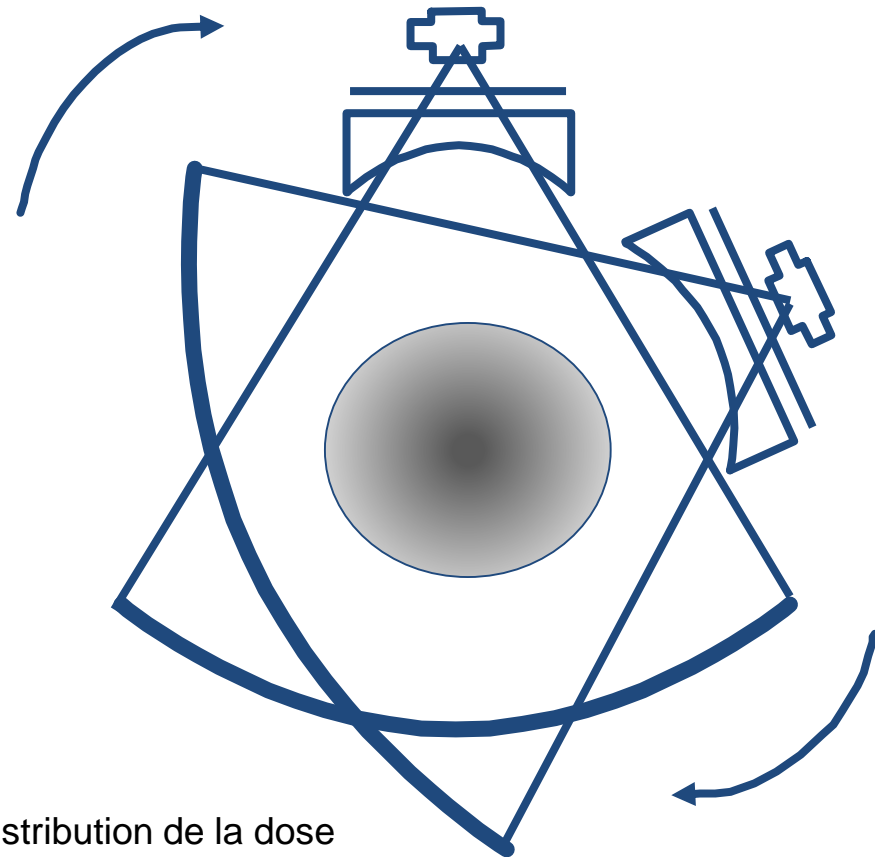
Fantôme tête : $\sim 1 / 1$

Fantôme corps : $2 / 1$



Gradient de dose

RX

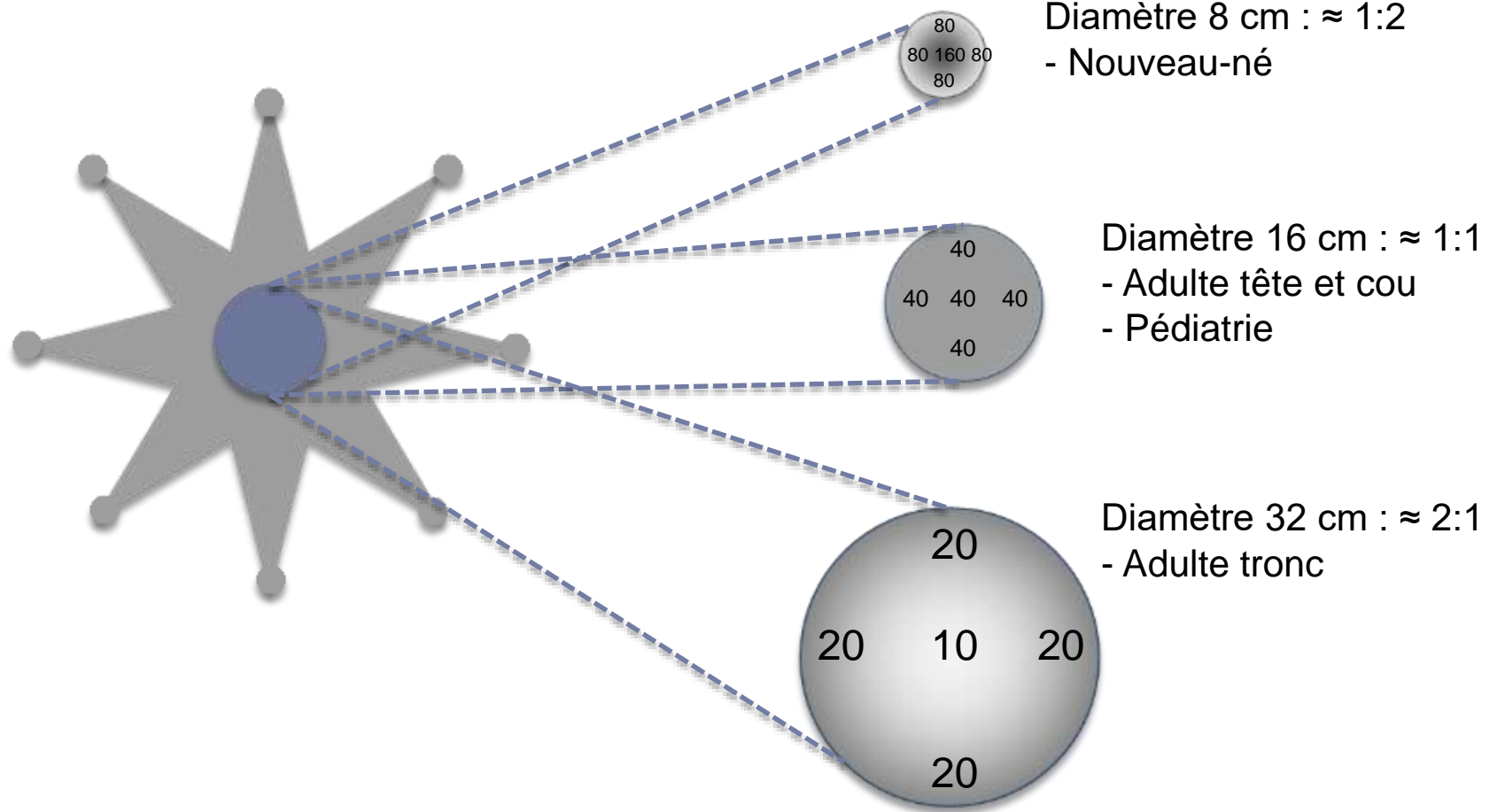


Distribution de la dose
avec symétrie circulaire

CT



Variation de dose dans la coupe



Grandeurs dosimétriques en scanner : CTDI et DLP

Grandeurs spécifiques en raison de l'exposition en scannographie (rotation 360° , longueur explorée, pitch)

- ▶ Computed Tomography Dose Index, **CTDI** (en mGy) = IDSV
 - ▶ Indicateur de la dose aux tissus
- ▶ Produit dose longueur, **PDL** (en mGy.cm)
 - ▶ Estimation du risque



Concept général : CT

$n\text{CTDI}_{\text{air}}$ (mGy/mAs)
mesurée

Contrôle de qualité

$\text{CTDI}_{\text{w ou vol}}$
(mGy)

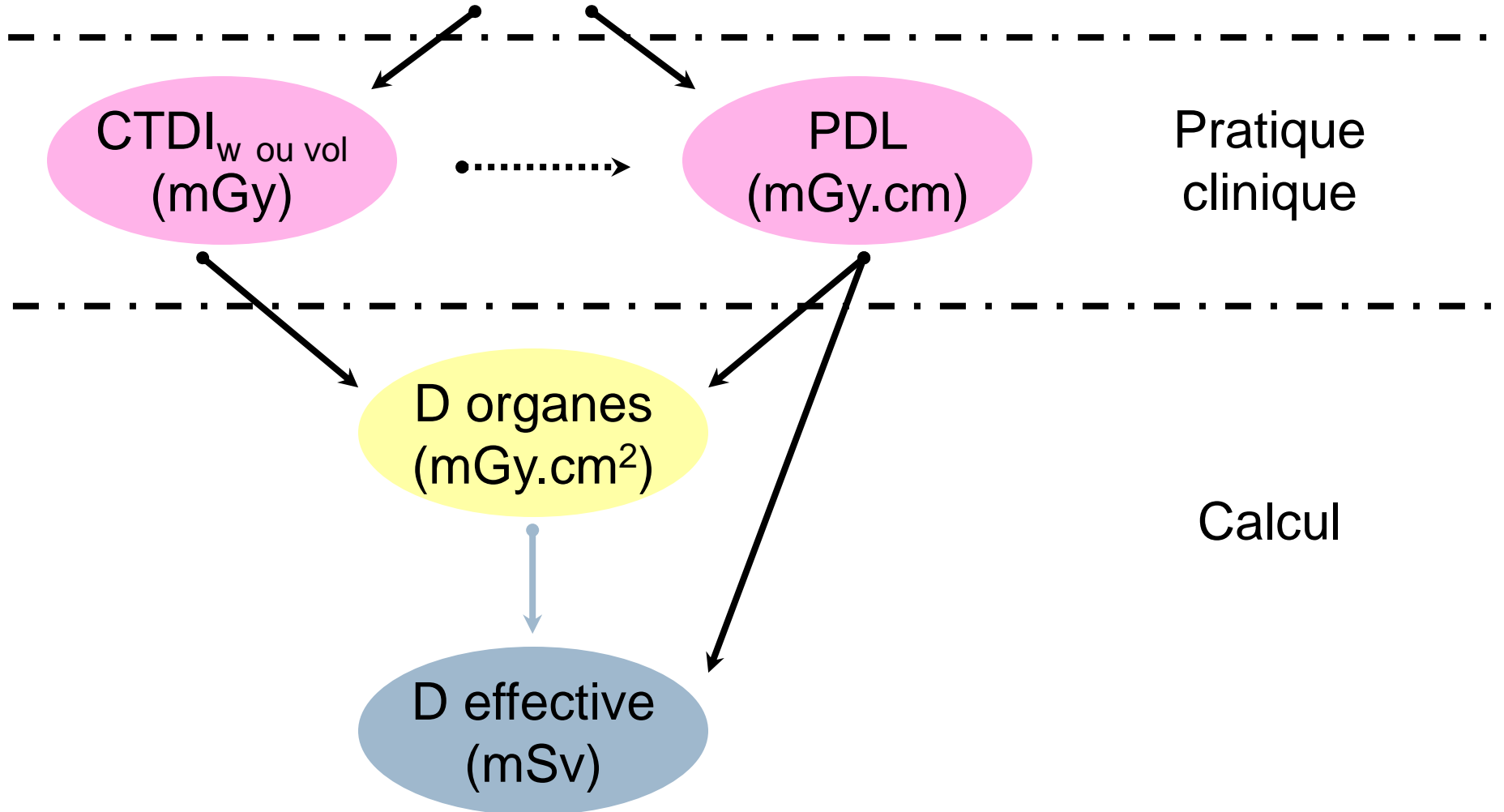
PDL
(mGy.cm)

Pratique
clinique

D organes
(mGy.cm²)

D effective
(mSv)

Calcul



Le CTDI ou IDSV

Indicateur de dose en scannographie : CTDI ou IDSV

- ▶ $CTDI_{air}$: à l'axe de rotation du scanner
- ▶ $CTDI_{H,B}$: dans un fantôme « tête » (H) ou « corps » (B), au centre ou en périphérie de ce fantôme
- ▶ $CTDI_w$: CTDI pondéré (dans une coupe)
- ▶ $CTDI_{vol}$: CTDI dans plusieurs coupes

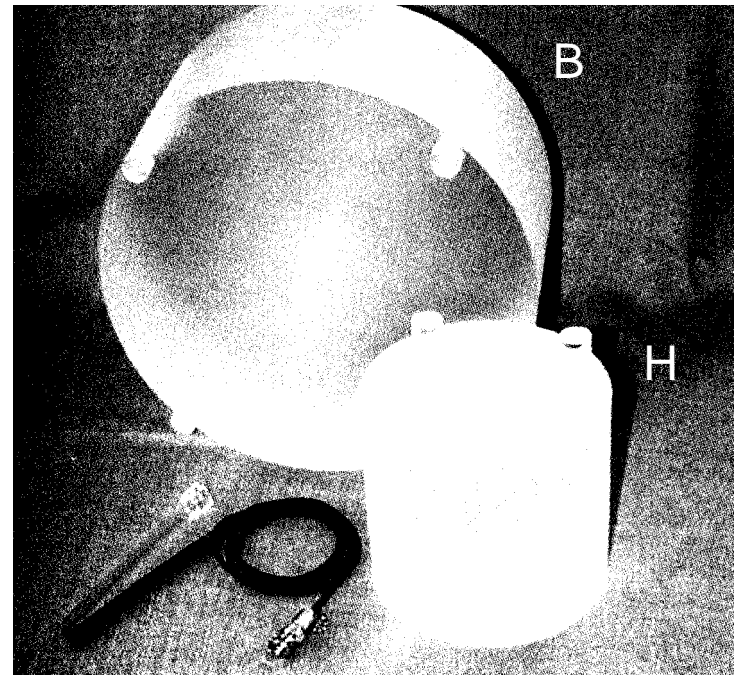


Comment est calculé le CTDI ?

- ▶ Un outil de mesure : La chambre d'ionisation
- ▶ Un fantôme



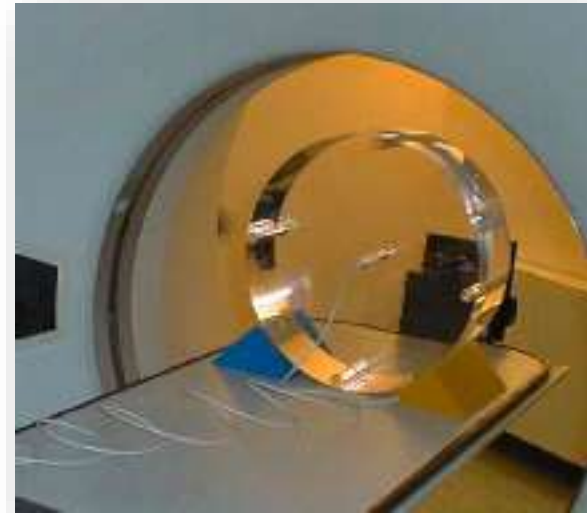
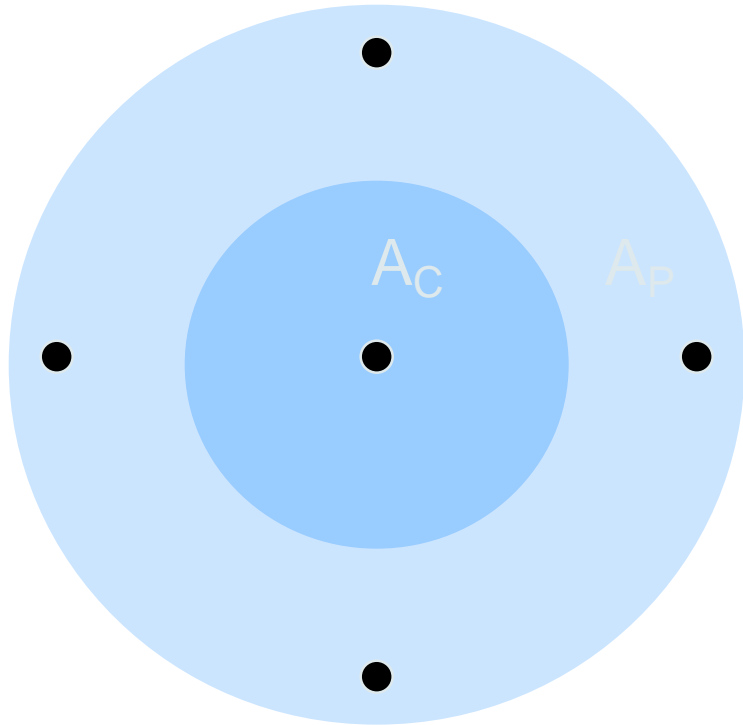
Chambre d'ionisation
« crayon » de 100 mm



Fantômes acryliques 32 et 16 cm



$$\text{CTDI pondéré} = \text{CTDI}_w$$



A = Area of phantom

$$A_C = 1/3 A$$

$$A_P = 2/3 A$$

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



Distribution de dose

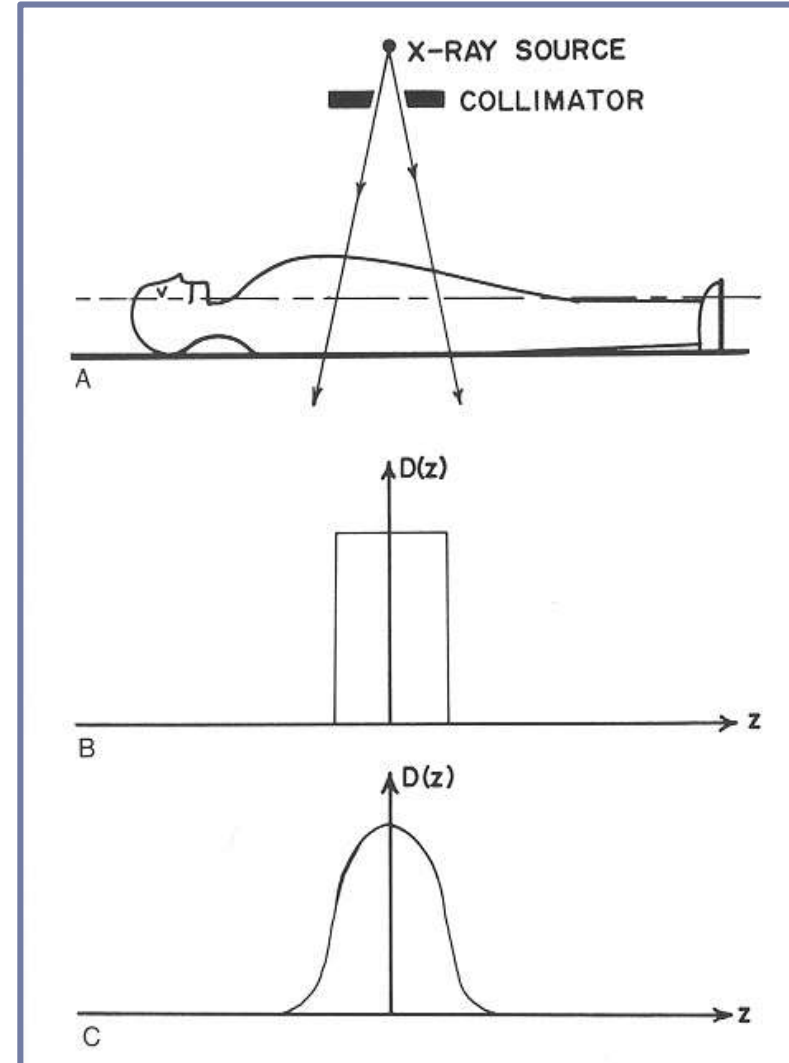
Axe Z

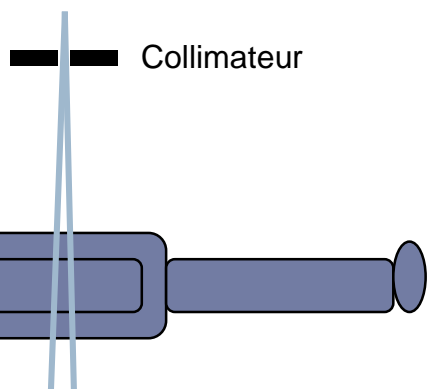
Profil de dose, coupe unique

Idéal



Réalité

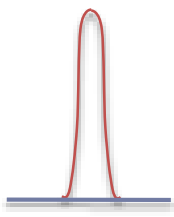




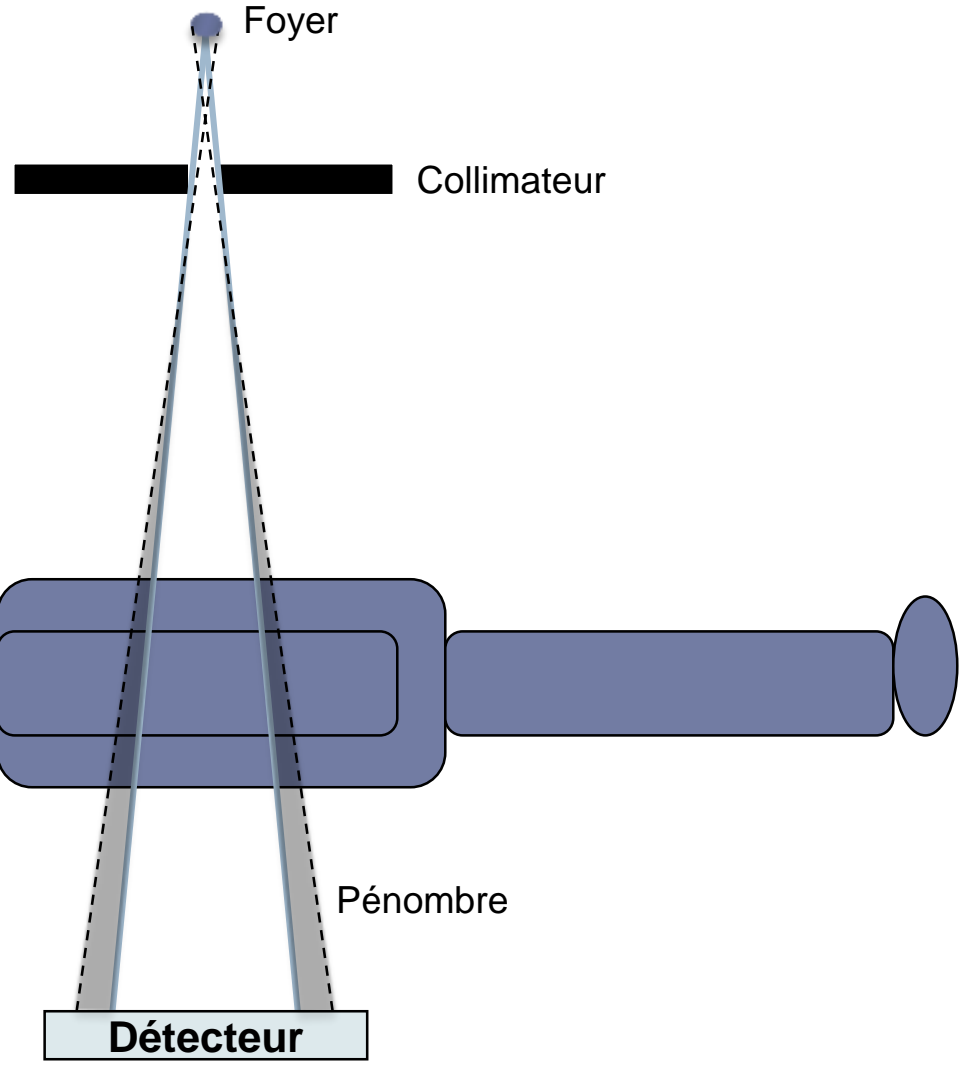
Collimateur



Profil de dose idéal théorique



Profil de dose réel



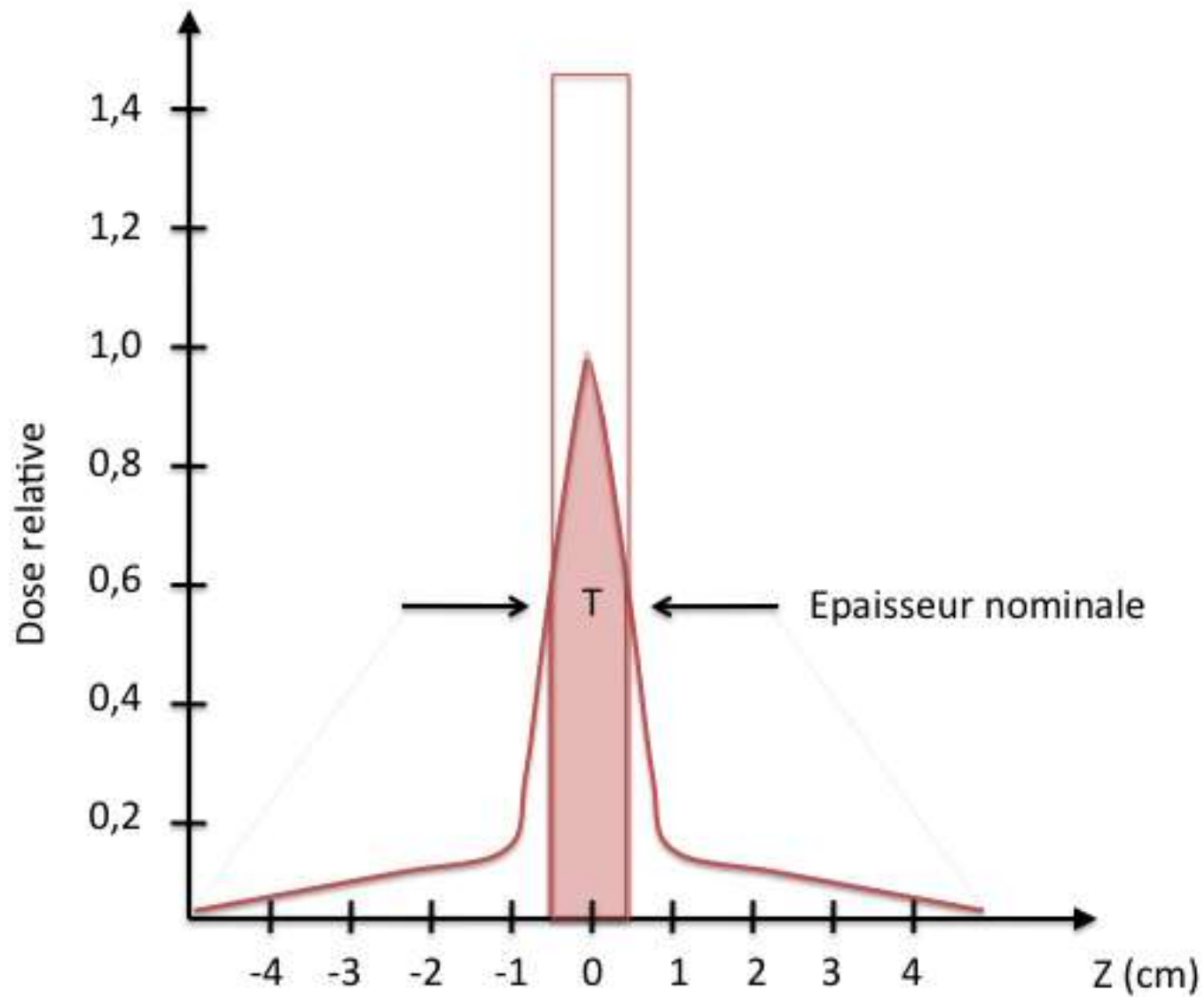
Foyer

Collimateur

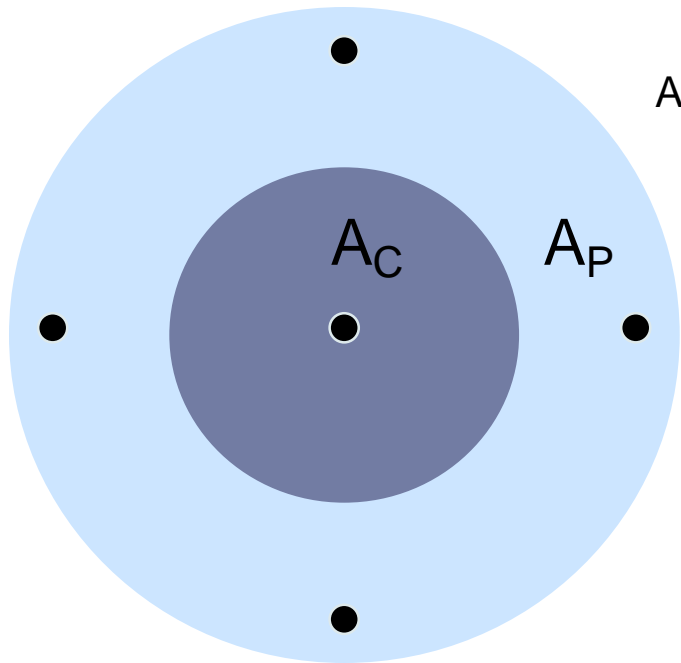
Pénombre

Décteur





Chambre d'ionisation



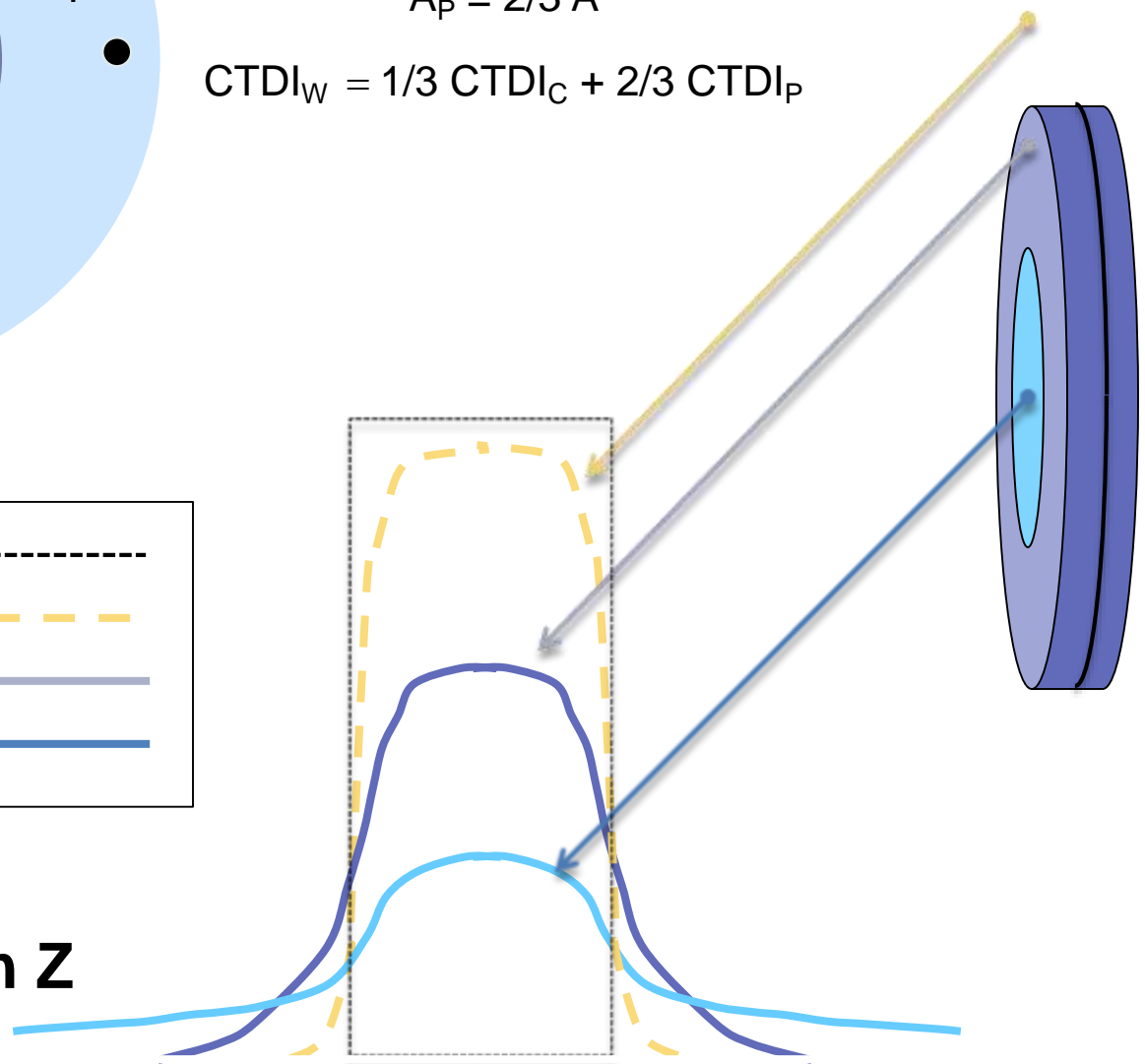
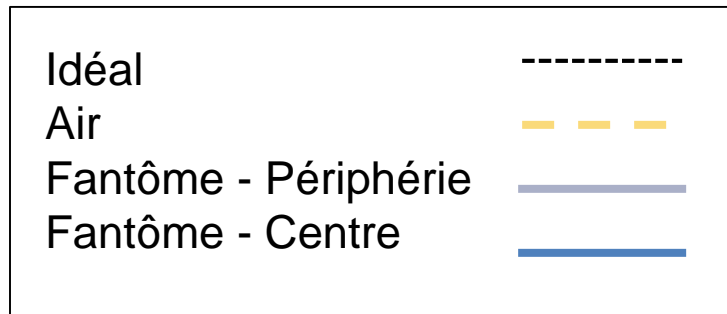
A = Aire du fantôme

$$A_C = 1/3 A$$

$$A_P = 2/3 A$$

$$CTDI_W = 1/3 CTDI_C + 2/3 CTDI_P$$

Chambre d'ionisation



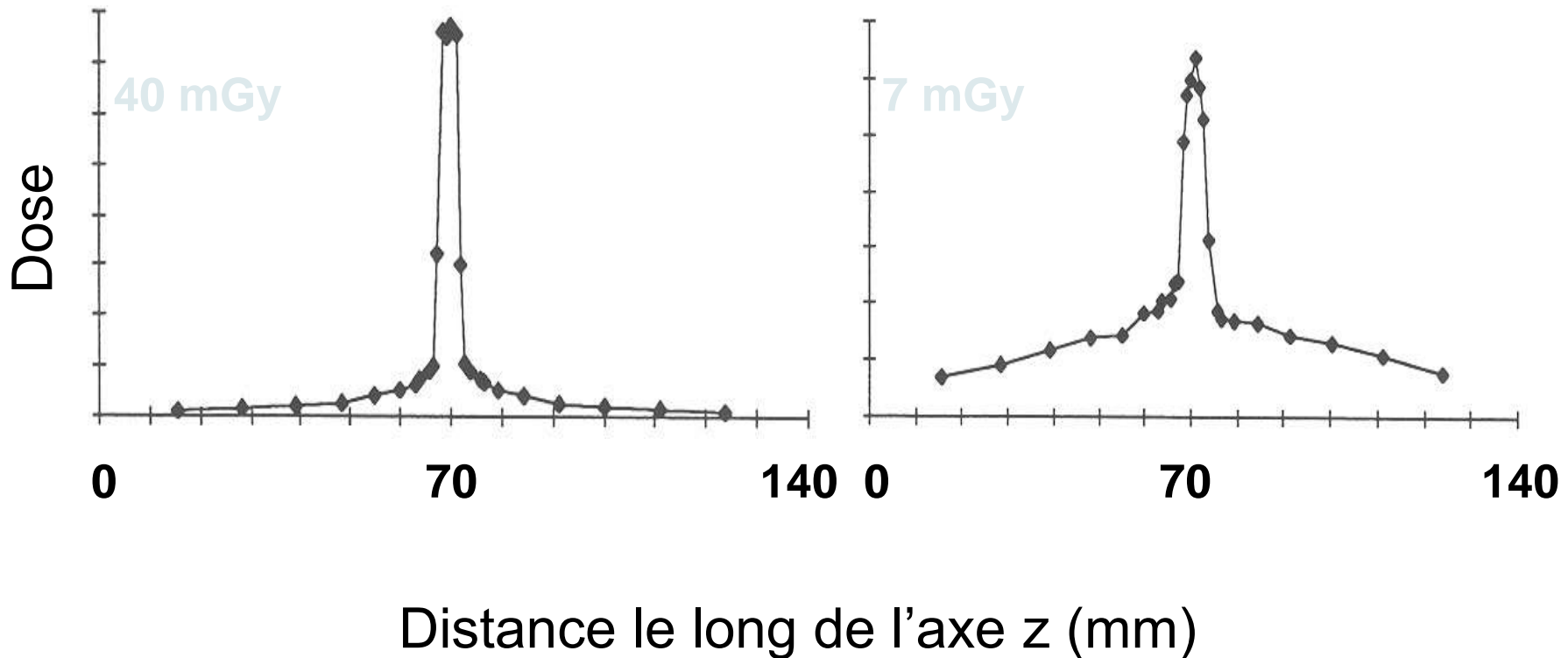
Profils de dose en Z

Profils de dose mesurés par DTL

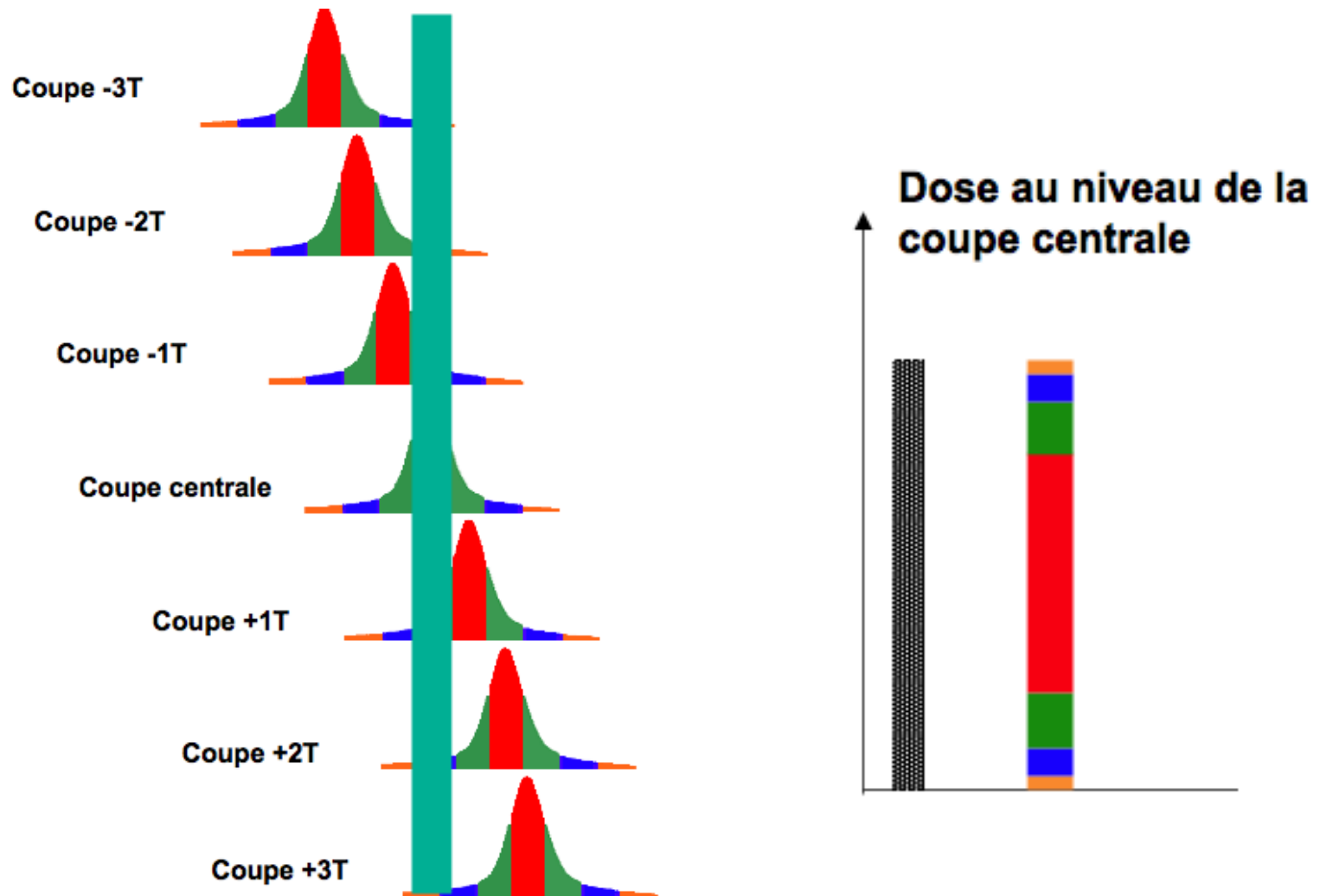
Body phantom 32 cm

5mm - Périphérie

5mm - Centre

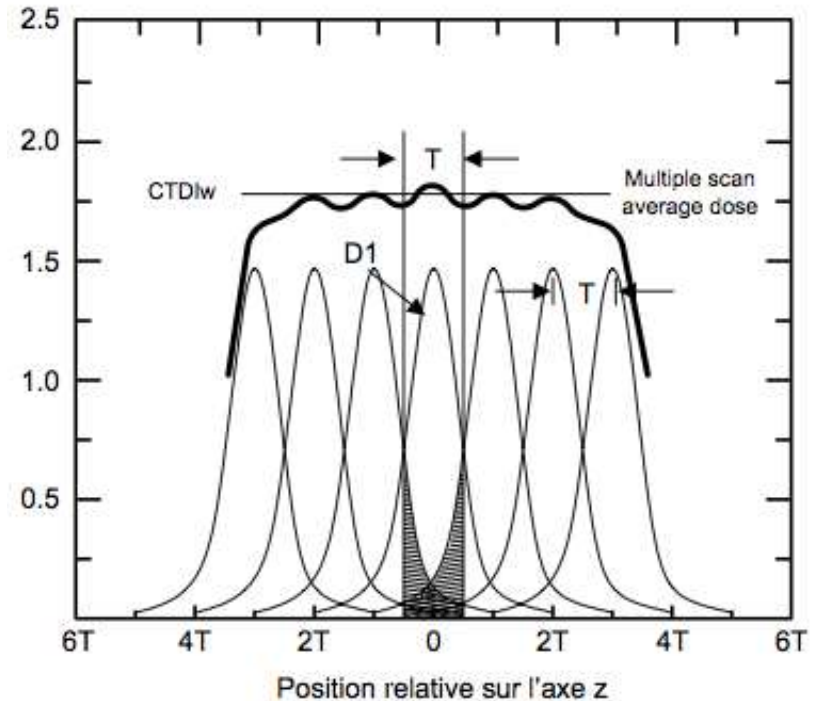


Profil de dose pour plusieurs coupes : $CTDI_{vol}$



CTDI et MSAD en coupes jointives

Notion de dose moyenne multi-coupe : **Multi-Scan Average Dose (MSAD)**

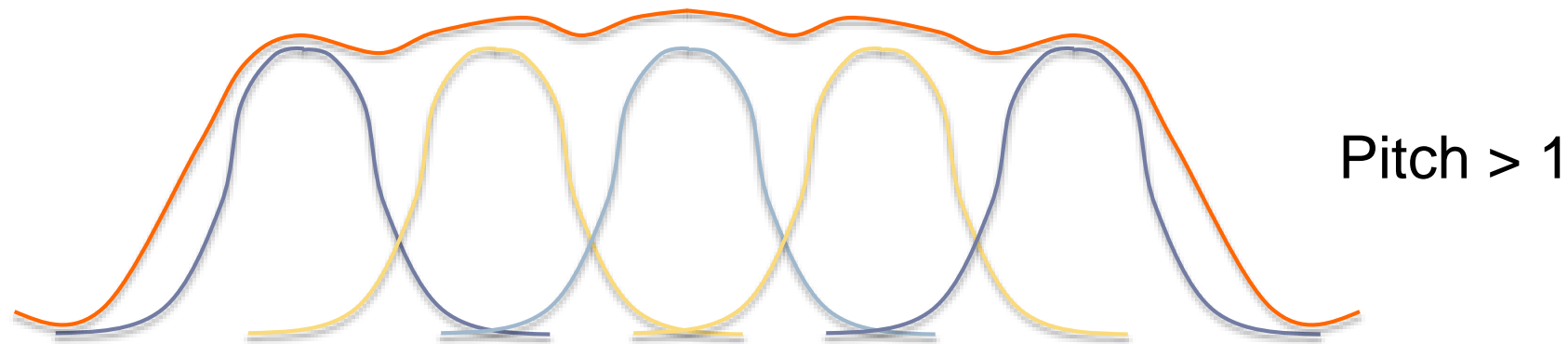
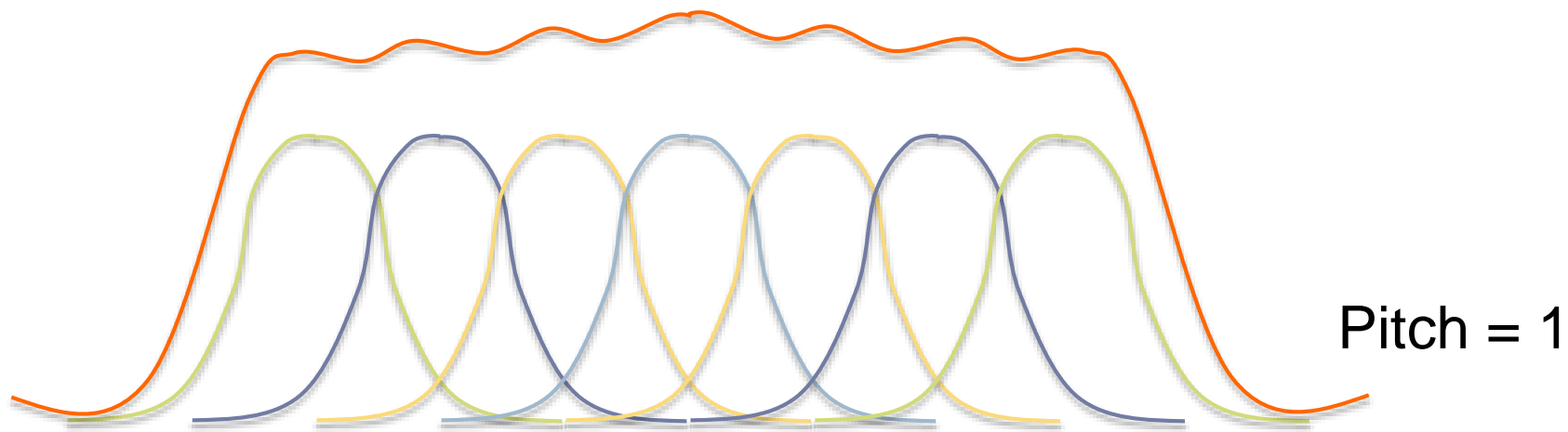
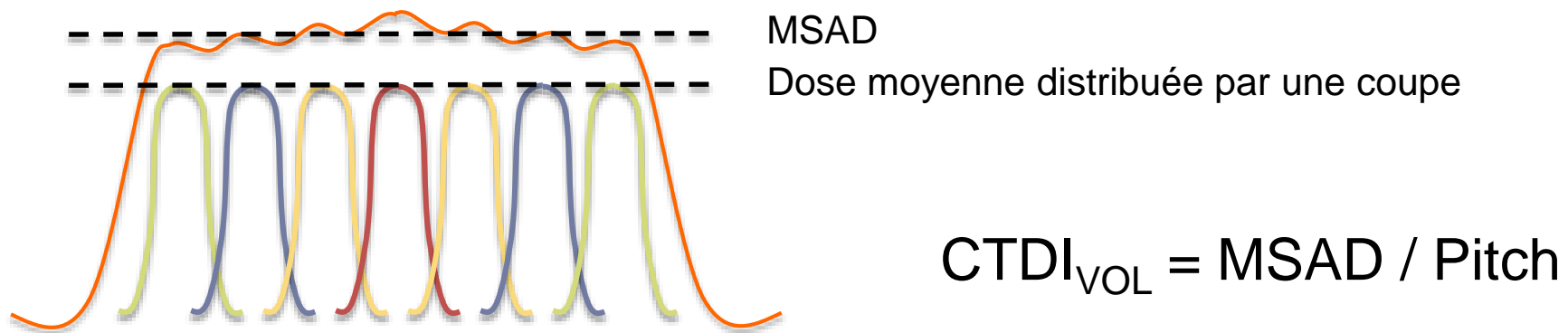


$$\text{MSAD} = \frac{1}{\text{inc}} \int D_z dz =$$

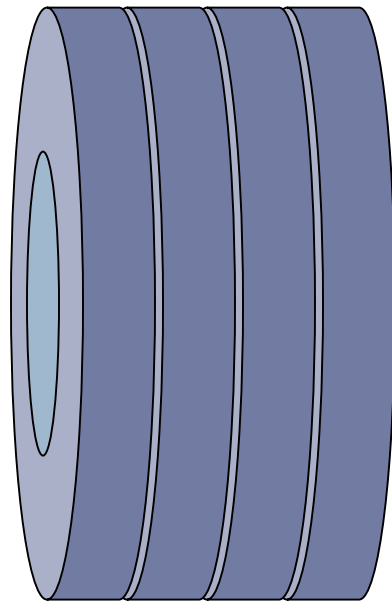
$$\text{Coupes jointives} = \frac{1}{T} \int_{-50}^{50} D_z dz \text{ (mGy)} = \text{CTDI}_w$$

$$\text{Hélice} = \text{CTDI}_{\text{vol}}$$





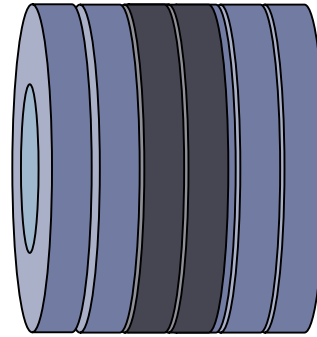
Mesure du $CTDI_{vol}$



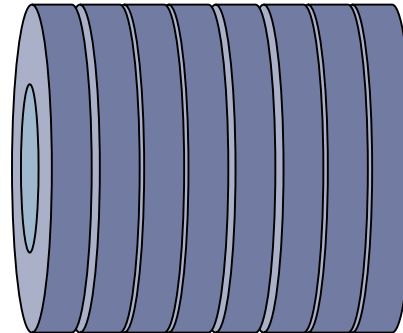
$CTDI_w$

$CTDI_{vol}$

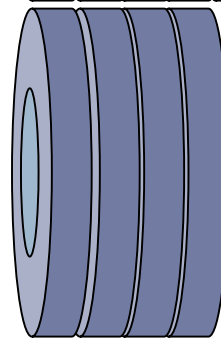
Exemple pour un scanner 4 coupes



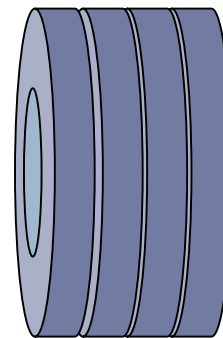
Pitch = 0,5



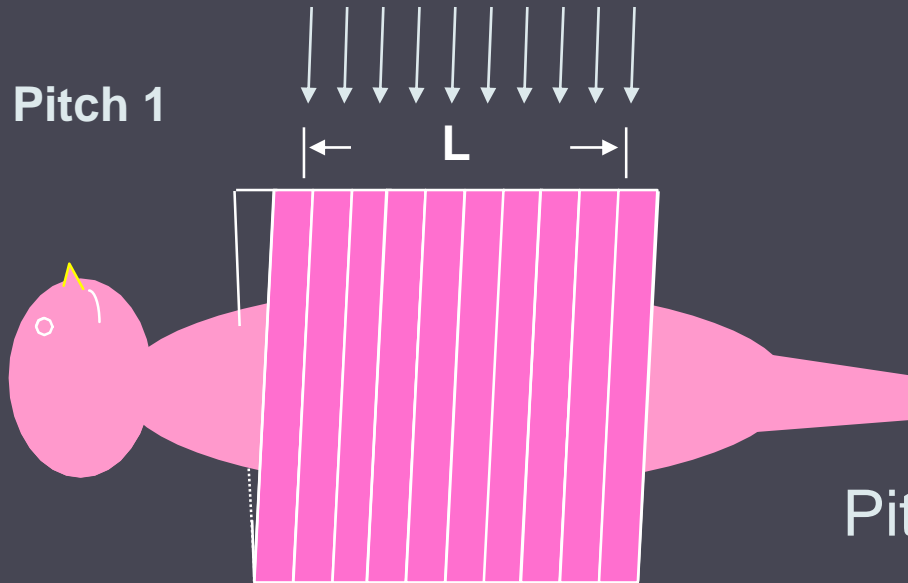
Pitch = 1



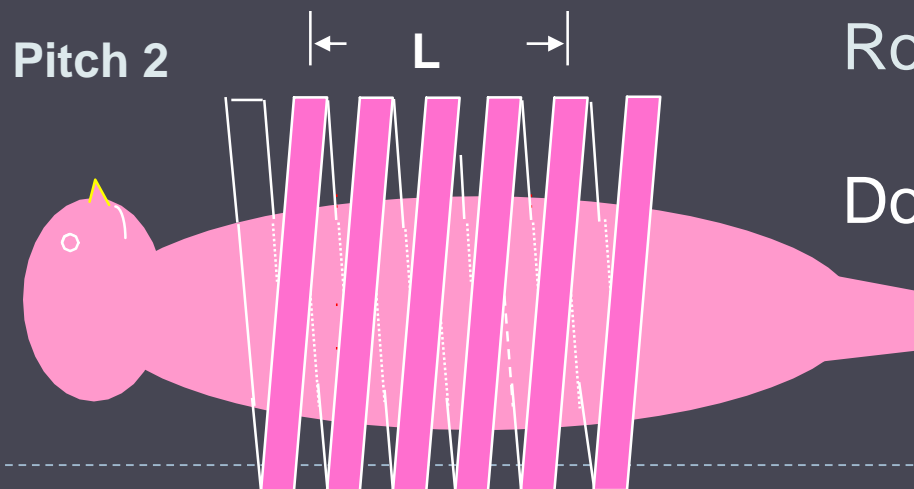
Pitch = 2



Hélicoïdal : Pitch 1 vs pitch 2



Pitch doublé, de 1 à 2



Rotations divisées par 2

Dose effective $\sim 1/2$

Valable uniquement si
mAs constants ! A tester
sur votre scanner ...

Limites du CTDI

▶ Avantages

- ▶ Requis par normes
- ▶ Mesures et calculs faciles, précis, fiables
- ▶ Affichés sur consoles
- ▶ Permet calcul DLP

▶ Inconvénients

- ▶ Fantômes 16 et 32 cm
- ▶ Valeurs de dose non spécifiques au patient
- ▶ Plusieurs modes d'expression (air, milieu)



Le Produit Dose-Longueur

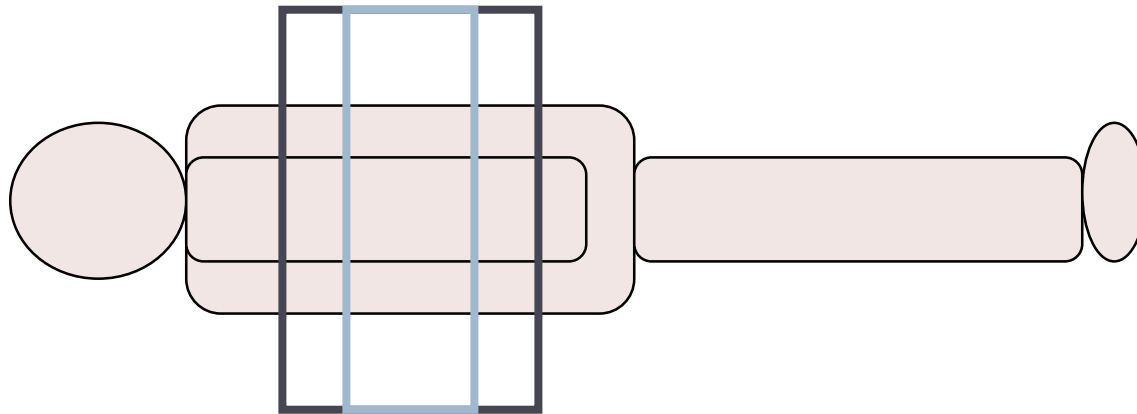
PDL ou DLP

Produit dose.longueur PDL

$$DLP = CTDI_{vol} \times \text{longueur explorée}$$

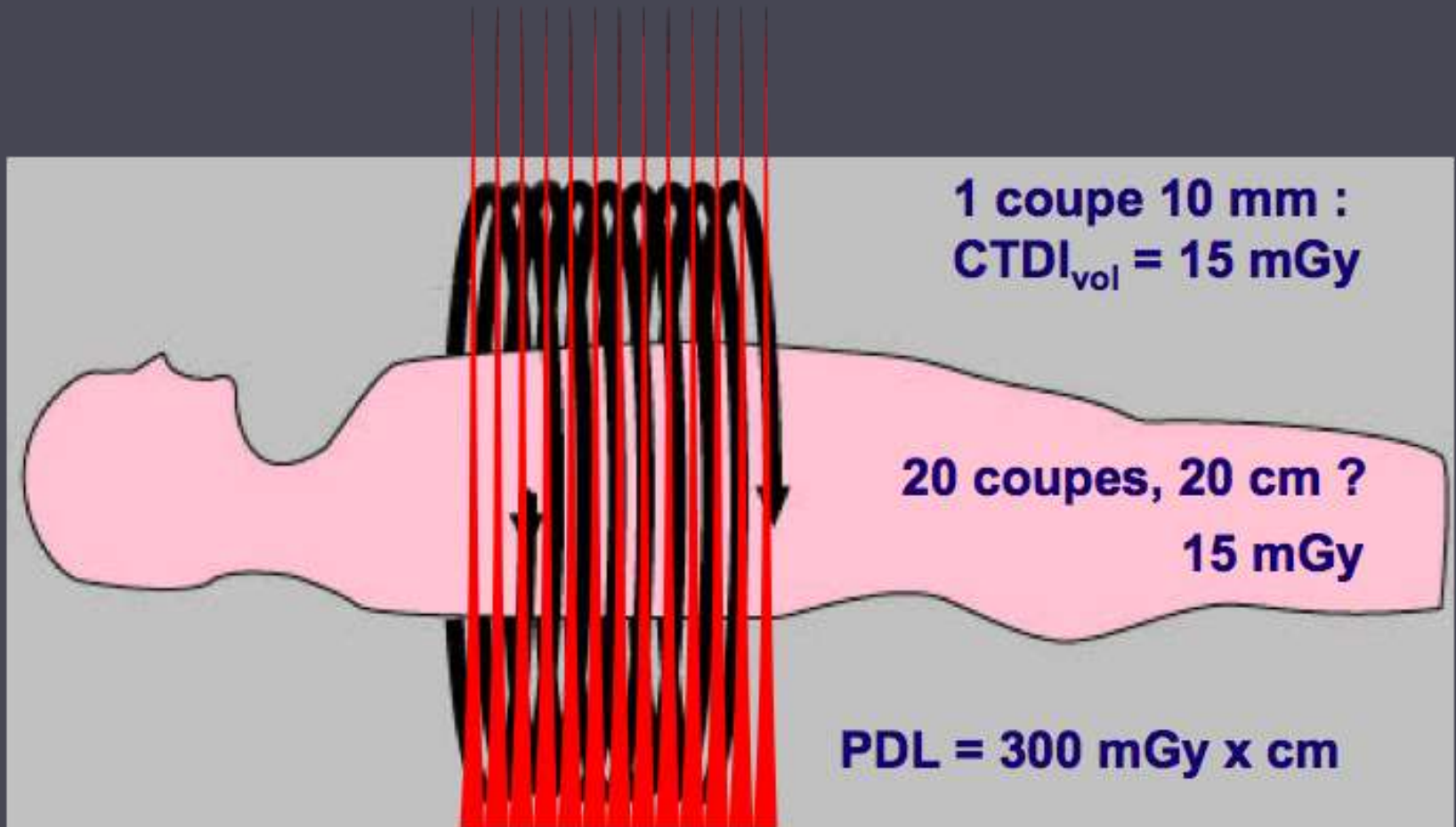
CTDI = CTDI

DLP < DLP



Produit dose.longueur PDL

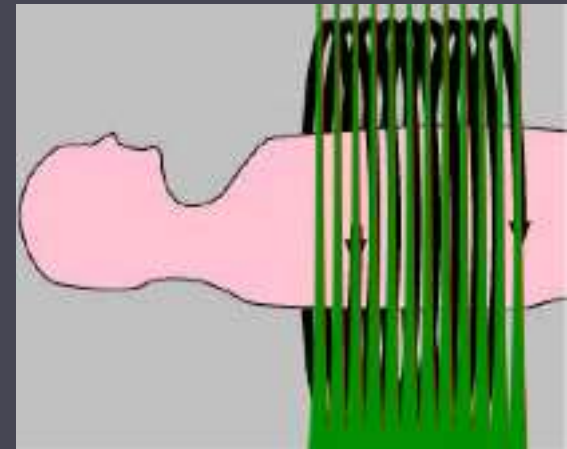
Nécessité d'une grandeur à usage clinique, en relation avec le risque



Exemple 1

Influence des mAs

120 kV
80 mAS
Epaisseur de coupe (rec) 5mm
Pitch = 1
Balayage 30 cm



$CTDI_{vol} = 8 \text{ mGy}$
 $PDL = 240 \text{ mGy.cm}$

200 mAS

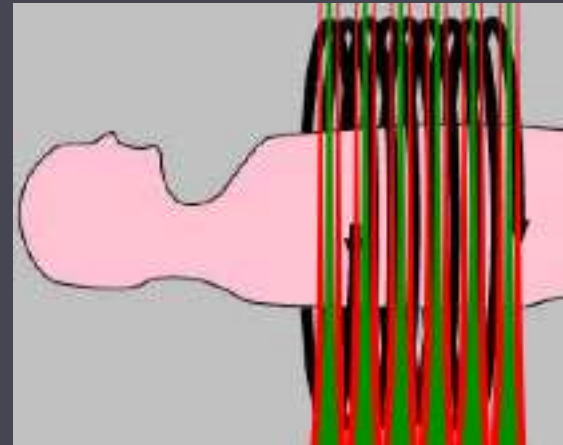
$CTDI_{vol} = 20 \text{ mGy}$
 $PDL = 600 \text{ mGy.cm}$

► Variation de qualité d'image et de dose effective

Exemple 2

Influence du pitch

120 kV
80 mAS
Epaisseur de coupe (rec) 5mm
Pitch = 1
Balayage 30 cm



CTDI_{vol} = 8 mGy
PDL = 240 mGy.cm

Pitch = 2

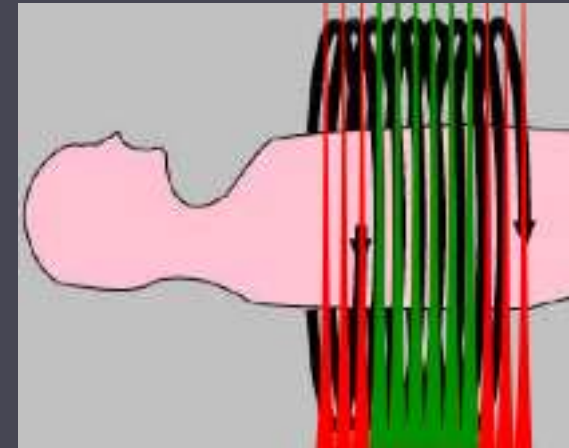
CTDI_{vol} = 4 mGy
PDL = 120 mGy.cm

► Variation de qualité d'image et de dose effective

Exemple 3

Influence de la longueur explorée

120 kV
80 mAS
Epaisseur de coupe (rec) 5mm
Pitch 1
Balayage 30 cm



$CTDI_{vol} = 8 \text{ mGy}$
 $PDL = 240 \text{ mGy.cm}$

Balayage 15 cm

$CTDI_{vol} = 8 \text{ mGy}$
 $PDL = 120 \text{ mGy.cm}$

► Variation de dose effective uniquement

Niveaux de référence en scannographie (Jan 2012)

Examen	CTDI (mGy)	DLP (mGy.cm)
Encéphale	65	1050
Thorax	15	475
Abdomen/Pelvis	17	800
TAP	17	1000





Dose efficace

Passage de la DLP à la dose efficace E

- ▶ E est un indicateur de risque des effets aléatoires
- ▶ Il existe des facteurs de pondération liés à la radiosensibilité tissulaire (Wt)

Tissu ou organe	Wt
Côlon, estomac, moelle osseuse, poumon, sein*	0,12
Foie, gonades*, œsophage, thyroïde, vessie	0,05
Cerveau, gl. Salivaires, peau, reins, surface osseuse	0,01
Autres tissus ou organes	0,10



Passage de la DLP à la dose efficace E

	CTDI (mGy)	DLP (mGy.cm)	× Facteur de conversion (mSv/mGy.cm)	= E (mSv)
Tête	65	1050	0,0021	2,2
Cou	12	350	0,0052	1,8
Thorax	15	475	0,017	8
AP	17	800	0,015	12
TAP	17	1000	0,016	16



RADIODIAGNOSTIC

scanner abdomen →

mSv

- 20 -

scanner thorax →

- 10 -

lavement baryté →

urographie →

- 5 -

transit gastrointestinal →

rachis lombaire 2 clichés

→

abdomen →

Irradiation
naturelle
annuelle

- 1 -

rachis dorsal 2 clichés →

- 0,5 -

crâne 2 clichés →

thorax 2 clichés →

- 0,1 -

MEDECINE NUCLEAIRE

← cœur ²⁰¹Tl
← tumeurs FDC

← cerveau ^{99m}Tc HMPAO

← foie ^{99m}Tc HIDA

← cœur ^{99m}Tc MIBI

← squelette ^{99m}Tc phosphate

← reins ^{99m}Tc MAG3

← poumons ^{99m}Tc microsphères

← thyroïde ^{99m}Tc pertechnetate

← reins ^{99m}Tc DMSA

← reins ¹²³I hippuran

← test de Schilling ⁵⁷Co vit. B12

← clairance ⁵¹Cr EDTA

Limites de la dose efficace

▶ Avantages

- même échelle de référence quelle que soit la modalité d'imagerie ou la région examinée,
- possibilité d'additionner des E liées à différents examens,

▶ Inconvénients

- grandeur calculée, plus difficilement accessible en routine,
- grandeur dépendant des valeurs des facteurs de conversion,
- facteurs de conversion uniques quel que soit l'âge du patient,



Scanner hélicoïdal : Dose plus haute ou plus basse ?

▶ Plus haute

- ▶ Plus rapide, plus flexible ☒ plus de coupes
- ▶ Dose non liée à la technique hélicoïdale intrinsèque mais à son utilisation

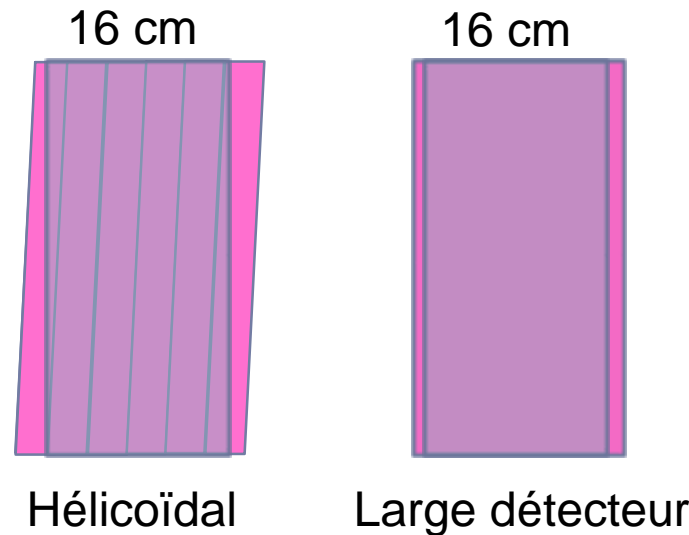
▶ Plus basse

- ▶ Limites des tubes incompatible avec les hélices,
- ▶ Nécessité de travailler avec des mAs bas



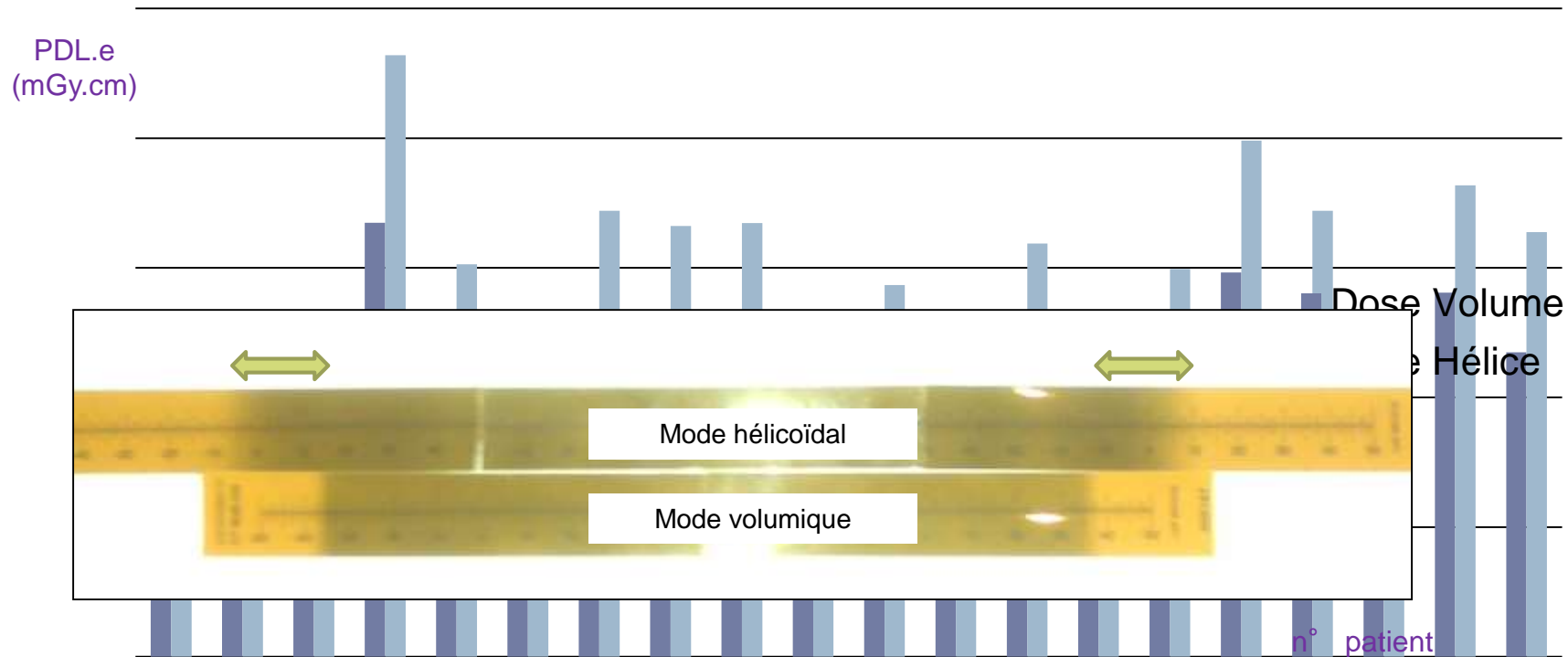
Scanner hélicoïdal ou scanner large détecteur ?

- ▶ Même mAs / rot. = même dose / rot. que l'acquisition séquentielle
- ▶ Rotations en plus à chaque extrémité du volume : overranging



RÉSULTATS :

Il existe une **réduction significative de la dose délivrée** de 29,5 % ($p < 0,0001$) avec le **mode Wide volume** par rapport au **mode hélicoïdal**.



Moyenne des PDL.e en mode Wide Volume : 1023 mGy.cm (min =451; max =1673 mGy.cm)

Moyenne des PDL.e en mode Hélicoïdal : 1452 mGy.cm (min = 741 ; max = 2319 mGy.cm)

Points clés

- ▶ Noter la dose (DLP) dans le compte rendu.
- ▶ Mais attention ! Scanner Thorax + Crâne → 2 DLP
- ▶ S'assurer que l'on respecte les Niveaux de Référence de Dose

