

**CECR**

**CENTRE  
D'EXPERTISE  
CLINIQUE EN  
RADIOPROTECTION**

# LES DÉFIS DES TECHNOLOGUES EN TDM

*Au service du Réseau*

**Gilbert Gagnon t.i.m. (E), technologue expert CECR**  
**Karine Bellavance, t.i.m., coordonnatrice technique CECR**

## CONTENU DE LA PRÉSENTATION

- ❖ État de situation : Doses et Appareillages
- ❖ Optimisation
- ❖ Indices de dose
- ❖ Aspects techniques
- ❖ Pratico-pratique



## OBJECTIFS DE LA PRÉSENTATION

- Faire le point sur l'évolution des doses en TDM au Québec
- Comprendre l'importance des technologues dans la réduction de dose au patient
- Maîtriser les éléments techniques influençant la dose
- Comprendre l'importance d'utiliser des protocoles à jour et optimisés



# ÉTAT DE SITUATION :

# TDM AU QUÉBEC

## ÉTAT DE SITUATION

# ❖ Évolution des doses en TDM au Québec

PROTOCOLES TDM STANDARDS	PDL moyen (mGy.cm)		RÉDUCTION PDL
	En 2008	En 2014	
TÊTE	1209	1013	16 %
THORAX	432	323	25 %
ABDO-PELV	766	634	17 %
THO-ABDO-PELV	1181	872	26 %

ÉTAT DE SITUATION

❖ Perspective pour les examens TDM

**RAMQ**

Québec : Examens TDM

2008	... 811 842	
2009	... 886 587	↑ 9,2 %
2010	... 945 598	↑ 16,5 %
2011	... 980 299	↑ 20,7 %
2012	... 1 051 175	↑ 29,5 %
2013	... 1 180 526	↑ 45,4 %
2014	... 1 247 652	↑ 53,7 %

**ICIS**

Canada : Examens TDM  
En 2012 : 4 400 000

# OPTIMISATION

- ❖ Principes
- ❖ Spécificités et caractéristiques
- ❖ Indices et rapport de dose
- ❖ Morphologie patient

## OPTIMISATION

# Optimisation des protocoles

### C'est comprendre et maîtriser:

- Les principes de radioprotection et d'imagerie TDM
- Les paramètres de fonctionnement du TDM utilisé

**Comment:** Concertation et collaboration

Entre technologues, radiologistes et physiciens/ingénieurs

**Pour:** Déterminer le niveau de qualité requis  
pour un bon diagnostic une dose appropriée

## OPTIMISATION

# Optimisation en TDM...pas si simple !

## FACTEURS PHYSIQUES

- Plusieurs sites
- Appareils différents
- Capacité des centres

## FACTEURS TECHNOLOGIQUES

- Fabricants différents
- Fonctionnement spécifique
- Version de logiciel

## FACTEURS HUMAINS

- Pratiques différentes
- Besoins des spécialistes (radiologistes)
- Équipes de technologues changent souvent

## OPTIMISATION

# Spécificités et caractéristiques

**Pour la réalisation et l'optimisation des examens,  
il faut tenir compte des :**

### SPÉCIFICITÉS

- Performances intrinsèques du TDM
  - ↳ Obtenues avec les CQ

### CARACTÉRISTIQUES

- Marque
- Modèle
- Nombre de barrettes
- Version du logiciel
- Option(s)

OPTIMISATION

Indices et rapport de dose

Outils très utiles pour l'optimisation des protocoles !

## OPTIMISATION

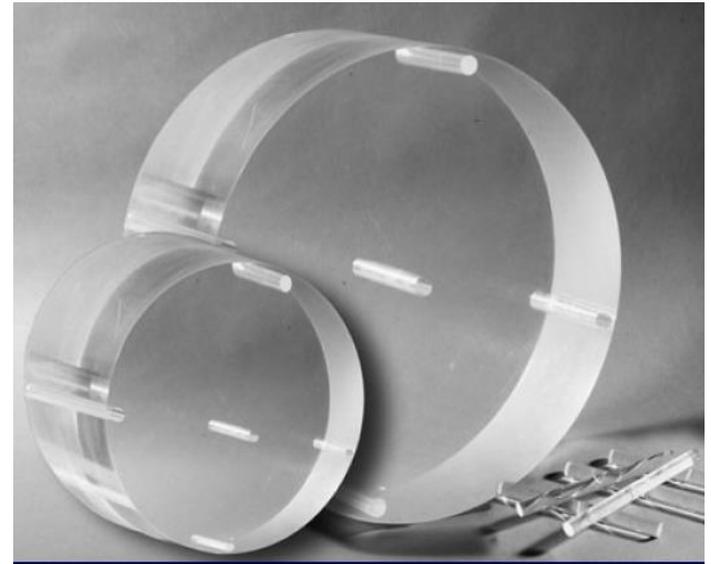
# Indices de dose

## CTDI<sub>vol</sub> : Computed Tomography Dose Index

❑ Valeur de dose (mGy) mesurée à partir de fantômes :

- 16 cm de diamètre pour la tête
- 32 cm de diamètre pour le corps

❑ Pour une rotation du tube



# OPTIMISATION

## Indices de dose

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

120 kVp at 200 mAs



32 cm  
Phantom

CTDI<sub>vol</sub> = 20 mGy

120 kVp at 200 mAs



32 cm  
Phantom

CTDI<sub>vol</sub> = 20 mGy

En réalité : Petit patient a reçu plus grande dose

## OPTIMISATION

### Indices de dose

**PDL : Produit Dose Longueur**

$$\begin{array}{l} \text{CTDIvol} \\ \text{moyen} \\ \text{(mGy)} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{Longueur} \\ \text{d'acquisition} \\ \text{(cm)} \end{array} = \begin{array}{l} \text{PDL} \\ \text{(mGy.cm)} \end{array}$$

**DLP : Dose Length Product**

## OPTIMISATION

# Rapport de dose

- CTDIvol (mGy)
- PDL/DLP (mGy.cm)
- Dose totale pour l'examen (mGy.cm)
- Dimension du fantôme (PMMA, 16 ou 32 cm)

**Informations  
minimales**

**OPTIMISATION**

**Rapport de dose**

**Exemples rapports de dose selon fabricant**

**GE**

Dose Report

Series	Type	Scan Range (mm)	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy-cm)	Phantom cm
1	Scout	-	-	-	-
2	Helical	S51.250-I357.550	9.74	460.66	Body 32
<b>Total Exam DLP:</b>			<b>460.66</b>		

**Siemens**

mAs total 2990 PDL total 403 mGycm

Scan	kV	mAs / réf.	CTDIvol* (mGy)	PDL (mGycm)	TI (s)	cSL (mm)
Position du patient H-SP						
Topogramme	1	120 35 mA	0.13 L	5	4.0	0.6
Thorax	2	120 161 / 110	12.32 L	398	0.33	0.6

**OPTIMISATION**

**Rapport de dose**

<< Detail Information >> **Toshiba**

1. ABDOMEN C+

	SD	CTDIvol	DLP
SCANOSCOPE[2]			
HELICAL_CT	12.50	7.40(Body)	359.00(Body)

**Philips**

Total DLP: 756.3 mGy\*cm  
Estimated Dose Savings: 0%

Dose

#	Description	Scan Mode	mAs	kV	CTDIvol [mGy]	DLP [mGy*cm]	Phantom Type[cm]
1	Topogram	Surview	0	120	0.07	3.2	16 CE
2	Abdo-Pelvien C+	Helical	192	120	13.00	753.1	32 CE

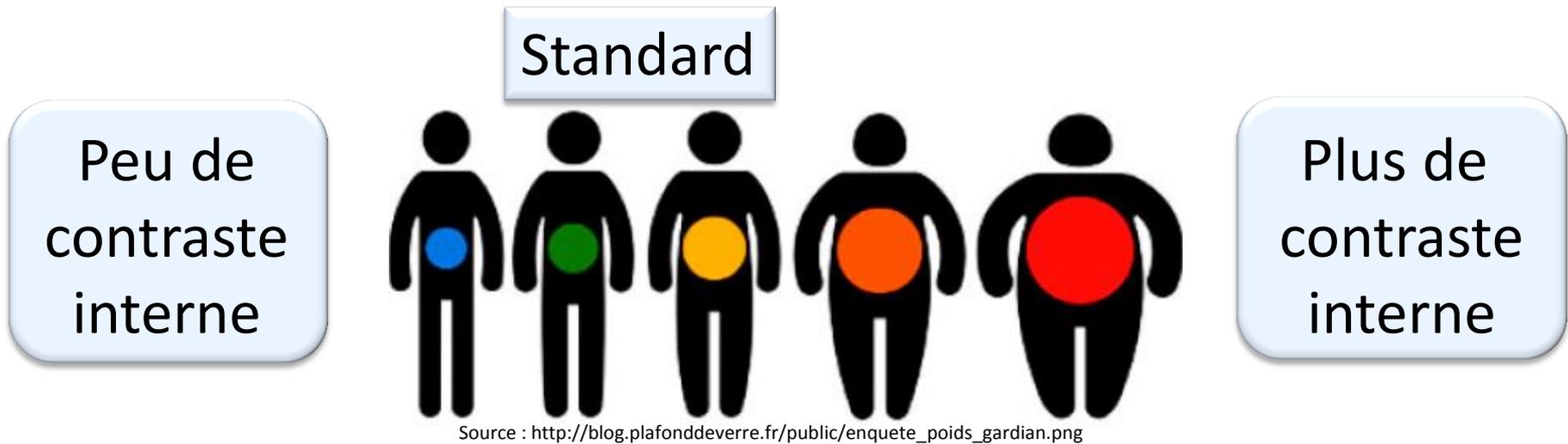
OPTIMISATION

**S'adapter à la morphologie du patient**  
**Pour produire des images de qualité à juste dose**

## OPTIMISATION

# Morphologie patient

## Format patient / Qualité d'image



**Le mA varie selon le format patient, mais pas proportionnellement**

## OPTIMISATION

# Morphologie patient

**Patients très minces**

Peu de graisse interne  
=  
Contraste interne plus faible

Mode mA fixe : **Diminuer un peu le mA**

Modulation : **Augmenter la qualité**

↓ SD (Toshiba)  
NI (GE)

↑ mAs de référence (Siemens)  
mAs/slice (Philips)

## OPTIMISATION

# Morphologie patient

**Patients plus gros**

Plus de graisse interne  
=  
Contraste interne augmenté

Mode mA fixe : **Augmenter le mA**

Modulation : **Diminuer la qualité**

↑ SD (Toshiba)  
NI (GE)

=

↓ mAs de référence (Siemens)  
mAs/slice (Philips)

**Besoin de plus de dose, mais pas de plus de contraste**



# ASPECTS TECHNIQUES



ASPECTS TECHNIQUES

Images de localisation et centrage

Partir du bon pied!



## ASPECTS TECHNIQUES

# Image de localisation

### Aussi appelée ...

- Surview (Philips)
- Topogramme (Siemens)
- Scanogramme (Toshiba)
- Scout (GE)
- Pilot



## ASPECTS TECHNIQUES

# Image de localisation

## Déterminante pour la qualité des images à venir

Impact direct sur:  Qualité de l'image  
Dose au patient (en modulation)

À surveiller:

- Présence d'objets (artéfacts)
- Changement position du patient
- Bismuth si modulation
- Centrage

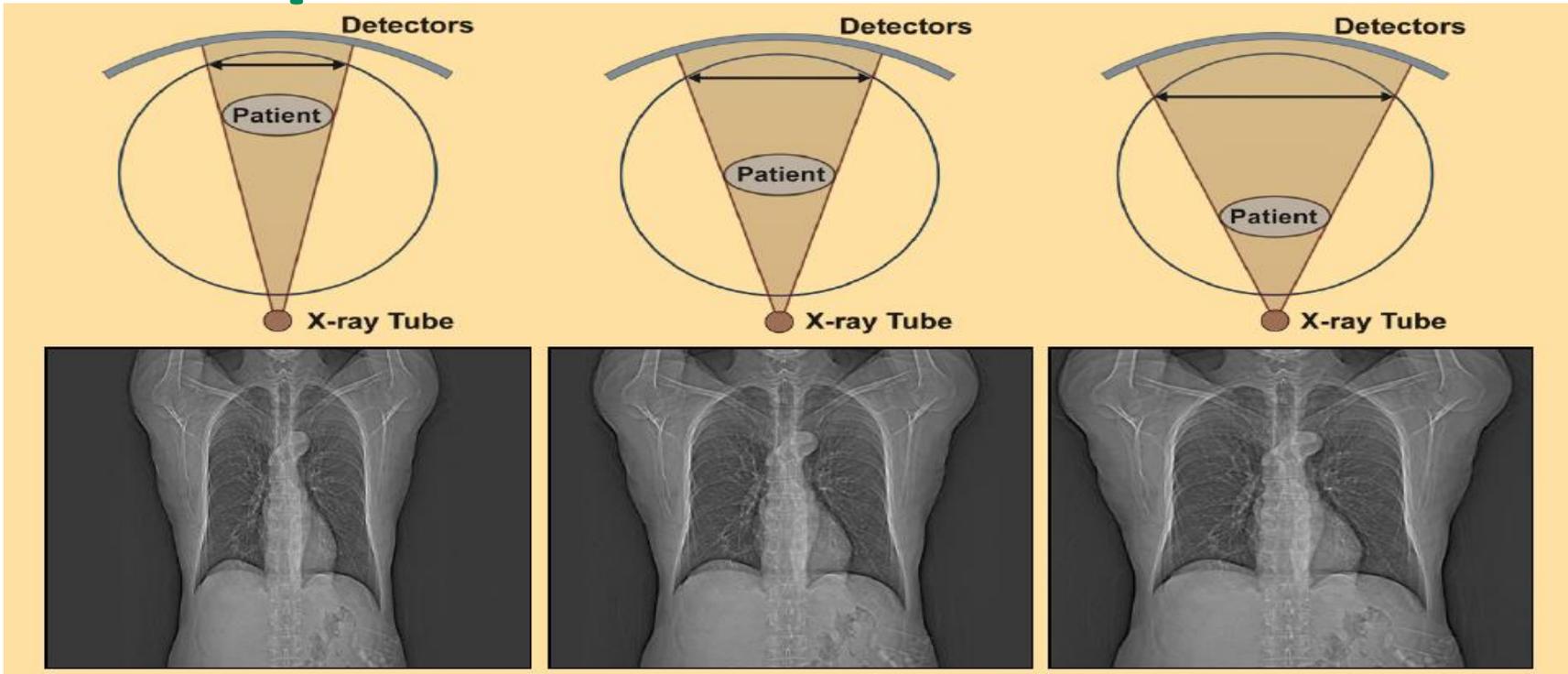
Parfois, préférable  
de la **REFAIRE**

## ASPECTS TECHNIQUES

# Image de localisation

L'impact du centrage

## Même patient

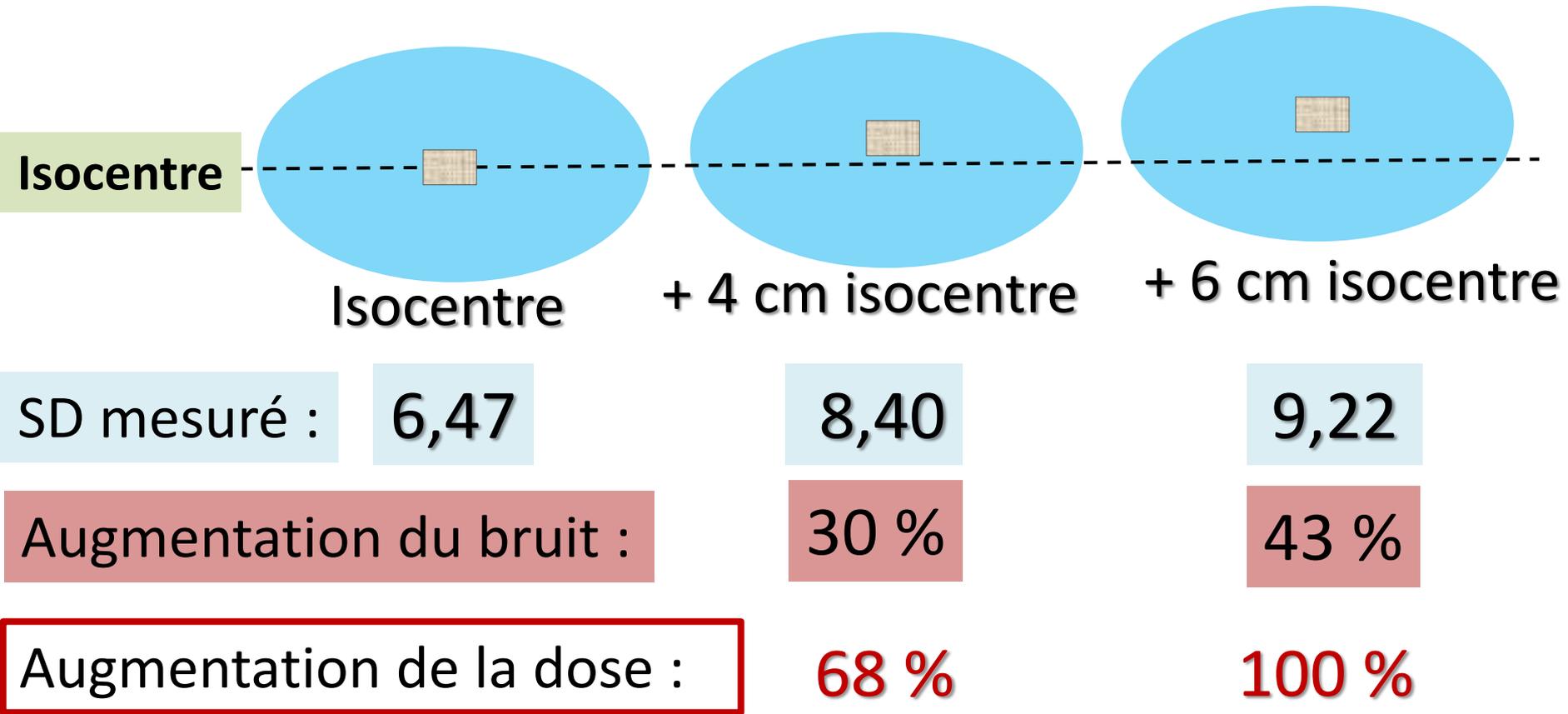


Source : Jim Kofler, Optimizing CT Image Protocols With Respect To Image Quality and Radiation Dose

## Centrage en hauteur différent

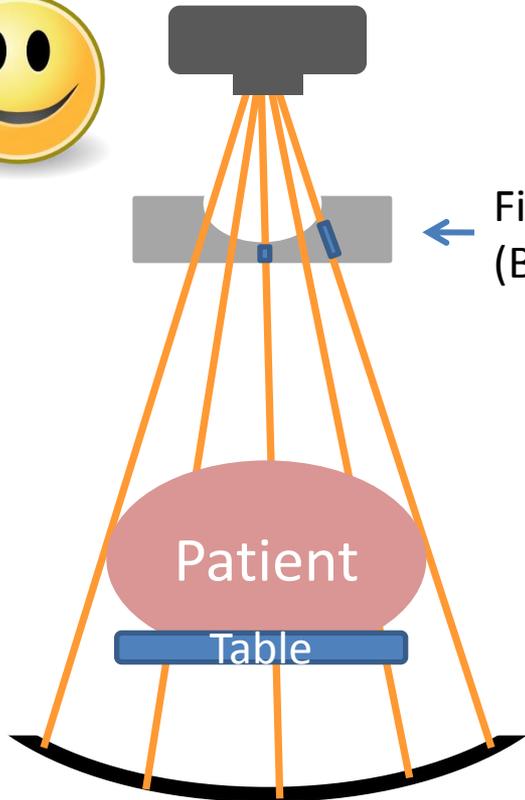
ASPECTS TECHNIQUES

Centrage en hauteur

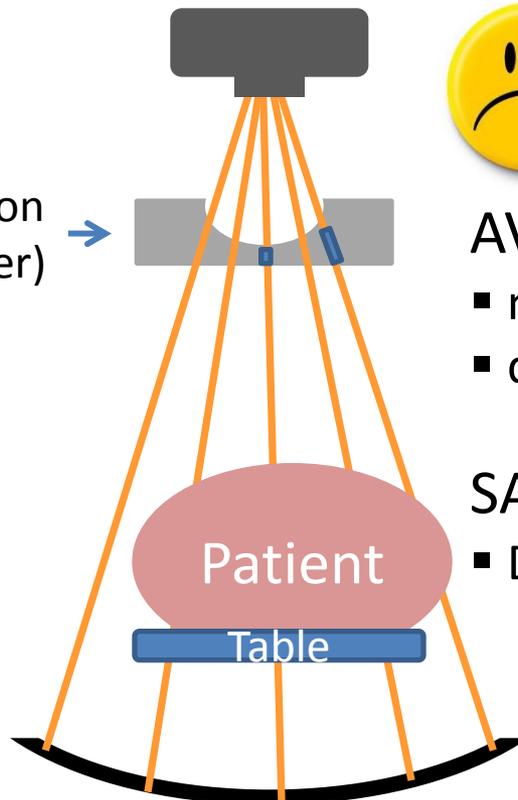


# ASPECTS TECHNIQUES

## Centrage en largeur



← Filtre papillon  
(Bowtie filter) →



**AVEC modulation :**

- modification dose
- diminution qualité

**SANS modulation :**

- Diminution qualité

# ASPECTS TECHNIQUES

# Champ de vue /Field Of View

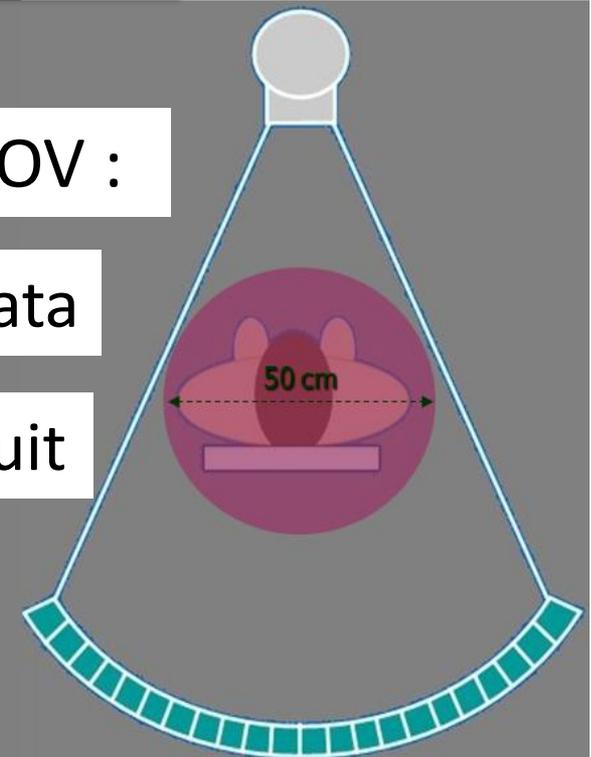
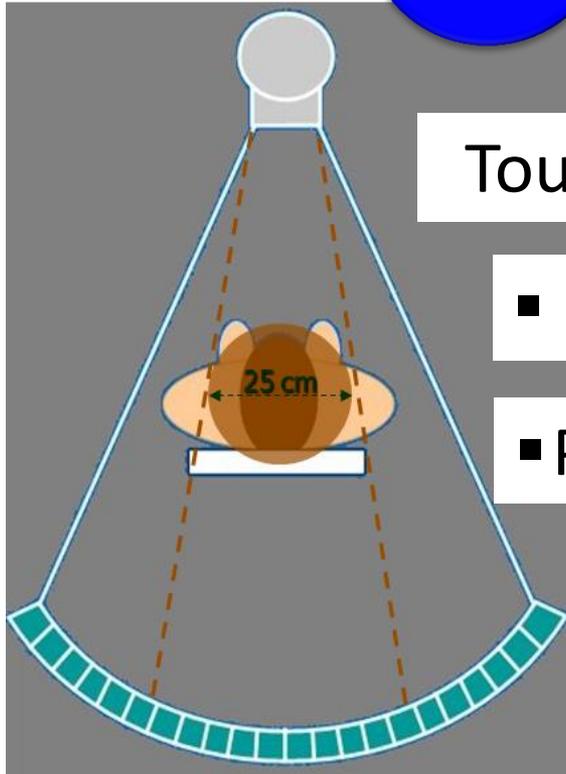
## ASPECTS TECHNIQUES

# Champ de vue / Field Of View

## SFOV Scan Field Of View

Tout à l'intérieur du SFOV :

- Sera dans les Raw data
- Pourra être reconstruit

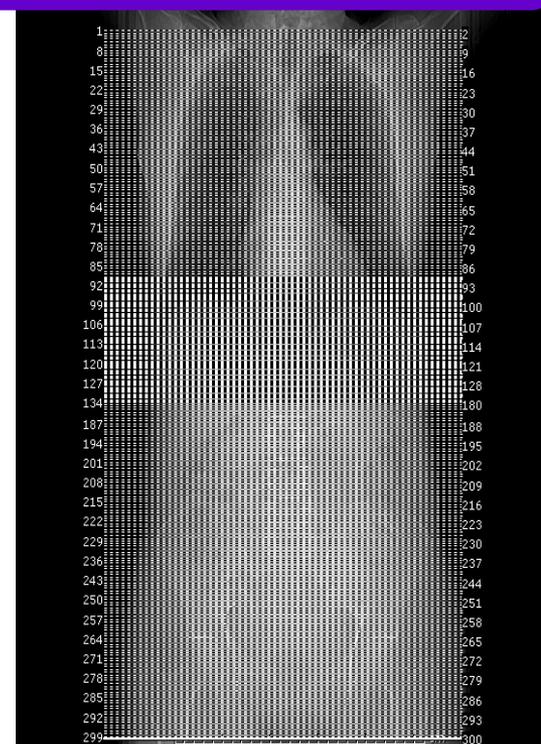


## ASPECTS TECHNIQUES

# Champ de vue / Field Of View

## RFOV Reconstruction Field Of View

- Diamètre de reconstruction déterminé sur l'image de localisation
- Impact sur la résolution de l'image
- $RFOV \leq SFOV$

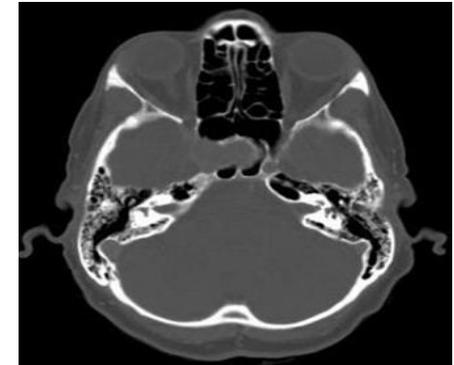


## ASPECTS TECHNIQUES

# Champ de vue / Field Of View

## DFOV Display Field of View

- Diamètre d'affichage de la coupe (image) reconstruite à l'écran
- Impact sur la résolution de l'image
- $DFOV \leq SFOV$



DFOV = 231 mm



DFOV = 366 mm

## ASPECTS TECHNIQUES

# Acquisitions

**Justification**

**Optimisation**

**Limitation**



## ASPECTS TECHNIQUES

# Acquisitions

**Chaque acquisition  
(phase)**

- doit être justifiée
- contribue à augmenter la dose

**Exemple :**  
**PDL total**  
**=**  
**1591,29 mGy.cm**

Dose #	Description	Mode	CTDI [mGy]	DLP [mGy*cm]
1		Surview	0.0	0.00
2		Helical	11.7	359.19
3	C-	Incr=0	2.5	2.50
4	locator	Incr=0	15.0	15.00
5	tracker	Helical	11.5	352.72
6	ARTERIEL	Helical	10.8	506.71
7	VEINEUX	Helical	11.6	355.17
8	TARDIF			

## ASPECTS TECHNIQUES

# Couverture de l'acquisition

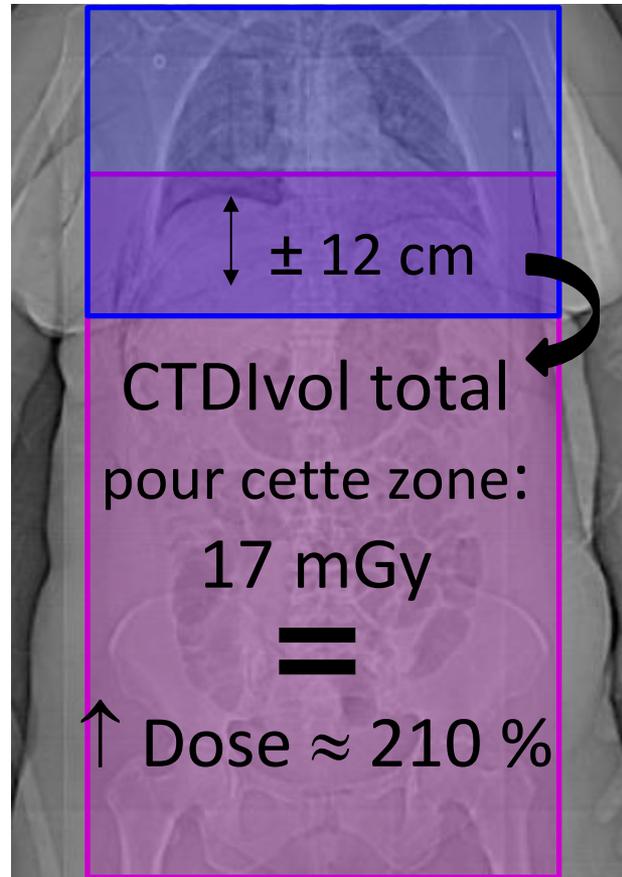
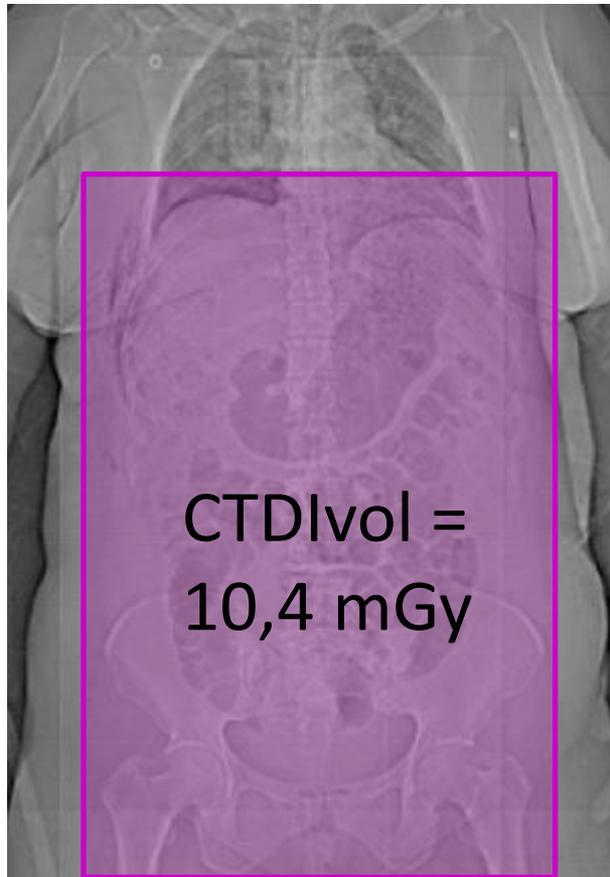
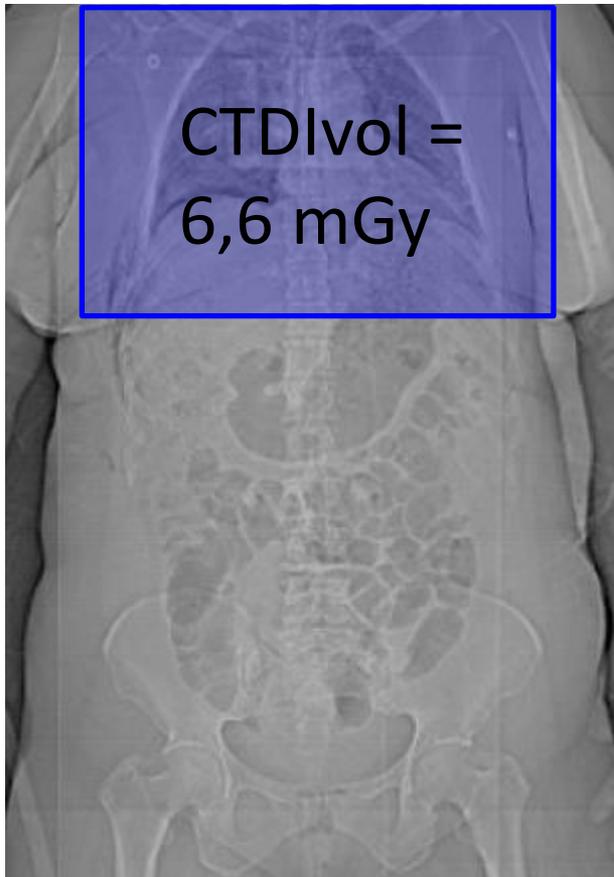
### □ Longueurs d'exploration prévues

- Selon les protocoles déterminés par l'équipe de spécialistes
- Chaque centimètre non justifié contribue à augmenter la DLP

 **1 cm = augmentation de 3 à 5 % de la dose**

## ASPECTS TECHNIQUES

# Limiter le chevauchement

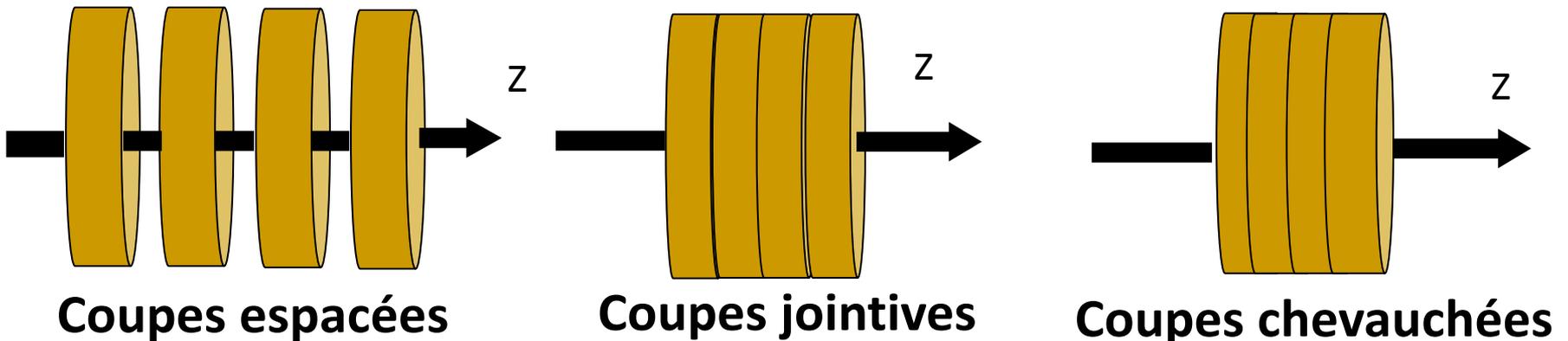


## ASPECTS TECHNIQUES

# Acquisitions – Modes d'acquisition

## Séquentiel

- ❖ Coupes espacées, jointives ou chevauchées
- ❖ TDM tête, biopsie sous TDM
- ❖ Coupe de référence

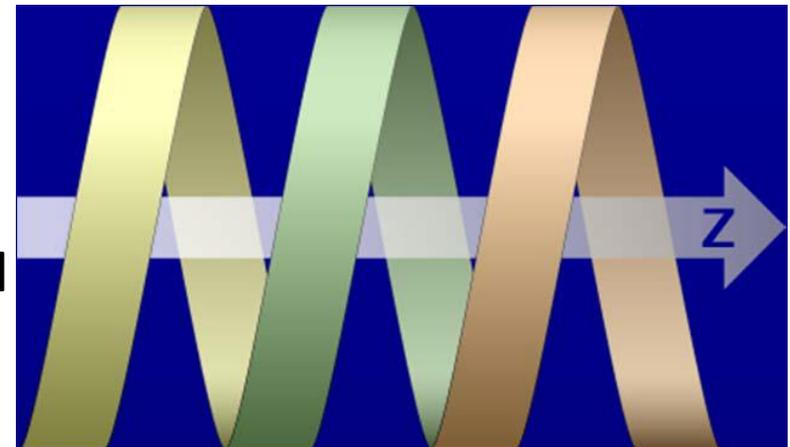


## ASPECTS TECHNIQUES

# Acquisitions – Modes d'acquisition

## Hélicoïdal

- Raw Data, pour les reconstructions (axiale, coronale, sagittale)
- Acquisition rapide  
Risques de mouvements du patient sont diminués

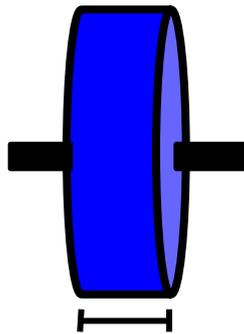


## ASPECTS TECHNIQUES

# Acquisitions – Modes d'acquisition

## Volumique

- Pour une seule rotation du tube, une couverture plus large est possible

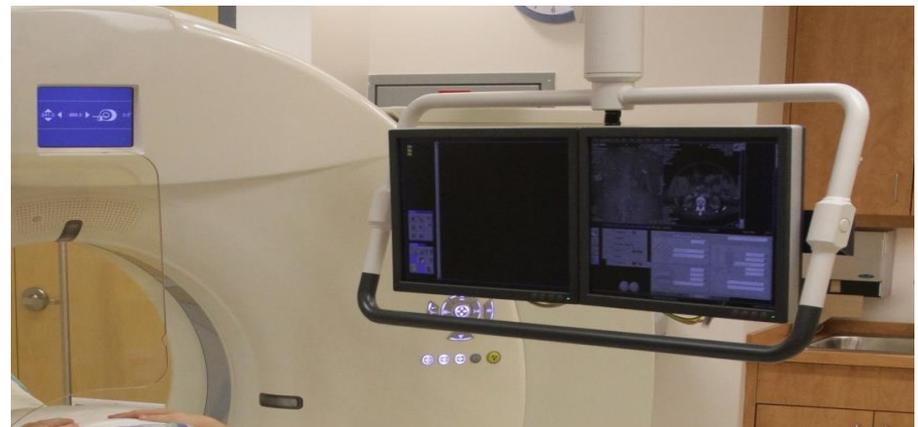


Exemple :

320 X 0,5 mm = 16 cm

## Ciné – CT (Fluoroscanner)

- Image dynamique
- Pour visualisation injection (phase artérielle)
- Pour interventionnel



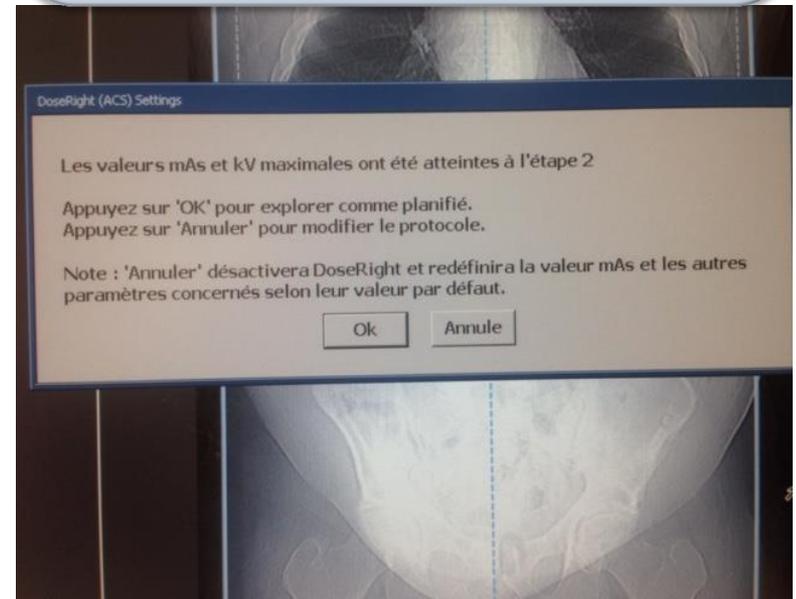
## ASPECTS TECHNIQUES

# Acquisitions – Messages d'erreur

- Sont des avertissements →
- Lire et noter au besoin
- Peuvent avoir une influence sur l'examen

### Exemples :

- Bris appareillage
- Changement paramètre
- Limite appareil ...



ASPECTS TECHNIQUES

Paramètres de l'acquisition

## ASPECTS TECHNIQUES

# ❖ mA et modulation de mA

**mA** Courant du tube

**mAs** Produit courant et temps

## ASPECTS TECHNIQUES

# mA et modulation de mA

**mA** En lien direct avec le bruit

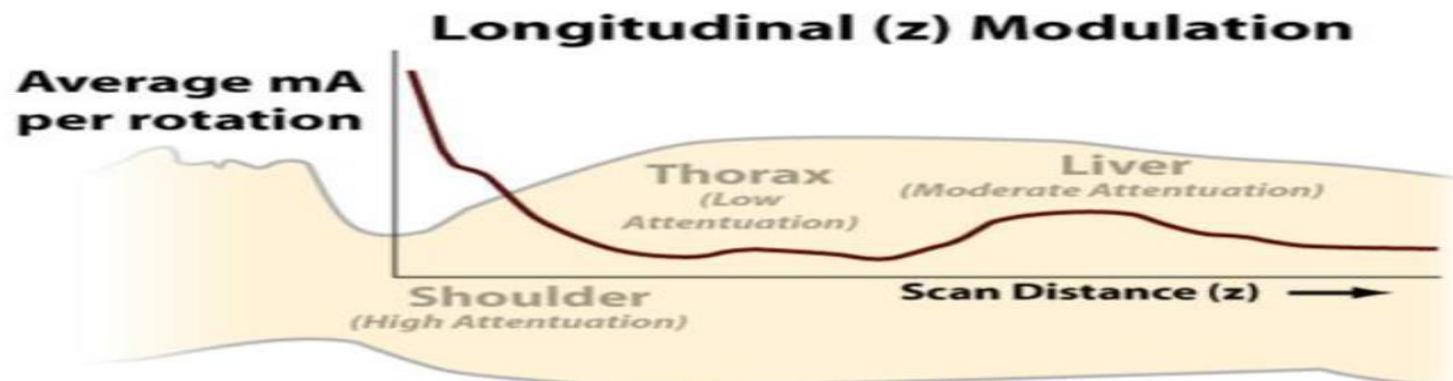
**Charge en mAs** Exprime la quantité de rayons X émise

**Relation linéaire** Entre la dose transmise au patient et le mAs

## ASPECTS TECHNIQUES

# Modulation de mA

- Maintient le niveau de bruit prédéterminé, pour toute l'acquisition



Source : AAPM Computed Tomography Radiation Dose Education Slides, 2013 .

- Maintient une image de qualité avec réduction de dose appréciable

## ASPECTS TECHNIQUES

# Modulation de mA

**GE**

**AutomA / SmartmA**

**NI** : Noise Index  
mA min et mA max

**Toshiba**

**SURE Exposure3D**

**SD** : Standard deviation  
mA min et mA max

**Siemens**

**CARE DOSE 4D**

mAs de référence

**Philips**

**DoseRight ACS**

mAs/slice - ACS

## ASPECTS TECHNIQUES

# ❖ Tension (kVp)

kVp

Pénétration du faisceau  
Impact sur l'image

Valeurs limitées selon le fabricant

80, 90, 100, 120, 135, 140 kVp

À privilégier  
pour adulte

Patients très gros  
si nécessaire

## ASPECTS TECHNIQUES

# Tension (kVp)

### □ Augmentation du kVp

- Impact exponentiel sur la dose transmise au patient (rapport des kVp utilisés)<sup>2,5</sup>

**Exemple : de 120 à 140 kVp**

$$(140/120)^{2,5} = 1,47 =$$

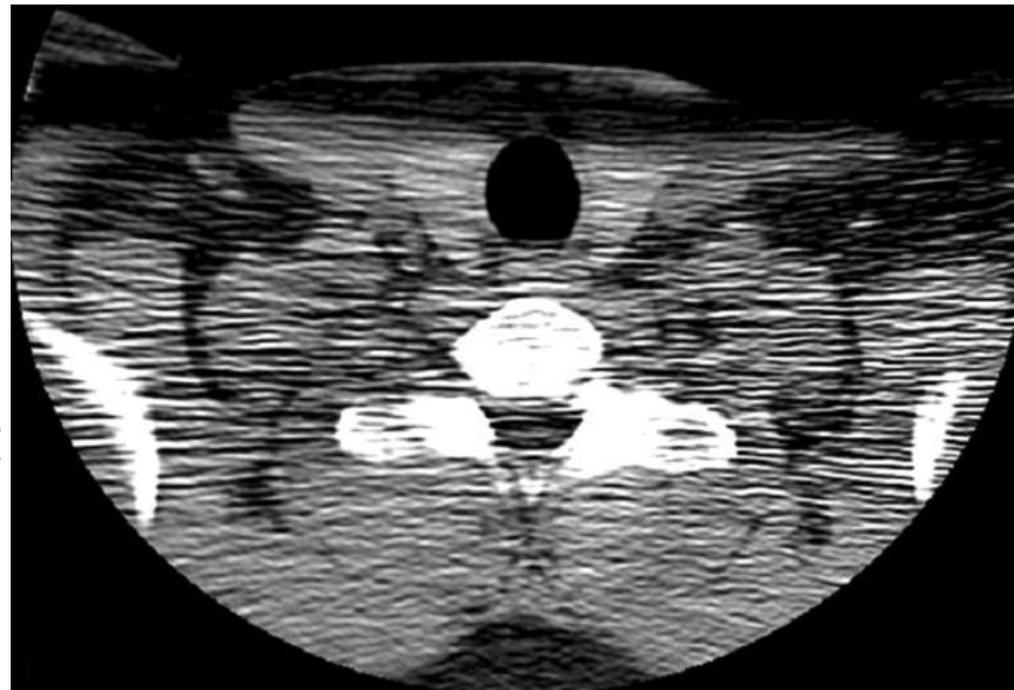
**Augmentation de dose de 47 %**

## ASPECTS TECHNIQUES

### Tension (kVp)

# Artéfact de durcissement de faisceau

- Lorsque le kVp n'est pas suffisant pour traverser la matière.
- Seulement les photons de haute énergie traverseront la matière et donneront des artéfacts de lignes noires.



## ASPECTS TECHNIQUES

### ❖ Pitch (d'acquisition) :

- Hélicoïdal seulement
- Influence temps d'acquisition
- Lié à la résolution spatiale dans l'axe Z

$$\text{Pitch} = \frac{\text{Distance parcourue par la table en une rotation}}{\text{Collimation dans l'axe Z}}$$

**Exemple :**

**Si on augmente le pitch**

examen + rapide

↓ Artéfacts mouvement  
(Meilleure résolution temporelle)

**MAIS**  
la résolution spatiale  
dans axe Z se **dégrade**

## ASPECTS TECHNIQUES

# Pitch (d'acquisition)

## SANS modulation du courant

En général:  $CTDI_{vol}$  indépendant du pitch

- ➔ Le TDM change automatiquement le mA pour compenser cette modification

### Exception :

TDM Toshiba et GE

Selon la version du logiciel, il se peut que le TDM n'ajuste pas automatiquement le mA. À ce moment, le  $CTDI_{vol}$  est inversement proportionnel au pitch.

## ASPECTS TECHNIQUES

# Pitch (d'acquisition)

## AVEC modulation du courant

### Siemens, GE, Toshiba, Philips

- $CTDI_{vol}$  indépendant du pitch
- Pitch influence la durée d'acquisition
- Autres paramètres s'adaptent automatiquement pour garder la qualité d'image et le  $CTDI_{vol}$  semblables

## ASPECTS TECHNIQUES

# ❖ Collimation

- Détermine le champ d'irradiation

Exprimé par :

Nombre de coupes d'acquisition

Épaisseur de la coupe nominale

X

Exemple : **64** X **0,5** = **32**

## ASPECTS TECHNIQUES

# ❖ Reconstruction itérative



Diminuer le bruit sur l'image

afin de

permettre une diminution de la dose (mA)

## ASPECTS TECHNIQUES

# Reconstruction itérative

- Les logiciels itératifs modifient la texture  
    ➔ Image plus lisse ➔ Moins de bruit
- La dose (mA) peut être diminuée davantage  
selon le niveau de la reconstruction itérative

**RÉDUCTION DES  
PARAMÈTRES TECHNIQUES  
(10-70 %)**

**Acquisition**

**RECONSTRUCTION  
ITÉRATIVE**

**Traitement**

**IMAGE DE  
QUALITÉ**

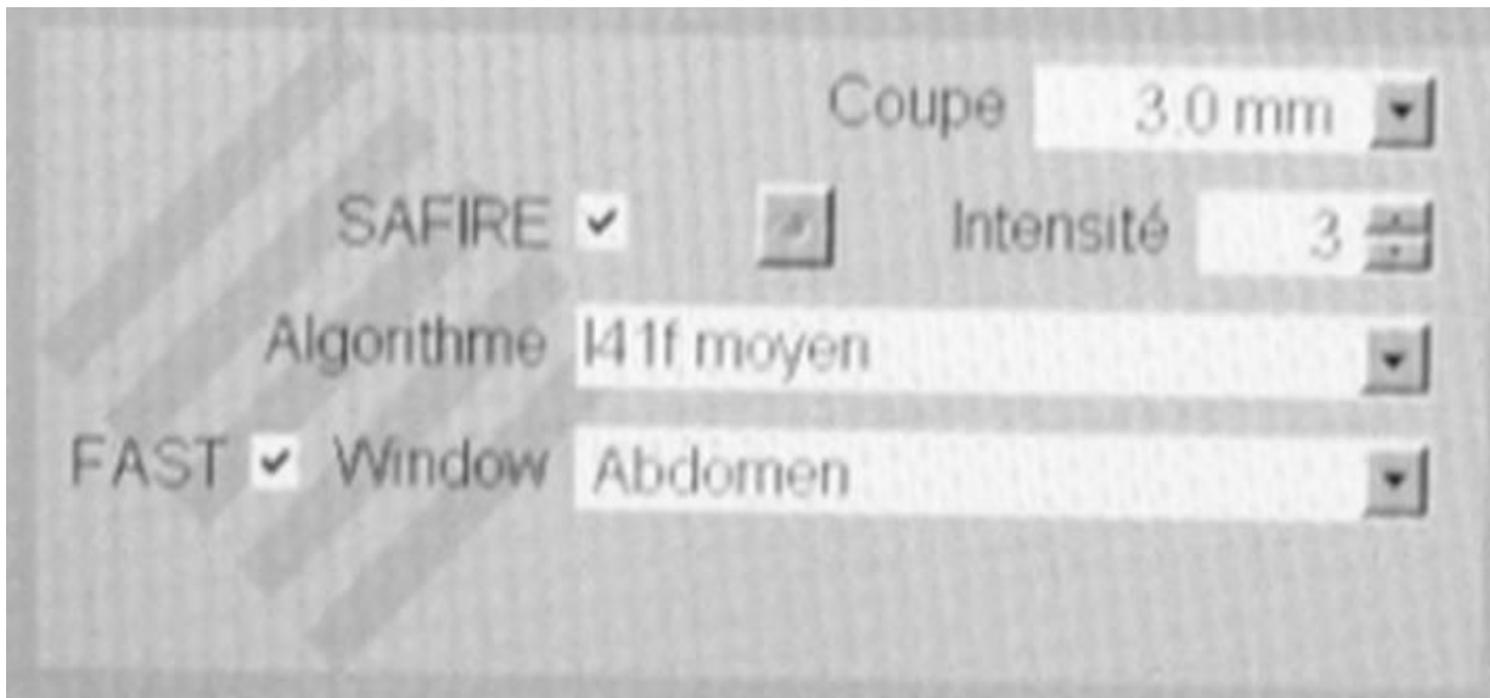
**Résultat**

## ASPECTS TECHNIQUES

# Reconstruction itérative

Siemens

IRIS – SAFIRE – ADMIRE

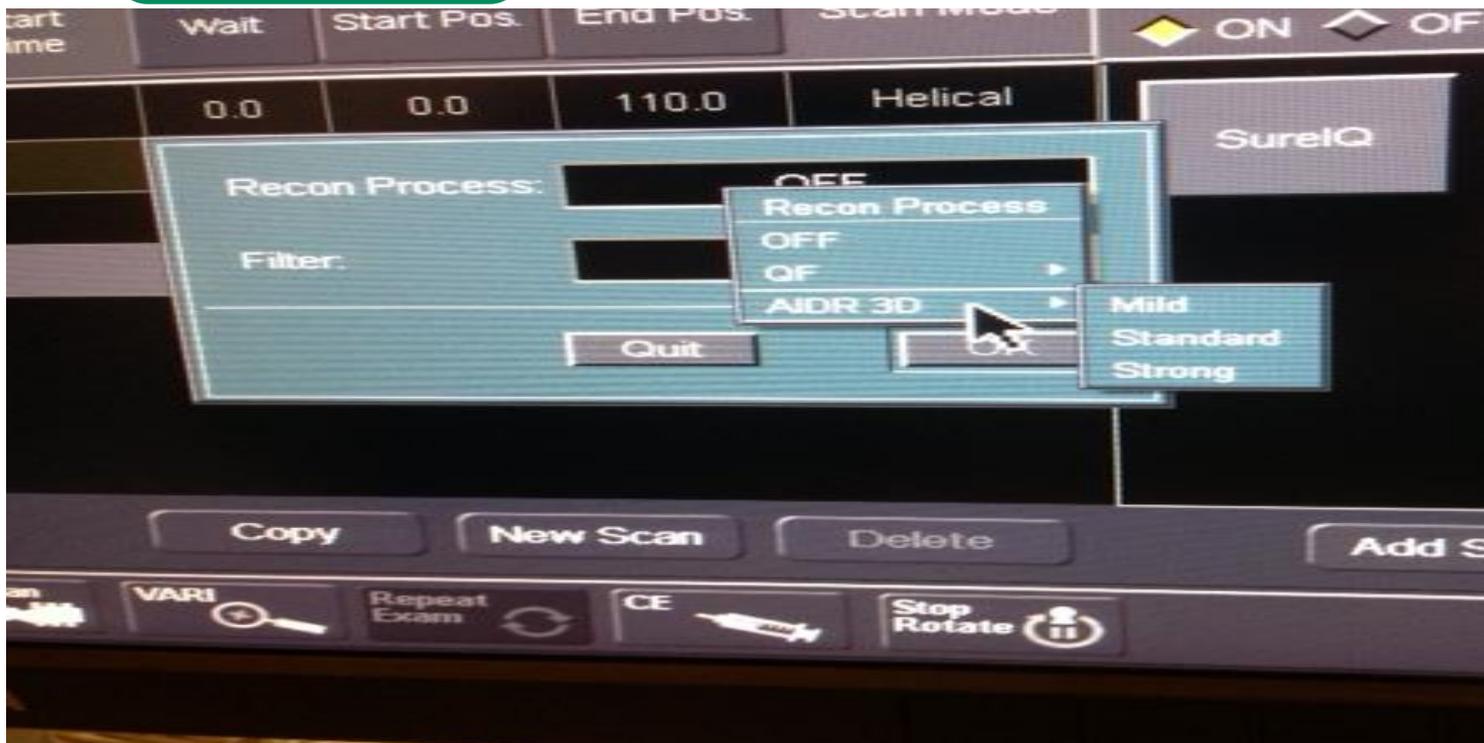


## ASPECTS TECHNIQUES

# Reconstruction itérative

Toshiba

AIDR 3D



# ASPECTS TECHNIQUES

## Reconstruction itérative

**GE**

**ASIR  
Veo (MBIR)**

The screenshot displays the control interface for a GE scanner, divided into two main sections: mA Control and ASIR Setup.

**mA Control Section:**

- Auto mA:** A green button on the left.
- Reference Noise Index:** A numeric input field showing 24,00 and a Reset button.
- Dose Steps:** A numeric input field showing +0.00 and a vertical double-headed arrow.
- Noise Index:** A numeric input field showing 28,00.
- % Dose Reduction:** A numeric input field showing 30.
- mARange:** Min 80 and Max 700.
- Smart mA:** A green button on the right.

**ASIR Setup Section:**

- Buttons for **None**, **Slice** (highlighted in yellow), and **Volume**.
- A list of ASIR levels: SS10 slice 10%, SS20 slice 20%, **SS30 slice 30%** (highlighted in blue), SS40 slice 40%, and SS50 slice 50% (highlighted in black).
- A vertical double-headed arrow on the right side of the list.

**Vevo IR Setup:** Compatible

## ASPECTS TECHNIQUES

# Reconstruction itérative

Philips

iDOSE<sup>4</sup> – IMR

**Reconstruction**

Recon Mode:  Level:



**Reconstruction**

Recon Mode:  Level:



## ASPECTS TECHNIQUES

# ❖ Caches au bismuth

# UTILISATION ET POSITIONNEMENT

Aussi disponible sur la page Internet du CECR :  
 Recommandation sur le positionnement et  
l'utilisation des caches au bismuth

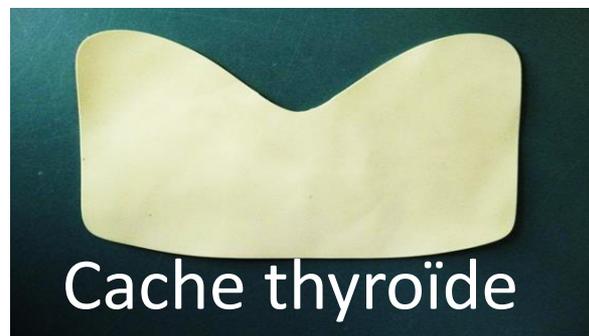


## ASPECTS TECHNIQUES

# Caches au bismuth

## Utilisation & Positionnement

- Dans le faisceau d'irradiation primaire
- Protègent un organe radiosensible des rayons de faible énergie
- Positionnés adéquatement, ils ne créent pas d'artéfacts



## ASPECTS TECHNIQUES

# Caches au bismuth

## Utilisation

- Patients 0-55 ans minimum
  - **mA fixe : Avant** l'image de localisation
  - **mA modulé : Après** l'image de localisation
  - Ne pas utiliser avec XCARE\*, Siemens / ODM\*, GE
- \* Logiciel de réduction de dose aux organes radiosensibles*



## ASPECTS TECHNIQUES

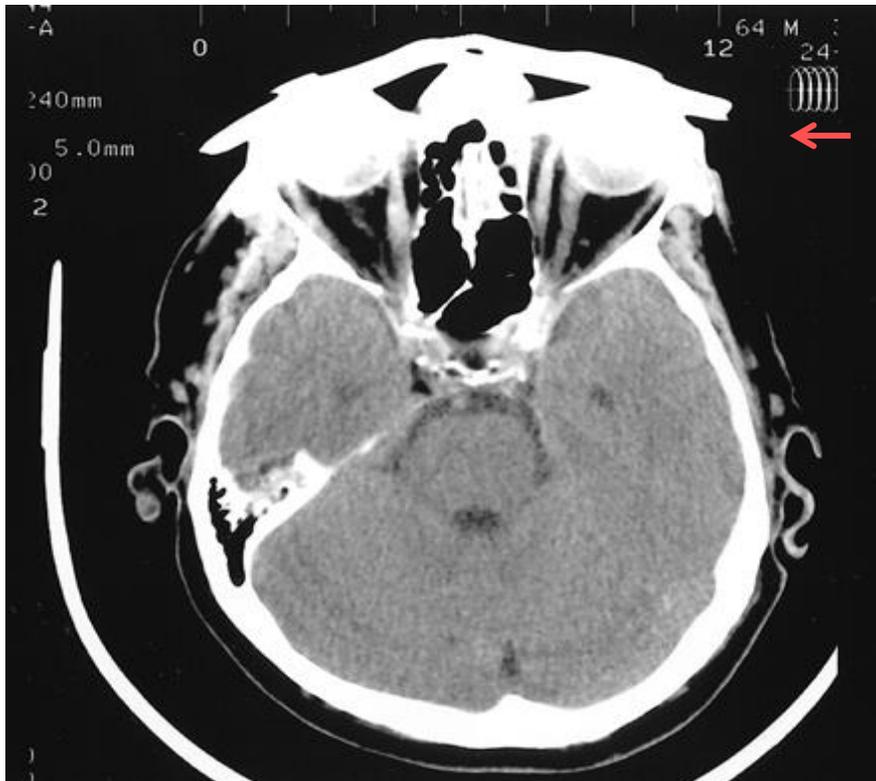
# Caches au bismuth

# Positionnement

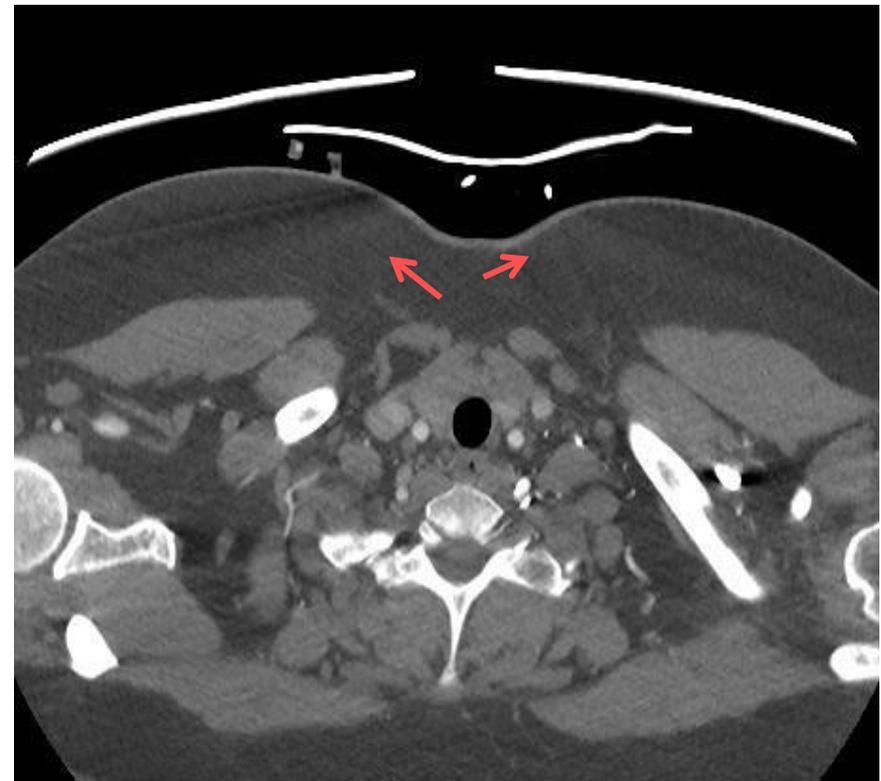
- Toujours utiliser un espaceur
- Éviter la superposition entre 2 caches
- Éviter le contact avec le frontal pour le cache yeux
- Éviter tout affaissement latéral pour le cache seins

## ASPECTS TECHNIQUES

# Caches au bismuth



Pas d'espaceur



Superposition des caches

## OPTIMISATION

# EXEMPLES DE PROTOCOLES OPTIMISÉS

**PRATICO-PRATIQUE**

**DES ÉLÉMENTS SIMPLES QUI FONT  
TOUTE UNE DIFFÉRENCE!**

Pratico-Pratique

## Exemples de protocoles optimisés

### **TDM de la Tête :** **Utilisation du support de tête**

- Limite les mouvements du patient
- Optimise le positionnement
  - ➔ Symétrie et angulation de la tête
- Atténue moins les RX que la table
- Élimine les artéfacts produits par la table

Pratico-Pratique

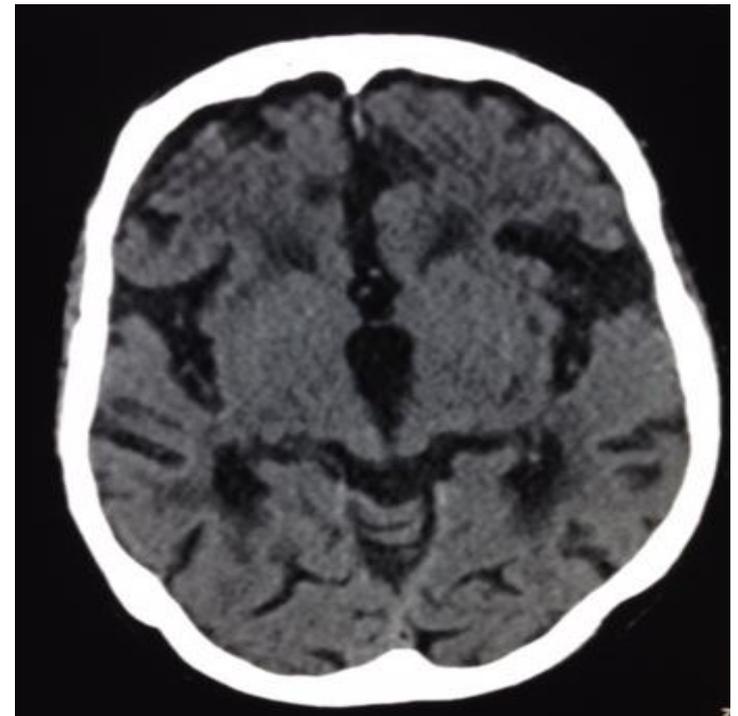
## Exemples de protocoles optimisés

### TDM de la Tête :

Utilisation du support de tête



Artéfact de la table



Pratico-Pratique

## Exemples de protocoles optimisés

# Utilisation des systèmes de réduction de dose aux organes radiosensibles

## Avantages

- Réduction de dose appréciable
- Ne changent pas les valeurs des nombres CT
- Ne causent pas d'artéfacts

**XCARE (SIEMENS) et ODM (GE)**

Pratico-Pratique

## Exemples de protocoles optimisés

### Système de réduction de dose aux organes radiosensibles

## Attention

Seins volumineux tombant  
sur les côtés et débordant de  
l'arc de 120° en antérieur

**Risque de doser  
davantage**



Pratico-Pratique

## Exemples de protocoles optimisés

# TDM en interventionnel (Biopsie – Drainage)

- Pour les coupes en séquentiel pour la localisation de l'aiguille
- Une dose plus faible est souvent suffisante

Pratico-Pratique

## Exemples de protocoles optimisés

# TDM incluant la région pelvienne - Faire uriner le patient avant l'examen

 Nécessite l'autorisation du radiologiste 

Pratico-Pratique

## Exemples de protocoles optimisés

### **TDM incluant la région pelvienne - Faire uriner le patient avant l'examen**

#### Pour réduire :

- Le rayonnement diffusé aux organes avoisinants
- L'épaisseur patient afin de réduire le mA en modulation dans cette région
- La dose aux organes qui sont plus antérieurs, donc plus près du faisceau primaire, si la vessie est remplie

# Conclusion

**L'optimisation des doses ...  
Un défi de tous les jours ...**



**Où les technologues peuvent  
faire toute la différence!**



# Questions

# Questions

# *Pour nous rejoindre*

 Par téléphone : 819 348-3842 ou 1 877 839-1217

 Par télécopieur : 819 822-6700

 Par courriel : [cecr.chus@ssss.gouv.qc.ca](mailto:cecr.chus@ssss.gouv.qc.ca)

 Par courrier :  
CECR  
500, rue Murray, case postale 1  
Sherbrooke (Québec) J1G 2K6

Page Internet : [www.chus.qc.ca/cecr](http://www.chus.qc.ca/cecr)