

# Mettre en œuvre de façon opérationnelle le principe d'optimisation des doses reçues par les personnes exposées

MODULE 4.1

ALAIN NOEL, PHYSICIEN MÉDICAL



**Objectif pédagogique :**  
**Définir le principe d'optimisation**

# Contenu :

- **2<sup>nd</sup> principe fondamental de la RP**



# Objectifs

- Être capable :
- D'expliquer le concept ALARA
- D'identifier les facteurs d'influence de la dose
- D'identifier les facteurs de qualité de l'image



# Introduction

- Expositions médicales sont la première source d'exposition aux rayonnements ionisants
- Grande diversité des pratiques
  - Variation importante d'un service à l'autre, d'un examen à l'autre
  - Facteur de variation de dose de 1 à 30



# Le principe alara

## 2<sup>nd</sup> Principe fondamental RP

- **As Low As Reasonably Achievable**
  - Principe de base initialement introduit pour les travailleurs exposés aux rayonnements ionisants
  - Une des formes que peut prendre le principe de précaution dans l'hypothèse où le risque suit une relation linéaire sans seuil
  - Directement en rapport avec le principe d'**optimisation**



# Optimisation : définition

- Toute dose liée à une exposition à des fins médicales est maintenue au **niveau le plus faible qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre tout en permettant d'obtenir l'information médicale requise** [Dir 2013/59/Euratom]
- RP : ALARA : « bon examen = basse dose »
- PM : ALADA : objectif primaire est la qualité du diagnostic ou du traitement
  - Justification (demandeur & réalisateur) est primordiale



# Optimisation : Rappels

- Conception des équipements et Formation des utilisateurs
- Procédures radiologiques : Guide des procédures radiologiques de la SFR
- Appel de manière approprié à un Physicien Médical
- Assurance de qualité y compris le contrôle de qualité
- Évaluation et analyse des doses délivrées : NRD
- Déclaration des expositions accidentelles et non intentionnelles (REX) : Guide n°11 de l'ASN

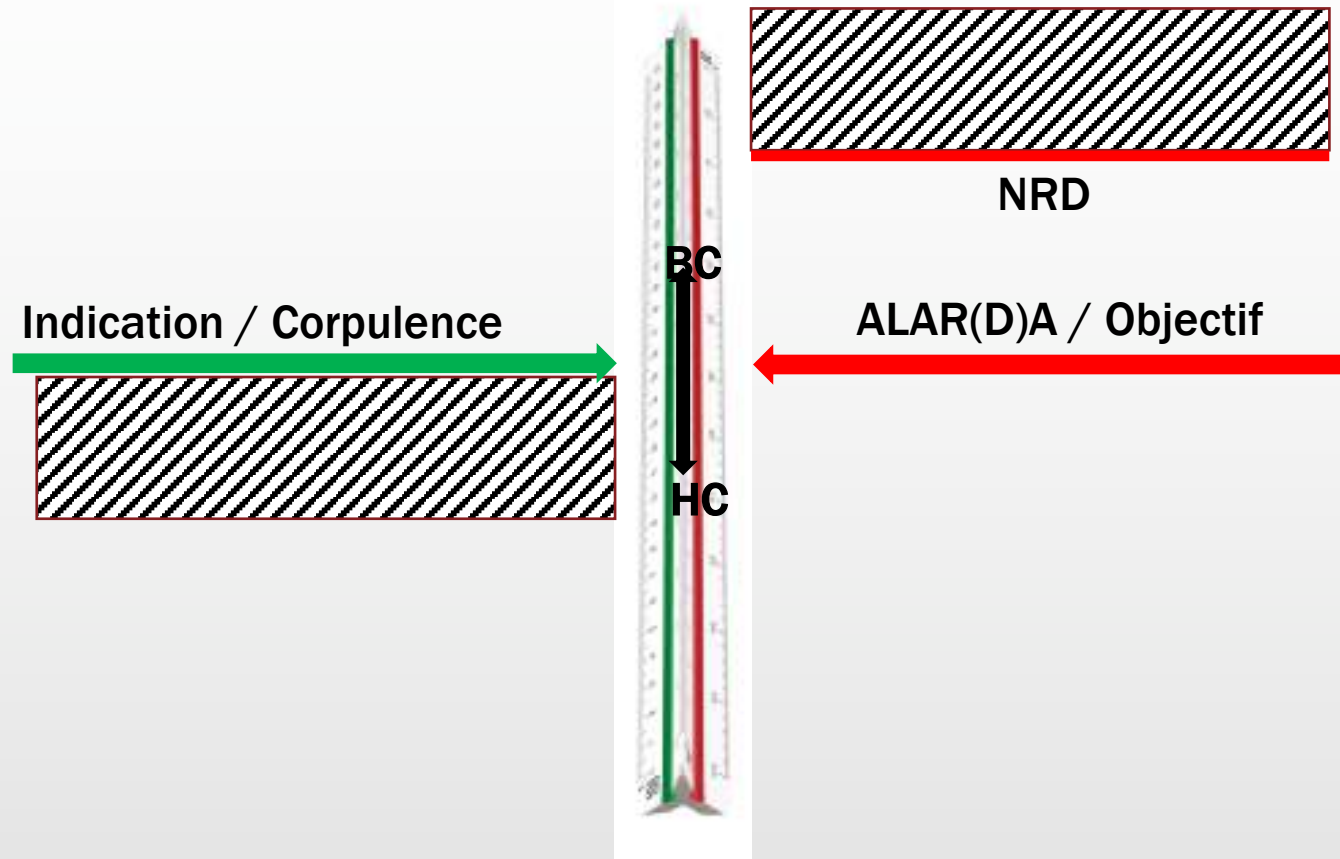


# Qualité image et dose



# OPTIMISATION

Qualité - Dose





# Qualité de l'image

- Les principaux critères de qualité image sont :
  - Le bruit
  - Le contraste et la Détectabilité à bas contraste
  - La résolution spatiale



# Facteurs d'influence sur le bruit

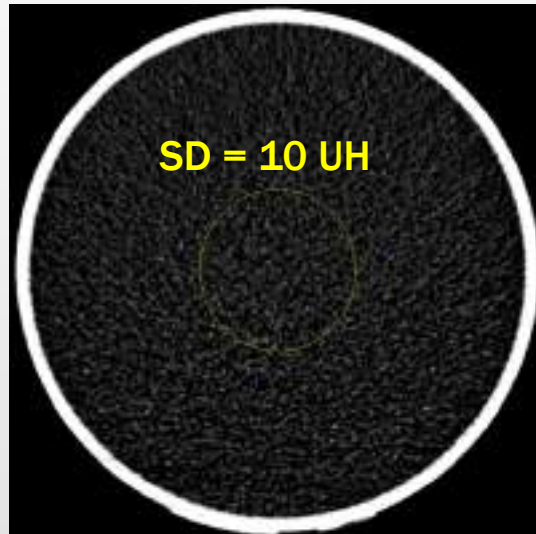
- Le bruit de l'image est inversement proportionnel à la racine carré de la dose par pixel/voxel de l'image
  - Multiplier la dose par 4 diminuera le bruit dans l'image d'un facteur 2
  - Au contraire diminuer la dose par 4 augmentera le bruit dans l'image d'un facteur 2



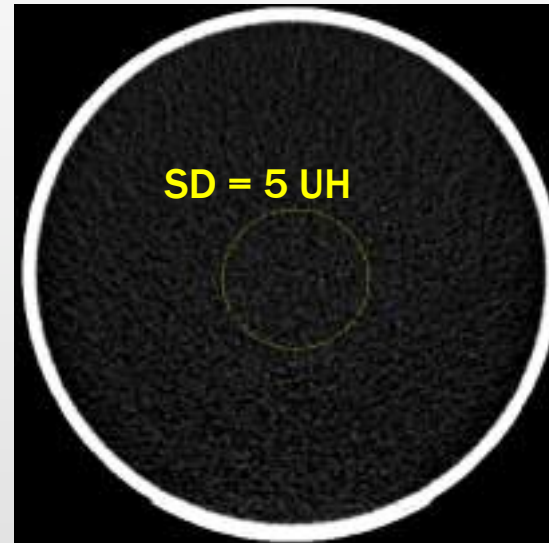
# Le bruit est inversement proportionnel à la racine carrée de la dose

- À kV constant, **la dose est directement proportionnelle aux mAs**, le bruit diminue lorsque les mAs (dose) augmente.
  - Par exemple, si à 120 kV la dose est multipliée par 4, en augmentant les mAs de 50 à 200, le bruit est divisé par 2

120 kV, **50 mAs**



120 kV, **200 mAs**

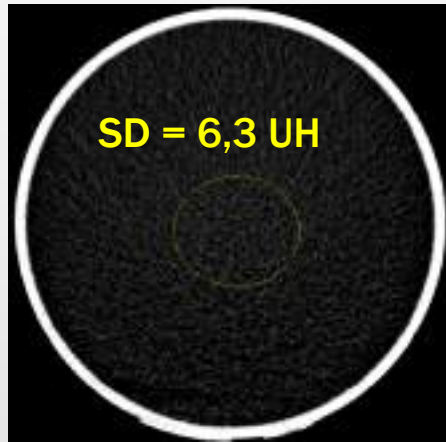




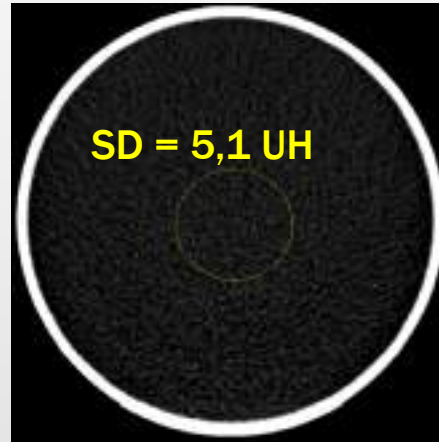
# Le bruit est inversement proportionnel à la racine carrée de la dose

- À mAs constants, **la dose est proportionnelle au carré de la tension ( $kV^{2-2,5}$ )** : le bruit diminue proportionnellement aux kV
- Lorsque la tension augmente le bruit diminue respectivement de 6,3 UH à 100 kV, à 5,1 UH à 120 kV et à 4,1 à 140 kV

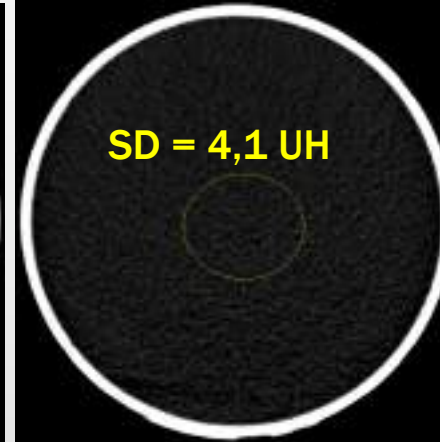
**100 kV**, 200 mAs



**120 kV**, 200 mAs



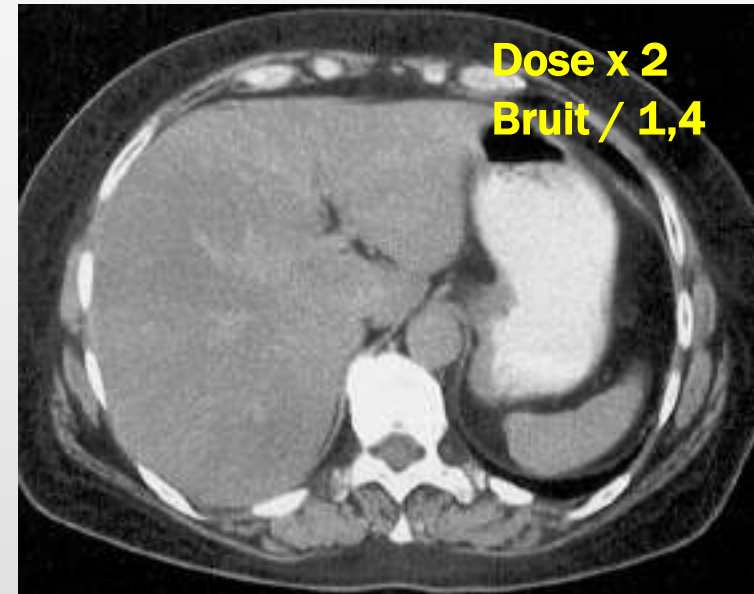
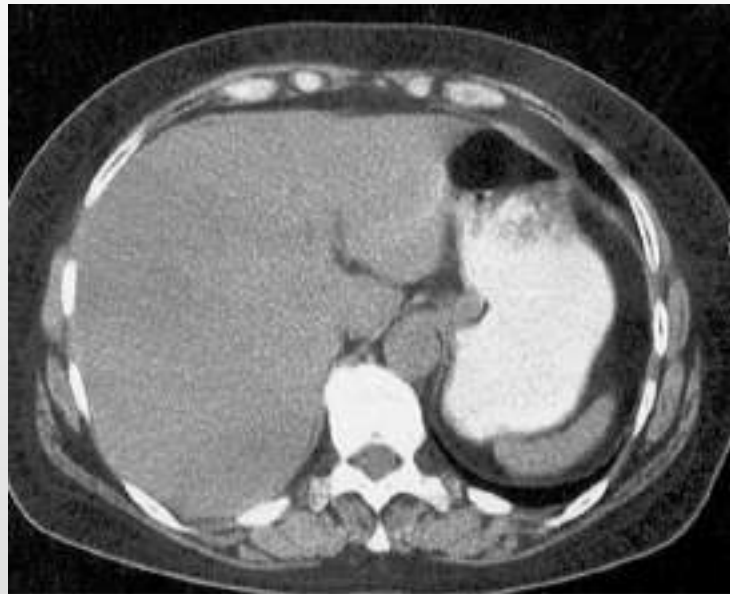
**140 kV**, 200 mAs





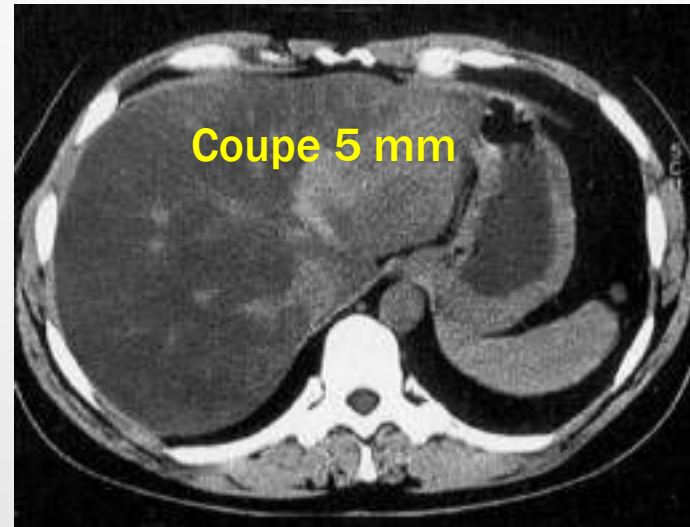
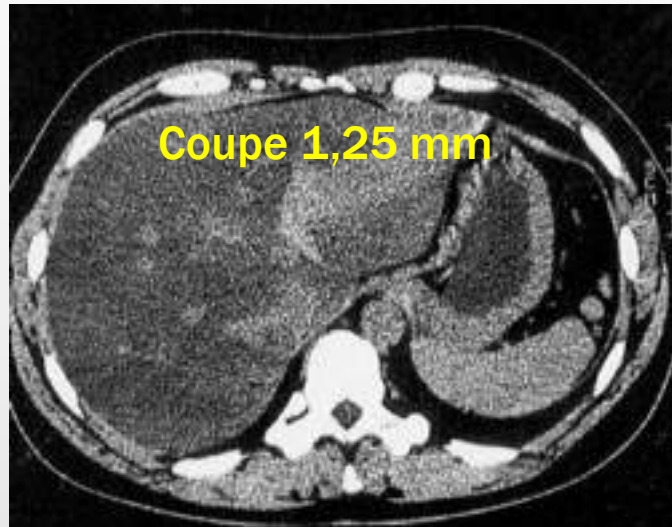
# Facteurs d'influence sur le bruit

- Multiplier la dose par 2 diminuera le bruit dans l'image d'un facteur 1,4
  - **mAs** : En multipliant les mAs par 2 (kV constant) de 100 mAs à 200 mAs (La dose est proportionnelle au mAs, )
  - **kV** : En augmentant les kV de 100 kV à 140 kV (La dose variant comme les kV à la puissance 2 – 2,5 ( $kV^{2-2,5}$ ))



# Facteurs d'influence sur le bruit

- Multiplier le nombre de photons par 4 diminuera le bruit dans l'image d'un facteur 2
  - Sans conséquence sur la dose :
    - *En doublant la taille des pixels 100  $\mu\text{m}$  à 200  $\mu\text{m}$*
    - En multipliant l'épaisseur de coupe par 4 (1,25 mm à 5 mm) en CT

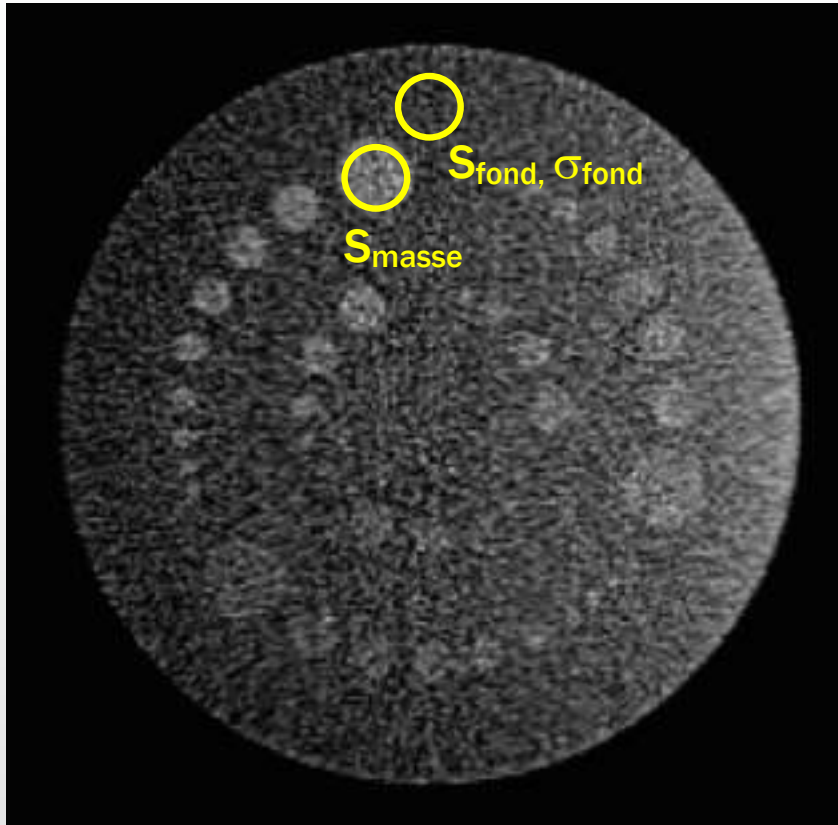


- Dépend des fonctions de réduction de bruit/filtre de reconstruction :





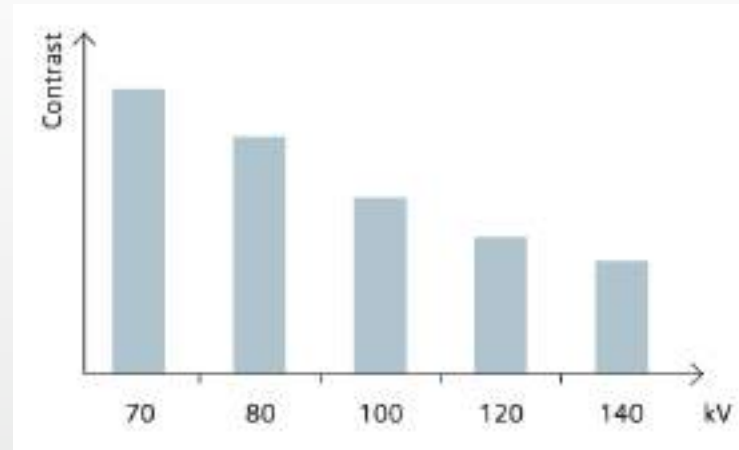
# Qualité de l'image



- DÉTECTABILITÉ À BAS CONTRASTE (LCD)
    - Indique la dimension de la plus petite lésion de contraste donné détectable pour des tissus de densités voisines.
    - **Le bruit dans l'image limite la détectabilité à bas contraste**
- $$\text{LCD} = (S_{\text{fond}} - S_{\text{masse}}) / (\sigma_{\text{fond}})$$

# Facteurs d'influence sur le contraste

- Le contraste diminue de façon inversement proportionnelle à l'énergie du faisceau qui peut être modifiée
  - En modifiant la valeur de la haute tension (kV)



- En modifiant le couple anode/filtration (par exemple en mammographie)
- En modifiant la filtration additionnelle, si disponible
- En fonction du filtre de reconstruction choisi
  - Ex CT : un filtre mou préserve le contraste alors qu'un filtre dur le diminue



# Qualité de l'image



- **RÉSOLUTION SPATIALE**
  - Indique la taille de la plus petite structure de haut contraste détectable sur un objet-test
  - S'exprime en cycle par millimètre, plus couramment en paires de ligne par millimètre (pl/mm)



# Facteurs d'influence sur la résolution spatiale

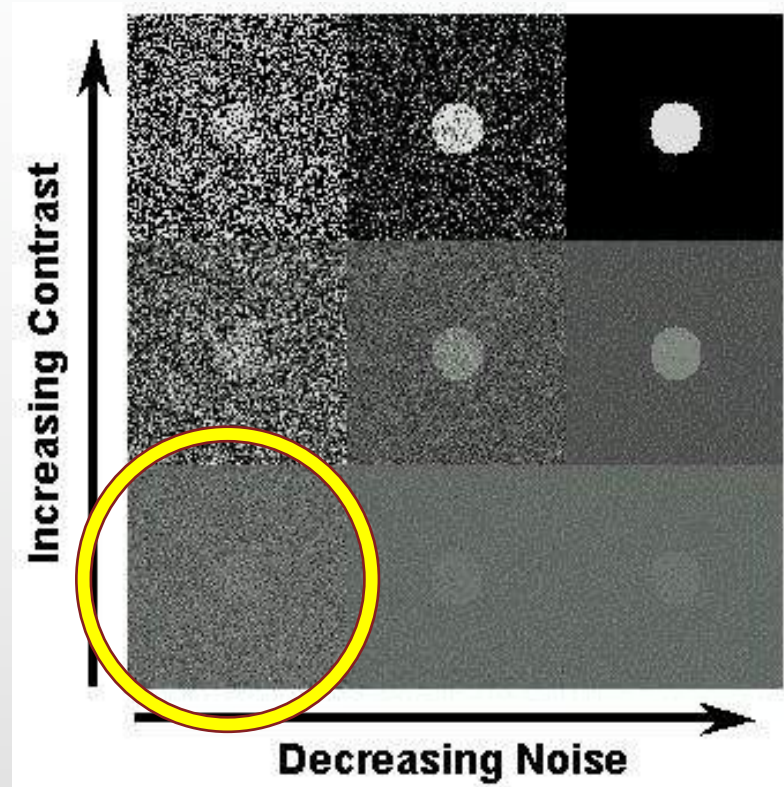
- Taille du pixel/voxel :
  - La résolution spatiale est inversement proportionnelle à la taille du pixel/voxel
    - En radiologie, pour un détecteur donné la taille du pixel est fixe
    - En scanographie, dépend
      - De la taille de la matrice et du champ d'acquisition (SFOV) pour la résolution dans le plan axial et
      - De l'épaisseur de coupe
        - Les coupes fines diminuent l'effet de volume partiel dans le plan
        - Les coupes fines augmentent la rs dans l'axe longitudinal (voxel isotropique améliorant la reconstruction multi-planaire)
  - Dépend du filtre de reconstruction
    - Un filtre mou diminue la netteté alors qu'un filtre dur l'accroît
- Taille du foyer : principalement en agrandissement (mammographie)

# Compromis et performance



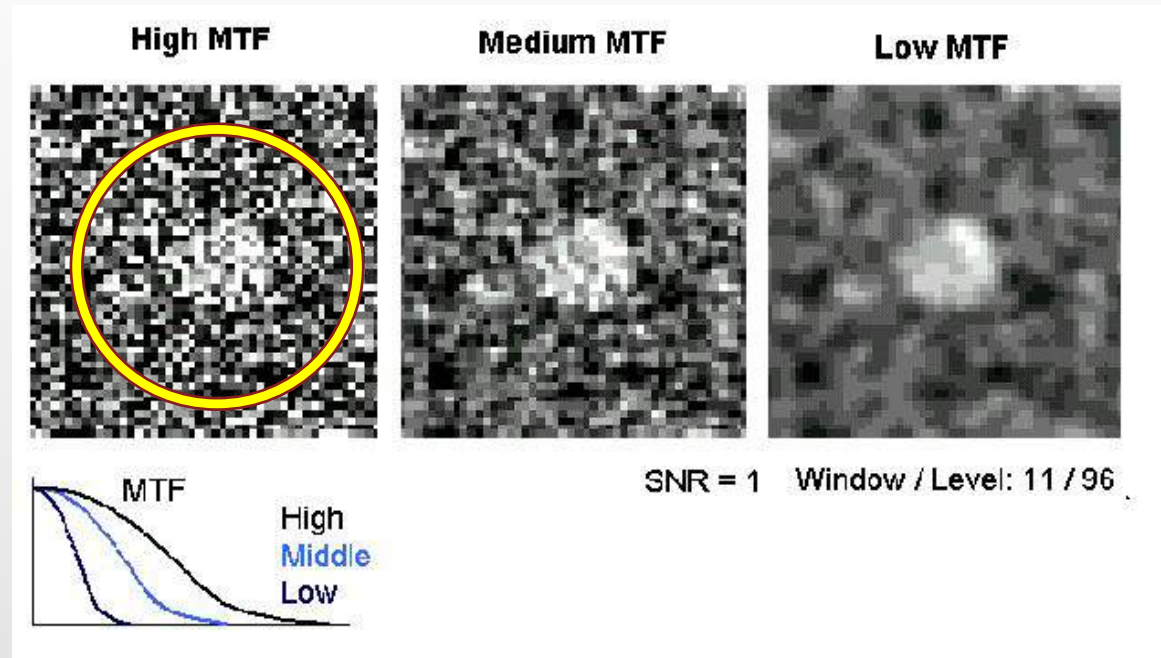
# Contraste et bruit

- Le bruit limite la détectabilité à bas contraste



# ■ Résolution spatiale et bruit

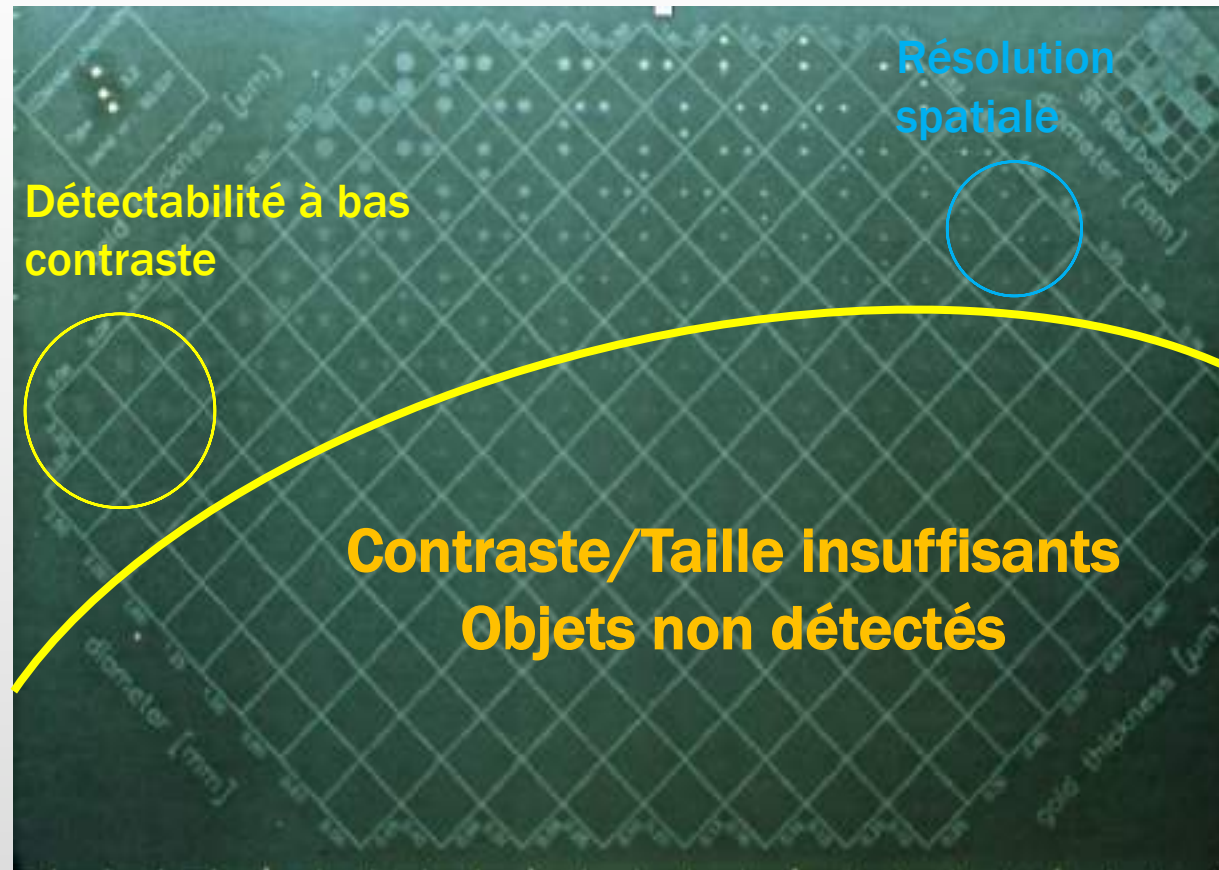
- Détectabilité à bas contraste : en présence de bruit, une haute résolution spatiale ne favorise pas la détectabilité





# Contraste-détail

- Résolution spatiale : à haut contraste la rs limite la détection







# Optimiser : Adapter le protocole à l'indication

- **Préserver la qualité diagnostique de l'examen +++**
- Contrôler la dose en adaptant le protocole à l'indication : requis diagnostiques (visualisation, reproduction critique)
  - **À bas contraste : Limiter le bruit** car c'est le bruit qui va limiter la détectabilité :
    - Lésions bas contraste (méta foie par exemple)
    - Examens à visée parenchymateuse (PdC)
  - **À haut contraste : plus de bruit acceptable avec rapport S/B constant**
    - Lésions (nodules pul., calculs rénaux, polypes colon, ...)
    - Examens vasculaires (PdC)



# Optimiser c'est aussi

- Positionner/Centrer le patient avec rigueur
  - S'assurer qu'il a bien compris le déroulement de l'examen si sa participation est requise (phases respiratoires, ...)
- Limiter les incidences/le nombre de séquences
  - Acquisition bi-phasique possible ?
- Réduire la surface du champ/la longueur explorée
  - $E \text{ (mSv)} = \text{PDS(PDL)} \times F$
- Savoir utiliser les outils de réduction de dose disponibles sur l'installation utilisée



# L'essentiel

- Le bruit varie comme l'inverse de la racine carré de la dose qui est :
  - Proportionnelle aux mAs
    - Dose X 2 et Bruit / 1,4
  - Proportionnelle au carré de la HT
    - kV de 100 kV à 140 kV et Bruit / 1,4
- Le contraste de l'image diminue proportionnellement à l'énergie du faisceau :
  - En augmentant les kV
  - En augmentant la filtration

**Merci pour votre écoute**

# Mettre en œuvre de façon opérationnelle le principe d'optimisation des doses reçues par les personnes exposées

MODULE 4.2

ALAIN NOEL, PHYSICIEN MÉDICAL



**Objectif pédagogique :**  
**Définir le principe d'optimisation**

# Contenu :

- **Facteurs d'influence qualité-dose en fonction des techniques**



# Objectifs

- Être capable de réaliser le juste équilibre entre la qualité de l'image requise et la dose délivrée au patient.
- Décrire les facteurs d'influence Qualité-Dose :
  - En radiologie conventionnelle
  - En scanographie
  - En mammographie
  - En dentaire : Panoramique (OPT) et Tomographie Volumique à Faisceau Conique de la Face (TVFC, HAS) dit « CBCT dentaire »
  - En radiologie interventionnelle (RI) pour les actes simples et intermédiaires réalisés sur table télécommandée





# Prérequis



Maîtriser le fonctionnement d'un dispositif médical pour réaliser une procédure radiologique dans le but de fournir une image permettant la réalisation de l'acte et de connaître les moyens permettant d'optimiser la dose délivrée au patient afin d'assurer sa sécurité et celle de l'utilisateur

**Recommandations**  
relatives à la formation à l'utilisation des dispositifs médicaux  
émetteurs de rayonnements ionisants

**Le matériel est approprié, conforme aux normes, performant et fait l'objet de maintenances préventives et de contrôles de qualité réguliers**



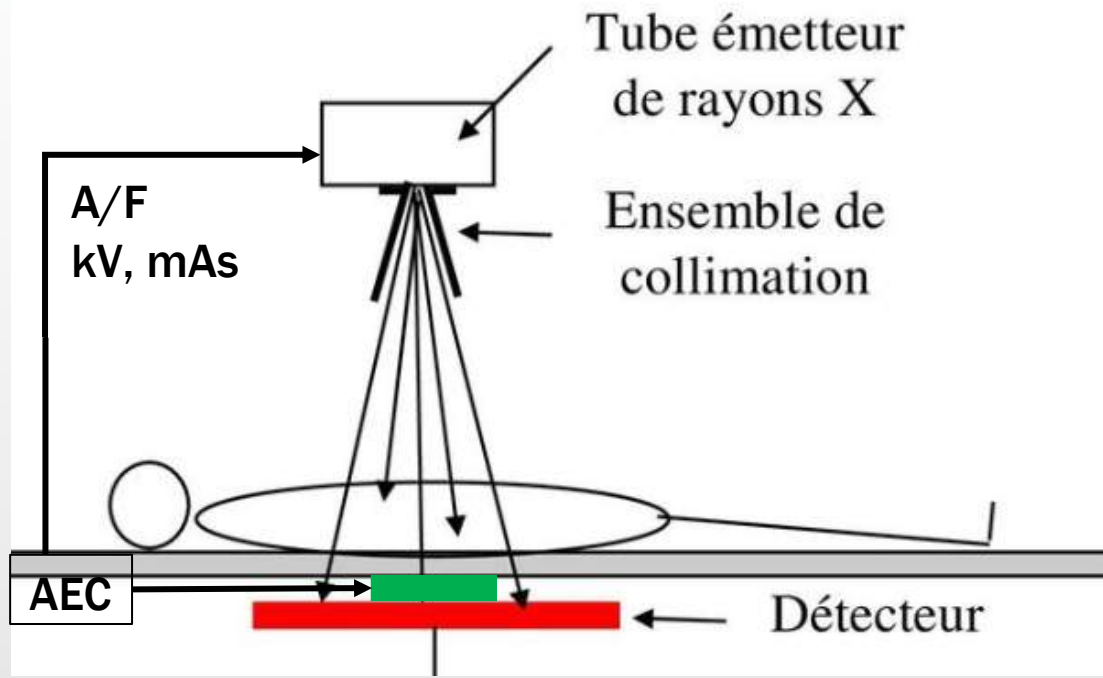
# Introduction

- Les techniques de projection délivrent une distribution de dose très hétérogène :
  - À l'entrée (peau) : dose maximale
  - En profondeur (organes) : décroissance rapide
  - En sortie (détecteur) : faible dose transmise
    - Le niveau de dose au niveau du détecteur est contrôlé par l'exposeur automatique (cellule)
- En scanographie et TVFC de la face (dit CBCT dentaire), la distribution de la dose est beaucoup plus homogène du fait de la rotation du tube autour du patient.
  - Les paramètres techniques d'exposition contrôlent la dose.

# Facteurs d'influence qualité-dose en RC



# Facteurs d'influence qualité-dose en RC

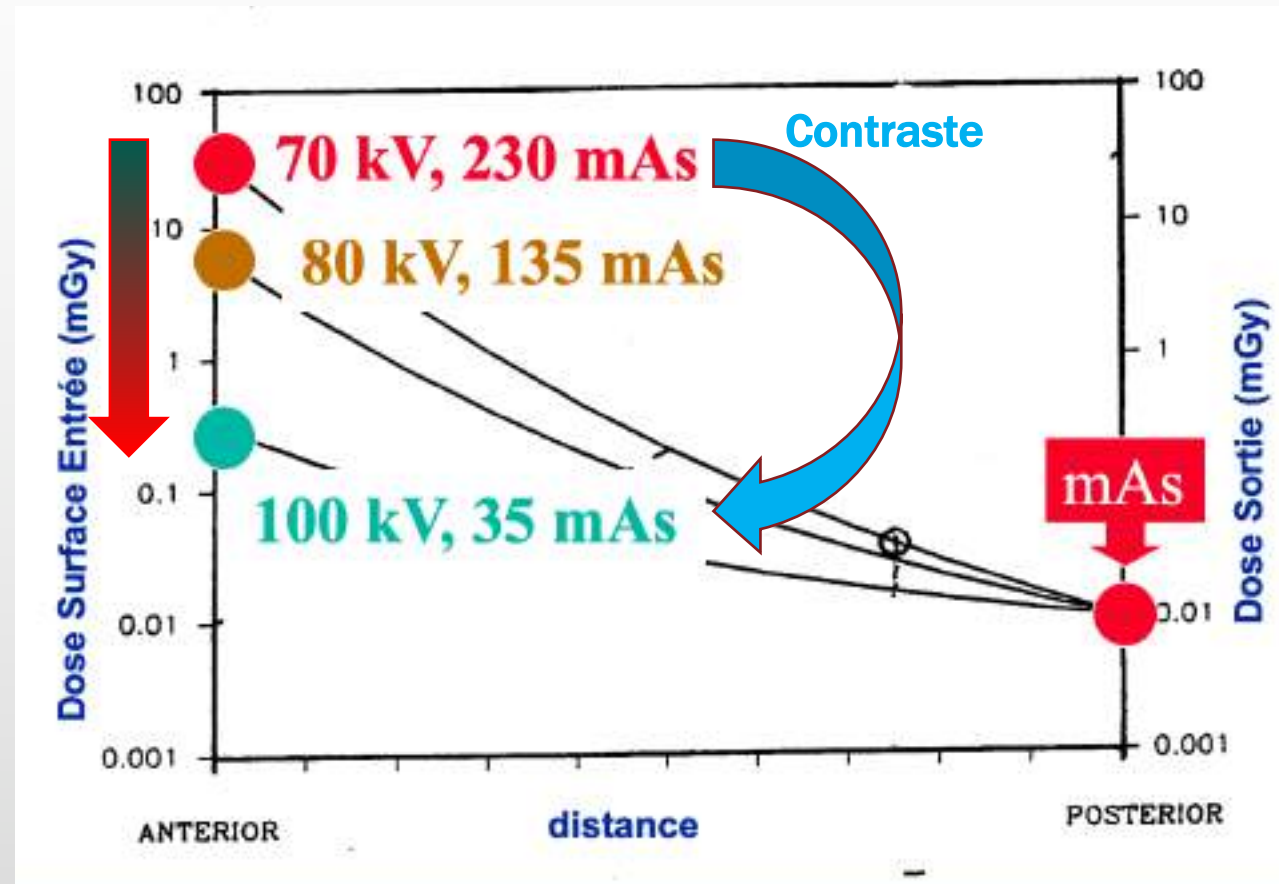




# Facteurs d'influence en RC

kV = énergie : pénétration = f(A/F, kV)

mA = nb photons, s = durée, mAs = nb total photons (dose)



# Facteurs d'influence en RC 1/2

- Positionnement correct du patient
- kV : le plus élevé possible (De diminue avec l'augmentation des kV)  
compatible avec le contraste recherché (diminue avec les kV)
- Filtration additionnelle : augmente l'énergie (durcissement) du faisceau avec diminution de la De et du contraste
- mAs : choix correct AEC
  - Dose est proportionnelle à la charge mAs
  - mA x s : temps d'exposition court pour limiter le flou cinétique
- Limiter le champ d'exposition : diminue le PDS (influence de S en cm<sup>2</sup>)
  - Diaphragmes et cônes localisateurs

## Facteurs d'influence en RC 2/2

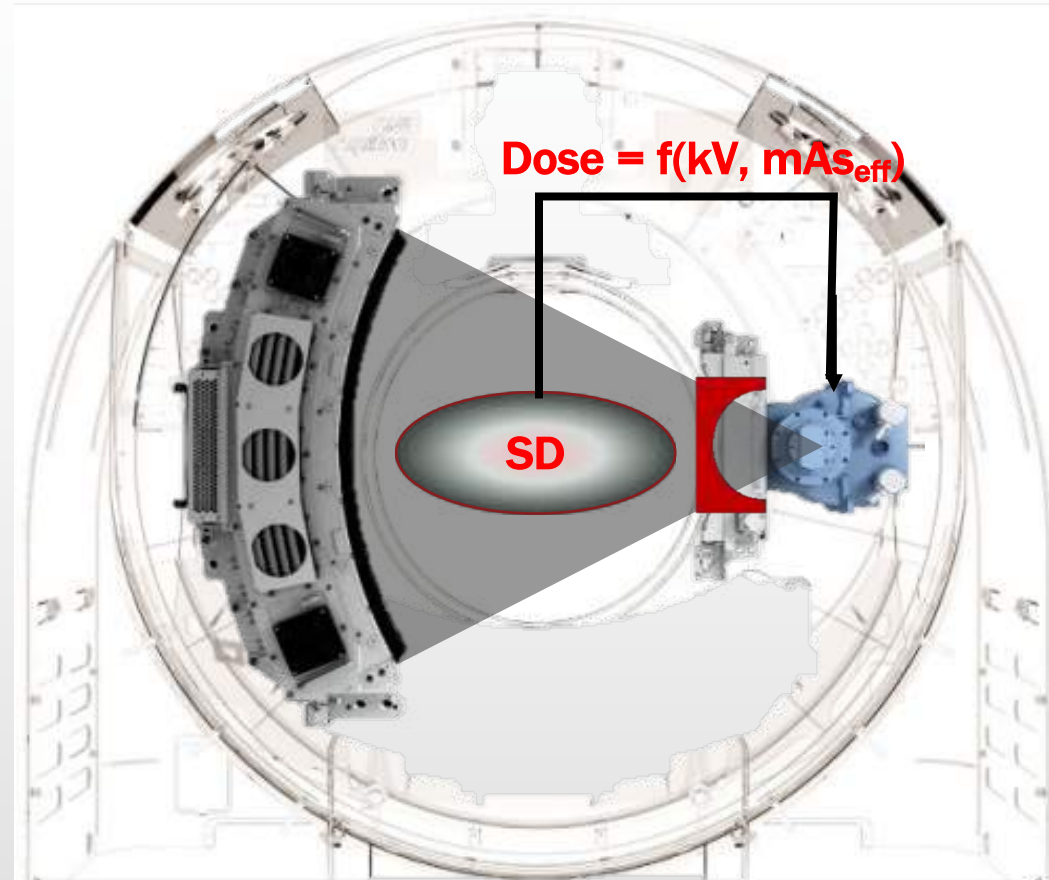
- Compression si possible
- Retirer la grille pour les examens pédiatriques
- Réduire la dose aux organes critiques : cache gonades plombés (à discuter)
- Incidence
  - Limiter le nombre d'incidence
  - Choix de l'incidence
    - PA crâne : limite l'exposition du cristallin
    - PA rachis : limite l'exposition des seins chez la jeune fille

# Facteurs d'influence qualité-dose en CT





# Facteurs d'influence qualité-dose en CT





# Le protocole est adapté à l'indication

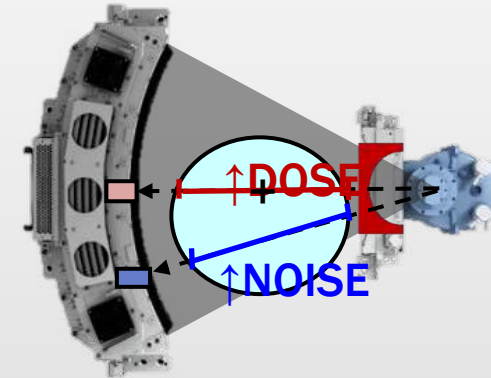
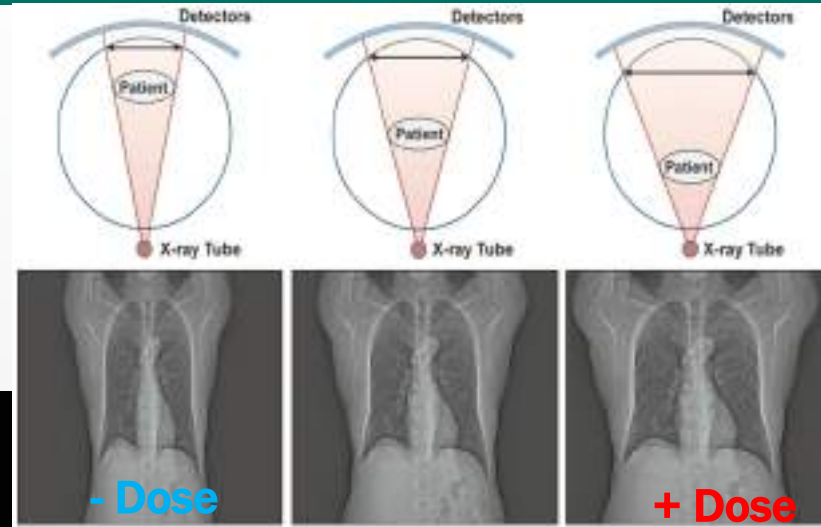
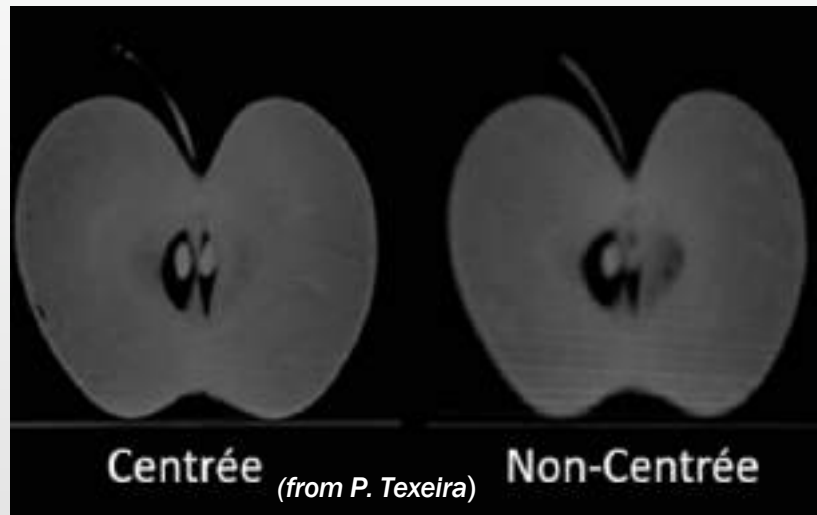
- **Préserver la qualité diagnostique de l'examen +++**
- Pour les phases injectées pas d'augmentation des kV qui diminue le contraste
- Contrôler la dose :
  - Adapter le protocole à l'indication : requis diagnostiques (visualisation, reproduction critique)
    - **À bas contraste** c'est le bruit qui va limiter la détectabilité : **Limiter le bruit**
      - Lésions bas contraste (méta foie par exemple)
      - Examens à visée parenchymateuse (PdC)
    - **À haut contraste** : **plus de bruit acceptable avec rapport S/B constant**
      - Lésions (nodules pul., calculs rénaux, polypes colon, ...)
      - Examens vasculaires (PdC)



# Réduction de la dose

## Attention

Exposition automatique ne fonctionne pas correctement lorsque les patients ne sont pas bien centrés





# Réduction de la dose

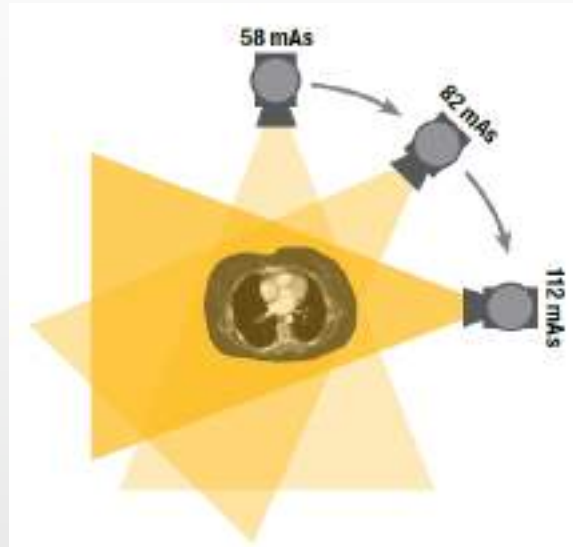
- Couverture en z :  $PDL = f(z)$ 
  - Limiter strictement la longueur explorée
  - Attention aux protocoles multi-phasiques qui ne doivent pas être systématiques
- Overranging : quésako ?
  - Longueur exposée > Longueur explorée : 4 à 6 cm
  - Collimation active : constructeur
  - Proportionnelle à la largeur de collimation et au pitch : utilisateur



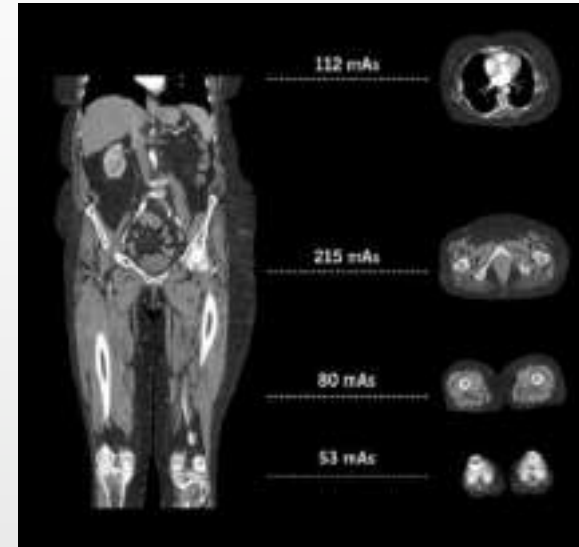


# Réduction de la dose

- Contrôle automatique de l'exposition
  - Modulation des mA en X, Y, Z



Modulation en XY

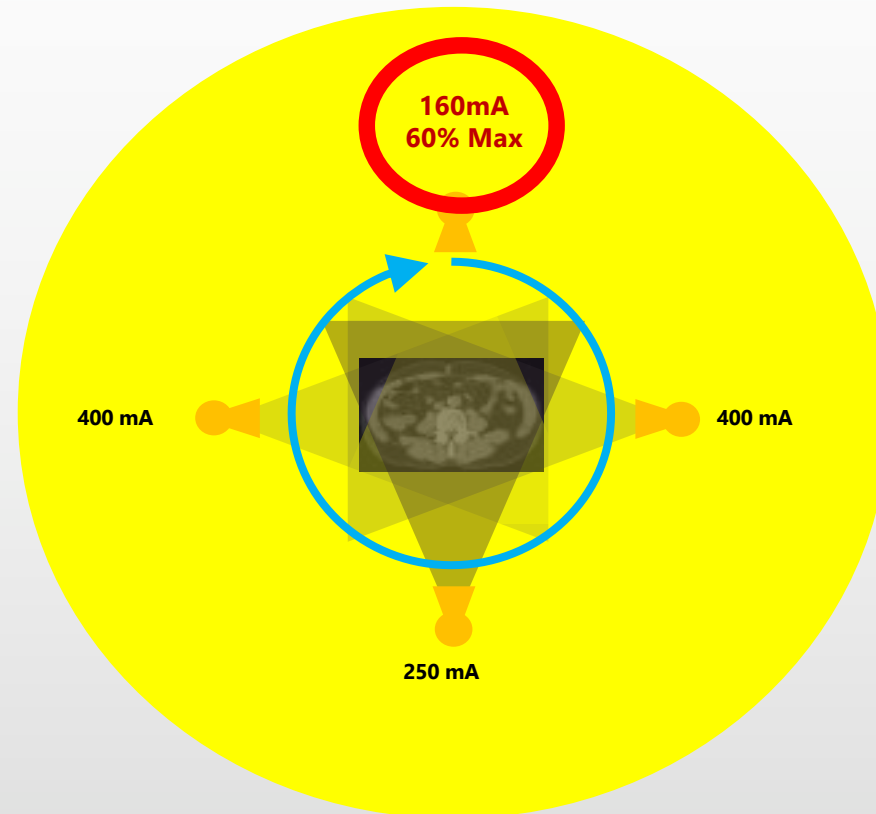


Modulation en Z



# Réduction de la dose

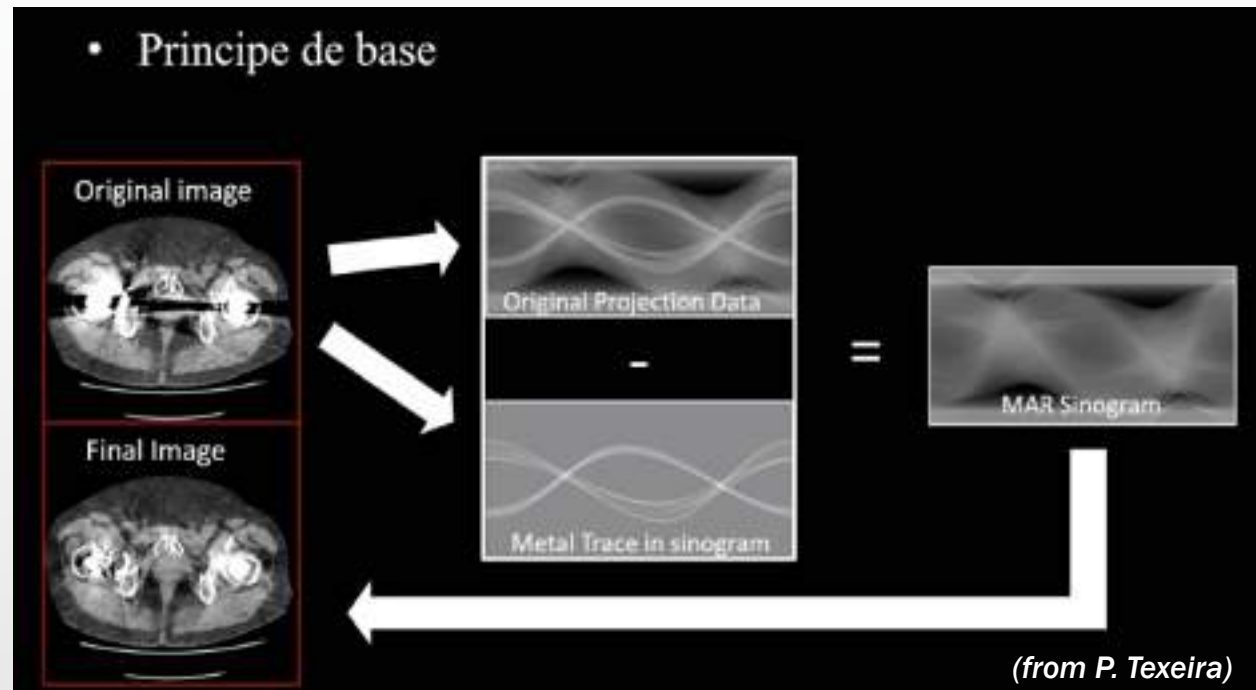
- Modulation de la dose aux organes : ODM





# Réduction de la dose

## Acquisition basse dose en présence de métal

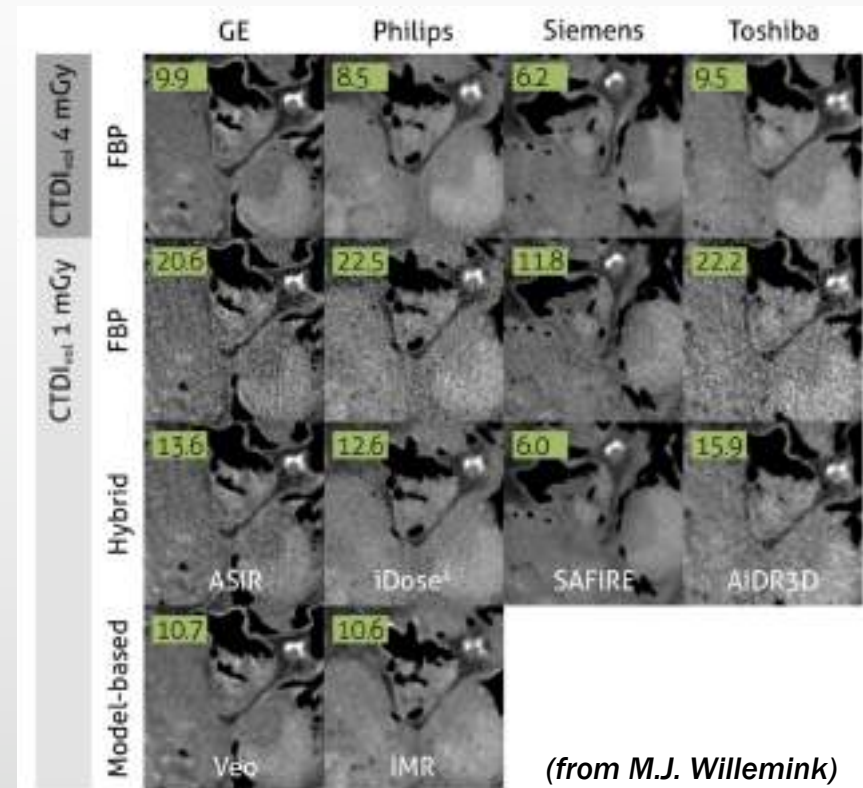




# Reconstruction itérative

## Réduction du bruit

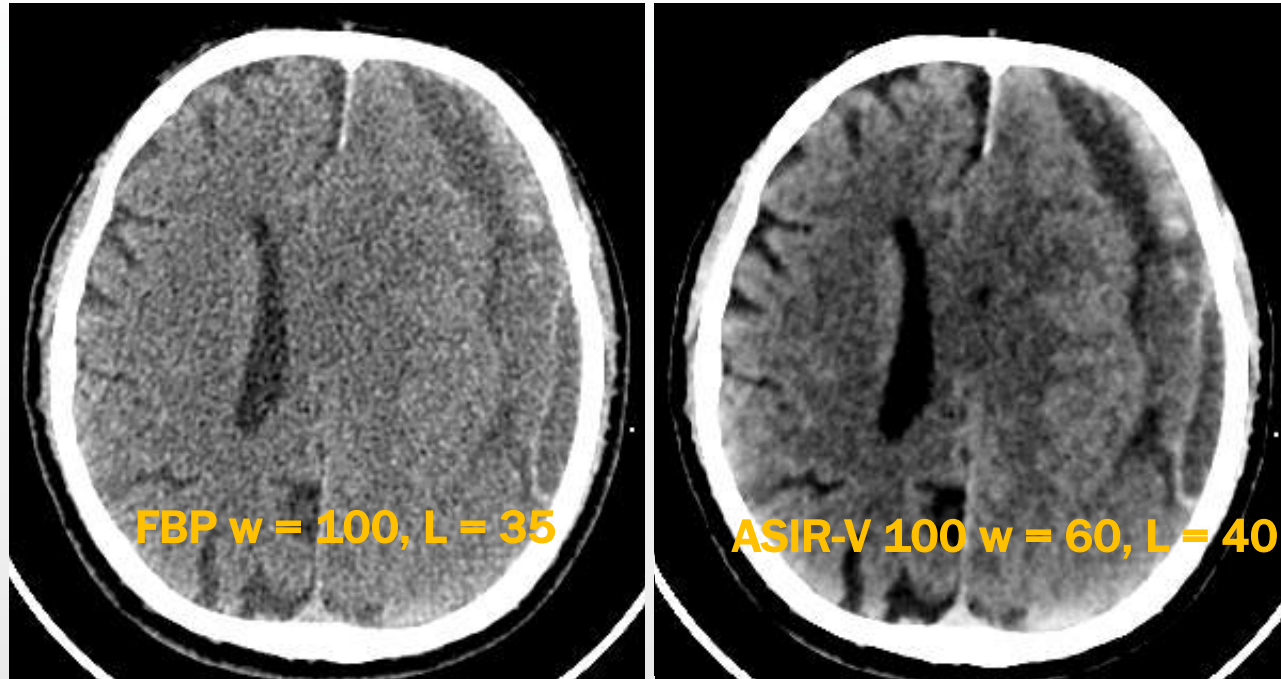
- Contrairement à la rétroprojection filtrée (FBP), la reconstruction itérative est un système non-linéaire :
  - Le bruit ne varie pas linéairement avec la dose comme nous en avons l'habitude avec la FBP
  - Attention pour un fort pourcentage d'itératif, la détectabilité des petits objets à faible contraste peut être altérée du fait d'une dégradation de la résolution spatiale





# Réduction du bruit & Visualisation

Adapter la fenêtre de visualisation avec la reconstruction itérative



**Dr Jean-Marc TREUTENAERE, Scanner de l'Étang de Berre, ISTRES**



# Conclusion

## La réduction de la dose nécessite :

1. Disposer de protocoles spécifiques par indication
2. Limiter l'utilisation des protocoles multi-phasiques
3. Adapter les kV en fonction de la corpulence (IMC) et de l'indication (PdC)
4. Limiter strictement la zone explorée
5. Centrer correctement le patient
6. Utiliser la modulation automatique des mAs (x,y,z)
7. Savoir bien utiliser les fonctionnalités de sa machine
8. Utiliser la reconstruction itérative
9. Adapter la fenêtre de visualisation

# Facteurs d'influence qualité-dose en Mammographie



# Mammographie numérique

- Mammographe
  - Spécifiquement adapté à l'examen du sein
    - Résolution spatiale (foyers, détecteurs)
    - Contraste : faisceau de basse énergie (A/F, kV)
  
- Arrêté du 22/02/2019
  - Seules les installations de mammographie numérique sont autorisés à participer au programme de dépistage



# Mammographie numérique

- Les modalités du CQ (décision 23/11/2012) assurent l'optimisation qualité-dose
  - Qualité image :
    - Bruit & Différence de signal rapportée au bruit,
    - Contraste & Résolution spatiale
    - Score fantôme MTM100 > 55
  - Dose Glandulaire Moyenne

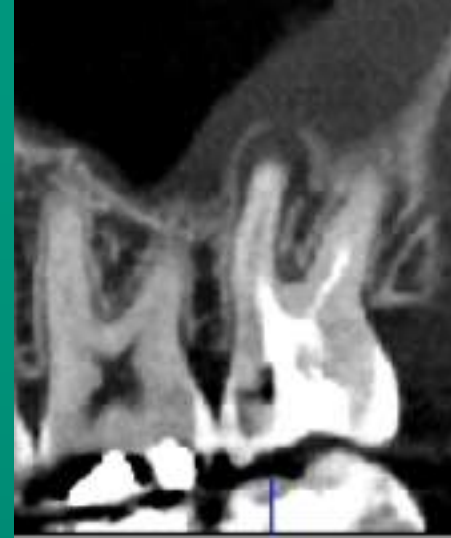
Épaisseur de PMMA (mm)	Épaisseur de sein équivalente (mm)	Dose glandulaire moyenne maximale (mGy)
20	21	1,0
30	32	1,5
40	45	2,0
50	60	2,7
60	75	3,6
70	90	5,1



# L'OPTIMISATION en pratique

- **Positionnement**
- **Compression**
- Le fonctionnement en tout automatique assure une exposition optimisée

PMMA (mm)	Sein (mm)	A/F	kVp	mAs	CDA (mm Al)	Kair (mGy)	g	c	s	<b>DMG (mGy)</b>
20	21	Mo/Mo	27	21,7	0,32	2,03	0,394	0,891	1,000	<b>0,71</b>
30	32	Mo/Mo	28	33,3	0,33	3,51	0,279	0,942	1,000	<b>0,92</b>
40	45	Mo/Mo	28	60,3	0,33	6,58	0,198	1,042	1,000	<b>1,36</b>
45	53	Mo/Rh	29	56,8	0,42	6,01	0,207	1,101	1,017	<b>1,39</b>
50	60	Mo/Rh	29	73,5	0,42	7,96	0,180	1,151	1,017	<b>1,68</b>
60	75	W/Rh	32	92,4	0,55	4,48	0,189	1,217	1,042	<b>1,07</b>
70	90	W/Rh	32	140	0,55	7,06	0,154	1,260	1,042	<b>1,43</b>



## Facteurs d'influence qualité-dose en Dentaire : OPT et TVFC (CBCT dentaire)



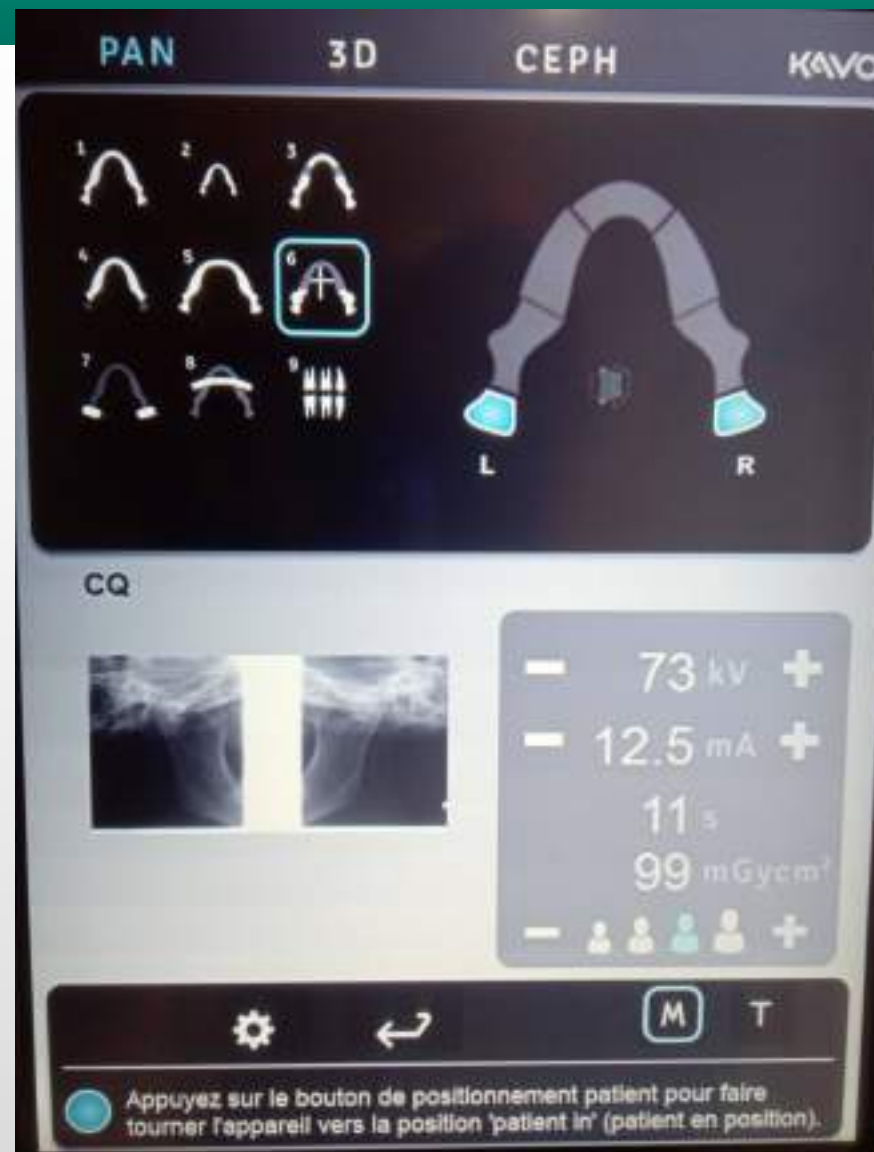
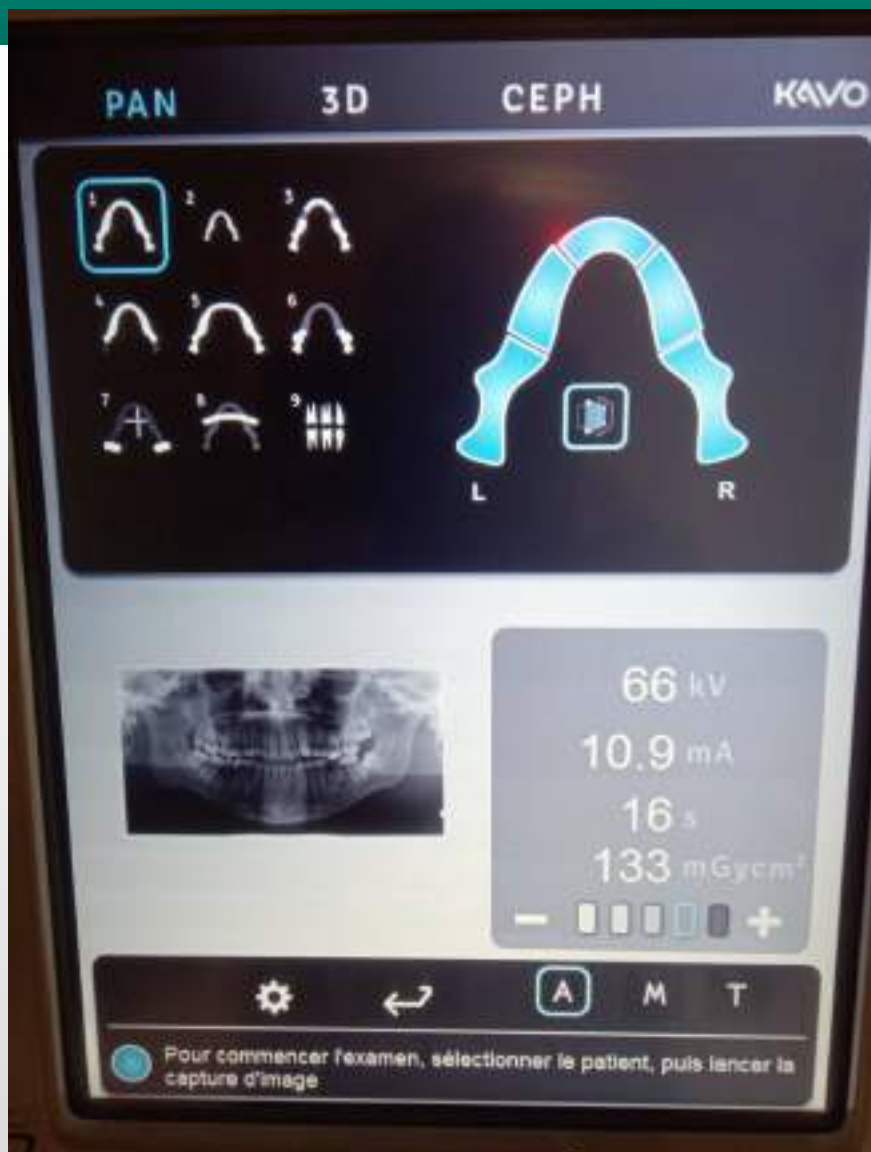
# Facteurs d'influence qualité-dose en Dentaire : OPT

- Positionnement +++
- Limiter le champ d'acquisition en fonction de l'indication (si disponible : symphyse mandibulaire, ATM, ½ mâchoire ou l'ensemble, sinus, ...)
- Ajuster les kV, mA et temps d'exposition
  - En fonction de la corpulence
  - Pour les enfants





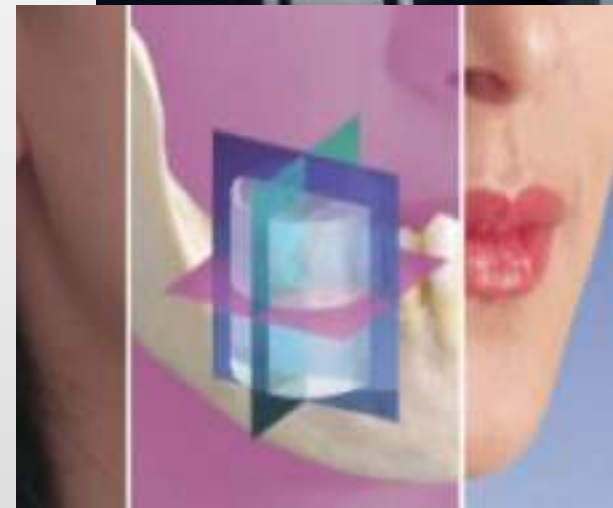
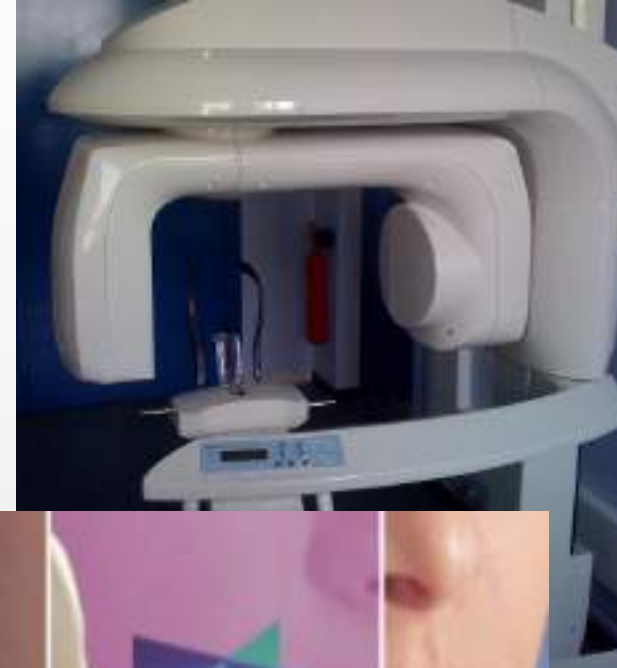
# Un exemple





# Facteurs d'influence qualité-dose en Dentaire : CBCT

1. Positionnement +++
2. Choix du protocole en fonction de la zone anatomique
  1. Choix du champ de vue
3. Variation des paramètres d'exposition selon la corpulence: kV, mA, temps de rotation,
4. Plusieurs niveaux de dose
  1. Faible dose, standard, résolution ...
5. Adaptation du protocole adulte/enfant





# Un exemple



# Facteurs d'influence qualité-dose en RI

# Radiologie interventionnelle

- Procédures interventionnelles radioguidées :
  - Ensemble des actes médicaux invasifs ayant pour but le diagnostic et/ou le traitement d'une pathologie et réalisés sous guidage et sous contrôle d'un moyen d'imagerie à rayons X
- Spécificité :
  - Utilisation de la scopie
  - Patient et Opérateur sont exposés
- Actes simples et intermédiaires réalisés sur TC et CT



# Actes simples & intermédiaires

## Une grande diversité d'actes

Nature des gestes	Vasculaires et thorax	Digestifs	Urinaire et génital	Os
<p><b>Actes simples</b></p> <p>Type 1</p> <p>Faits par tout radiologue polyvalent</p>	<p>Phlébographie</p>	<p>Ponction diagnostique</p> <p>Mise en place sonde nasogastrique/jéjunale, colique</p> <p>Désinvagination intestinale de l'enfant</p>	<p>Ponction diagnostique produit contraste</p> <p>Opacification tubaire</p> <p>Galactographie</p> <p>Cytoponction, microbiopsie, macrobiopsie, biopsie</p> <p>exérèse monobloc sous guidage</p> <p>Pose de repères sur guide (sein)</p>	<p>Arthrographie, arthroscanner ou IRM</p> <p>Injection intra-articulaire thérapeutique</p> <p>Myélographie/scanner discographie/scanner</p> <p>Infiltration médicamenteuse ou destruction racines nerveuses</p>
<p><b>Actes intermédiaires</b></p> <p>Type 2</p> <p>Faits dans une structure de RI intégrée au plateau technique d'imagerie, adossée à un ETS MCO</p>	<p>Artériographie</p> <p>Lymphographie</p> <p>Angioplasties</p> <p>Endoprothèses</p> <p>Embolisations</p> <p>Endoprothèses non couvertes vaisseaux périphériques</p> <p>Chimioembolisation</p> <p>Thrombectomies</p> <p>Filtre-cave</p> <p>Extraction corps étrangers</p> <p>Cathéters centraux avec chambres implantables ou non</p> <p>Thermoablation des cancers du poumon</p>	<p>Gastrostomie, jéjunostomie</p> <p>Dilatation endoprothèse</p> <p>Extraction CE</p> <p>Tous les autres gestes sur les voies biliaires et pancréatiques</p> <p>Thermoablation des cancers du foie</p>	<p>Dilatation voies urinaires</p> <p>Endoprothèse</p> <p>Ablation JJ</p> <p>Retrait CE</p> <p>Embolisation urétérale, ballonnets endo-urétéraux</p> <p>Néphrostomie</p> <p>Drainage collection sclérose NLPC</p> <p>Cathéter pour DP</p> <p>Reperméabilisation /occlusion tubaire</p> <p>Embolisation hémorragies post-partum</p> <p>Radiofréquence, cryo-ablation tumeurs du sein</p> <p>Thermoablation des cancers du rein</p>	<p>Cimentoplastie</p> <p>Vertébroplasties</p> <p>Thermoablation des tumeurs osseuses</p>

# Facteurs d'influence qualité-Dose en RI

- Réduire le débit du tube et limiter le temps de scopie diminue l'exposition du patient et de l'opérateur
  - Sélection du mode scopie le moins exposant : scopie pulsée et nombre pulses/s
  - Limiter le temps de scopie : dose
  - Diaphragmer : PDS
- Limiter l'utilisation de la graphie beaucoup plus exposante/scopie

**Merci pour votre écoute**



# Mettre en œuvre de façon opérationnelle le principe d'optimisation des doses reçues par les personnes exposées

MODULE 4.3

ALAIN NOEL, PHYSICIEN MÉDICAL



**Objectif pédagogique :**  
**Appliquer le principe d'optimisation**

## **Contenu :**

- **Connaissances des procédures et des doses délivrées**
- **Vigilances particulières**



# Objectifs

- Être capable de
  - Utiliser le guide des procédures radiologiques
  - Identifier les protocoles locaux
  - Adapter les protocoles locaux à la morphologie
  - Citer les ordres de grandeurs des doses délivrées lors des examens les plus courants

# Guide des procédures radiologique (GPR)



# GPR de la SFR



## LES PROCÉDURES RADIOLOGIQUES : CRITÈRES DE QUALITÉ & OPTIMISATION DES DOSES

Transposition de la Directive Euratom 97/43, réalisée par la

Société Française de Radiologie et l'Institut de Radioprotection et Sécurité Nucléaire

utilisez les boutons ci-dessus pour votre recherche instantanée

ou

téléchargez le fichier compressé contenant les fiches de procédures au format .pdf :

[radiographie](#)

[scanner](#)

[radiopédiatrie](#)

[vasculaire & interventionnel](#)

Tous les nouvelles obligations légales commentées :

[La nouvelle législation en radioprotection](#)

[contributeurs](#)

site réalisé par Y-S Cordoliani



# GPR Odontostomatologie

**Guide des indications et des procédures**  
**des examens radiologiques en odontostomatologie**

*Recommandations pour les professionnels de santé*

(Code de la Santé Publique,

Livre I<sup>er</sup> - Protection générale de la santé publique

Titre I<sup>er</sup> - Mesures sanitaires générales, Chapitre V-I - Des rayonnements ionisants

Section 6 - Protection des personnes exposées à des rayonnements ionisants  
à des fins médicales ou médico-légales,

Sous-section 3 - Dispositions diverses, **Articles R 1333-70 à R1333-72**)

1<sup>ère</sup> édition - Mai 2006



# Guide des procédures radiologiques (GPR)

- Les objectifs de l'utilisation de protocoles standardisés sont
  - D'appliquer les règles de bonnes pratiques
  - De les faire connaître et partager par tous les utilisateurs
  - D'avoir documenté le niveau d'exposition juste suffisant permettant d'obtenir l'information médicale requise
  - D'avoir mesuré et analysé les NRD pour les examens les plus courants
  - D'identifier les paramètres d'optimisation afin d'engager et poursuivre une démarche continue d'amélioration de la qualité
- Limitations : difficulté de mise à jour régulière





# Guide des procédures radiologiques (GPR)

- Pour aller plus loin sur l'engagement pour la radioprotection des patients et l'amélioration des pratiques, des procédures, ressources pédagogiques, conseils et astuces peuvent être trouvés sur les sites suivants :
  - [eurosafeimaging.org](https://eurosafeimaging.org) : adultes et pédiatrie
  - [imagewisely.org](https://imagewisely.org) : adultes
  - [Imagegently.org](https://imagegently.org) : pédiatrie
  - [rpop.iaea.org](https://rpop.iaea.org)

**Dose pour les examens les plus fréquents : NRD et VGD**



# Objectifs Dosimétriques

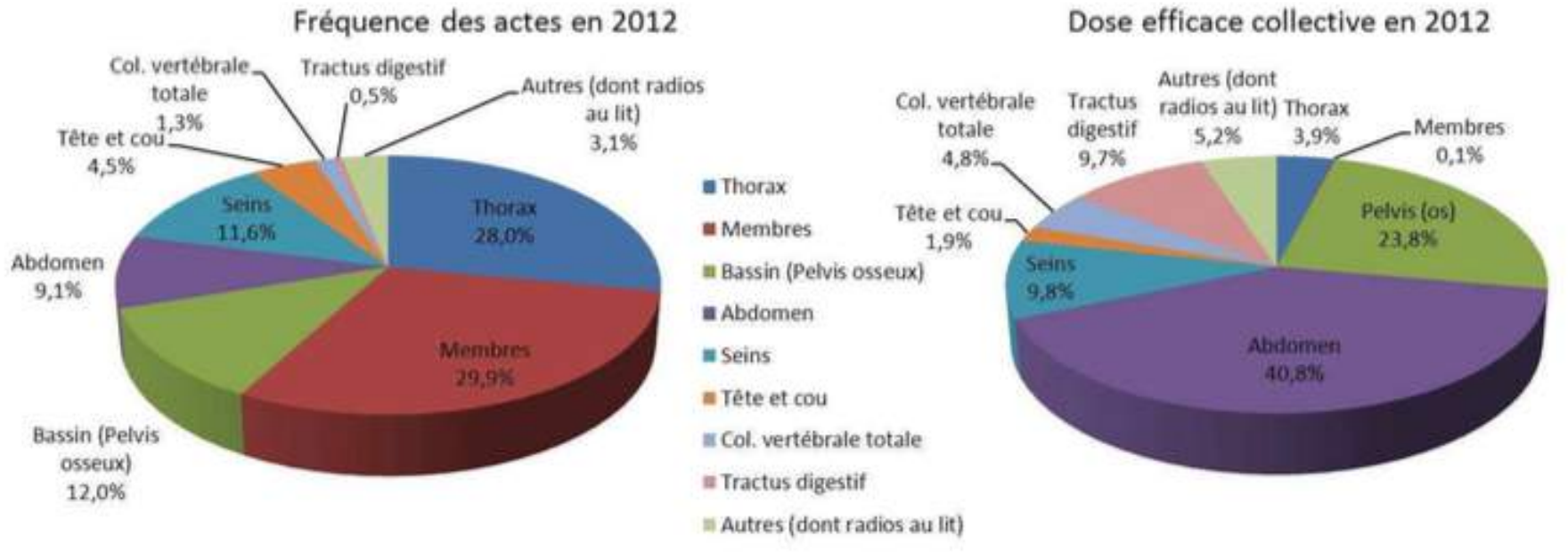
- L'analyse par l'IRSN des doses délivrées en radiologie est une aide précieuse pour situer sa pratique (vos protocoles locaux) et aider à la démarche d'optimisation permettant de **se fixer des objectifs dosimétriques** ambitieux mais réalistes de réduction de dose
- **Objectifs dosimétriques**
  - Dépasser le NRD signifie que le protocole n'est pas optimisé
  - Respecter le NRD n'est pas le gage d'un examen bien optimisé
  - Viser la VGD (objectif) permet d'améliorer de façon continue la qualité et de se rapprocher d'un protocole bien optimisé

# Doses en radiologie adulte



# Doses en Radiologie\*

**0,6 mSv/an/individu exposé**



\**IRSN – Exposition médicale aux RI en 2012*



# Bilan IRSN 2013-2015

Type d'examen	N 2015 (2013-2015)	Poids moyen (kg)	PDS (cGy.cm <sup>2</sup> )			Rapport (75°/25°)	% NRD	> NRD	Variation
			NRD	75°	50°				
Thorax de face (PA)	564 (1576)	70,5	25	20,2	14,8	2,14	-19 %	9,9 %	-18 %
Thorax de profil	226 (614)	70,8	100	59,8	45,1	1,98	-40 %	1,3 %	-16 %
Abdomen sans préparation	167 (488)	70,9	700	374	283	2,15	-47 %	1,8 %	-8 %
Bassin de face (AP)	460 (1357)	70,7	700	425	313	1,82	-39 %	2,2 %	-8 %
Hanche (face ou profil)	191 (505)	71,2	300	149	106	2,01	-50 %	0,5 %	-16 %
Rachis cervical (face ou profil)	199 (645)	69,6	75	39,0	27,6	2,10	-48 %	1,0 %	-6 %
Rachis dorsal de face	118 (313)	69,8	175	108	81	1,70	-38 %	0 %	-2 %
Rachis dorsal de profil	55 (142)	70,3	275	130	93	2,10	-53 %	0 %	-29 %
Rachis lombaire de face	287 (877)	70,1	450	282	222	1,82	-37 %	1,4 %	-22 %
Rachis lombaire de profil	149 (476)	71,7	800	425	295	2,11	-47 %	1,3 %	-21 %
Orthopantomographie	50 (137)	-	20	13,4	11	2,11	-32 %	0 %	+6 %



# NRD 2019

Tableau 2.1. – NRD et VGD, en termes de PDS, en radiologie et orthopantomographie chez l'adulte et pour une incidence unique (une acquisition)

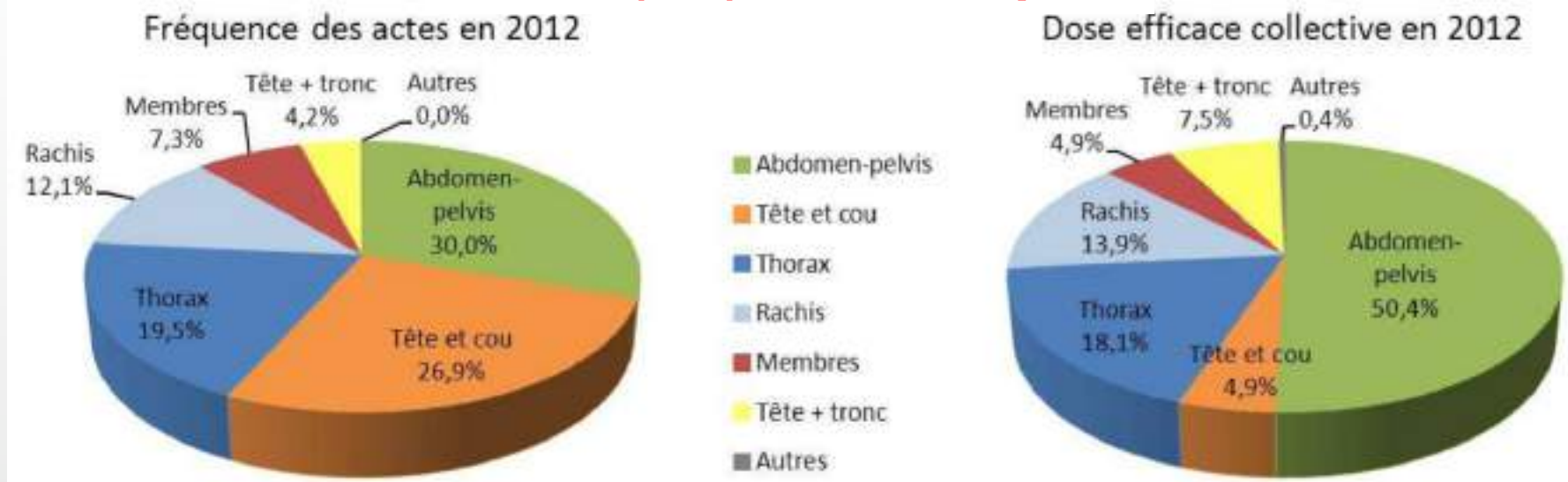
Actes	Niveau de référence diagnostique (mGy.cm <sup>2</sup> )	Valeur guide diagnostique (mGy.cm <sup>2</sup> )
Thorax de face (postéro-anérieur)	200	150
Thorax de profil	550	400
Abdomen sans préparation	3 400	2 300
Bassin de face (antéro-postérieur)	3 800	2 750
Hanche	1 350	950
Rachis cervical	400	250
Rachis dorsal de face	1 000	750
Rachis dorsal de profil	1 150	900
Rachis lombaire de face	2 700	1 950
Rachis lombaire de profil	3 900	2 650
Orthopantomographie	150	100

# Doses en scanographie : Adulte



# Exposition en scanographie\*

**2,4 mSv/an/individu exposé**



\*IRSN – Exposition médicale aux RI en 2012



# Bilan IRSN 2013-2015

Type d'examen	N 2015 (2013-2015)	Poids moyen (kg)	IDV (n. Gy)		Rapport (75°/25°)	% NRD	> NRD	Variation	
			NRD	75°					50°
Encéphale	369 (1168)	-	65	46,3	40,5	1,26	-29 %	0,3 %	-12 %
Thorax	329 (906)	72,3	15	9,2	7,6	1,58	-39 %	0,6 %	-19 %
Thorax-abdomen-pelvis	177 (533)	71,1	20	11,3	10,0	1,38	-44 %	0 %	-21 %
Abdomen-pelvis	304 (877)	72,2	17	12,8	11,2	1,42	-25 %	1,6 %	-14 %
Rachis lombaire	289 (822)	72,9	45	29,7	25,1	1,41	-34 %	0,3 %	-11 %

Type d'examen	N 2015 (2013-2015)	Poids moyen (kg)	PDL (mGy.cm)		Rapport (75°/25°)	% NRD	> NRD	Variation	
			NRD	75°					50°
Encéphale	371 (1185)	-	1050	834	745	1,27	-21 %	1,9 %	-9 %
Thorax	335 (925)	72,2	475	344	285	1,48	-28 %	2,1 %	-17 %
Thorax-abdomen-pelvis	180 (552)	70,9	1000	771	680	1,32	-23 %	5,6 %	-19 %
Abdomen-pelvis	308 (895)	72,0	800	641	541	1,36	-20 %	3,9 %	-10 %
Rachis lombaire	295 (843)	73,0	700	762	661	1,38	+9 %	35,6 %	-8 %



# NRD 2019

Tableau 3.1. – NRD et VGD en scanographie chez l'adulte pour une acquisition

Actes	Niveau de référence diagnostique		Valeur guide diagnostique	
	IDSV (mGy)	PDL (mGy.cm)	IDSV (mGy)	PDL (mGy.cm)
Encéphale	46	850	40	725
Sinus de la face	14	250	*	*
Thorax	9,5	350	7,5	275
Thorax-abdomen	11	550	9,5	475
Abdomen-pelvis	13	625	11	525
Thorax-abdomen-pelvis	11	750	9,5	650
Cœur (synchronisation prospective à l'électrocardiogramme (ECG) )	26	375	18	325
Cœur (synchronisation rétrospective à l'ECG)	44	875	30	550
Rachis lombaire	28	725	23	625

\* Pas de VGD pour ces actes

# Doses en mammographie



# Bilan IRSN 2013-2015 & NRD

Type d'examen	N	DMG / De (mGy)			Rapport (75°/25°)	% NRD	> NRD	Variation
		NRD	75°	50°				
Mammographie numérique (DMG)	649	1,8	1,54	1,32	1,41	-14 %	6,6 %	-8 %
Mammographie analogique (De)	28	8	7,0	5,86	1,32	-12 %	11 %	+12 %

Tableau 2.3. – NRD et VGD, en termes de DMG déterminée pour une épaisseur équivalente de sein de 45 mm, en mammographie

Acte	Niveau de référence diagnostique (DMG en mGy)	Valeur guide diagnostique (DMG en mGy)
Mammographie numérique	1,6	1,3

# Doses en radiologie dentaire

# Doses habituelles en radiologie dentaire

## Quelles sont les doses habituellement délivrées en radiologie dentaire ?

Les valeurs moyennes issues d'études nationales donnent ces fourchettes :

- dose à l'entrée de 1 à 8 mGy pour un cliché intra-buccal ;
- PDS de 60 à 140 mGy.cm<sup>2</sup> pour un panoramique ;
- dose à l'entrée de 1 à 7 mGy pour un cliché céphalométrique [UNSCEAR 2000].

Les doses efficaces sont :

- 1 à 8  $\mu$ Sv pour un cliché intra-buccal ;
- 4 à 30  $\mu$ Sv pour un panoramique ;
- 2 à 3  $\mu$ Sv pour une étude céphalométrique.

**Tableau 1. Dose efficace et modalités d'imagerie dento-maxillo-faciale (EC, 2012) [7].**

Modalité d'imagerie	Dose efficace ( $\mu$ Sv)
Radiographie intra-orale	< 1,5
Radiographie panoramique	2,7–24,3
CBCT petit champ	11–674 (médiane : 61)
CBCT grand champ	30–1073 (médiane : 87)
CT-scan maxillo-mandibulaire	280–1410

*D'après M Schmttbuhl, D Turgeon, D Matenine, JF Matern*

**Tableau 2.1. – NRD et VGD, en termes de PDS, en radiologie et orthopantomographie chez l'adulte et pour une incidence unique (une acquisition)**

Actes	Niveau de référence diagnostique (mGy.cm <sup>2</sup> )	Valeur guide diagnostique (mGy.cm <sup>2</sup> )
Orthopantomographie	150	100

# Vigilances particulières



# Pédiatrie



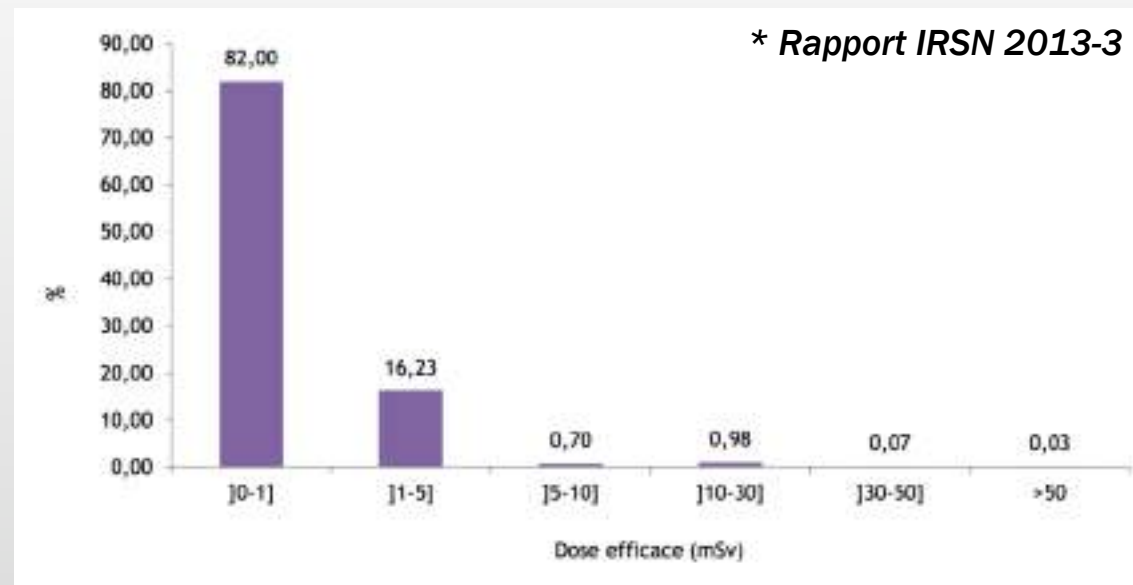
# Pédiatrie

- Le risque est plus élevé chez l'enfant et diminue ensuite avec l'âge tout au long de la vie
  - **Multiples facteurs :**
    - Volume plus petit
    - Tissus plus fragiles
      - Proportion de cellules jeunes plus importante
      - Organisme en croissance
    - Espérance de vie plus longue

Age group (years)	Multiplication factor for risk
<10	x 3
10-20	x 2
20-30	x 1.5
30-50	x 0.5
50-80	x 0.3
80+	Negligible risk

# Pédiatrie

- Pour plus de 80% des actes  $E < 1 \text{ mSv}^*$ 
  - RD :
    - $< 5 \text{ ans}$  : Thorax et Pelvis
    - $> 5 \text{ ans}$  : Membres et Dentaire intrabuccale
  - CT :
    - $< 10 \text{ ans}$  : Tête & Cou et Thorax
    - $> 10 \text{ ans}$  : Tête & Cou, Thorax et AP





# Pédiatrie

- Utiliser des procédures spécifiques
  - Sélectionner les paramètres techniques avec encore plus de rigueur
    - En particulier kV et mAs adaptés
    - Est-il possible de retirer la grille anti-diffusion ?
- Porter une attention particulière
  - Aux moyens de contention/compression à utiliser
  - À l'utilisation possible de moyens de protection pour :
    - Les gonades
      - Attention au risque d'interférence de la protection des ovaires chez la petite fille avec l'exposeur automatique !
    - Les organes superficiels : seins, cristallin, thyroïde

# Dose en radiologie : Pédiatrie



# Bilan IRSN 2013-2015

Type d'examen	Classe de poids (âge indicatif)	N	Poids (kg)			PDS (cGy.cm <sup>2</sup> )				
			moy	min	max	NRD	75°	50°	75°/25°	> NRD
Thorax AP	3,5 kg (NN)	5	3,8	3,3	4,3	1	1,1	0,8	1,89	40%
	10 kg (1 an)	49	10,4	8,7	12,0	2	2,5	1,6	2,42	41%
	20 kg (5 ans)	27	18,6	16,0	20,0	5	4,9	3,1	2,37	26%
	30 kg (10 ans)	4	30,7	29,8	33,4	7	3,0	2,0	1,98	0%
Pelvis AP	10 kg (1 an)	30	7,1	6,2	8,8	3	3,6	2,4	3,47	37%
	20 kg (5 ans)	7	20,1	16,5	23,6	20	17,7	6,3	4,83	14%
	30 kg (10 ans)	3	29,0	27,4	30,4	40	29,2	20,8	1,79	0%
ASP	20 kg (5 ans)	4	19,4	18,6	19,8	30	24,5	21,9	1,29	25%
	30 kg (10 ans)	4	30,3	29,2	32,2	70	44,3	35,6	1,68	0%



# NRD 2019

Tableau 2.2a. – NRD, en termes de PDS, en radiologie pédiatrique pour une incidence unique (une acquisition)

Actes	Catégorie de poids (kg)	Age indicatif	Niveau de référence diagnostique (PDS en mGy.cm <sup>2</sup> )
Thorax de face (antéro-postérieur)	3 - <5	0 - 1 mois	9
Thorax de face (antéro-postérieur)	5 - <10	1 mois - 1 an	13
Thorax de face (postéro-antérieur)	10 - <20	1 an - 5 ans	19
Thorax de face (postéro-antérieur)	20 - <30	5 ans - 10 ans	35
Bassin (antéro-postérieur)	15 - <25	4 - 8 ans	120
Bassin (antéro-postérieur)	35 - <50	12 - 18 ans	510
Abdomen sans préparation	3 - <6	0 - 3 mois	20
Abdomen sans préparation	6 - <20	3 mois - 5 ans	80
Abdomen sans préparation	20 - <30	5 - 10 ans	280
Rachis en totalité, une incidence de face (hors technologie chambre à fil)	30 - <50	10 - 18 ans	800



# NRD 2019

Tableau 2.2b. – NRD, en termes de PDS, en radiologie pédiatrique pour un acte complet (l'acte complet comprend l'ensemble des acquisitions réalisées en radiographie et radioscopie)

Actes	Catégorie de poids (kg)	Age indicatif	Niveau de référence diagnostique (PDS en mGy.cm <sup>2</sup> )
Cystographie rétrograde	3 - <10	0 - 1 an	550
Cystographie rétrograde	10 - <20	1 - 5 ans	1 000
Transit oeso-gastro-duodéal (TOGD)	3 - <15	0 - 3 ans	150
Lavement opaque	3 - <5	0 - 1 mois	300
Lavement opaque	5 - <20	1 mois - 5 ans	400
Rachis en totalité, deux incidences (technologie chambre à fils)	30 - <50	10 - 18 ans	850

**Nouveau**





# Dose en scanographie : Pédiatrie



# Bilan IRSN 2013-2015

Type d'examen	Classe de poids (âge indicatif)	N	Poids (kg)			IDSV (mGy)					PDL (mGy)				
			moy	min	max	NRD	75*	50*	75*/25*	> NRD	NRD	75*	50*	75*/25*	> NRD
Encéphale	10 kg (1 an)	10	-	-	-	30	22,9	21,1	1,17	0%	420	392	376	1,16	0%
	20 kg (5 ans)	16	-	-	-	40	28,0	25,6	1,28	6,3%	600	521	461	1,26	19%
	30 kg (10 ans)	3	-	-	-	50	-	-	-	-	900	-	-	-	-
Rochers	10 kg (1 an)	1	-	-	-	45	-	-	-	-	160	-	-	-	-
	20 kg (5 ans)	2	-	-	-	70	-	-	-	-	280	-	-	-	-
	30 kg (10 ans)	2	-	-	-	85	-	-	-	-	340	-	-	-	-
Thorax	10 kg (1 an)	6	9,9	9	10,7	3	1,03	0,94	1,21	0%	30	20,5	19,3	1,22	17%
	20 kg (5 ans)	7	19,5	18,1	20,7	4	2,37	1,71	1,98	0%	65	60,5	49,2	1,96	29%
	30 kg (10 ans)	5	29,1	27,1	30,6	5	2,21	2,12	1,21	0%	140	69,8	60,6	1,17	0%
Abdomen-pelvis	10 kg (1 an)	1	-	-	-	4	-	-	-	-	80	-	-	-	-
	20 kg (5 ans)	2	-	-	-	5	-	-	-	-	120	-	-	-	-
	30 kg (10 ans)	1	-	-	-	7	-	-	-	-	245	-	-	-	-



# NRD 2019

Tableau 3.2. – NRD en scanographie pédiatrique, selon les catégories de poids (kg), pour une acquisition. L'âge est donné à titre indicatif.

Actes	0 à <10 kg (0 à 1 an)		10 à <20 kg (1 à 5 ans)		20 à <30 kg (5 à 10 ans)		30 à <50 kg (10 à 18 ans)	
	IDSV (mGy)	PDL (mGy.cm)	IDSV (mGy)	PDL (mGy.cm)	IDSV (mGy)	PDL (mGy.cm)	IDSV (mGy)	PDL (mGy.cm)
Encéphale	20	320	22	360	26	470	*	*
Rochers	*	*	43	240	51	330	*	*
Thorax	1,1	20	1,3	26	1,4	40	*	*
Abdomen-pelvis	*	*	2	65	2,5	95	4	180

\* Pas de NRD pour ces actes

- **Femme en âge de procréer**
- **Femme enceinte**

# Femme en âge de procréer

- Toujours garder à l'esprit qu'une femme en âge de procréer peut ignorer son état de grossesse au moment de l'examen
  - Le seuil de 100 mSv pour le risque tératogène ne peut être atteint qu'en scanographie
  - Renforcement nécessaire de l'optimisation en privilégiant la réduction de dose sans toutefois prendre le risque de ne pas obtenir la qualité diagnostique requise
- Avoir rédigé une procédure sur la recherche et la prise en compte de l'état de grossesse des patientes

# Femme en âge de procréer

- Une **grossesse est possible**
  - Justification
  - Optimisation
  - Rôle primordial de la procédure de recherche de l'état de grossesse des patientes et de l'affichage dans les cabines de déshabillage

# Femme en âge de procréer

- L'état de **grossesse est connue**
  - Justification +++
  - Optimisation
    - Puis-je accepter une réduction de dose supplémentaire au détriment d'un examen plus bruité ?
    - Puis-je réduire le nombre d'incidences/séquences ?
    - Est-ce que je peux encore plus strictement limiter la surface/longueur explorée ?
  - Expliquer le Bénéfice/Risque

# Femme en âge de procréer

- **Grossesse ignorée**
  - Non exceptionnel
  - Le risque tératogène ne peut exister que si l'embryon/foetus est situé directement dans la zone explorée
  - Évaluer la dose à l'embryon/foetus
  - Rassurer/expliquer
    - Risque spontanée de malformation  $\approx 3\%$
    - Que la probabilité que l'enfant ne présente pas de malformation/ne développe pas de cancer n'augmente pas pour des doses jusqu'à 100 mGy à l'embryon/foetus



# Patients à Dose Efficace Cumulée Élevée



## Patients à E(mSv) élevée

- Forte évidence d'un risque de mortalité accru pour  $E > 100$  mSv (5‰ : 100 mSv)
- Dose Efficace Cumulée (DEC) élevée peut-être rapidement atteinte :
  - Examens itératifs pratiqués dans le cadre d'une maladie chronique
  - Lors d'un épisode de soin
- Étude multinationale :
  - DEC moy =  $2,4 \text{ mSv} \pm 6 \text{ mSv}$
  - $E < 3 \text{ mSv} \approx 78,5 \%$
  - $3 \text{ mSv} < E < 20 \text{ mSv} \approx 19,4 \%$
  - $20 \text{ mSv} < E < 50 \text{ mSv} \approx 1,9 \%$
  - $E > 100 \text{ mSv} \approx 0,2 \%$
- Identifier les patients pour lesquels  $E_{\text{cumulée}} > 100 \text{ mSv}$ 
  - DACS pourrait permettre une identification a posteriori

**Merci pour votre écoute**