

Optimisation dosimétrique en radiologie interventionnelle

Cas des infiltrations articulaires postérieures lombaires

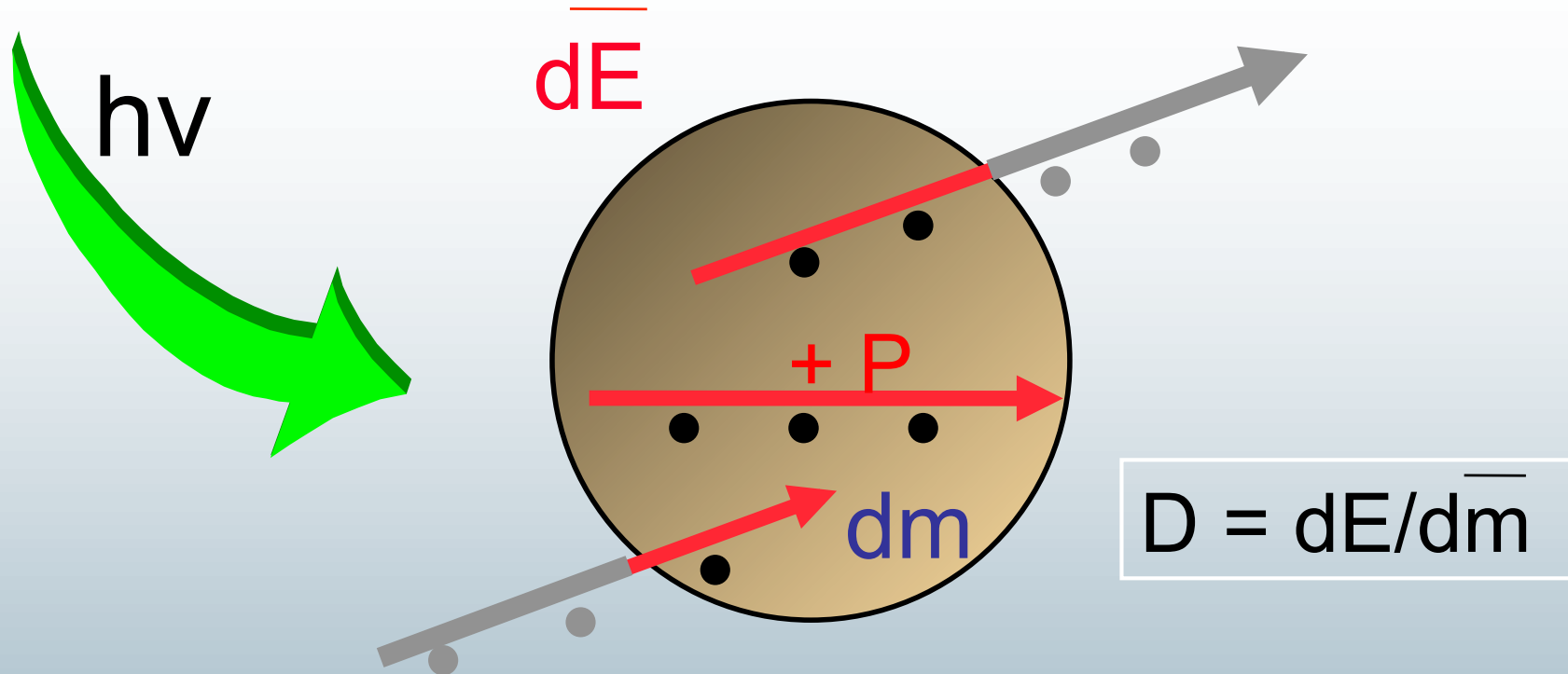
Plan

- Définitions dosimétriques
- Rappel technique en radioscopie
- Contexte clinique et réalisation de l'examen
- Optimisation
 - Analyses des pratiques
 - Paramètres d'influence
 - Bilan
- Conclusion & perspectives

Définitions dosimétriques

- Dose absorbée
- Dose équivalente
- Dose efficace
- Indicateur de dose
 - Produit Dose Surface : PDS

Dose absorbée



$\overline{dE}$ = énergie moyenne absorbée dans une masse élémentaire dm entourant le point P

Unité = Joule/kilogramme (J/kg) = Gray (Gy)

Dose équivalente

- Permet de prendre en compte l'efficacité biologique relative du rayonnement

$$H_t = D \times W_R$$

$$W_R = 1$$

X, γ , β (ou électrons ...)

$$W_R = 2 \text{ à } 20$$

neutrons (fonction de l'énergie)

$$W_R = 5$$

protons

$$W_R = 20$$

α , noyaux lourds

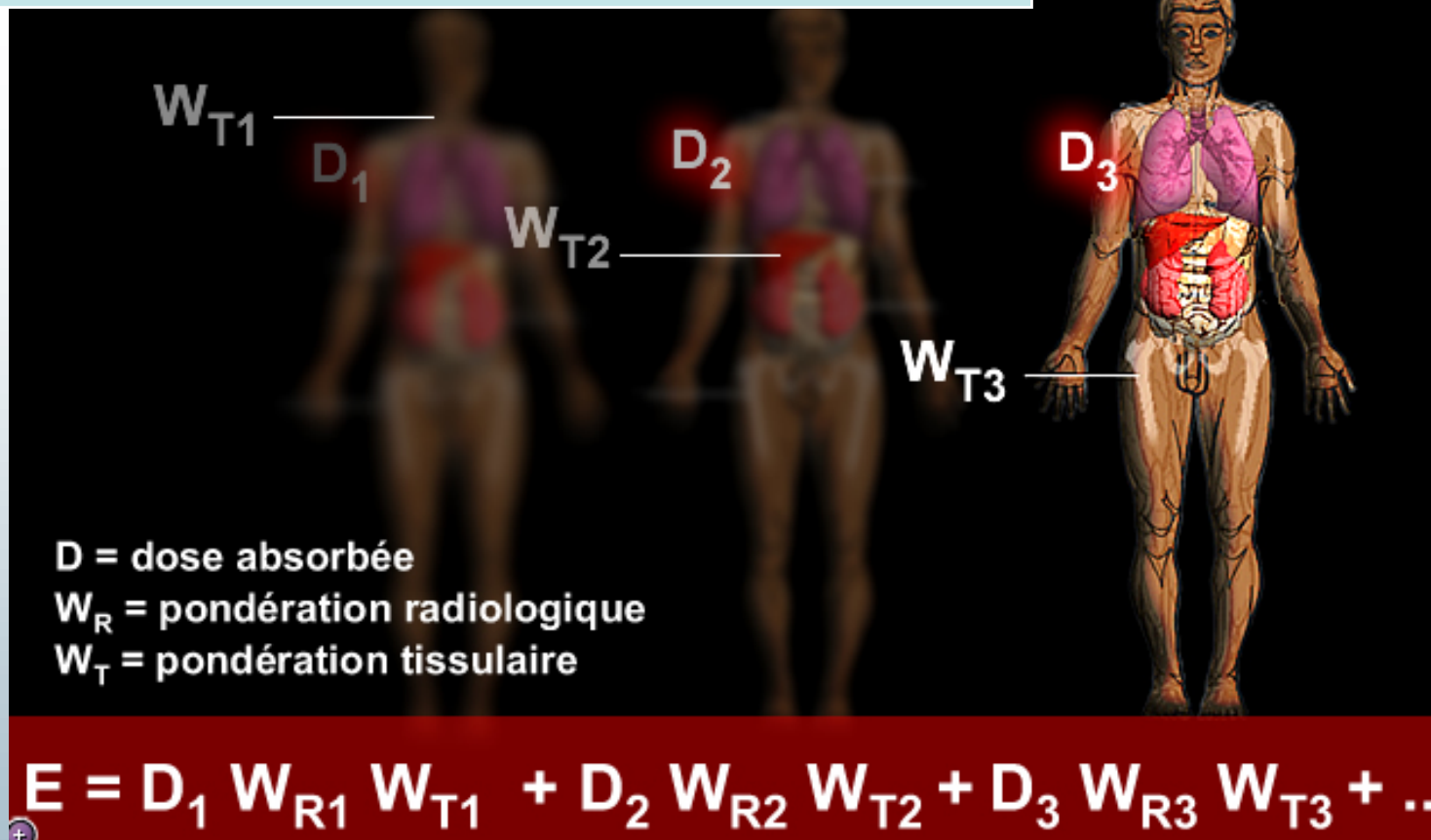
Unité : Sievert (Sv) ou plutôt mSv ou μ Sv

Dose efficace

- Permet de prendre en compte la radiotoxicité du rayonnement et la radiosensibilité des tissus irradiés
- Somme des doses équivalentes reçues pondérées d'un facteur tissulaire
- $E = H_{\text{thyr}} \cdot w_{\text{thyr}} + H_{\text{poum}} \cdot w_{\text{poum}} + \dots$
- w_{tissu} définis par la CIPR 60 et révisés par la CIPR 103

Unité : Sievert (Sv) ou plutôt mSv ou μSv

La dose efficace permet de prendre en compte l'exposition du corps à tous rayonnements internes et/ou externes



La Dose efficace E est le meilleur reflet du Détriment, du risque radiologique

Dose à l'organe

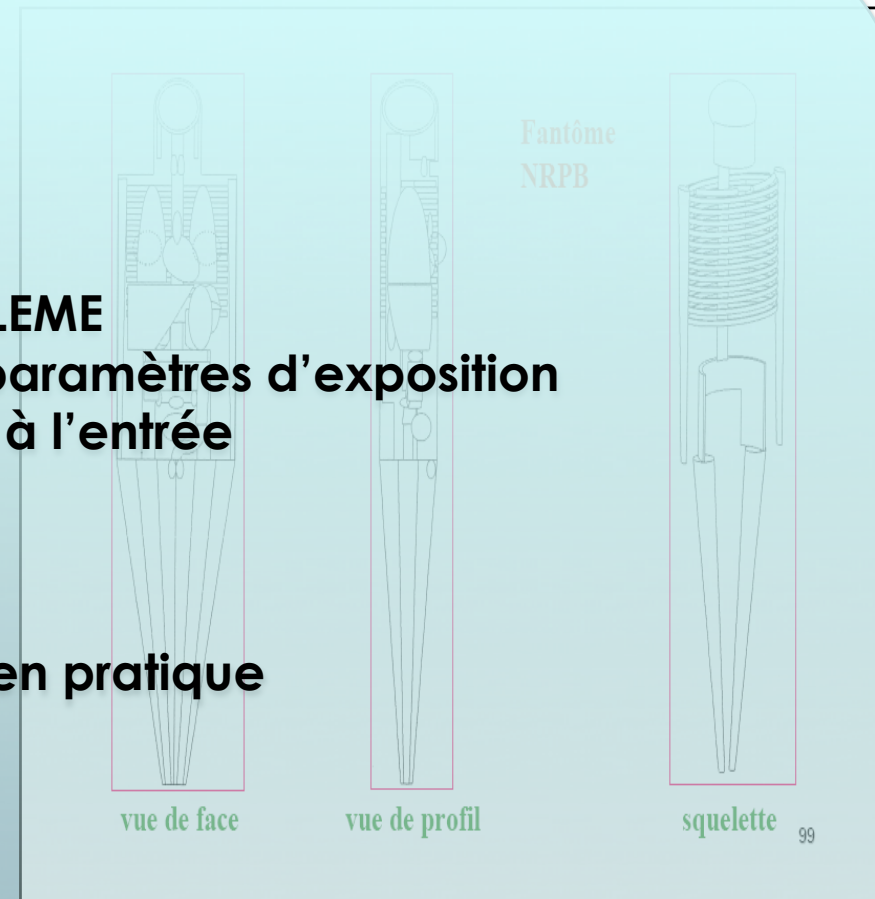
- Calcul de la dose à l'organe par simulation
- Dose connue pour chaque organe défini dans le fantôme
- En appliquant les coefficients de radiosensibilité on peut calculer la **dose efficace**

PROBLEME

**Besoin de connaître les paramètres d'exposition
Ou la dose à l'entrée**

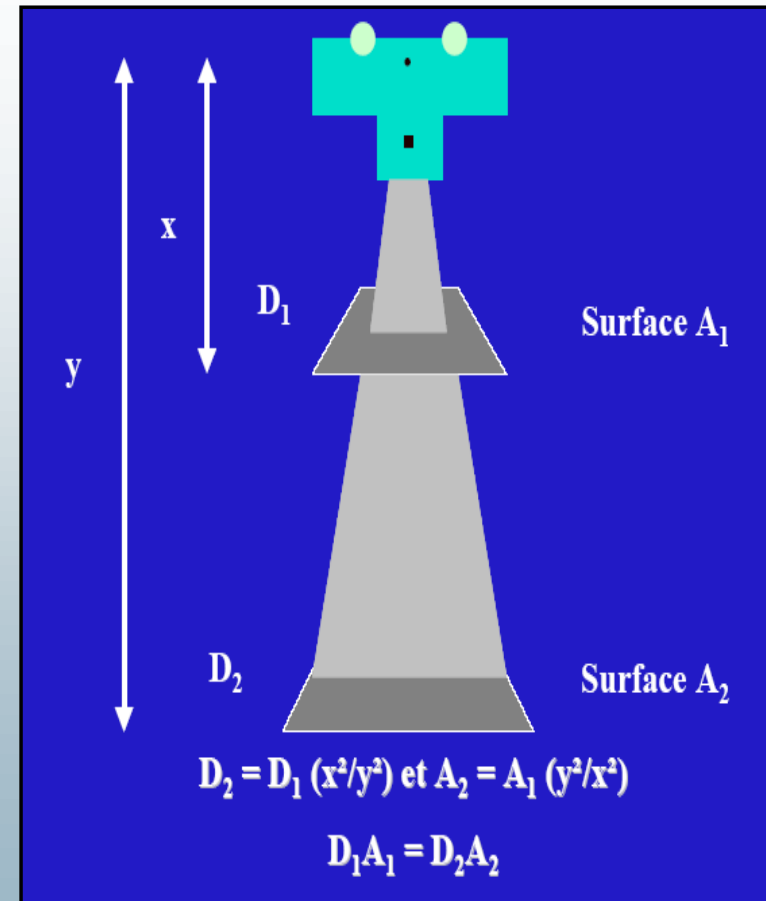
Très difficile en pratique

$$E = \sum_{w_T} w_T \cdot D_T \quad (\text{en mSv})$$



Le Produit Dose Surface

- Indicateur dosimétrique qui correspond au produit de la dose dans l'air sur l'axe par la surface du champ
- Il se mesure en mGy.cm^2 (en général)
- Seule mesure réalisable en routine



Le Produit Dose Surface

- Mesuré à l'aide d'une chambre d'ionisation à transmission étalonnée placée à la sortie du tube
 - Intercepter la totalité du faisceau



Le Produit Dose Surface

- Indicateur du risque radiologique
- Permet de déterminer la dose efficace

$$E = \text{PDS (mGy.cm}^2\text{)} \times k (\mu\text{Sv/mGy.cm}^2\text{)}$$

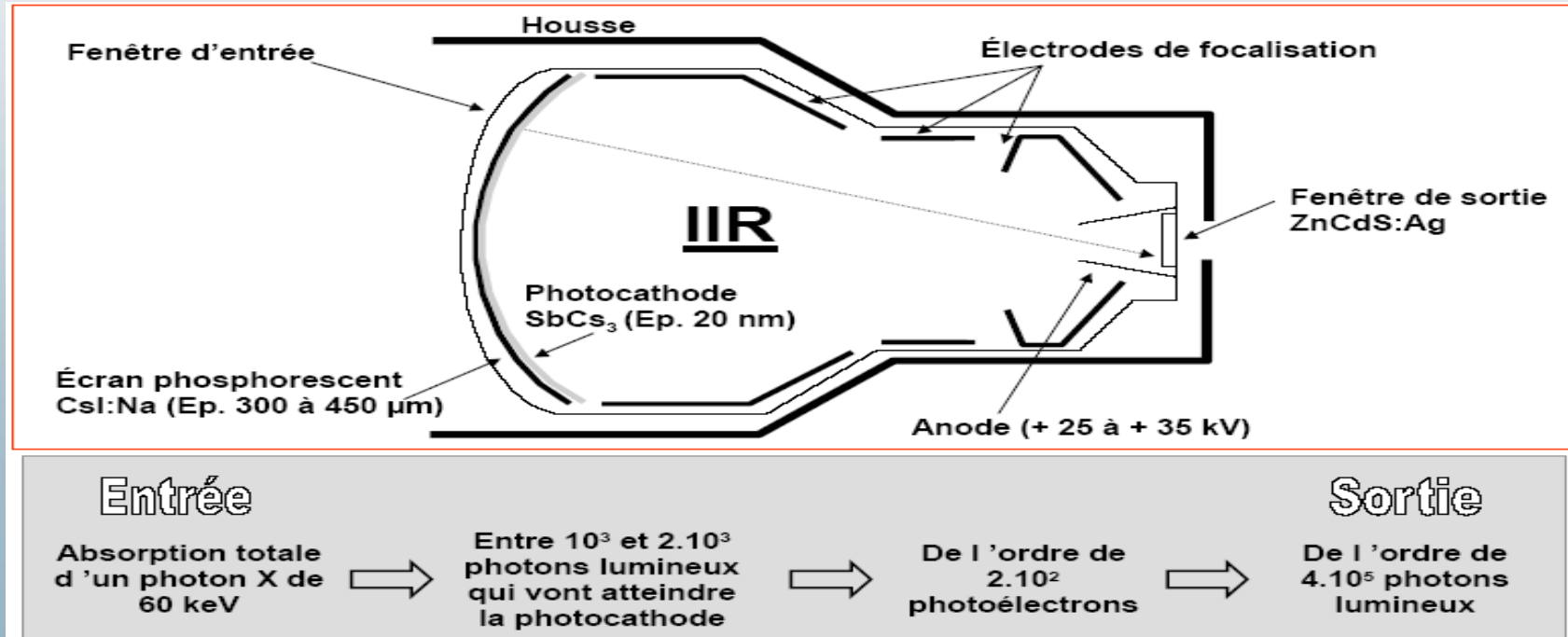
Région explorée	kV	Coefficient k de conversion PDS→E
Thorax F	130	0.33
Thorax P	130	0.15
Abdomen	70	0.17
Abdomen	90	0.22
Bassin	70	0.20
Tête F	80	0.04
Rachis cervical F	70	0.21
Rachis cervical P	70	0.03
Rachis thoracique F	70	0.27
Rachis thoracique P	80	0.10
Rachis lombaire F	80	0.21
Rachis lombaire P	90	0.13

Point technique en radioscopie

- Principe de l'amplificateur de brillance
- Notion de zoom
- Scopie pulsée

Amplificateur de brillance

- Écran phosphorescent : transforme les RX en photons lumineux
- Photocathode : transforme les photons lumineux en photoélectrons
- Électrodes de focalisation : accélération des électrons et focalisation vers la fenêtre de sortie
- Fenêtre de sortie : convertit les électrons en photons lumineux

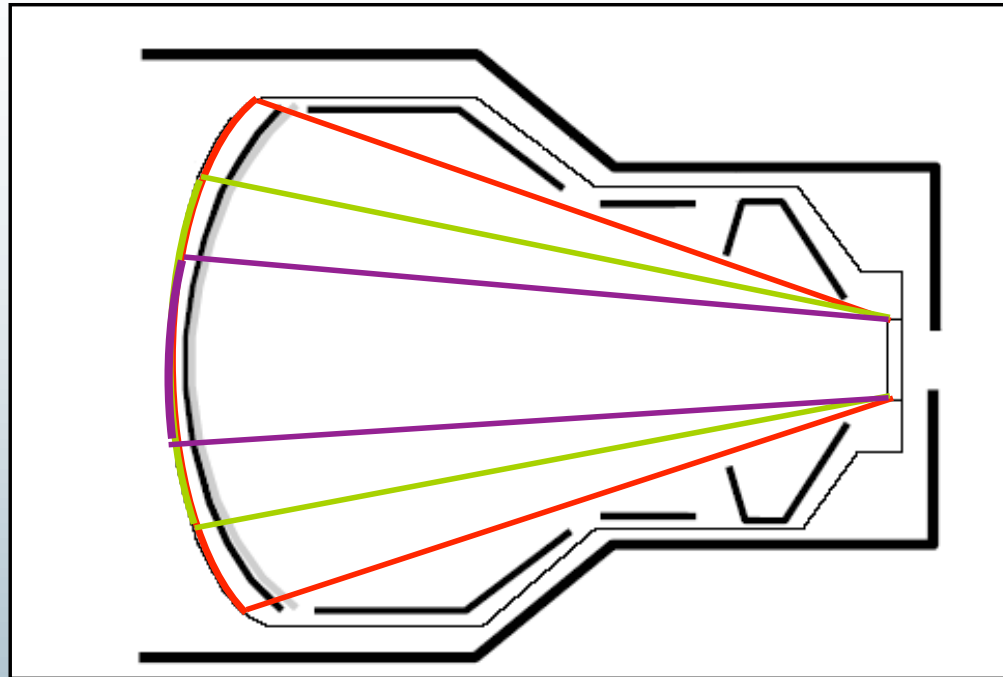


ZOOM

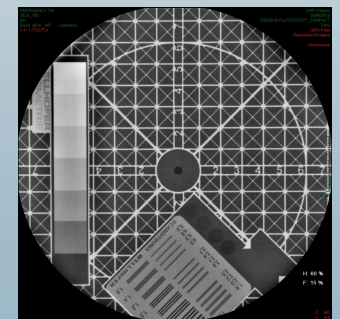
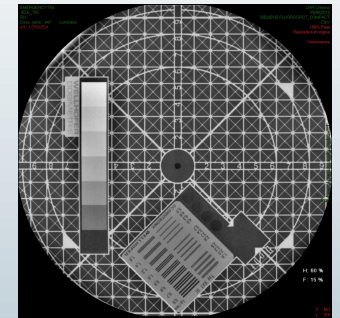
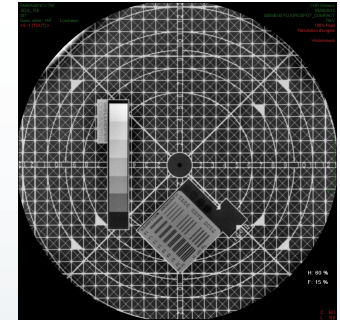
ZOOM 1

ZOOM 2

ZOOM 3

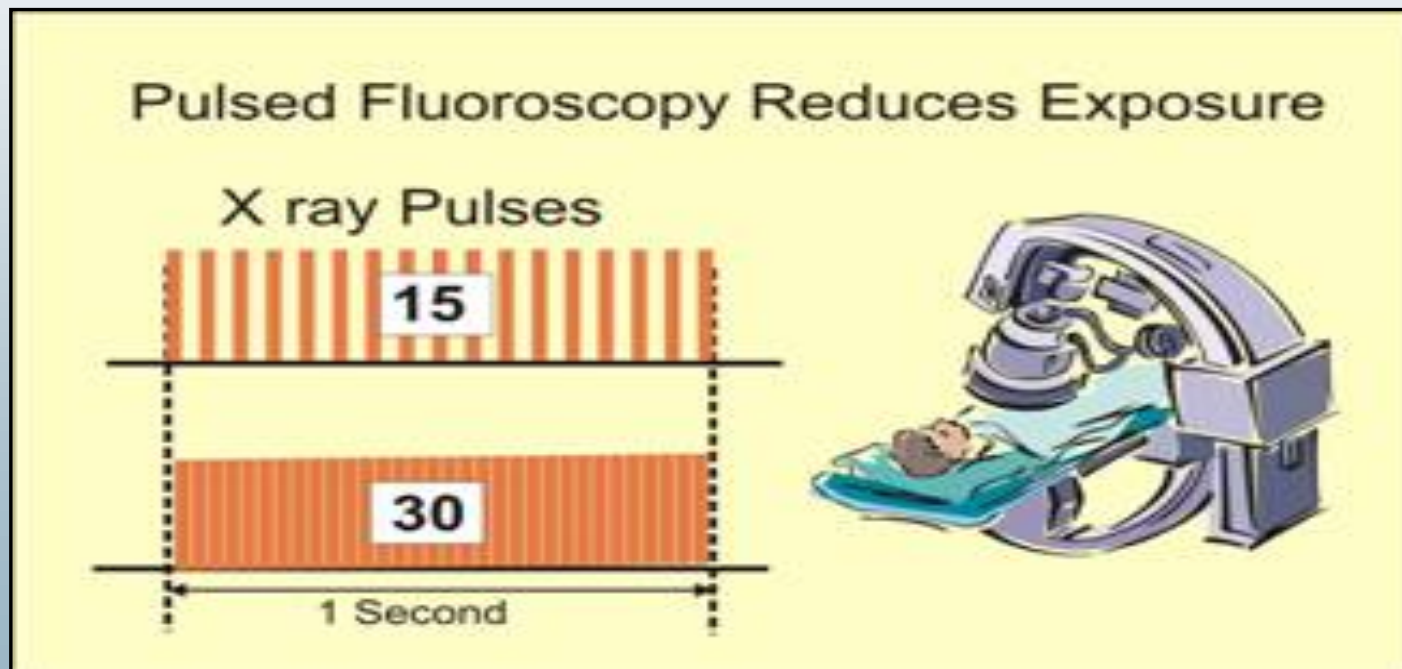


- A paramètres d'acquisition constants, le nombre de photons lumineux en sortie diminue avec le zoom
- Pour un rapport signal/bruit constant, on "pousse" le générateur => on augmente la dose.



La scopie pulsée

- En scopie continue 30 images/s
- Générateur qui module sa production de rayons X
- Passage à 15 images/s réduit la dose de moitié



Infiltration des articulaires postérieures

- Traitement médical des lombalgies, lumbagos à répétition, syndrome des facettes articulaires postérieures
- Au plan clinique
 - Lombalgies : douleurs en barre
 - Douleurs majorées par l'extension et la rotation du tronc
 - Blocages

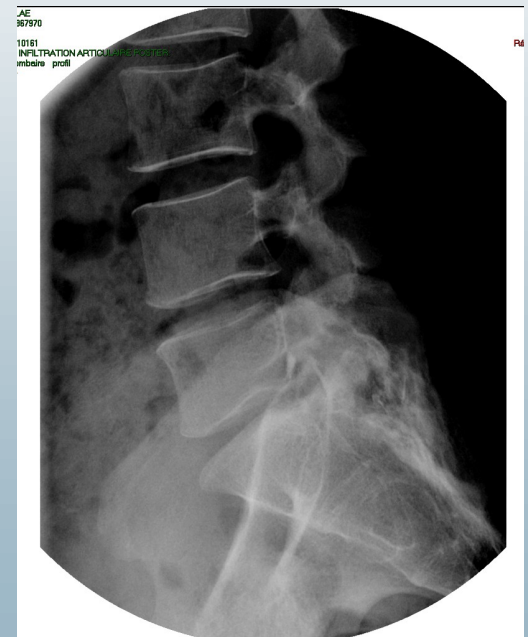
Technique – 1^{er} temps

- Prise de clichés radiologiques standards
 - En "num" ie. Clichés radiographiques réalisés par l'amplificateur de brillance



Technique – 2^{eme} temps

- Arthrographie
 - Ponction du récessus articulaire inférieur sous scopie
 - Injection de produit de contraste iodé en intra articulaire stricte
 - Prise de clichés en "num"



Technique – 3 et 4^{eme} temps

- 3^{eme} temps
 - Injection de corticoïdes intra articulaire en fin d'arthrographie
- 4^{eme} temps
 - Appréciation de la douleur provoquée
 - Eventuelle reproduction de la symptomatologie habituellement ressentie à la fin de l'infiltration
 - Cotation de la douleur de 0 à +++

OPTIMISATION

- Objectif de l'étude
- Analyse des pratiques
 - Relevé dosimétrique de 15 patients
- Analyse des paramètres d'influence
- Changement de protocole
 - Relevé dosimétrique de 15 patients
- Comparaison

Objectif de l'étude

- Réduire la dose reçue par le patient tout en maintenant une qualité d'image suffisante pour la sécurité du geste
 - Radioscopie
 - Radiographie
- Réduire la dose reçue par l'opérateur
 - Radioscopie

Analyse des pratiques (1)

- Zoom 3 diaphragmé
- Scopie pulsée à 15 p/s
- DSD 115 cm
- Cône localisateur présent
- Scopie
 - Tension et courant automatiques
- Graphie
 - Dernière tension enregistrée pendant la scopie
 - mAs par AEC

Analyse des pratiques (2)

- Planche 1 : standard
 - Rachis lombaire de face entier rayon droit
 - Profil enfilé sur le ou les étages
 - $\frac{3}{4}$ droit et gauche enfilés sur l'étage le plus douloureux
 - Face enfilé sur le ou les étages

Analyse des pratiques (3)

- Planche 2 et 3 : réplétion des étages
 - Face rayon droit et enfilé
 - $\frac{3}{4}$ coté piqué
 - Profil coté piqué
 - $\frac{3}{4}$ coté opposé
 - Face rayon droit après diprostène
- Bilan :
 - Pour 1 articulation : 12 clichés
 - Pour 2 articulations : 18 clichés
- Sans compter les clichés de positionnement
 - (cas particulier des patients forts)

Valeurs moyennes pour 15 patients

- PDS Total = 1862 $\mu\text{Gy.m}^2$
- PDS scopie = 531 $\mu\text{Gy.m}^2$
- PDS graphie = 1331 $\mu\text{Gy.m}^2$
- Nombre de clichés = 18
- Temps de scopie = 8 minutes

$$E = 4 \text{ mSv}$$

- 1 scanner cérébral avec et sans injection
- $\frac{1}{2}$ scanner thoracique
- 20 radiographies des poumons
- 600 jours d'irradiation naturelle

Paramètres d'influence

- Géométrie d'acquisition
 - Distance foyer-détecteur
 - Zoom utilisé
- Paramètres d'acquisition
 - Tension
 - Courant (scopie)
 - Charge (graphie)
 - Fréquence des pulses
- Habitudes iconographiques
 - Nombre de clichés

Géométrie d'acquisition : scopie

- Fantôme équivalent patient
 - 20x30x30 cm³ de Plexiglas
- Protocole IAP lombaire (73 kV et courant automatique)
- Mesure de débit de dose
 - En fonction de la distance du tube
 - En fonction de la fréquence de pulses
 - En fonction du zoom

Perte en contraste

Débit de dose normalisé au max DFD 115							
		DFD 115			DFD 150		
fréquence (p/s)		3	7,5	15	3	7,5	15
Zoom	0	12,3	23,6	33,0	9,9	17,2	24,1
	1	15,8	28,6	41,4	12,3	21,7	30,5
	2	27,6	49,8	67,5	21,2	39,4	53,2
	3	37,9	70,9	100,0	30,5	57,1	78,8

Qualité d'image identique

Perte de résolution spatiale

Géométrie d'acquisition : graphie

- Fantôme équivalent patient
 - 20x30x30 cm³ de Plexiglas
- Protocole IAP lombaire (73 kV et charge automatique)
- Mesure de dose à l'entrée
 - En fonction de la distance du tube
 - En fonction du zoom

		Dose à l'entrée normalisée au max DFD 115	
		DFD 115	DFD 150
Zoom	1	31,9	26,8
	2	61,7	55,3
	3	100,0	87,9

Qualité d'image identique

Perte de résolution spatiale

Nouvelle géométrie d'acquisition

- DSD 150 cm
- Zoom 2 collimaté
- Fréquence des pulses : 7,5 pulses/s
- Qualité d'image évaluée suffisante pour le geste

Nombre de clichés

- De quels clichés a-t-on réellement besoin??
 - Clichés sans préparation à faire si les radiographies standards ont moins de 3 mois

Face entier rayon droit (D12 - S1) ZOOM 1*	Profil centré sur le ou les étage(s) ZOOM 2
3/4 Droit enfilé ZOOM 2	3/4 Gauche enfilé ZOOM 2
8x10 (2x2)	8x10 (2x2)

Nombre de clichés

- De quels clichés à ton réellement besoin??
 - Clichés après opacification

Planche 1		Planche 2	
Face 1 ^{ère} articulation enfilé ZOOM 2	Profil centré les 2 articulations ZOOM 2	Face 2 ^{ème} articulation enfilé ZOOM 2	Profil centré les 2 articulations ZOOM 2 Même image que la Planche 1
3/4 Droit enfilé 1 ^{ère} articulation ZOOM 2	3/4 Gauche enfilé 1 ^{ère} articulation ZOOM 2	3/4 Droit enfilé 2 ^{ème} articulation ZOOM 2	3/4 Gauche enfilé 2 ^{ème} articulation ZOOM 2
8X10 (2x2)		8X10 (2x2)	

Nombre de clichés

- Pour 1 articulation
 - Si les radiographies ont moins de 3 mois
 - 4 clichés
 - Si les radiographies ont plus de 3 mois
 - 7 clichés
- Pour 2 articulations
 - Si les radiographies ont moins de 3 mois
 - 8 clichés
 - Si les radiographies ont plus de 3 mois
 - 11 clichés

Valeurs moyennes pour 15 patients

- PDS Total = 754 $\mu\text{Gy.m}^2$
- PDS scopie = 223 $\mu\text{Gy.m}^2$
- PDS graphie = 531 $\mu\text{Gy.m}^2$
- Nombre de clichés = 12
- Temps de scopie = 6 minutes 23 secondes

$$E = 1,6 \text{ mSv}$$

- 1 scanner cérébral avec injection
- 8 radiographies des poumons
- 240 jours d'irradiation naturelle

Bilan dosimétrique

	Avant	Après	Gain (%)
PDS total moyen ($\mu\text{Gy.m}^2$)	1862	754	60
PDS graphie moyen ($\mu\text{Gy.m}^2$)	1331	531	58
PDS scopie moyen ($\mu\text{Gy.m}^2$)	531	223	60
Tps de scopie moyen	8'	6' 23"	20
Nb de clichés moyen	18	12	30

Conclusion & perspectives

- Travail pluridisciplinaire
 - Radiologues
 - Physicien
 - Manipulateurs
- Diminution importante du risque radiologique encouru par les patients
- Diminution de la dose reçue par le radiologue
 - Non évalué
- Nouveaux paramètres géométriques d'acquisition appliqués à l'ensemble des procédures ostéo-articulaires
 - Gain dosimétrique certain mais non évalué
- Œil critique sur les protocoles fournis par les constructeurs
- Vigilance pour ne pas laisser les pratiques dériver
 - Evaluation sous forme d'audit