

Optimisation de la Dose en Radiologie

C. SALVAT, A. JEAN-PIERRE, J. RAGOT
Service de Radioprotection et de Physique Médicale
AP-HP

Groupe Hospitalier Universitaire
SAINT-LOUIS
LARIBOISIÈRE
FERNAND-WIDAL



Principes en radioprotection du patient

Toute exposition du patient aux Rayonnements Ionisants doit faire l'objet :

- d'une **justification** médicale où le bénéfice doit être supérieure aux risques encourus
- d'une **optimisation** des pratiques radiologiques :
exposition la plus faible possible compatible avec une image de qualité suffisante permettant de faire le bon diagnostic

Les pré-requis de l'OPTIMISATION

Justification : Guide du bon usage des examens d'imagerie médicale

Personnel : Compétences, Formation de tous les acteurs

Matériel dédié : Déclaration / Autorisation ASN
Maintenance - Réalisation CQE et CQI
Affichage de la dose depuis juin 2004

Pratiques : Rédaction des procédures avec paramètres d'acquisitions
Information des patients

Législation

- **Décret 2001** : Équipements radiogènes maintenus et contrôlés selon dispositions AFSSAPS
- **Arrêté de 2004 sur les NRD** : Outil d'optimisation pour la radiologie conventionnelle
- **Décret 2004** : Obligation d'installer un dispositif renseignant sur la quantité de rayonnement produite par l'appareil au cours de la procédure radiologique
- **Arrêté de 2006** : Obligation de noter dans le CR la dose au patient lors de l'acte RI
- **Décision AFSSAPS de septembre 2007** sur le CQ interne et externe en radiodiagnostic
- **Depuis Mai 2009** : Formation tous les 10 ans à la radioprotection du patient

Performances intrinsèques

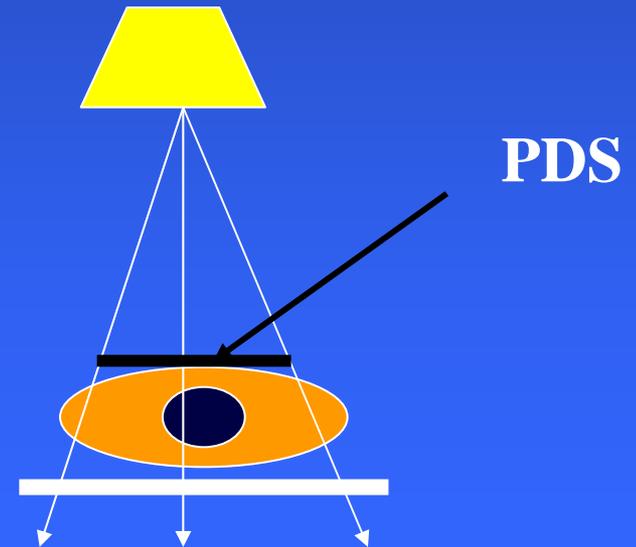
Équipement avec les meilleures performances lors de l'achat :

- ✓ générateur puissant et tube RX puissant
- ✓ filtration optimale
- ✓ sensibilité du récepteur +++
- ✓ dispositifs automatiques de contrôle d'exposition et du débit de dose (AEC) => paramètres kV, mA et filtration automatiques !!
- ✓ positionnement du patient sans RX ...

Grandeurs dosimétriques

Produit Dose.Surface (PDS)

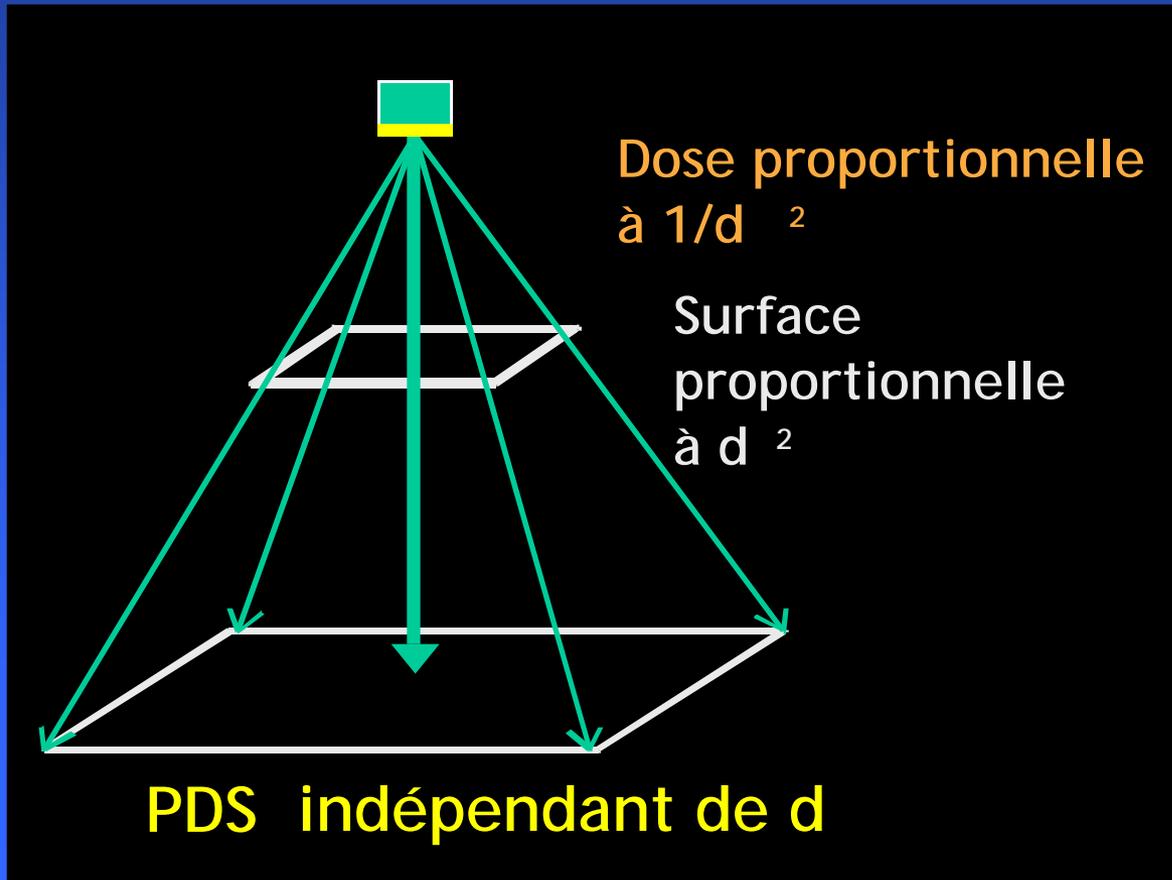
= est le produit de la dose moyenne absorbée dans l'air dans la section droite du faisceau de rayons \times par la surface de cette section (en mGy.cm^2)



Produit Dose.Surface (PDS)

$PDS = Dose_{air} \times Surface$ en cGy x cm² ou Gy x m²

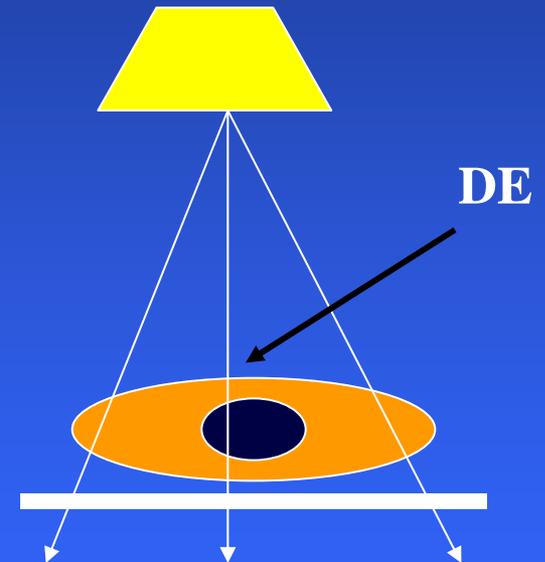
Attention à l'unité du PDS (pas d'unité conventionnelle)



Dose à l'entrée (DE)

= la dose absorbée dans l'air au point d'intersection de l'axe du faisceau avec la peau, à l'entrée du patient

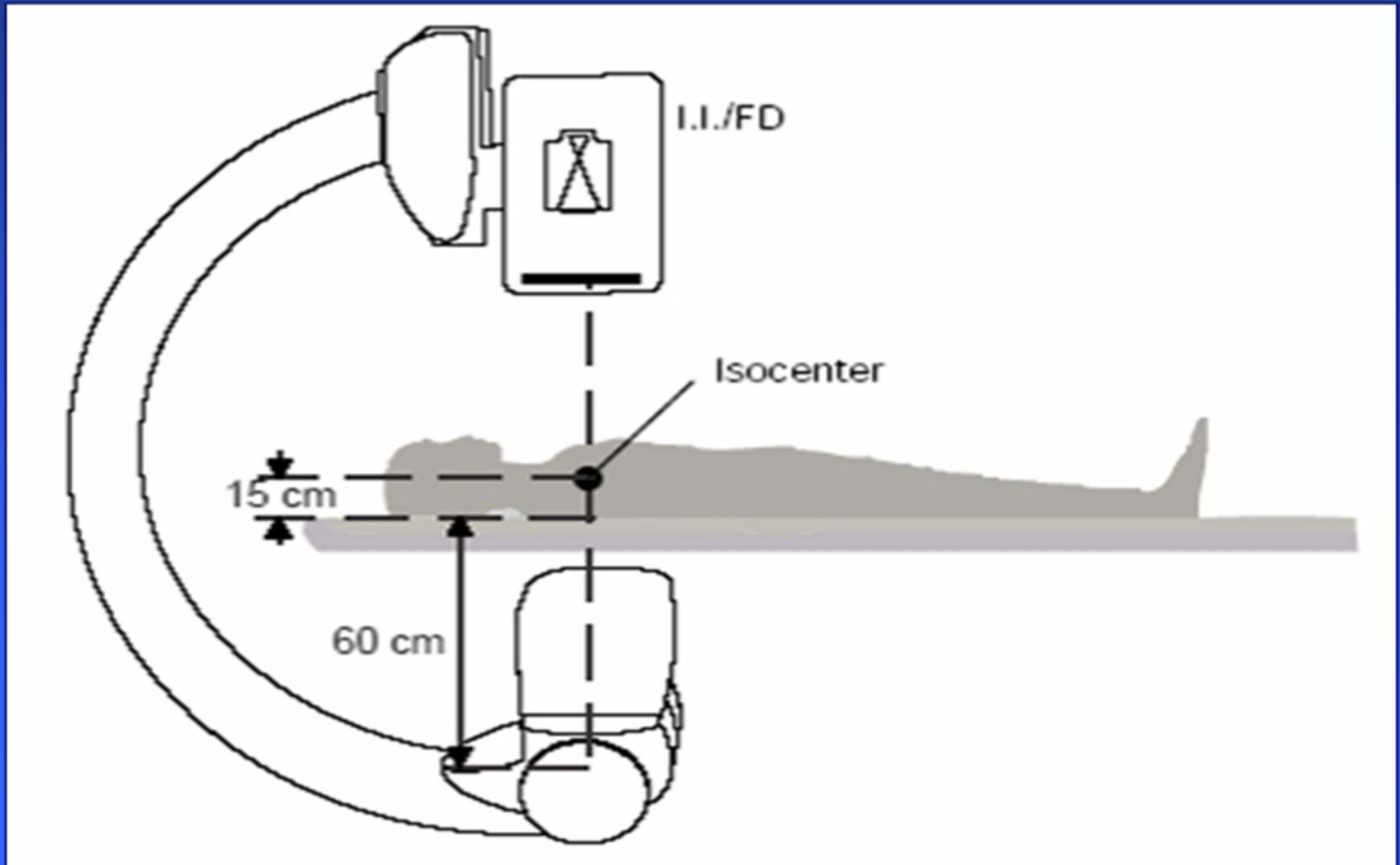
(en mGy)



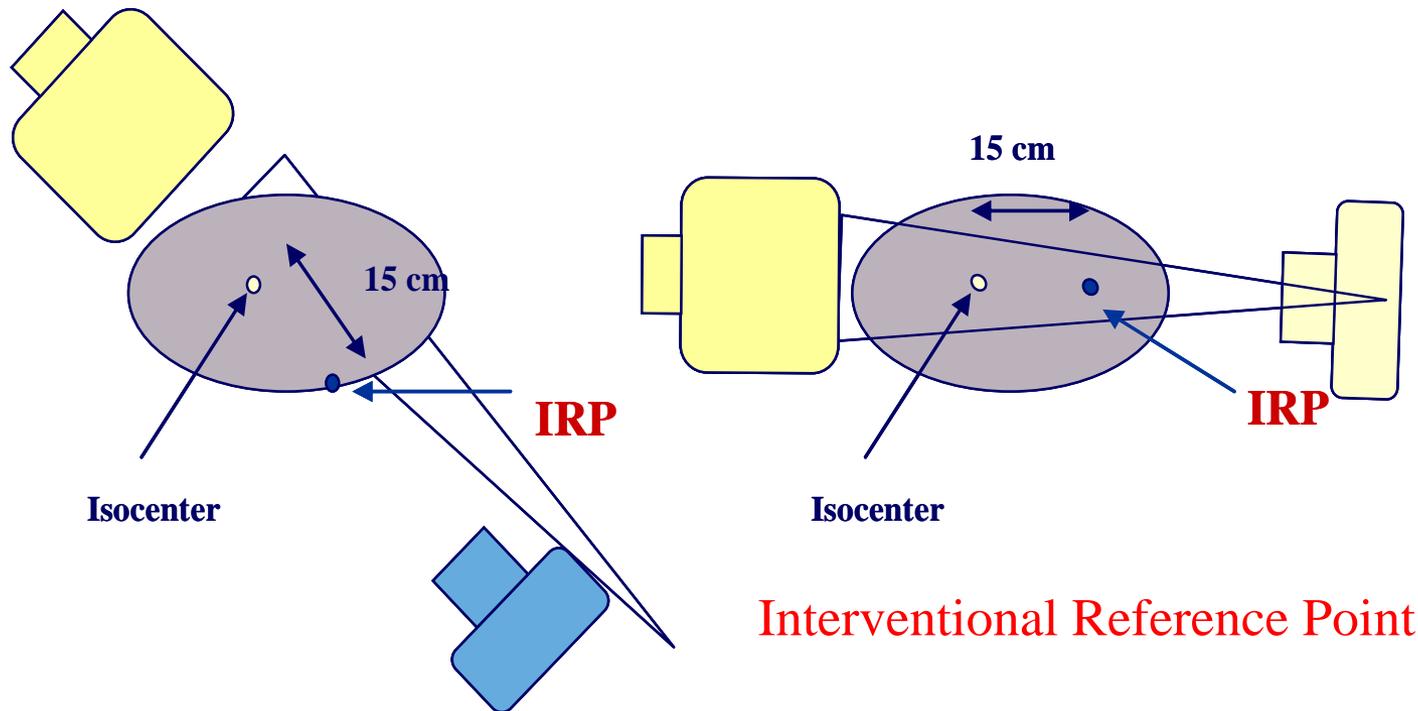
Dose à la peau =

Dose à l'entrée \times Facteur de rétro diffusion
(allant 1,1 à 1,4 chez l'adulte)

Dose au point de référence (IRP) à 15 cm de l'isocentre (en interventionnel) :



Dose au point de référence (IRP) à 15 cm de l'isocentre (en interventionnel) :



16	DSA	VAR TIME C?r?brale 2i/s	14s	2F/s	23-Feb-11 11:45:49
B	72kV 150mA	141.5ms ***** micro 0.2Cu 25cm	164.9µGym²	16.2mGy	90RAO 0CRA 20F
17	DSA	VAR TIME C?r?brale 2i/s	8s	2F/s	23-Feb-11 11:49:33
A	79kV 295mA	160.6ms ***** small 0.0Cu 22cm	1095.7µGym²	121mGy	13RAO 17CRA 15F
17	DSA	VAR TIME C?r?brale 2i/s	8s	2F/s	23-Feb-11 11:49:33
B	72kV 146mA	135.0ms ***** micro 0.2Cu 25cm	114.8µGym²	11.3mGy	100RAO 0CRA 15F
18	DSA	VAR TIME C?r?brale 2i/s	10s	2F/s	23-Feb-11 11:58:08
A	81kV 288mA	160.7ms ***** small 0.0Cu 22cm	1266.6µGym²	139mGy	1LAO 24CRA 17F
18	DSA	VAR TIME C?r?brale 2i/s	10s	2F/s	23-Feb-11 11:58:08
B	72kV 151mA	141.7ms ***** micro 0.2Cu 25cm	141.1µGym²	13.8mGy	90RAO 0CRA 17F
20	DSA	VAR TIME C?r?brale 2i/s	10s	2F/s	23-Feb-11 12:37:05
A	81kV 290mA	160.7ms ***** small 0.0Cu 22cm	1248.3µGym²	139mGy	1LAO 24CRA 17F
20	DSA	VAR TIME C?r?brale 2i/s	10s	2F/s	23-Feb-11 12:37:05
B	72kV 155mA	148.1ms ***** micro 0.2Cu 25cm	149.9µGym²	14.8mGy	90RAO 0CRA 17F
21	DSA	VAR TIME C?r?brale 2i/s	13s	2F/s	23-Feb-11 12:46:42
A	80kV 291mA	160.7ms ***** small 0.0Cu 22cm	1402.4µGym²	155mGy	1LAO 24CRA 19F
21	DSA	VAR TIME C?r?brale 2i/s	13s	2F/s	23-Feb-11 12:46:42
B	72kV 154mA	147.0ms ***** micro 0.2Cu 25cm	166.3µGym²	16.4mGy	90RAO 0CRA 19F
23	DSA	VAR TIME C?r?brale 2i/s	19s	2F/s	23-Feb-11 13:28:56
A	80kV 294mA	160.6ms ***** small 0.0Cu 22cm	1861.2µGym²	201mGy	1LAO 24CRA 25F
23	DSA	VAR TIME C?r?brale 2i/s	19s	2F/s	23-Feb-11 13:28:56
B	72kV 158mA	152.8ms ***** micro 0.2Cu 25cm	231.6µGym²	22.9mGy	90RAO 0CRA 25F

**Nombre d'exposition
en graphie**

**Temps total de
scopie**

PDS total

**Dose cumulée
au Point de
Référence (mGy)**

Donn?es d'exp. accumul?es

Med.: PK BOUDAKI	Exposit.:	39	Fluoro:	191.9min	Total:	50648.4µGym²	11680mGy
A	Fluoro:	100.4min			Total:	45071.3µGym²	10090mGy
B	Fluoro:	91.5min			Total:	5577.1µGym²	1591mGy

**Temps scopie, PDS et IRP pour
capteurs A et B**

Optimisation :

- Couple kV- mAs
- Filtration
- Privilégier la scopie à la graphie
- Diminuer la cadence images
- Augmenter la distance foyer-peau
- Diminuer la distance récepteur-peau
- Taille de champ, zoom électronique
- Multiplier les incidences (si possible)

Les paramètres influençant la dose au patient : en radiologie conventionnelle et scanner

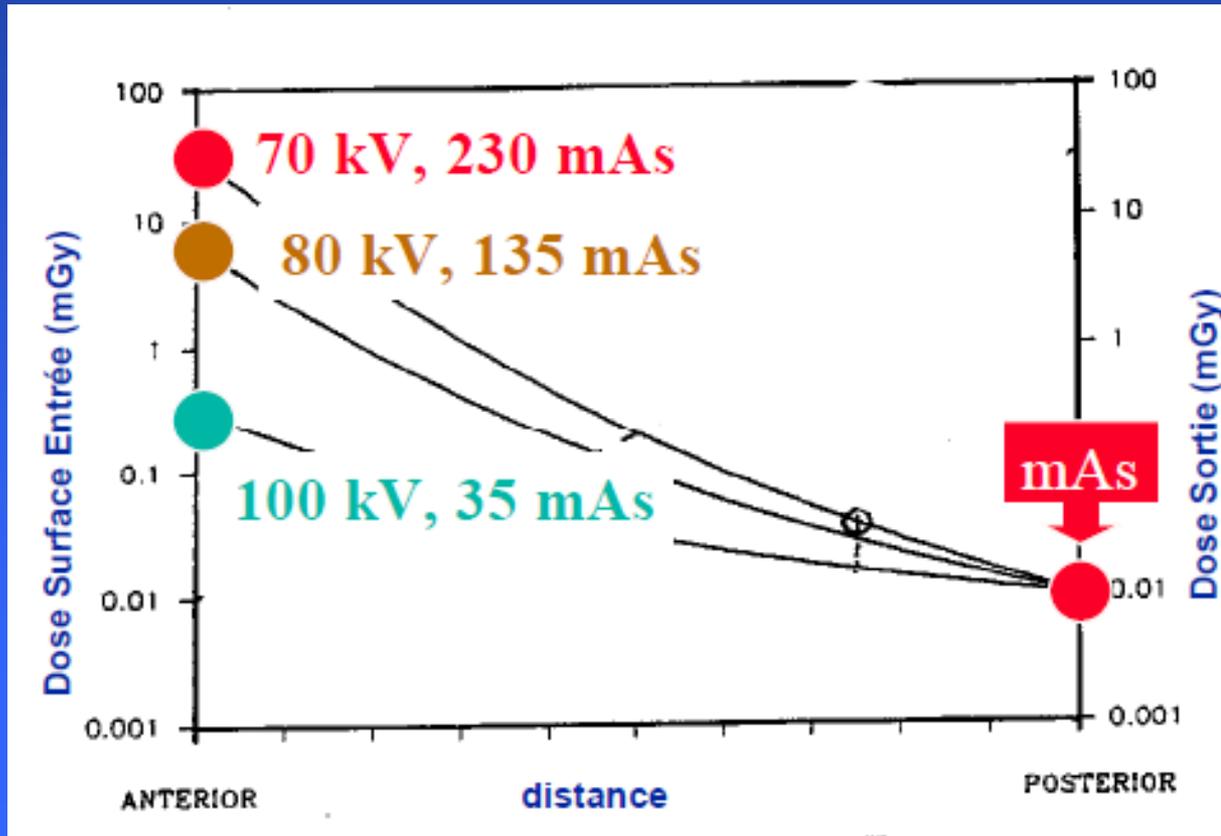
- **kV** : Tension du tube ajustée par le générateur, conditionne l'énergie des photons et le noircissement de l'image (**influence sur le contraste**)
- **mA** : Intensité du courant, conditionne la **quantité** de rayonnement reçue au récepteur (**influence le bruit**)
- **Temps d'exposition en secondes** (éviter toute exposition inutile)

La dose est proportionnelle :

- ✓ à la tension au carré (kV^2)
- ✓ aux mAs

Compromis couple : KV/mAs

Augmenter l'énergie du rayonnement en utilisant des hautes tensions (faisceau plus pénétrant) et des **filtrations** additionnelles (Al, Cu) suffisantes et **diminuer les mAs**



⇒ **Diminution**
de l'exposition
du patient à
l'entrée

Compromis couple : KV/mAs

kV	mAs	Dose à la peau [uGy]
70	48	122
90	14	67
110	7.0	48
120	5.0	40

Diminution des mAs : plus de bruit dans l'image

Augmentation des kV : baisse du contraste

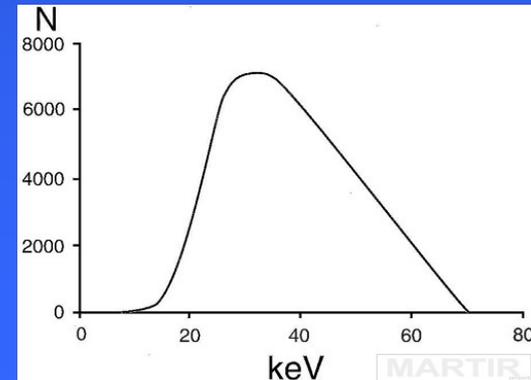
Adapter les kV/mAs à la recherche du diagnostic

La filtration (en mm Al ou Cu)

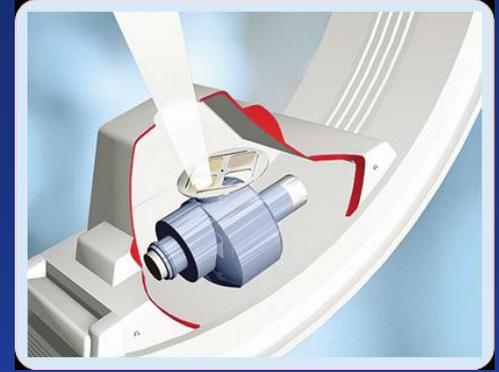
- Elle entraîne une modification du spectre et de l'intensité des rayons X par la traversée d'une lame de métal.

L'intérêt de la filtration est d'éliminer les composantes de basse énergie du rayonnement et d'améliorer son pouvoir pénétrant.

- La filtration diminue la dose à la peau du patient



Filtration



La plupart des systèmes ont une filtration fixe et non ajustable.

D'autres équipements ont des séries de filtres automatiquement interposables (radiologie conventionnelle récente et salle d'interventionnelle).

Une bonne filtration nécessite un générateur puissant et un tube RX puissant.

Salle radiologie interventionnelle



Paramètres accessibles à l'opérateur en salle

Privilégier la scopie à la graphie

L'acquisition des images en graphie nécessite un signal plus élevé, et donc une dose plus importante, qu'une image en scopie

Exemple :

Distance foyer-peau : 60 cm Distance foyer-captur plan :105 cm Temps d'acquisition : 5 s	Dose mesurée
Graphie (3 images/s)	16,9 mGy
Scopie (15 images/s)	0,565 mGy

30 fois + de dose !!!!!!!!!

Privilégier la scopie à la graphie (contrôles systématiques post embolisation)

Radiodermites

- Hôpital Pradel à Lyon

Pose d'un défibrillateur (rythmologie)



**Confusion des médecins (4) entre pédales
de scopie et de graphie**

55 min d'exposition

20 Gy à la peau du patient

8 Gy au poumon



Scopie pulsée / scopie continue

Scopie pulsée : train d'impulsions caractérisé par

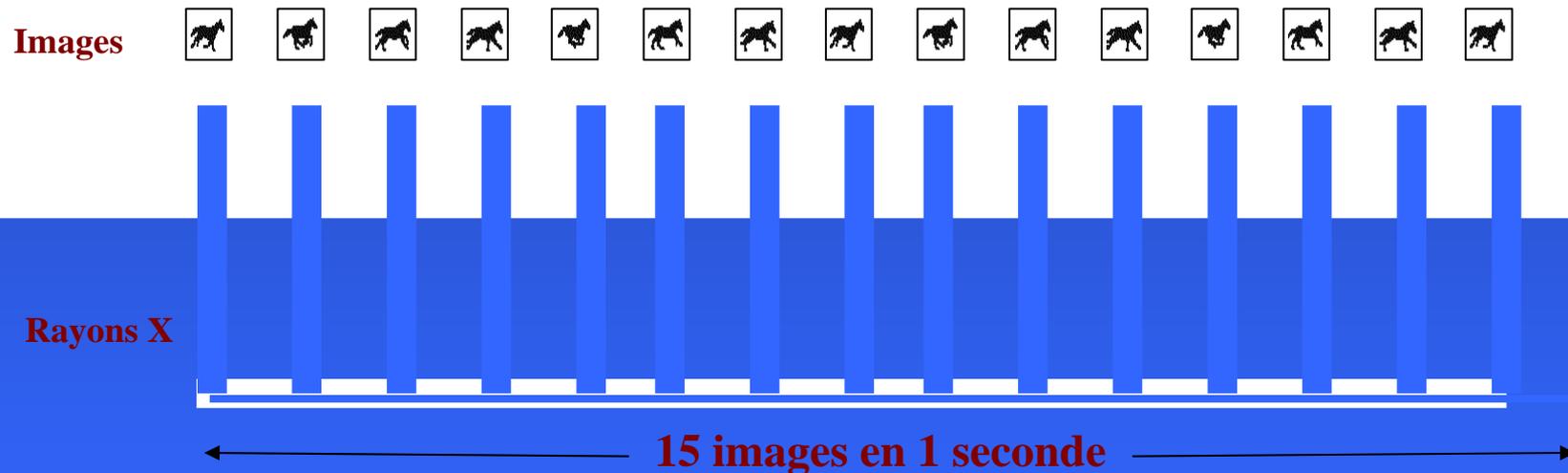
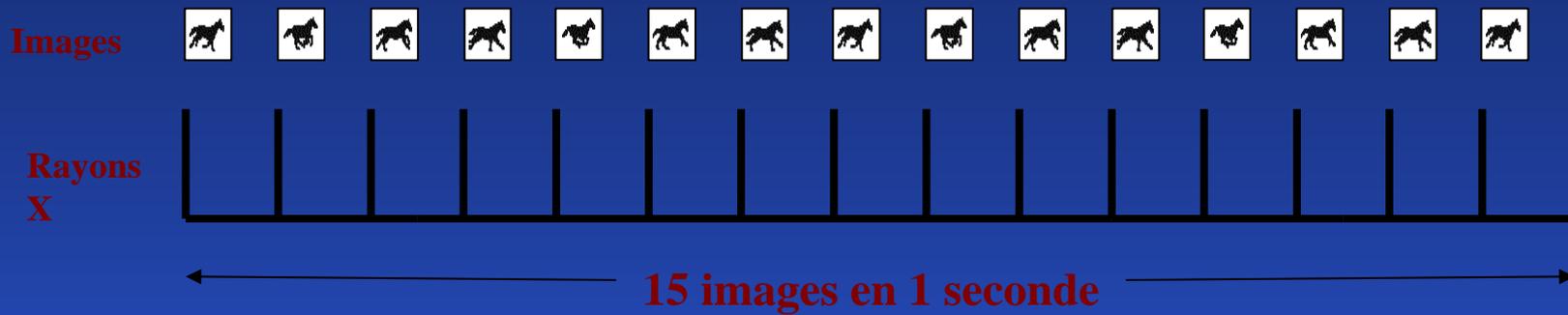
- le nb d'impulsions/s (2p/s, 7.5p/s, 15p/s et 30 p/s)
- la largeur d'impulsion de 6 à 10 ms

Scopie pulsée : intérêt +++ en radiologie interventionnelle car gain de dose considérable avec cadence image suffisante pour guider les instruments.

Dose proportionnelle à la cadence image

15 i/s => 7 i/s : diminution significative dose

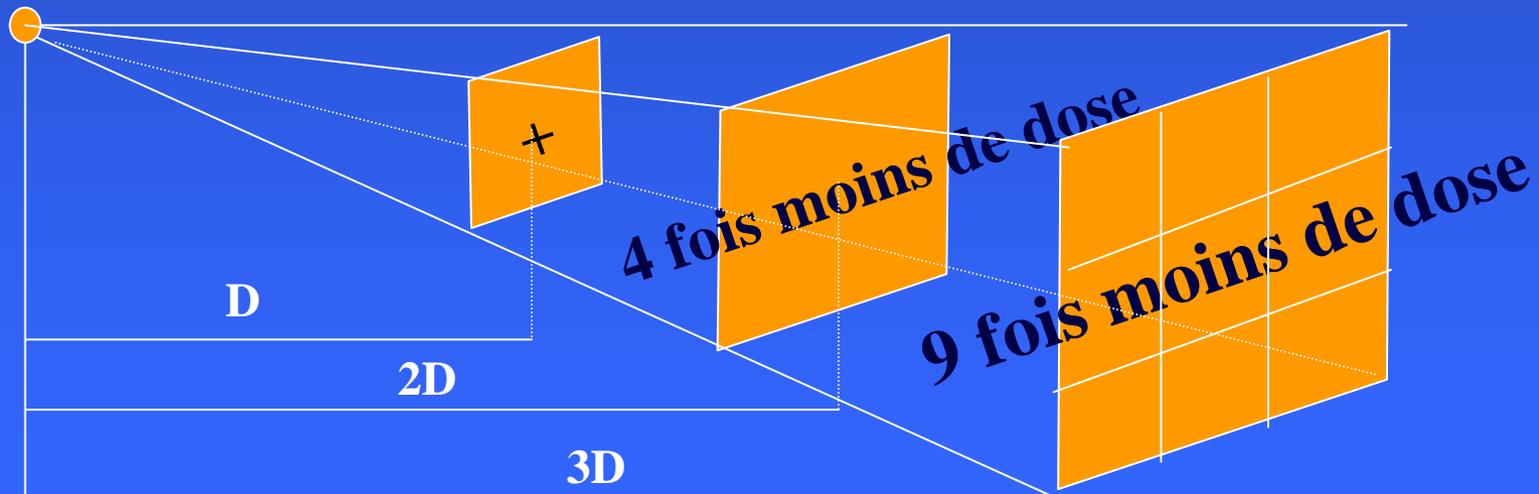
Fluoroscopie pulsée, 15 pulses par seconde



Dose par pulse (intensité et durée)
et donc à la dose par image : (0,18 à 0,4 $\mu\text{Gy}/\text{image}$)

La distance Foyer-Peau (DFP)

- Toujours éloigner au maximum le tube RX de la peau du patient (en corrigeant les mAs)
 - ⇒ Diminue la dose à la peau en maintenant la qualité image (dose au récepteur constante)



Paramètres accessibles à l'opérateur en salle

Distance foyer -peau

La dose augmente suivant le carré de la distance

Mesures en graphie Distance foyer-captur : 100 cm Temps d'exposition :3 s	Dose mesurée
Distance foyer- peau du patient : 55 cm	14,70 mGy
Distance foyer- peau du patient : 65 cm	9,54 mGy

Plus de 50 % d'augmentation !!!

Éloigner la patient du tube RX

Paramètres accessibles à l'opérateur en salle

Distance foyer -récepteur

Dose quasi constante au niveau du détecteur (régulation), si la distance foyer-récepteur augmente (la distance foyer-peau fixe) alors la dose reçue par le patient augmente.

Mesures en graphie Distance foyer-patient :60 cm Temps d'exposition :10 s	Dose mesurée
Distance foyer- récepteur : 100 cm	40 mGy
Distance foyer- récepteur : 110 cm	54 mGy

Près de 30 % d'augmentation !!!

Rapprocher au maximum le détecteur du patient

A photograph of a male patient lying on a table inside an X-ray machine. The patient is wearing a green hospital gown and has a white pillow under his head. The machine's gantry is visible above and below the table. Two red text overlays are present: one at the top right and one at the bottom center.

**Rapprocher le détecteur
du patient**

**Eloigner au maximum
le patient du tube**

Le zoom : améliore la résolution spatiale mais ...

Sélection du zoom (champ de 24 cm)

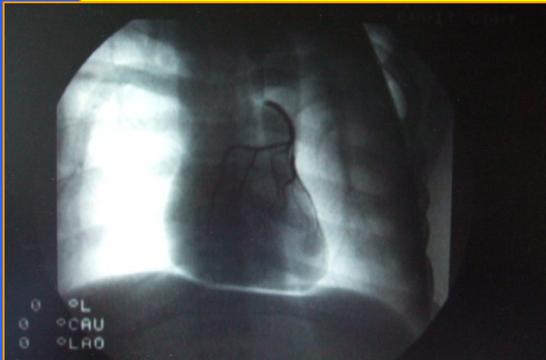
70kV - 1,8 mA

Sélection du zoom (champ de 17 cm)

70kV - 3,3 mA - dose \times 2.0

Sélection du zoom (champ de 11 cm)

70kV - 6,1 mA- dose \times 4.7



Collimation :

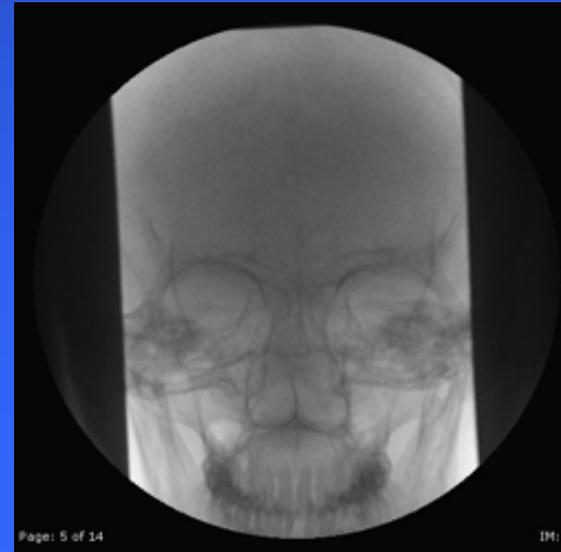
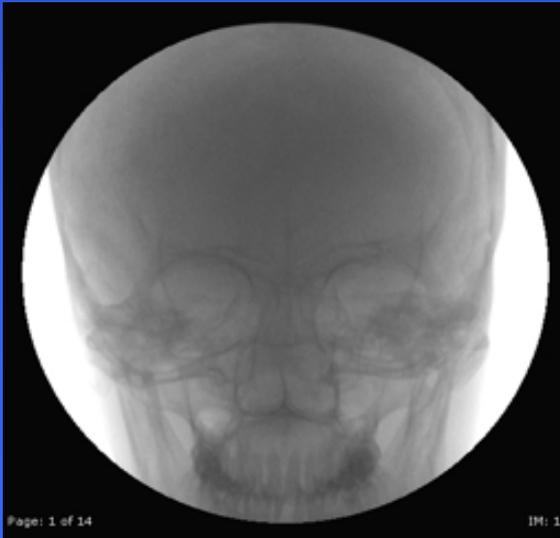
Utiliser des grands champs collimatés

La région anatomique explorée doit être strictement limitée à la zone d'intérêt clinique :

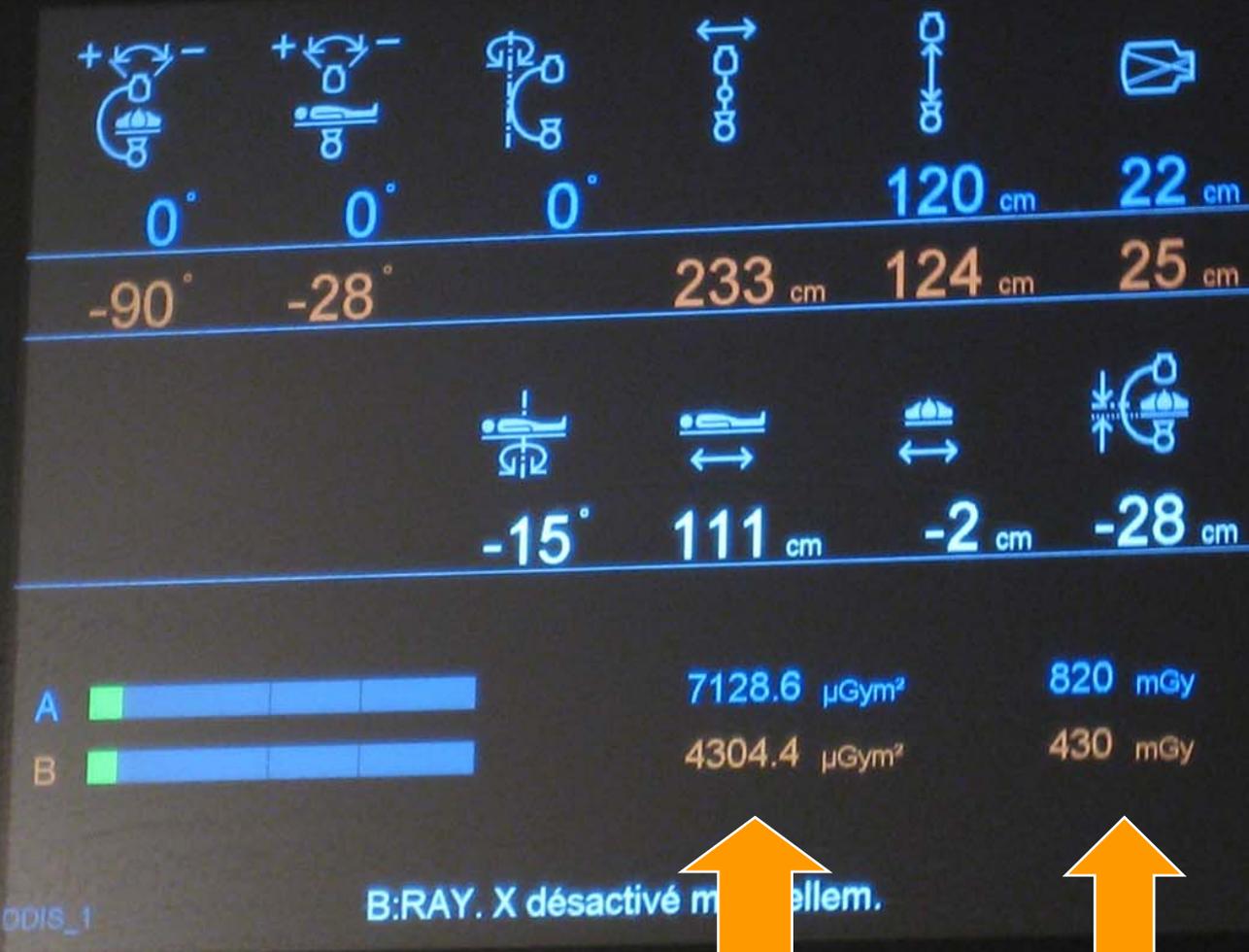
Réduit la dose efficace

Réduit le diffusé et donc meilleur contraste

Réduit éventuellement la superposition des champs



Affichage en temps réel de la dose :



7	CARD	FIXED	Coro15	9s	15F/s	15-Mar-07 15:51:09
A	91kV 813mA	6.7ms	***** large 0.0Cu 20cm	531.0uGym ²	100mGy	11RAO 41CRA 131F
12	CARD	FIXED	Coro30	6s	30F/s	16-Mar-07 16:20:32
A	86kV 762mA	5.7ms	***** large 0.0Cu 20cm	462.6uGym ²	89.0mGy	11RAO 41CRA 171F
13	CARD	FIXED	Coro30	7s	30F/s	16-Mar-07 16:25:16
A	100kV 598mA	10.1ms	***** large 0.0Cu 16cm	526.2uGym ²	169mGy	11RAO 41CRA 194F
14	CARD	FIXED	Coro30	8s	30F/s	16-Mar-07 16:25:25
A	100kV 607mA	9.8ms	***** large 0.0Cu 16cm	594.2uGym ²	191mGy	11RAO 41CRA 244F
15	CARD	FIXED	Coro30	4s	30F/s	16-Mar-07 16:25:47
A	96kV 656mA	6.4ms	***** large 0.0Cu 16cm	285.1uGym ²	91.5mGy	11RAO 41CRA 184F
16	CARD	FIXED	Coro30	4s	30F/s	16-Mar-07 16:26:38
A	97kV 627mA	9.6ms	***** large 0.0Cu 16cm	275.9uGym ²	88.7mGy	11RAO 41CRA 167F
17	CARD	FIXED	Coro30	4s	30F/s	16-Mar-07 16:29:36
A	96kV 651mA	8.6ms	***** large 0.0Cu 16cm	272.1uGym ²	87.4mGy	11RAO 41CRA 117F
18	CARD	FIXED	Coro30	5s	30F/s	16-Mar-07 16:29:33
A	96kV 626mA	10.0ms	***** large 0.0Cu 16cm	351.4uGym ²	1.3mGy	11RAO 41CRA 137F
19	CARD	FIXED	Coro30	5s	30F/s	16-Mar-07 16:29:30
A	96kV 653mA	8.6ms	***** large 0.0Cu 16cm	299.9uGym ²	96.4mGy	11RAO 41CRA 133F
20	CARD	FIXED	Coro30	7s	30F/s	16-Mar-07 16:30:07
A	95kV 626mA	9.9ms	***** large 0.0Cu 16cm	527.1uGym ²	149mGy	11RAO 41CRA 201F
21	CARD	FIXED	Coro30	3s	30F/s	16-Mar-07 16:33:11
A	92kV 717mA	6.7ms	***** large 0.0Cu 16cm	163.2uGym ²	52.4mGy	11RAO 41CRA 91F
22	CARD	FIXED	Coro30	2s	30F/s	16-Mar-07 16:33:33
A	87kV 755mA	6.7ms	***** large 0.0Cu 20cm	120.1uGym ²	23.1mGy	11RAO 41CRA 45F
23	CARD	FIXED	Coro30	10s	30F/s	16-Mar-07 16:37:35
A	95kV 679mA	7.5ms	***** large 0.0Cu 16cm	615.6uGym ²	1.8mGy	11RAO 41CRA 307F
24	CARD	FIXED	Coro30	*****	30F/s	16-Mar-07 16:37:32
A	96kV 657mA	8.4ms	***** large 0.0Cu 16cm	20.3uGym ²	6.5mGy	11RAO 41CRA 87F
25	CARD	FIXED	Coro30	3s	30F/s	16-Mar-07 16:37:35
A	92kV 712mA	6.7ms	***** large 0.0Cu 16cm	167.0uGym ²	53.3mGy	11RAO 41CRA 92F
26	CARD	FIXED	Coro30	5s	30F/s	16-Mar-07 16:39:16
A	86kV 762mA	6.7ms	***** large 0.0Cu 20cm	357.6uGym ²	68.8mGy	11RAO 41CRA 185F
29	CARD	FIXED	Coro30	4s	30F/s	16-Mar-07 16:44:09
A	87kV 753mA	6.7ms	***** large 0.0Cu 20cm	280.3uGym ²	52.5mGy	11RAO 41CRA 72F
30	CARD	FIXED	Coro30	11s	30F/s	16-Mar-07 16:44:33
A	102kV 589mA	10.0ms	***** large 0.0Cu 16cm	848.5uGym ²	265mGy	11RAO 41CRA 301F
31	CARD	FIXED	Coro30	9s	30F/s	16-Mar-07 16:51:53
A	95kV 677mA	7.5ms	***** large 0.0Cu 16cm	576.6uGym ²	180mGy	11RAO 41CRA 272F
32	CARD	FIXED	Coro30	3s	30F/s	16-Mar-07 16:52:27
A	96kV 641mA	9.4ms	***** large 0.0Cu 16cm	240.6uGym ²	75.3mGy	11RAO 41CRA 95F
33	CARD	FIXED	Coro30	5s	30F/s	16-Mar-07 16:53:29
A	97kV 631mA	9.4ms	***** large 0.0Cu 16cm	347.9uGym ²	109mGy	11RAO 41CRA 137F

Données d'exp. accumulées
 Med.: TBD Exposit. : 46 Fluoro: 27.3min Total: 35652.0uGym² 8.224mGy

2,6 Gy

8,2 Gy

2	CARD	FIXED	Coro15	4s	15F/s	20-Mar-07 11:33:01
A	101kV 756mA	10.1ms	***** large 0.0Cu 16cm	176.8uGym ²	62.6mGy	66LAO 37CAU 62F
5	CARD	FIXED	Coro15	4s	15F/s	20-Mar-07 11:40:45
A	109kV 702mA	10.1ms	***** large 0.0Cu 16cm	195.3uGym ²	70.2mGy	66LAO 37CAU 63F
6	CARD	FIXED	Coro15	3s	15F/s	20-Mar-07 11:44:53
A	108kV 704mA	10.1ms	***** large 0.0Cu 16cm	151.2uGym ²	54.3mGy	66LAO 37CAU 69F
7	CARD	FIXED	Coro15	3s	15F/s	20-Mar-07 11:41:32
A	120kV 636mA	10.1ms	***** large 0.0Cu 10cm	65.9uGym ²	57.0mGy	66LAO 37CAU 47F
8	CARD	FIXED	Coro15	9s	15F/s	20-Mar-07 11:41:15
A	111kV 689mA	10.1ms	***** large 0.0Cu 10cm	195.1uGym ²	169mGy	66LAO 37CAU 138F
9	CARD	FIXED	Coro15	4s	15F/s	20-Mar-07 11:49:53
A	112kV 682mA	10.1ms	***** large 0.0Cu 16cm	180.5uGym ²	64.3mGy	66LAO 37CAU 54F
10	CARD	FIXED	Coro15	4s	15F/s	20-Mar-07 11:51:24
A	114kV 671mA	10.1ms	***** large 0.0Cu 16cm	192.5uGym ²	68.3mGy	66LAO 37CAU 57F
11	CARD	FIXED	Coro15	3s	15F/s	20-Mar-07 11:52:11
A	114kV 671mA	10.1ms	***** large 0.0Cu 16cm	128.6uGym ²	45.8mGy	66LAO 37CAU 38F
13	CARD	FIXED	Coro15	3s	15F/s	20-Mar-07 11:55:10
A	111kV 686mA	10.1ms	***** large 0.0Cu 16cm	138.2uGym ²	49.2mGy	66LAO 37CAU 43F
14	CARD	FIXED	Coro15	3s	15F/s	20-Mar-07 11:55:52
A	115kV 664mA	10.1ms	***** large 0.0Cu 16cm	159.0uGym ²	56.6mGy	66LAO 37CAU 48F
15	CARD	FIXED	Coro15	8s	15F/s	20-Mar-07 11:56:23
A	115kV 663mA	10.1ms	***** large 0.0Cu 16cm	385.9uGym ²	1.7mGy	66LAO 37CAU 116F
16	CARD	FIXED	Coro15	4s	15F/s	20-Mar-07 11:57:26
A	113kV 676mA	10.1ms	***** large 0.0Cu 16cm	172.3uGym ²	61.3mGy	66LAO 37CAU 53F
18	CARD	FIXED	Coro15	2s	15F/s	20-Mar-07 12:03:32
A	105kV 726mA	10.1ms	***** large 0.0Cu 16cm	80.4uGym ²	27.0mGy	66LAO 38CAU 24F
19	CARD	FIXED	Coro15	3s	15F/s	20-Mar-07 12:06:13
A	107kV 716mA	10.1ms	***** large 0.0Cu 16cm	166.8uGym ²	56.3mGy	66LAO 38CAU 49F
20	CARD	FIXED	Coro15	4s	15F/s	20-Mar-07 12:06:39
A	109kV 698mA	10.1ms	***** large 0.0Cu 16cm	194.8uGym ²	65.3mGy	66LAO 38CAU 56F
21	CARD	FIXED	Coro15	3s	15F/s	20-Mar-07 12:07:33
A	107kV 716mA	10.1ms	***** large 0.0Cu 16cm	178.3uGym ²	59.3mGy	66LAO 38CAU 52F
22	CARD	FIXED	Coro15	8s	15F/s	20-Mar-07 12:07:58
A	106kV 717mA	10.1ms	***** large 0.0Cu 16cm	400.3uGym ²	135mGy	66LAO 38CAU 117F
23	CARD	FIXED	Coro15	3s	15F/s	20-Mar-07 12:08:53
A	108kV 709mA	10.1ms	***** large 0.0Cu 16cm	203.8uGym ²	68.5mGy	66LAO 38CAU 46F
25	CARD	FIXED	Coro15	3s	15F/s	20-Mar-07 12:21:11
A	110kV 692mA	10.1ms	***** large 0.0Cu 16cm	216.1uGym ²	73.7mGy	66LAO 38CAU 57F
26	CARD	FIXED	Coro15	6s	15F/s	20-Mar-07 12:23:11
A	106kV 720mA	10.1ms	***** large 0.0Cu 16cm	354.8uGym ²	121mGy	66LAO 38CAU 65F
27	CARD	FIXED	Coro15	3s	15F/s	20-Mar-07 12:23:11
A	109kV 702mA	10.1ms	***** large 0.0Cu 16cm	180.0uGym ²	61.4mGy	66LAO 38CAU 43F
29	CARD	FIXED	Coro15	4s	15F/s	20-Mar-07 12:25:34
A	107kV 716mA	10.1ms	***** large 0.0Cu 16cm	196.9uGym ²	68.8mGy	66LAO 37CAU 62F

Données d'exp. accumulées
 Med.: TBD Exposit. : 31 Fluoro: 20.2min Total: 17103.3uGym² 6.193mGy

4,7 Gy

6,4 Gy



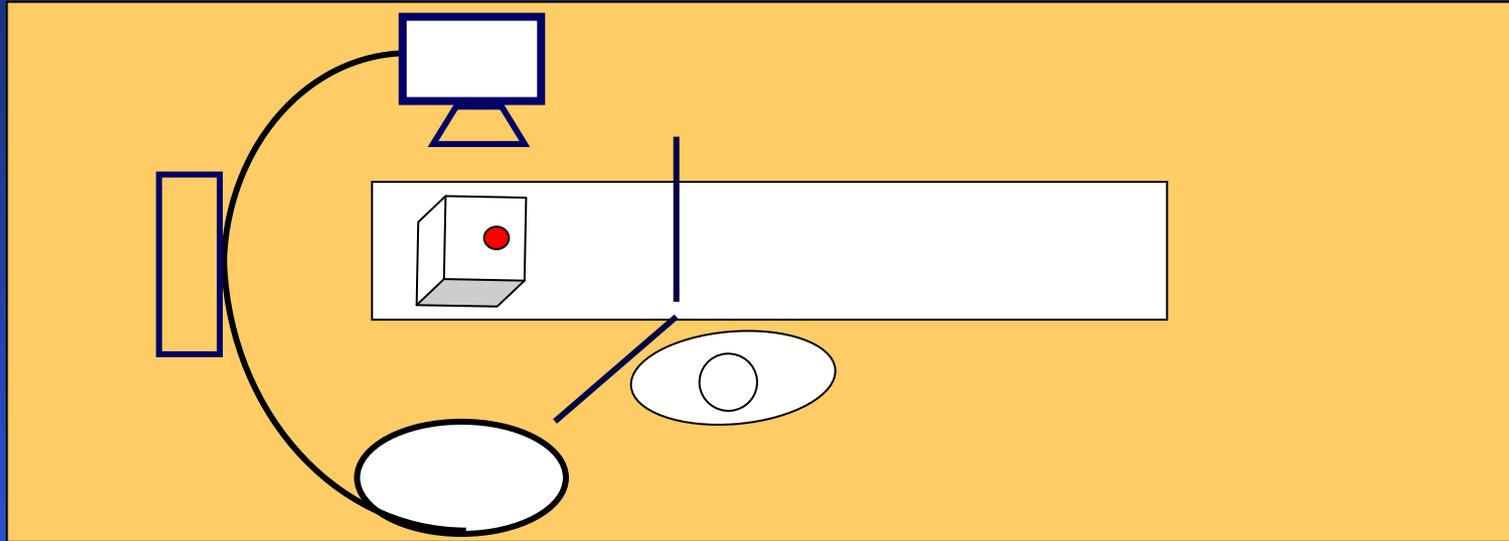
Outils d'optimisation

Analyse du rapport dosimétrique

- La PSRPM doit être en mesure de déterminer si une ou plusieurs zones exposées ont dépassé les 2 Gy à la peau
(car incidences multiples en interventionnelle)
- Envisager le suivi personnalisé du patient susceptible de développer une radiodermite

Formation de tous les opérateurs

Formation périodique des opérateurs



Mesures réalisées :

- influence de la dose entre graphie et scopie
- Influence de la cadence image
- influence de la distance foyer-patient et foyer-récepteur
- influence de la taille des champs et des zooms

Évaluer l'optimisation :

Par équipement, par type de procédure :

- ✓ Réaliser une analyse statistique des données dosimétriques :
Moyenne, Ecart-type, Minimum, Maximum,...
- ✓ Observer l'évolution des données dosimétriques
au cours des mois, des trimestres
- ✓ Observer les mouvements de personnels médicaux
(internes, chefs de clinique,...)

Résultats de l'Optimisation : Moyenne des PDS par période (sur 18 mois) et par procédure

Anévrismes

	01/01/09 au 30/04/09	06/06/09 au 31/08/09	01/09/09 au 04/12/09	04/12/09 au 04/05/10	01/06/10 au 31/07/10
Moyenne ($\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$)	23 231	21 848	20 521	16 581	16 853
Donnée min	10 853	10 375	8 245	10 582	7 407
Donnée max	35 463	42 426	37 903	32 752	40 301
Ecart-type	6 595	9 931	7 597	5 731	8 655

Analyse des résultats

Résultats de l'optimisation :
Évolution des moyennes en nette diminution

Anévrisme	01/01/09 au 30/04/09	06/06/09 au 31/08/09	01/09/09 au 04/12/09	04/12/09 au 04/05/10	01/06/10 au 31/07/10
PDS en $\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$					
< 10000	0%	0%	0%	0%	24%
10000-15000	14%	34%	20%	50%	28%
15000-20000	25%	19%	30%	38%	20%
20000-25000	1%	12%	22%	1%	12%
>25000	50%	35%	28%	11%	16%

Recommandations ASN décembre 2009

Mise en œuvre des niveaux d'alerte

Dès que le niveau d'alerte est atteint :

- Adapter dans la mesure du possible la procédure en cours
= optimiser la pratique
- Mettre en place un suivi du patient dès que la dose à la peau, estimée à partir des indicateurs de dose disponibles peut dépasser 2 Gy sur une région (calcul réalisé par le physicien médical)

Niveaux d'alerte affichés en neuroradiologie

	Niveaux d'alerte par procédure	
	PDS en $\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$	Dose au point référence (mGy)
Anévrismes	28 000	6 500
MAV / FAV	45 000	9 000
Angioplasties	25 000	4 500

CONCLUSION

- ✓ L'optimisation repose sur une **démarche volontaire** de l'équipe médicale et paramédicale
- ✓ L'optimisation - par équipement et par type de procédure- est un **très long travail d'équipe** entre les médecins, les manipulateurs radio et le radiophysicien
- ✓ Le radiophysicien doit veiller à obtenir **la nature des interventions du constructeur** pour vérifier la stabilité des performances
- ✓ **Évaluer** périodiquement **les résultats de l'optimisation**