

Radioprotection:  
surveillance des patients « sur-irradiés »  
lors de procédures  
de  
cardiologie interventionnelle

# Radioprotection: justification

Depuis qu'ils sont utilisés en médecine courante, les rayons X sont la source d'irradiation non négligeable de nos patients surtout depuis l'avènement de la scanographie et de la radiologie interventionnelle.

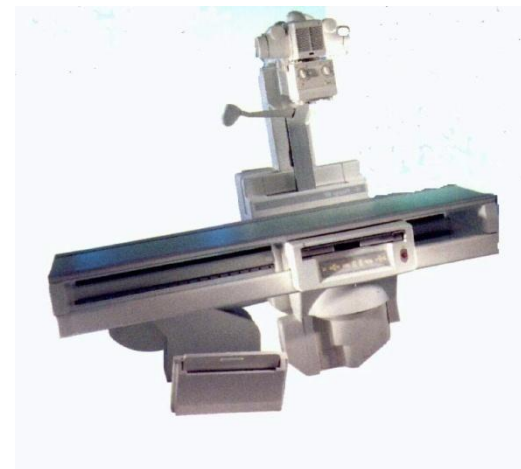
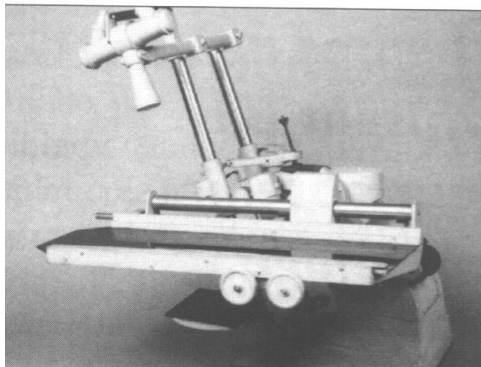


Les effets des radiations ionisantes nous sont connus depuis longtemps et la première irradiation aigue « expérimentale » humaine eu lieu le 6 Aout 1945

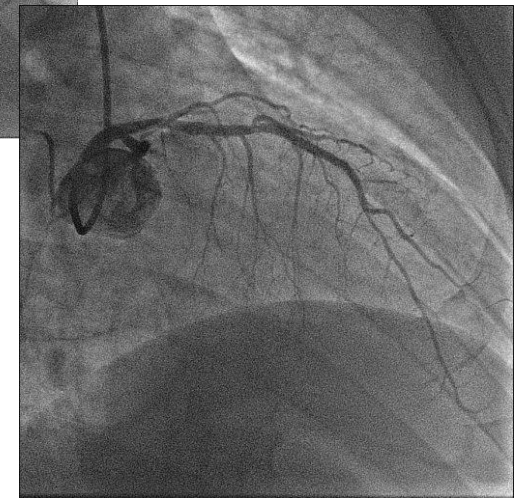
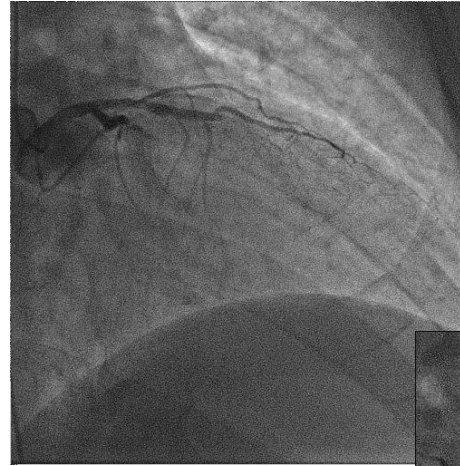
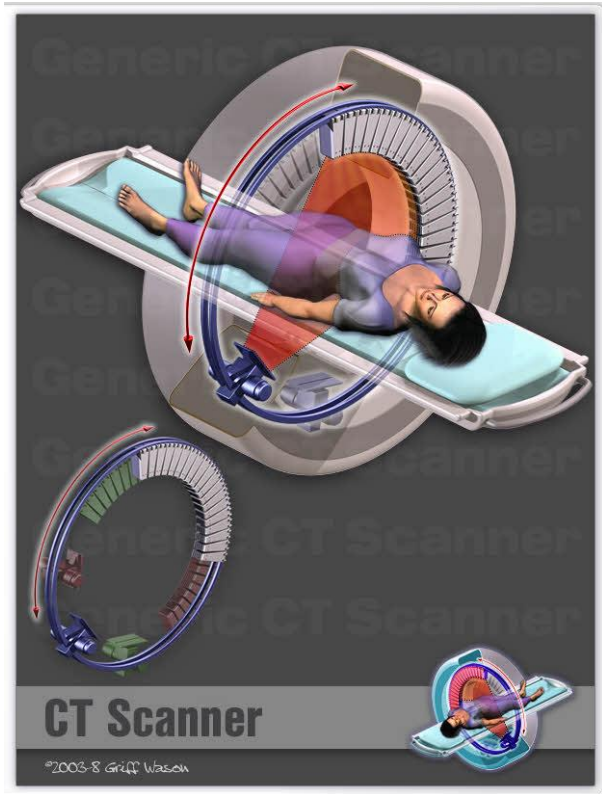
Les années de la guerre froide, la « terreur atomique » ont laissé de côté les risques d'irradiation des patients au profit du « tout atomique » gage d'indépendance, de modernisme et de sécurité



D'autant qu'à l'époque, la radiologie se résumait à des clichés « standards », quelques coupes tomographiques en fait peu irradiantes.



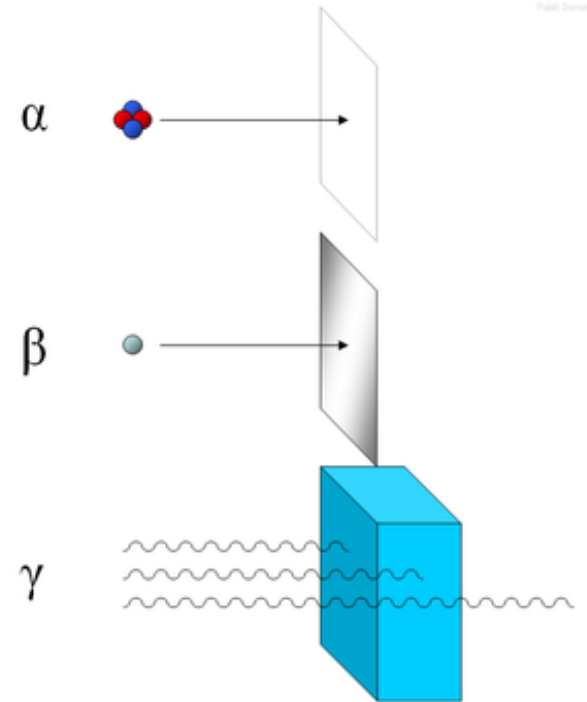
Au début des années 1980 l'avènement de la scanographie et l'apparition de la radiologie (et surtout de la cardiologie) interventionnelle



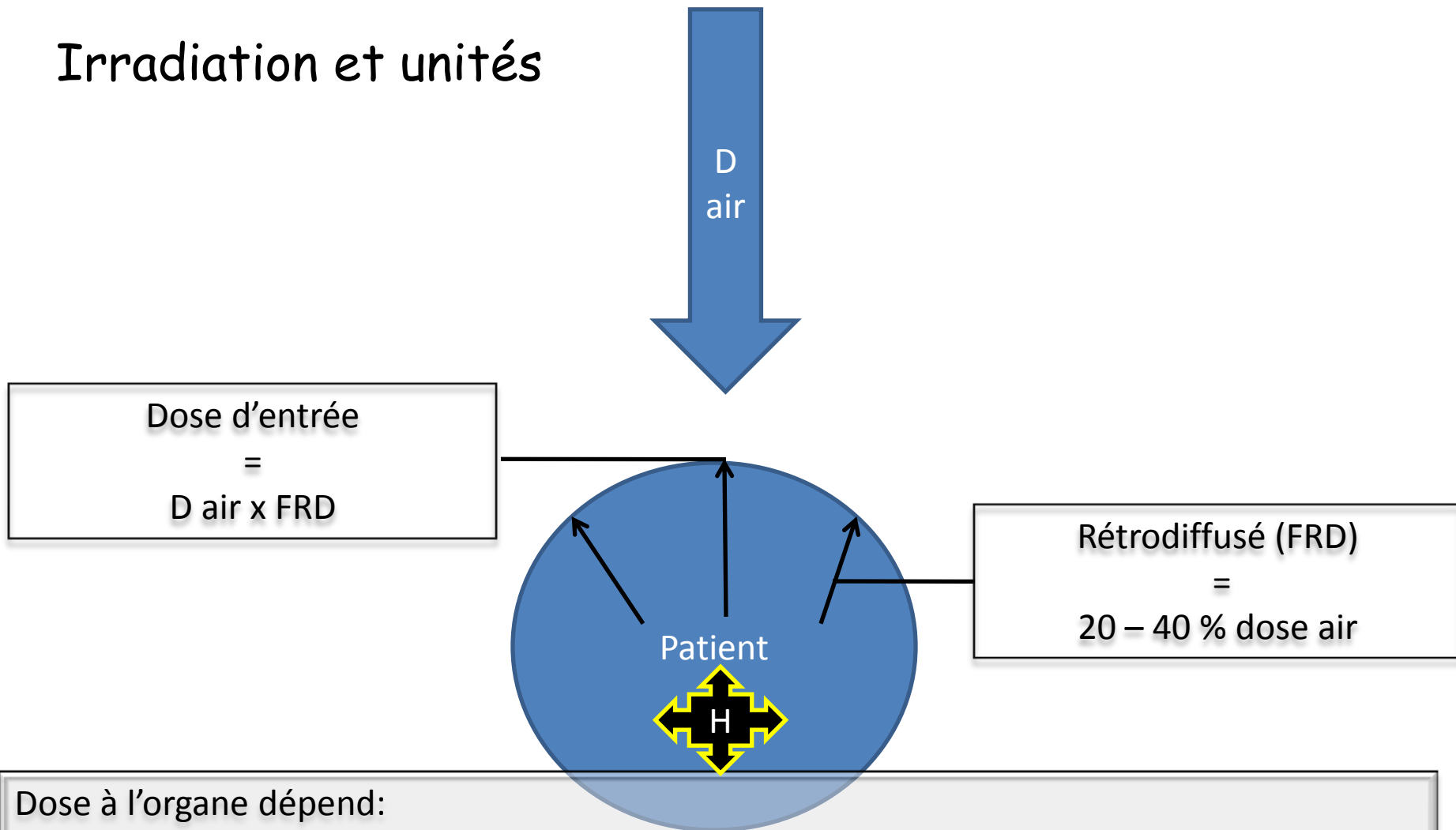
Ont remis à l'ordre du jour les risques des radiations ionisantes et les directives européennes (96/43 Euratom) ont imposé une mise à jour de la protection des patients et des personnels. Elles ont été transposées en droit français en 2003.

# Les différents types de rayonnement:

- Les rayonnements d'origine cosmique
- Rayonnement Alpha: particules massives (hélium), ne parcourt que quelques cm dans l'air.
- Rayonnement Béta: électrons négatifs et positifs parcourent quelques mètres dans l'air et sont arrêtés par le bois et le verre
- Rayonnement X: produits par un faisceau d'électrons envoyé sur une cible métallique. Ces électrons, en interagissant avec les électrons des atomes du métal, les font changer de niveau d'énergie et émettre des rayons X composé de photons, ils sont arrêtés par des écrans de plomb
- Rayonnement gamma: sont émis par des atomes radioactifs lors de leur désintégration plus énergétique que les X, parcourt plusieurs centaines de m dans l'air. Des écrans de plomb ou de béton sont nécessaires à leur arrêt.



# Irradiation et unités



Dose à l'organe dépend:

Du rayonnement  $W_r$  pondération du rayonnement [pour les Rx= 1]

→ dose équivalente absorbée par l'organe (H) = D x  $W_r$  en Gy pondéré

Du tissu considéré  $W_t$  pondération tissulaire

# Irradiation et unités

| Dose RI                      | Abréviation                           | unité               |
|------------------------------|---------------------------------------|---------------------|
| Dose absorbée                | D                                     | Gy                  |
| Dose dans l'air              | D air                                 | Gy                  |
| Dose d'entrée                | D <sub>E</sub>                        | Gy                  |
| Dose équivalente             | H                                     | Gy pondéré          |
| Dose efficace                | E                                     | mSv                 |
| Produit dose. surface        | PDS                                   | Gy.cm <sup>2</sup>  |
| Index de dose scanographique | CTDI (computed tomography dose index) | mGy                 |
| Produit Dose.longueur        | PDL = CTDI x L (longueur explorée)    | mGy.cm <sup>2</sup> |

# Les effets biologiques des rayonnements ionisants

## Les effets sur la matière vivante:

Tous ces rayonnements sont ionisants car ils sont capables de créer des « ions » dans la matière qu'ils traversent en ajoutant ou en arrachant un électron à une molécule ou en la coupant. Ces ionisations vont pouvoir modifier les molécules qui composent les cellules de l'organisme qui sont traversés par les rayonnements.

L'effet du rayonnement dépend de la nature de ce rayonnement et de la dose reçue. Il ne dépend pas du caractère naturel ou artificiel de la source qui émet le rayonnement.

## Les effets cellulaires:

Les effets élémentaires cellulaires: (1906 Bergonié Tribondeau) relation de proportionnalité entre radiosensibilité des cellules et leur différenciation

→ Plus une cellule est différencié plus elle est radio résistante. (base de la radiothérapie)

# Les effets biologiques des rayonnements ionisants

## Effets déterministes:

Effets qui apparaissent au dessus d'un certain seuil selon le tissu considéré et dont la gravité augmente ensuite avec la dose.

Pour un tissu donné il existe toujours un intervalle libre entre irradiation et apparition des symptômes

# Les effets biologiques des rayonnements ionisants

## Effets stochastiques:

Les RI peuvent léser une cellule sans la tuer en créant des altérations cellulaires compatibles avec la survie mais potentiellement néfastes à long terme  
→ Les effets les plus importants sont les modifications chromosomiques.

Deux types d'effets en fonction de la nature de la cellule concernée:

- Cancérogène lorsque la cellule est une cellule somatique
- Héritaire lorsque la cellule concernée est une cellule germinale

## Effets stochastiques:

- Ils ne sont pas spécifiques car indiscernables d'une affection naturelle spontanée
- Gravité sans lien avec la dose, déclenchée elle évolue pour son propre compte avec le même génie évolutif que les affections spontanées.
- Leur probabilité de survenue croit avec la dose jusqu'à un maximum où le nombre de cellules tuées est trop important pour laisser suffisamment de cellules susceptibles d'être à l'origine d'affection cancéreuses
- En théorie pas de dose seuil de survenue car un seul impact peut induire un cancer.

# Réparation d'un tissu normal

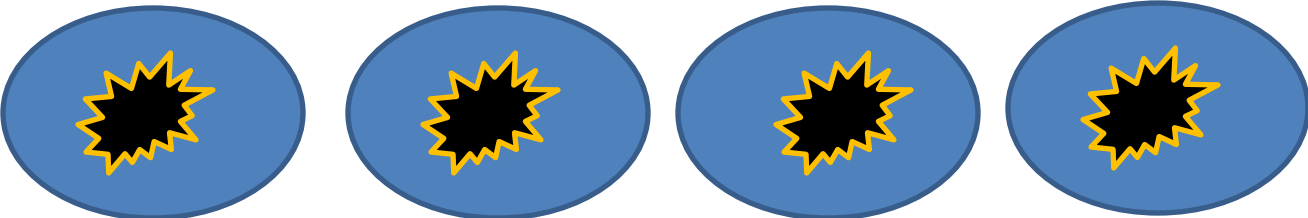
Cellules différenciées



Tissu normal

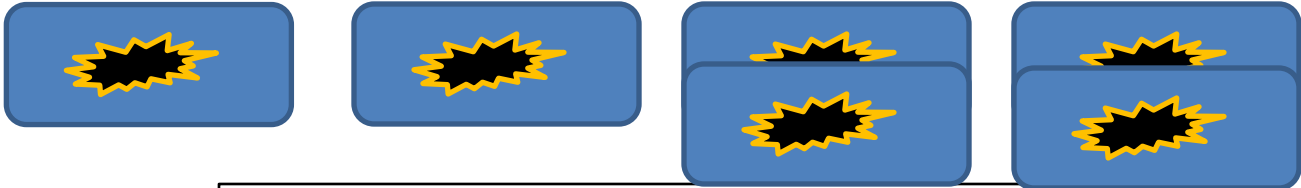


Cellules souches

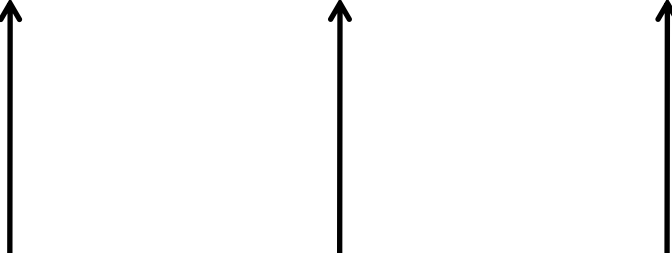
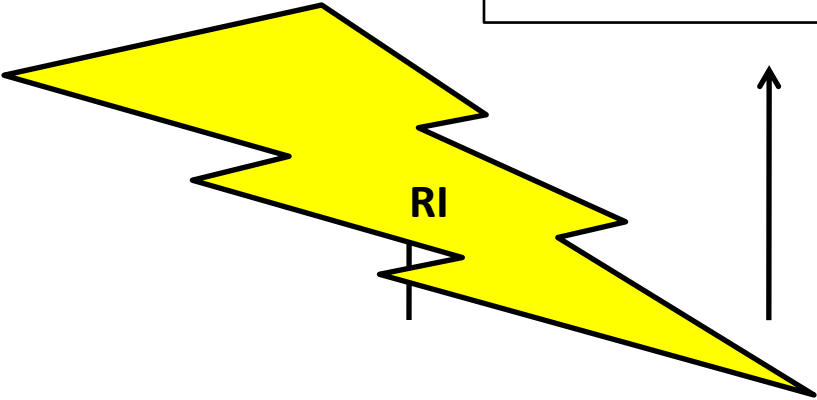


Réparation d'un tissu irradié:  
insuffisante → lésion

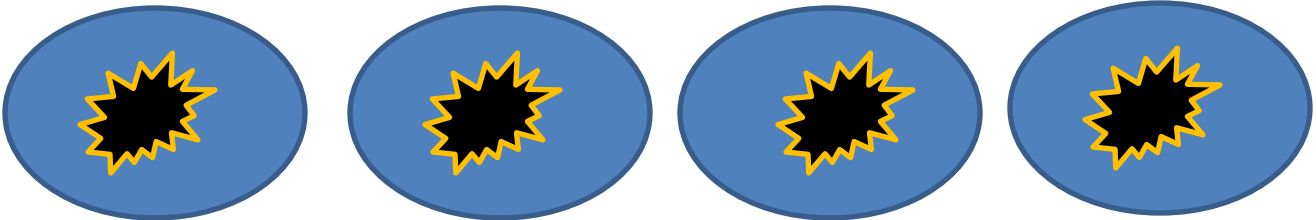
Cellules  
différenciées



Tissu irradié



Cellules souches



# Effets d'une irradiation: Irradiation globale

fonction de la dose touche d'abord les tissus les plus radiosensibles (hématopoïèse, tissu digestif), les autres tissus seront touchés pour des doses de toute façon mortelles.

- 0.5 Gy: aucun effet clinique
- 1 à 2 Gy:
  - 1Gy: seuil à partir duquel les signes digestifs apparaissent:
  - Phase prodromique: nausées et vomissements dans les 3 premières heures (dosimétrie clinique) puis « mal des rayons » (asthénie, malaise, anorexie). Récupération complète en 24 h
- 2 à 4 Gy: après phase prodromique, grande latence clinique mais surveillance hématopoïétique +++
- 4 à 6 Gy: dose mortelle pour 50% des individus à 4.5 Gy
- 6Gy: dose mortelle dans 100% des cas par déplétion hématopoïétique:
  - Lymphopénie: (dès 0.3 Gy) empêche typage lymphocytaire en vue d'une greffe
  - Granulocytes: augmentation paradoxale brève (réaction à l'agression), granulopénie maximale à 3 semaines → risque infectieux maximal
  - Plaquettes suivent la lignée granulocytaire → risque hémorragique maximal à 3 semaines
  - Erythrocytes: les plus radio-résistants → risque d'anémie en raison de l'absence de reconstitution des globules qui disparaissent naturellement.
- 10 à 20 Gy: décès en moins d'une semaine tableau digestif et respiratoire domine
- 50 Gy: mort par incapacitation neurologique (œdème cérébral)

# Effets d'une irradiation: Irradiation partielle

fonction de la zone exposée et de la dose reçue:

- Peau:
  - Irradiation aiguë:
    - < 3Gy: pas d'effet observé,
    - 3 à 5 Gy: épidermite sèche 3 semaines après irradiation (érythème, desquamation)
    - 4 Gy: épilation et chute des cheveux qui précède l'épidermite
    - 5 Gy: érythème précoce « coup de soleil » disparaît au bout de quelques jours pour réapparaître sous forme d'une épidermite
    - > 20Gy: épidermite exsudative
  - Irradiation chronique:
    - Seuil d'apparition des lésions cutanées est abaissée en cas de nouvelle irradiation (diminution du capital de renouvellement de l'épiderme) fréquente en radiologie interventionnelle  
→ Incidences répétées, stéréotypées, même champ d'entrée.
    - Radiodermite chronique: derme atrophique, peau glabre et sèche, hyperkératosique fissurée  
→ **exposition > 2Gy par an**
- Cristallin:

|                       |                         |
|-----------------------|-------------------------|
| exposition unique :   | exposition chronique :  |
| • 1 à 2 Gy → opacités | • 0.15 Gy/an → opacités |
| • > 5 Gy → cataracte  |                         |
- Les autres atteintes (cerveau, intestin, moelle épinière, poumon) surviennent pour des expositions aiguës à dose unique

# Notre étude:

Sélection des patients: 01/07/2007 au 01/07/2008

- Dosimétrie opérationnelle:
  - DIAMENTOR®
  - Système intégré de mesure de dose GE Healthcare®
- Valeur seuil > 2Gy lors d'une procédure
- logiciel CARDIOREPORT®
- Enquête téléphonique à 1 mois / 6 mois / 12 mois / 18 mois

# RADIOPROTECTION: SUIVI TELEPHONIQUE

- Date de procédure :
- N° de procédure
- Procédure réalisée :
- Cardiologue :
- Temps scopie + graphie :
- PDS ( cGy.cm2 ) :
- N° téléphone patient :

| Questions            | 1 mois |     | 6 mois |     | 12 mois |     | 18 mois |     |
|----------------------|--------|-----|--------|-----|---------|-----|---------|-----|
| Dates                |        |     |        |     |         |     |         |     |
|                      |        |     |        |     |         |     |         |     |
|                      |        |     |        |     |         |     |         |     |
|                      |        |     |        |     |         |     |         |     |
|                      | OUI    | NON | OUI    | NON | OUI     | NON | OUI     | NON |
| Erythème             |        |     |        |     |         |     |         |     |
| Epilation provisoire |        |     |        |     |         |     |         |     |
| Phlyctène            |        |     |        |     |         |     |         |     |
| Cicatrice            |        |     |        |     |         |     |         |     |
| Tache                |        |     |        |     |         |     |         |     |
| Dépigmentation       |        |     |        |     |         |     |         |     |
| Dépilation           |        |     |        |     |         |     |         |     |
| Consultation dermato |        |     |        |     |         |     |         |     |
| Divers               | -----  |     | -----  |     | -----   |     | -----   |     |
|                      | -----  |     | -----  |     | -----   |     | -----   |     |
|                      | -----  |     | -----  |     | -----   |     | -----   |     |

# Notre étude:

- 1304 procédures (diagnostiques, interventionnelle et rythmologie)
- 69 patients identifiés PDS total > 2Gy (5.2%)
  - Coronaro + angioplastie dans la foulée: 56/69 (82%)
  - Coronarographie seule: 5/69 (7.3%)
  - Angioplastie coronaire seule: 8/69 (11.7%)
- 2 patients présentaient des symptômes:
  - 2/69 soit 0.15% des procédures annuelles

# Notre étude:

- Patient N°1: (23641 cGy.Cm<sup>2</sup>)
  - Dose atteinte après coronarographie + angioplastie coronaire dans la foulée (dilatation difficile de D1)
  - Utilisation prolongée d'une incidence en OAG
  - 12 examens depuis 1990, antécédents de pontages coronaires
  - Démangeaisons interscapulaire, pas de lésion cutanée visible.
  - Consultation dermatologique en attente
  
- Patient N°2: (73763 cGy.Cm<sup>2</sup>)
  - Dose atteinte après coronarographie + angioplastie coronaire dans la foulée (dilatation IVA + D1 en kissing)
  - Utilisation prolongée d'une incidence dite de « spider »
  - Symptômes: tache rouge dans la région interscapulaire avec démangeaisons puis tache brunâtre persistante
  - Consultation dermatologique en attente

# Notre étude: nos conclusions

## Pour les médecins et les manipulateurs:

Éviter les incidences « dangereuses » OAG « Spider » Profil (autorégulation du tube)  
Changer si possible d'incidence régulièrement au cours des procédures longues  
Recommandations habituelles: diaphragme, filtrage, distance ampli-tube  
Qualité de l'installation +++  
Mise en place d'un suivi des patients irradiés

## Pour les constructeurs:

Chambre d'ionisation pour toutes les machines système DIAMENTOR®  
Avertisseur de durée (scopie et graphie)  
Totalisateur de doses pour les logiciels (CARDIOREPORT®)

## Pour les tutelles:

Possibilité de faire figurer sur la carte SESAME VITALE les doses reçues