

La dosimétrie passive en France

Petite et grande histoire
Anecdotes

Réunion du Club histoire

19 Février 2011

Alain BIAU

- Les dosimètres passifs sont constitués de matériaux qui se modifient sous l'action des rayonnements et qui nécessitent un traitement physique ou chimique pour quantifier ces modifications et en déduire la dose
- Il sont exploités dans des laboratoires spécialisés qui peuvent (doivent?) être indépendants des employeurs des salariés exposés

Nous retiendrons trois techniques de dosimétrie passive :

La **dosimétrie photographique** car elle a été obligatoire en France de 1968 à 1999

La **dosimétrie par thermoluminescence (TLD)** car elle a été utilisée en complément de la dosimétrie photographique (dosimétrie des extrémités, des neutrons, des patients, des études de poste)

La **dosimétrie par radiophotoluminescence (RPL)** car elle va être utilisée par l'IRSN à la fin de 2007

La **dosimétrie par luminescence optiquement stimulée (OSL)** est utilisée par le LCIE Landauer depuis le début des années 2000 notamment pour les agents EDF

L'IRSN étudie cette technique pour des reconstitutions de dose lors d'incidents mais ne l'a pas retenue pour la dosimétrie individuelle pour des raisons commerciales notamment

L'évocation de ces trois techniques de dosimétrie passive en France nous amène à penser à quelques personnalités qui ont marqué plus particulièrement l'histoire de la dosimétrie individuelle en France :

- **Dosimétrie photographique**

Norbert Chassende-Baroz a créé le dosimètre photographique français à base de **papier photo**, fabriqué par KODAK France et utilisé au CEA et au LCIE jusqu'à la fin des années 70

Dosimétrie photographique (suite)

Les dosimètres photographiques papier étaient lus avec des densitomètres à réflexion. Ils ont été remplacés par des films (Agfa et Kodak) lus avec des densitomètres à transmission, la densité optique étant égale à :

$$d = \log(I_0 / I) \quad I_0 = \text{Intensité initiale}$$

$$I = \text{Intensité transmise}$$

Dosimétrie photographique (suite)

Pierre Pellerin a toujours imposé la dosimétrie photographique dans la réglementation avec l'idée que cette technique plutôt simple permettait de couvrir un maximum d'activités à des coûts très modérés (un dosimètre individuel ne doit pas coûter plus cher qu'un timbre poste).

A noter également deux grands chefs de laboratoire Francis Bermann (CEA) et Guy Le Roy (LCIE)

Dosimétrie par thermoluminescence (TLD)

G. Portal a été le promoteur de cette technique au CEA et dans tous les domaines de la radioprotection. Les matériaux utilisés sont le Fluorure de Lithium, le Borate de Lithium, le Fluorure de Calcium et le Sulfate de Calcium sous forme de poudre puis sous forme de pastilles

Dosimétrie par radiophotoluminescence (RPL)

Jean Barthe a défendu inlassablement cette technique, à base de verres phosphatiques, peu utilisée pendant longtemps en dosimétrie individuelle en raison d'une pré-dose importante. Cette difficulté ayant été levée la RPL redevient d'actualité et c'est ainsi que l'IRSN l'a adoptée pour la dosimétrie individuelle de ses 130000 abonnés

Un petit point de réglementation

Arrêté du 19 avril 1968 pris en application
du décret du 15 mars 1967

- Dosimétrie photographique seule technique réglementaire
- Seuil de mesure 500 μSv
- Résultats transmis au Médecin du Travail
- Pas de notion de laboratoire agréé

Réglementation (suite)

Décret du 28 avril 1975 relatif à la protection des travailleurs dans les INB

Les INB sont autorisées à assurer la dosimétrie de leurs propres travailleurs (CEA, COGEMA, EDF) sous réserve de vérifications par le SCPRI

Les agents des entreprises intervenantes doivent être suivis par le SCPRI

Réglementation (suite 2)

Décret du 24 Décembre 1998 et arrêté du
23 Mars 1999

Introduction de la dosimétrie opérationnelle
obligatoire en zone contrôlée

Maintien de la dosimétrie passive sans
monopole de la dosimétrie photographique

Ces dispositions seront reprises dans le
décret du 31 mars 2003 relatif à la
protection des travailleurs et ses arrêtés
d'application

Les laboratoires de dosimétrie photographique individuelle en France de 1968 à 2000

- CEA puis IPSN Fontenay aux Roses
- COGEMA La Hague
- COGEMA Marcoule
- EDF St Denis
- SCPRI puis OPRI Le Vésinet
- LCIE Fontenay aux Roses
- Massiot puis Massiot Philips puis Philips puis LCIE Ailly le Haut Clocher
- IN2P3 (Orsay et Strasbourg)
- SPRA Arcueil
- CERN Genève

La dosimétrie passive dans le monde

Etat des techniques utilisées jusqu'en 1995 dans les pays participant à l'étude du CIRC sur les travailleurs du nucléaire :

Pays	DPI	TLD
France	+	
Allemagne	+	
Belgique (selon labos)	< 1980	>1985
Espagne(selon labos)	< 1983	> 1990
Royaume Uni	+	

La dosimétrie passive dans le monde (suite)

Pays	DPI	TLD
Australie	+	
Canada (selon labos)	< 1972	> 1979
Japon	+	
USA (selon labos)	< 1970	> 1989

Splendeurs et misères de la dosimétrie photographique

- **Splendeurs**

Si la dosimétrie photographique n'est pas la meilleure technique de dosimétrie en tant que telle elle a malgré tout rendu des services éminents à la radioprotection pour de multiples raisons :

- Technique simple et bien maîtrisée
- Faible coût adapté à une surveillance à grande échelle (coût d'un timbre poste)
- Possibilité de relecture

- Révélation d'une image donnant des indications sur les circonstances de l'exposition, énergie du rayonnement, incidence, inhomogénéité, exposition aiguë ou chronique, etc...). Cette possibilité de dialogue entre experts et utilisateurs permet une ouverture bénéfique pour la radioprotection dans le cadre de ce qu'on peut appeler la « **dosimétrie participative** »!
- L'interprétation de ces images a permis de résoudre un certain nombre d'énigmes, parmi les plus connues : Forbach 1991
Chinon 1996, Tricastin 2000

- **Misères**

- Dosimètre fragile lorsqu'il est utilisé sans conditionnement étanche (humidité, chaleur, enveloppe papier qui peut se décoller et laisser entrer la lumière)
- Difficultés de marquage et d'identification du dosimètre sauf pour le dosimètre Chassende Baroz
- Technique qui ne se prête pas facilement à l'automatisation du traitement et nécessite des travaux dans l'obscurité

- Seuil de mesure

Les seuils réglementaires de 500 puis 200 μSv ont été respectés. Par contre le futur seuil de 100 μSv est difficile à tenir :

* la densité optique d'un film non exposé est de 0.20

* pour 100 μSv de RX de basse énergie la densité optique s'élève à 0.40

* pour 100 μSv en Co 60 la densité optique n'est que de 0.21 ou 0.22 selon l'émulsion

- Seuil de mesure (suite)

Il aurait été possible de présenter les résultats avec des seuils de mesure différents selon les types de rayonnements mais compte tenu de la diversité des activités couvertes par la surveillance dosimétrique centralisée il a été jugé préférable de retenir un seuil identique pour tout le monde et préconiser la surveillance trimestrielle pour les personnes les moins exposées-

- Enjeux politiques et querelles de chapelle
Les batailles autour du film dosimétrique suivent les oppositions CEA-SCPRI , expertise et autorité, dosimétrie active contre dosimétrie passive (lobbying Dosiscard, etc...)
- Fin de la photographie argentique remplacée par le tout numérique

**Ma collection d'images pour
illustrer différents cas de figures**

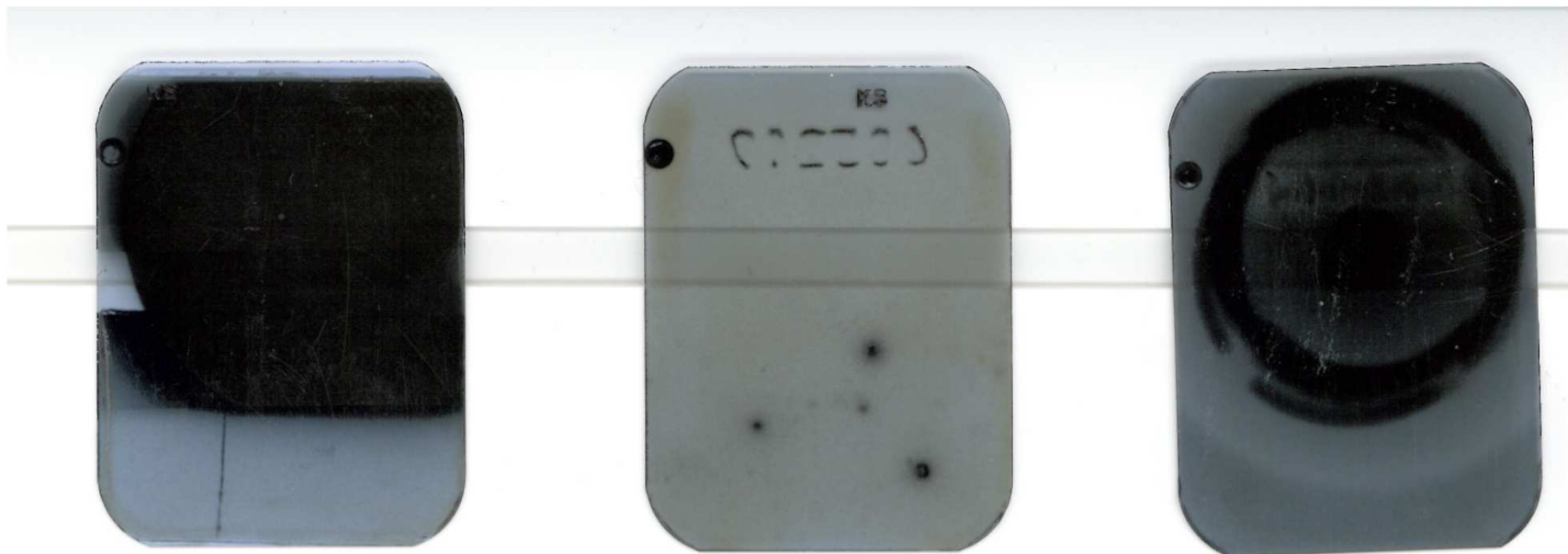
Dosimètres de calibration :

Chaque mois 60 dosimètres sont exposés à des doses de référence en Co 60 (1) et RX de 80 kV (2) de façon à établir les courbes densité-dose qui dépendent de l'émulsion et varient légèrement selon les lots de fabrication: (1) (2)



Images observées

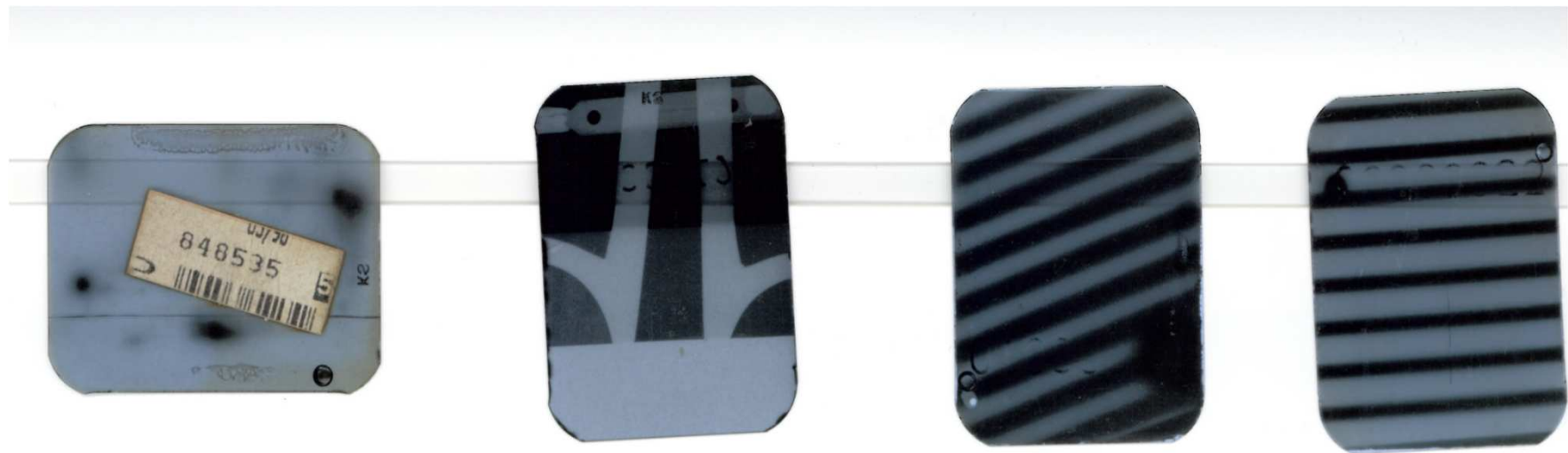
Les images donnent des indications sur les circonstances de l'exposition : objet interposé entre la source et le dosimètre, traces de contamination, exposition volontaire



Images observées (suite)

Dosimètres exposés (sans écran) à des scanners sans doute volontairement pour vérifier que les dosimètres sont bien développés !

(1) Traces de contamination (2) Paire de ciseaux (3) et (4) coupes de scanner



Images observées (suite et fin)

Il y a aussi des plaisantins esthètes ou grossiers



Dosimétrie par thermoluminescence (TLD)

Si cette technique n'a pas été utilisée en France comme dosimétrie individuelle réglementaire, elle a été et est toujours largement utilisée dans différents domaines

- **Dosimétrie d'environnement**

Etudes locales du rayonnement ambiant avec un maillage serré

Mesures systématiques d'environnement dans tous les départements français depuis les années 60, environ 10 dosimètres par département lus tous les 6 mois

- Dosimétrie individuelle complémentaire

Dosimétrie des extrémités, bagues munies de pastilles TLD lorsque le risque d'exposition est localisé au niveau des doigts (Médecine nucléaire, radiologie interventionnelle, travaux en boîte à gants, manipulation de P32...)

Dosimétrie des neutrons, combinaison Li6 et Li7

Dosimétrie en parallèle FRAMATOME

- Etudes de poste

Des pastilles TLD peuvent être disposées au poste de travail , sur les opérateurs, dans les locaux et à l'extérieur

Les mesures peuvent correspondre à une opération donnée ou un ensemble d'opérations sur une période donnée

- Reconstitution dosimétrique suite à des incidents

Le principe consiste à placer des dosimètres TLD dans un fantôme anthropomorphe de type Rando que l'on irradie dans les conditions de l'incident de façon à étudier la répartition des doses dans l'organisme de la victime (voir images suivantes)

Reconstitution dosimétrique à l'aide d'outils expérimentaux : *les techniques utilisées*



**Mannequin +
dosimètres**

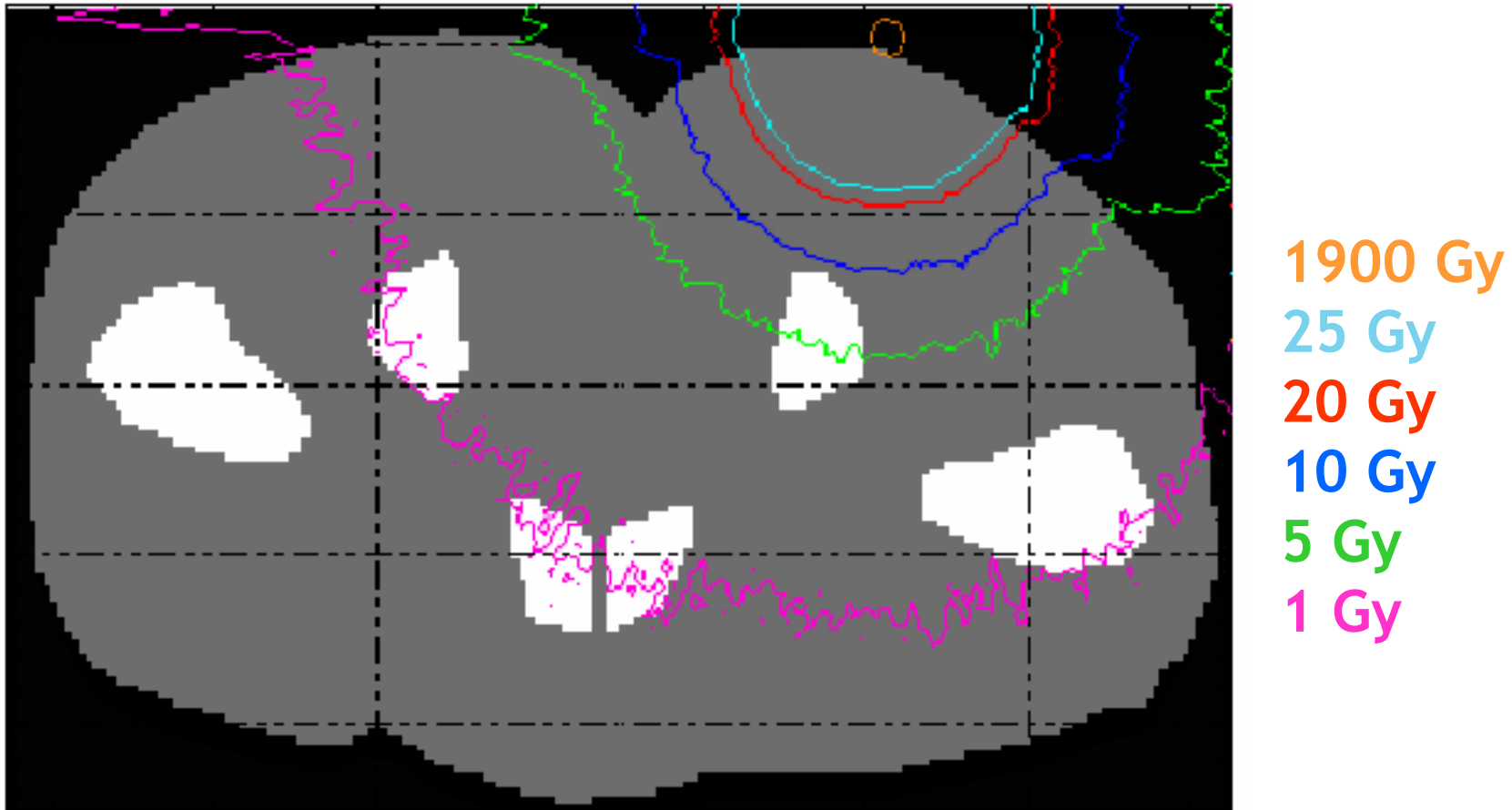


**Moulage +
dosimètres**

contraintes :

- difficulté pour reproduire les circonstances réelles de l'accident
- moyens importants à mettre en œuvre sur site et pour l'exploitation

Cartographie accidenté chilien : *source poche arrière du pantalon*



Au dessus de 25 Gy, une nécrose des tissus apparait à terme

- Dosimétrie des patients

La thermoluminescence a été largement utilisée pour la dosimétrie des patients :

- en radiothérapie pour l'étude de plan de traitement ou des mesures de routine à fortes dose (de l'ordre du Gray)

- en radiodiagnostic (faibles doses) pour des expertises ponctuelles ou dans le cadre de grandes campagnes de mesures comme celles réalisées avec les physiciens médicaux pour établir les niveaux de référence diagnostique

Ces mesures sont effectuées sur des fantômes ou sur les patients directement, les pastilles conditionnées dans du vinyle souple étant fixées sur la peau avec de l'adhésif (Hélène Beauvais, Marc Valero)

A noter une étude réalisée en 1973 par Pierre Brun du SCPRI sur des nouveau-nés souffrant de malformations cardiaques dans un hôpital de province et qui faisaient l'objet d'interventions chirurgicales sous scopie avec des doses de l'ordre du Gray