

La dose à la peau des patients en radiologie interventionnelle : une donnée indispensable.

Film radiochromique ou dosimètre MOSFET ?

**CONGRÈS NATIONAL DE RADIOPROTECTION
SFRP Bordeaux 2013**

Guillaume MECHIN ⁽¹⁾, Pierre-Emmanuel DINE ⁽¹⁾, Joël GUERSEN ⁽¹⁾, Pascal CHABROT ⁽¹⁾, Lucie CASSAGNES ⁽¹⁾, Florian MAGNIER ⁽²⁾, Vincent CHASSIN ⁽²⁾, Denise DONNARIEIX ⁽²⁾, Louis BOYER ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Radioprotection - Pôle d'Imagerie et de Radiologie Interventionnelles - CHU Clermont Ferrand

⁽²⁾ Service de Physique Médicale - CRLCC Jean Perrin - Clermont Ferrand



Contexte (1) :

- Constante progression depuis 20 ans du nombre d'examens radiologiques interventionnels, et intérêt thérapeutique indiscutable de ces procédures.
- En RI, il existe des procédures à risques susceptibles de délivrer des doses de rayons X significatives, associées au risque d'apparition **d'effets cutanés (Dose peau > 3 Gy)**.

Ex. : procédures abdomino-pelviennes (scopie et graphie +++).



- La directive 97/43/EURATOM du 30 juin 1997 pointe la RI comme une des pratiques spéciales (article 9) « **impliquant des doses élevées pour les patients** ».

Contexte (2) :

- Lettres de suite /Inspections ASN : « *Je vous demande de vous assurer que le patient bénéficie d'un suivi médical particulier pour déceler l'éventuelle apparition de lésions cutanées lorsque la dose maximale cumulée à la peau est supérieure ou égale à 3 Gy (2) ».*

→ Nécessité de maîtriser les doses en RI (1).

→ Nécessité d'une mesure directe pour une évaluation fiable de la dose à la peau (*Peak Skin Dose*).

(1) Rapport du groupe de travail sur la radioprotection en radiologie interventionnelle.
Recommandations pour l'amélioration de la radioprotection en radio
interventionnelle – GTRI/GPMED - juin 2010

(2) Guide méthodologique HAS 01/2013 "Radioprotection du patient et analyse des pratiques ..."

Rationnel et objectifs de l'étude :

- Mesure de la dose maximale /peau nécessaire /évaluation des risques d'effets rx-induits.
- Difficultés +++ du « pilotage » de la dose en cours d'examen :
 - Pas d'affichage de la « dose à la peau ».
 - Indicateurs de surveillance disponibles :

A_K et Produit Dose Surface



Alopécie post - embolisation

- Les PDS n'intègrent pas le rétro-diffusé,
- En neuro-RI, utilisation d'un biplan et chevauchement possible des champs PA et latéral. Sur les rapports dosimétrique, PDS et A_K dissociés
 - on ne peut pas se servir des PDS, pour attester s'il y a cumul de dose à un certain point.



- **Risque de sous-estimation de la dose maximale réellement reçue.**

- Utilisation en routine (2011) de films radiochromiques permettant la surveillance dosimétrique du patient sur les procédures d'embolisations IC et MAV en RI :

- +++ Estimation cartographique de la dose cutanée maximale.
- --- Informations dosimétriques différées dans le temps.
- --- Incertitudes sur la mesure de dose



2012 : étude expérimentale visant à évaluer et comparer, en neuro rx interventionnelle, un autre système de dosimétrie cutanée, par semi-conducteur MOSFET :

- Objectifs :

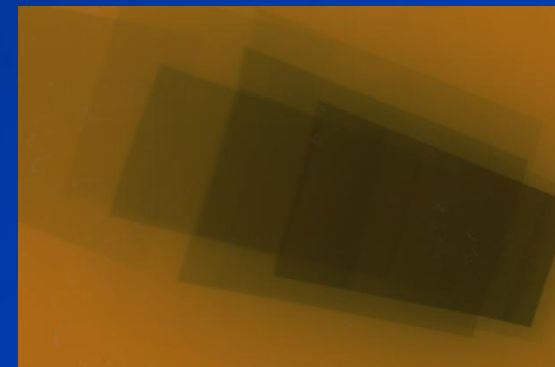
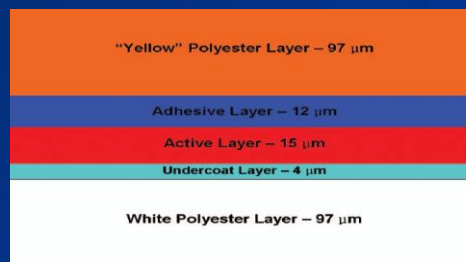
- Vérifier et valider la fiabilité des mesures de doses obtenues avec le système MOSFET.
- Comparaison des mesures dosimétriques in vivo entre les deux systèmes dosimétriques.
- Une utilisation en routine clinique des dosimètres MOSFET est-elle possible à l'avenir ?



Matériel (1) :

Film radiochromiques Gafchromic® XR-RV3 :

- Film 36 x 43 cm = **Equivalence tissu** (H 9.0%, C 60.6%, N 11.2% et O 19.2%). Couche active « jaune » placée face contre tube à rayons X.



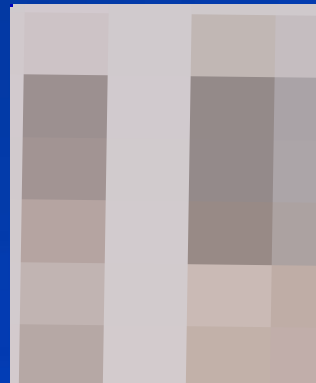
- **Utilisation simplifiée**, auto-développant...
- Apparition d'une coloration = **échelle du noircissement de la dose** en fonction de la quantité de rayons X pendant la procédure.
- Exploitation « données patient » du film avec le logiciel ImageJ (cartographie de dose + estimation dosimétrique).
- **Mesures dosimétriques différées dans le temps** par rapport à l'examen.

Matériel (2) :

MOSFET std et microMOSFET Best® Medical :

Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor :

- **Dosimètre diode** semi-conducteur à jonction P-N (dopage de type P)
- Piégeage des charges + créées par l'irradiation dans l'oxyde de grille
- Création d'un canal de conduction permettant la circulation du courant temporairement = Tension de seuil liée à la dose absorbée



Matériel (3) :

Nous avons aussi utilisé pour cette étude :

- le **logiciel ImageJ**,
- le **logiciel DxPosure**,
- un **multimètre** semi-conducteur, Unfors Xi pour étalonner les dosimètres MOSFET,
- un **fantôme physique anthropomorphe Rando-Alderson** ainsi qu'un **fantôme plaque PTW** afin de s'assurer de la fiabilité des mesures de doses obtenues par le système MOSFET par rapport au film Gafchromic® XR-RV3.



Méthodologie (1) :

Etalonnage : initial & à mi-vie

Phase 1 : Positionnement du matériel



Phase 2 : Logiciel DxPosure - Etalonnage

Calibration

Fichier Aide

Paramètres calibration Lecteur Port Dosimètre Sensibilité Unité Dose Dose délivrée Config.

Facteur de Calibration brut					
	MOSFET #1	MOSFET #2	MOSFET #3	MOSFET #4	MOSFET #5
ID du MOSFET					
Valeur initiale					
Valeur lue					
Différence lue					
Dose délivrée (cGy)					
FC (mV/cGy)					

Boite de FC bruts

	MOSFET #1	MOSFET #2	MOSFET #3	MOSFET #4	MOSFET #5

FC final (Moyenne des FC bruts)

	MOSFET #1	MOSFET #2	MOSFET #3	MOSFET #4	MOSFET #5
Moyenne FC (mV/cGy)					
Nombre de mesures et Ecart type					
Validation FC					

Initialiser
Lecture
Effacer
Valider
Révision
Enlever
Sauver
Imprimer
Fermer



mobileMOSFET Calibration

Lecteur: NIS = 0155
 Dosimètre: SFET indépendant
 Sensibilité: Haute
 Date Finale: 2012-07-09
 Heure Finale: 14:45:09

- Résumé -

	MOSFET #1	MOSFET #2	MOSFET #3	MOSFET #4	MOSFET #5	(Unité)
MOSFET ID:	27080	27081	2327	2271		
FC Final:	12,48	13,08	13,52	14,03		mV/cGy
Nombre mesures:	5	5	5	5		
Ecart type:	6,30%	4,68%	4,26%	5,03%		
Accepté:						

- Données brutes -

	MOSFET #1	MOSFET #2	MOSFET #3	MOSFET #4	MOSFET #5	(Unité)

Phase 4 : Détermination du coefficient d'étalonnage à l'énergie nominale

Phase 3 : Exposition des MOSFET Exploitation des données (tension et dose)

Méthodologie (2) : Mesures pré-cliniques :

Processus de validation du système de mesure in-vivo

- Phase 1 : Test « fantôme plaque PTW » : 8 plaques de PMMA à la verticale, portion de film collé, face orange côté source + dosimètres MOSFET / mesure du rayonnement rétrodiffusé.
 - **Objectif = Vérification de la concordance de la dose lue entre le film Gafchromic XR-RV3 et les dosimètres MOSFET sous une exposition équivalente à 1 Gy**



- Phase 2 : Test « fantôme physique anthropomorphe RA » : 2 configurations de tests : dosimètres MOSFET collés sur le film recouvrant le fantôme crâne / et dosimètres MOSFET collés à la surface du fantôme crâne recouvert par le film.
 - **Objectif = Validation expérimentale dans les conditions cliniques in vivo sur une procédure d'embolisation la plus proche de la réalité**



Résultats des mesures pré-cliniques (1) :

Test fantôme plaque PTW :



Dosimètres MOSFET TN-502-RD versus film Gafchromic® XR-RV3			
TN-502-RD	Dose mesurée (mGy)	Dose lue sur le film XR - RV3 (mGy)	Ecart-types mesurés (%)
MOSFET 27080	1093 ± 3,39%	1005 ± 15%	8,05
MOSFET 27081	1054 ± 4,46%		4,65
MOSFET 2327	1088 ± 5,51%		7,63
MOSFET 2272	1103 ± 1,70%		8,88
Moyenne MOSFET	1084,5		7,33

✓ **Ecart-types < 10%** entre les doses mesurées par le film et les dosimètres MOSFET.

➤ **Validation de la concordance de dose entre les deux systèmes dosimétriques.**

Résultats des mesures pré-cliniques (2) :

Test fantôme crâne physique Rando-Alderson :

Mesures réalisées
en position d'examen

Dosimètres MOSFET TN-502-RD positionnés à la peau versus film Gafchromic® XR-RV3

TN-502-RD	Dose mesurée (mGy)	Dose lue sur le film XR - RV3 (mGy)	Ecart-types mesurés (%)
MOSFET 27080	1241 ± 3,39%	1250 ± 15%	0,72
MOSFET 27081	1152 ± 4,46%		7,84
MOSFET 2327	1260 ± 5,51%		0,70
MOSFET 2272	1272 ± 1,70%		1,70
Moyenne MOSFET	1231,25		1,50

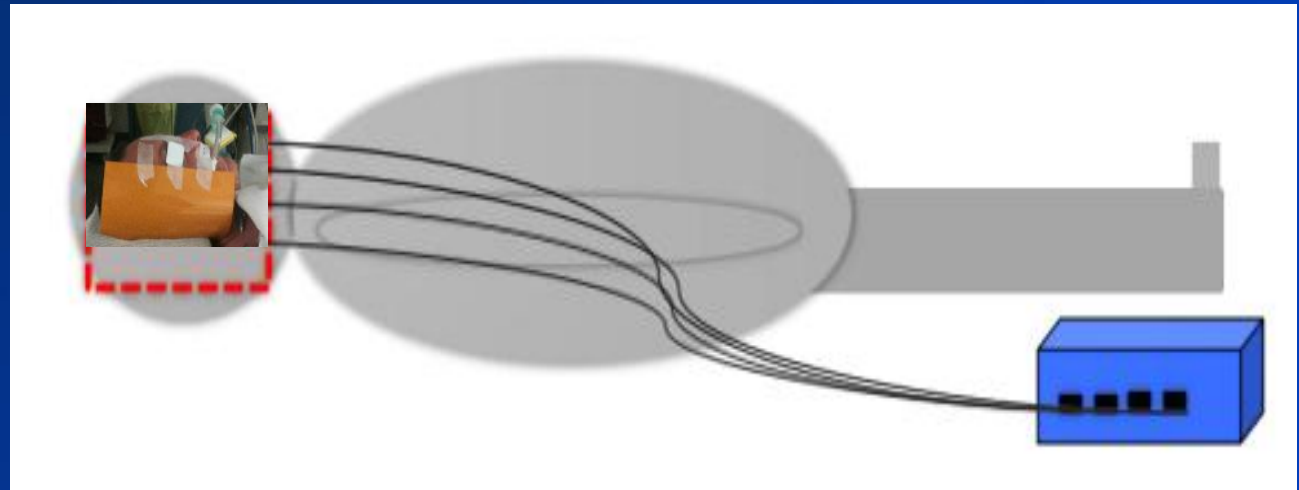


- Confirmation en conditions in vivo (MOSFETs à la peau recouverts par le film) de la fiabilité du système de mesure.

Mesures cliniques :

Processus de la mesure in-vivo par le système MOSFET :

Pour 9 patients :



Mise en place : film disposé, face orange côté source, sur la peau du patient + dosimètres MOSFET « collés » sur le cuir chevelu /mesure du rayonnement rétrodiffusé.

- ✓ Nécessité d'anticiper la balistique classique de la procédure pour cartographier entièrement l'exposition /Film + MOSFETs (repérage TDM).
- ✓ Repérage des dosimètres MOSFET par projection sur le film à l'aide de pastilles de couleur numérotées :
 - ✓ Pour pouvoir exploiter l'expérimentation avec DxPosure et ImageJ (ROIs).
 - **Permettre la comparaison de la dose ponctuelle relevée par le film (ROI) et par le dosimètre MOSFET.**
 - **Permettre la comparaison entre la dose maximale relevée par le film radiochromique sur le champ latéral droit et la dose maximale lue par l'un des 4 dosimètres.**



Résultats:

Résultats en pratique clinique :

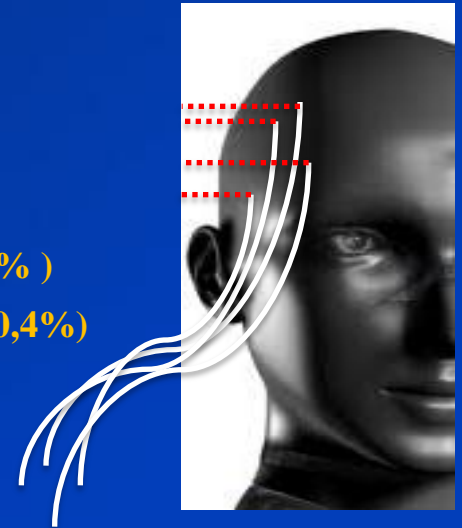
- ✓ 36 points de mesures de dose ponctuelles sur 9 patients embolisés

□ 1^{ère} question : pertinence de la dose ponctuelle ?

- ✓ Dose MOSFET > dose film dans 25% des cas (surestimation de 7,2%)
- ✓ Dose MOSFET < dose film dans 64% des cas (sous-estimation de 10,4%)
- ✓ Dose MOSFET = dose film dans 11% des cas

□ 2^{ème} question : connaissance de la dose maximale cutanée ?

- ✓ Les MOSFETs ont répondu dans 1/9
- ✓ Les films ont répondu dans 100% des cas



Conclusion – Discussion :

■ Comparaison entre dosimètres MOSFET et film radiochromique :

□ Dosimètres diode MOSFET :

- Etalonnage initial et à mi durée de vie couteux en dose
- Durée de vie limitée = saturation (14 Gy)
- Coût élevé à l'achat (13 500 € TTC)
- Coût annuel à hauteur de 6480 € en neuroradiologie (consommables)
- Lecture de dose en temps réel
- Précision ponctuelle des mesures de dose / incertitude <5% (recoupes ---)
- Pas de Gap d'air : collés à la peau

□ Film radiochromique Gafchromic :

- Etalonnage initial indépendant de l'utilisation
- Facilité d'utilisation par les MERM
- Cartographie de l'ensemble des champs (recoupes +++)
- Usage unique du film
- Coût annuel de 1700 € TTC en neuroradiologie
- Lecture de dose différée dans le temps
- Précision ponctuelle moins performante
- Gap d'air entre le film et la peau (rétrodiffusé)

Dans notre établissement, nous avons décidé de maintenir les films radiochromiques.

Mais utilisation possible des MOSFETs pour des mesures ponctuelles comme l'étude du cristallin ?

Références bibliographiques :

- [1] **Technical Note 7 : MOSFET Dosimeter Specifications**, *Best® Medical Canada*, 2003
- [2] **The utilization of MOSFET dosimeters for clinical measurements in radiology**, *D. Hintenlang, University of Florida, Medical Physics*, March 2003. Presented, AAPM 2003.
- [3] **Manuel de l'opérateur pour le système de vérification de dose sans fil mobile MOSFET utilisant le logiciel DxPosure**, *Best® Medical Canada*, Version 2.2, Document n° TN 102011.02, Décembre 2010.
- [4] **Rando-Alderson** : http://www.rsdphantoms.com/rt_art.htm
- [5] **Unfors Xi User's Manual**, March 2007
- [6] **Characterization of the angular response of an "isotropic" MOSFET dosimeter** *J.N. Roshau, D. Hintenlang, University of Florida, Gainesville, FL Paper, Health Physics*, March 2003. Presented, AAPM 2003.
- [7] **Application of commercial MOSFET detectors for in vivo dosimetry in the therapeutic x-ray range from 80 kV to 250 kV**, *C. Ehringfeld, S. Schmid, K. Poljanc, C. Kiristits, H. Aiginger, D. Georg, Division of Medical Radiation Physics, Department of Radiotherapy and Radiobiology Medical University of Vienna, Austria, Physics in Medicine and Biology*, 289-303, 5 January 2005.
- [8] **Evaluation of a MOSFET radiation sensor for the measurement of entrance surface dose in diagnostic radiology**, *J. Peet, D. Pryor, Regional Radiation Protection Service, Royal Surrey County Hospital, Guildford, Surrey, The British Journal of Radiology*, 562-568, 1999.
- [9] **Conversation téléphonique avec monsieur Abdelbasset HALLIL**, *Director of Research and Development, Best® Medical International Inc., Ottawa, Ontario, Canada*
- [10] **Linear 5ive Array**, *Best® Medical Canada*, 2003



Merci de votre attention

