

# 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 <sup>(1)</sup>, Pierre-Emmanuel DINE <sup>(1)</sup>, Joël GUERSEN <sup>(1)</sup>, Pascal CHABROT <sup>(1)</sup>, Lucie CASSAGNES <sup>(1)</sup>, Florian MAGNIER <sup>(2)</sup>, Vincent CHASSIN <sup>(2)</sup>, Denise DONNARIEIX <sup>(2)</sup>, Louis BOYER <sup>(1)</sup>

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

<sup>(2)</sup> 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 :**

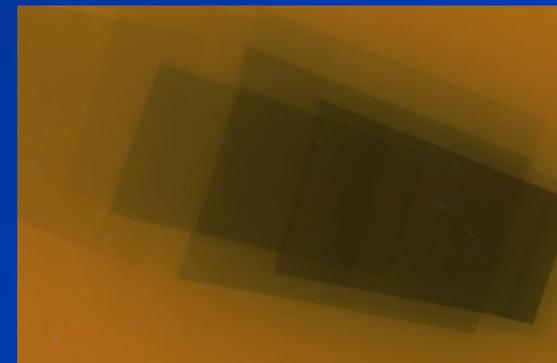
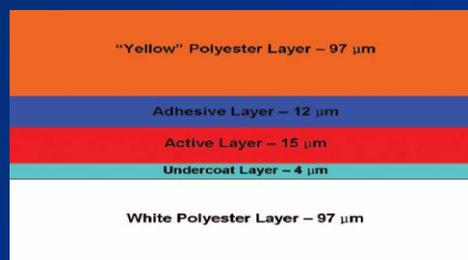
- Vérifier et valider la fiabilité des mesures de doses obtenues avec le système MOSFET.
- Comparaison des mesures dosimétriques in vivo entre les deux systèmes dosimétriques.
- Une utilisation en routine clinique des dosimètres MOSFET est-elle possible à l'avenir ?



# Matériel (1) :

## Film radiochromiques Gafchromic® XR-RV3 :

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



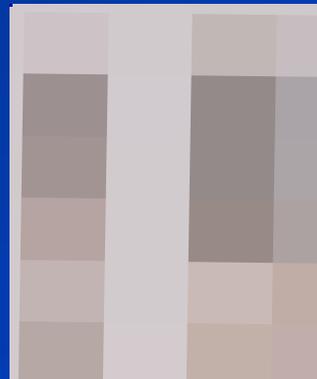
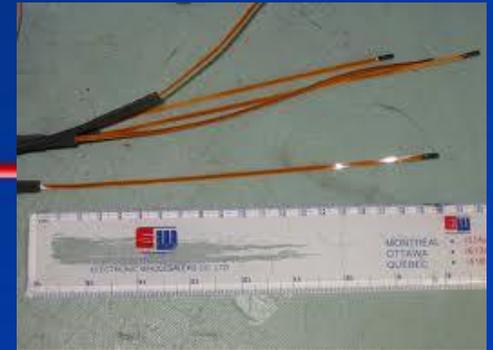
- **Utilisation simplifiée**, auto-développant...
- Apparition d'une coloration = **échelle du noircissement de la dose** en fonction de la quantité de rayons X pendant la procédure.
- Exploitation « données patient » du film avec le logiciel ImageJ (cartographie de dose + estimation dosimétrique).
- **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 :

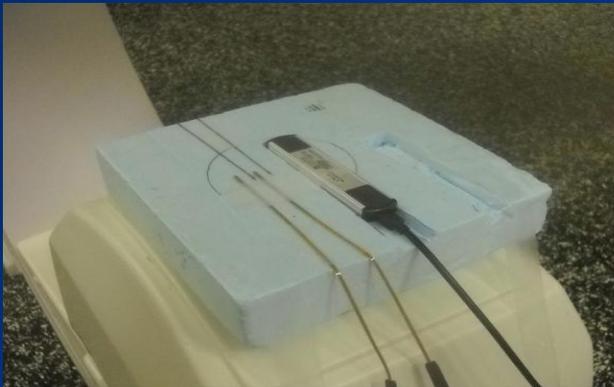
- le **logiciel ImageJ**,
- le **logiciel DxPosure**,
- un **multimètre** semi-conducteur, Unfors Xi pour étalonner les dosimètres MOSFET,
- un **fantôme physique anthropomorphe Rando-Alderson** ainsi qu'un **fantôme plaque PTW** afin de s'assurer de la fiabilité des mesures de doses obtenues par le 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)					

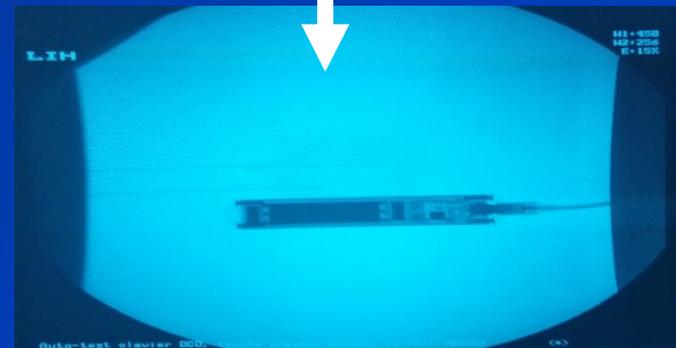
Boite de FC bruts

	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:	<b>12,48</b>	<b>13,08</b>	<b>13,52</b>	<b>14,03</b>		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 :

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

Mesures réalisées  
en position d'examen

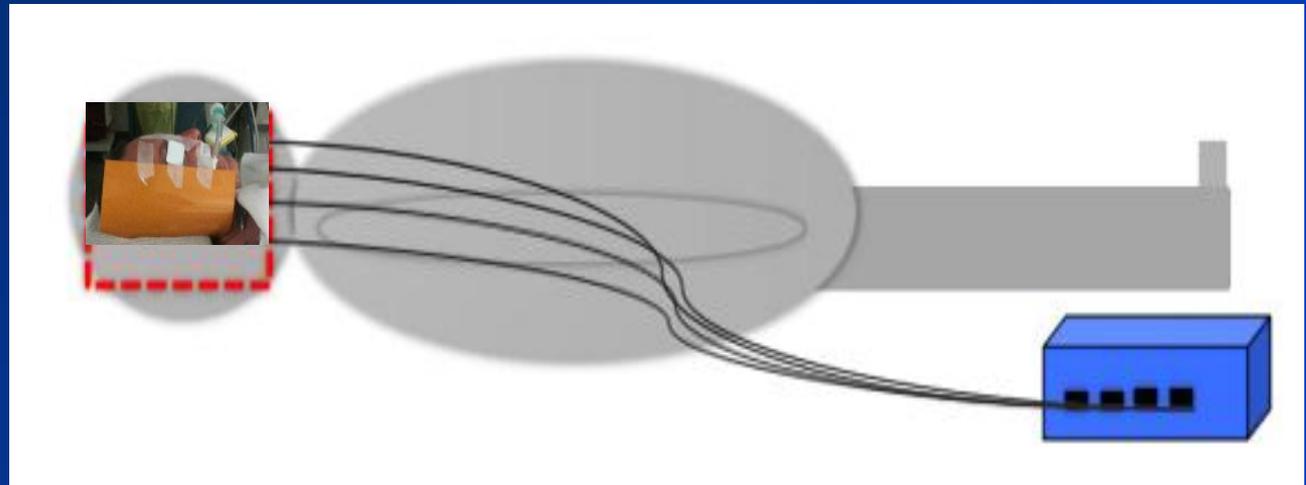


- Confirmation en conditions in vivo (MOSFETs à la peau recouverts par le film) de la fiabilité du système de mesure.

# 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 :

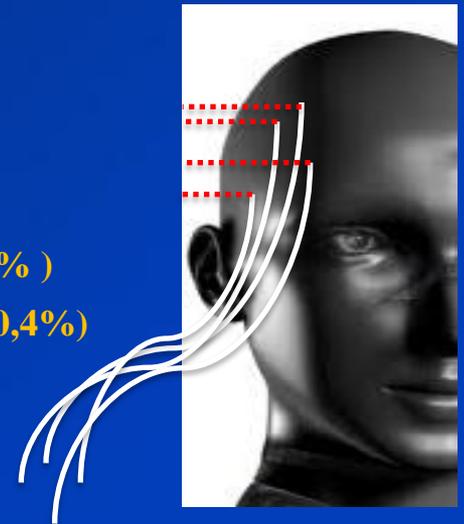
- ✓ 36 points de mesures de dose ponctuelles sur 9 patients embolisés

### □ 1<sup>ère</sup> 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<sup>ème</sup> 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](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

