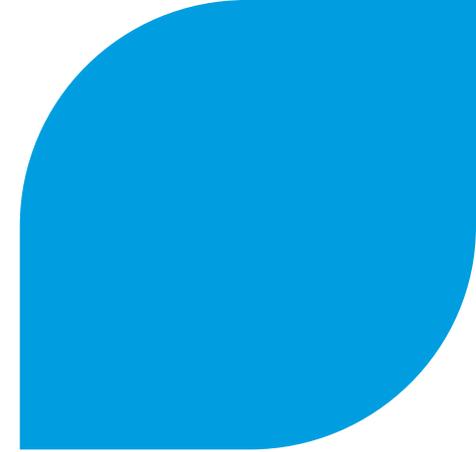


# EVALUATION DES DOSES EXTREMITES ET PEAU



**A.DE VITA**

*Responsable Service Radioprotection et Environnement*

**MELOX**

**R.KRAMAR**

*Responsable Entité Radioprotection Installations*

*AREVA NC La Hague*

**H.TRUFFERT**

*Responsable Activité Dosimétrie*

*AREVA NC La Hague*

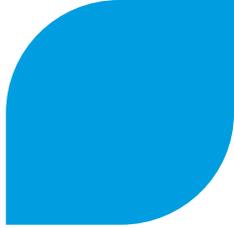
*8ème Congrès SFRP – Tutoriale 6 - 22 juin 2011 - TOURS*



# Sommaire

- ▶ Aspect réglementaire
- ▶ Aspect réglementaire  
Dosimétrie Extrémités
- ▶ Aspect réglementaire  
Dosimétrie Peau
- ▶ Contexte
- ▶ Rappel sur les grandeurs dosimétriques
- ▶ Les Etalonnages des dosimètres « Extrémités »
- ▶ Étalonnage du dosimètre extREM  
vis-à-vis des neutrons
- ▶ Dans quels cas utiliser un dosimètre extrémité ?
- ▶ les dosimètres « Extrémités »
- ▶ Dosimétrie Peau- dosimétrie Extrémités
- ▶ Dosimétrie Peau- extrémités  
L'estimation de la dose
- ▶ Rappel des pistes d'optimisation retenues pour MELOX et la HAGUE
- ▶ Dosimétrie Extrémités  
caractérisation de l'exposition vis-à-vis des photons
- ▶ BILAN dosimétrie Photon
- ▶ Dosimétrie Extrémités et Peau  
Répartition de la dose neutron
- ▶ Dosimétrie Extrémités  
Calcul de la dose
- ▶ Conclusion

# Aspect réglementaire



## Deux organismes représentatifs

- ◆ **La Commission Internationale de Protection Radiologique CIPR** (1928)
- ◆ **La Commission Internationale des Unités et mesures de Rayonnements ou ICRU**  
(International Commission on Radiation Units & measurements) créée en 1925

Ces deux organismes élaborent des recommandations (publications CIPR n° 60, 74,...) concernant :

- **La définition des grandeurs et des unités dosimétriques**
- **La classification des effets des rayonnements sur l'homme**
- **L'évaluation des risques**
- **Les principes fondamentaux de radioprotection**

# Aspect réglementaire

▶ **Arrêté du 30 12 2004 :**

- ◆ Règles concernant la dosimétrie externe, interne, passive et active

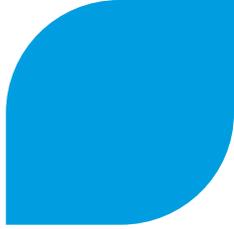
▶ **Arrêté du 1 09 2003 :**

- ◆ Règles de détermination de la dose efficace et dose équivalente.

▶ **le code du travail et de la santé publique :**

- ◆ Article R4451-13 : valeurs limites à respecter.

# Aspect réglementaire Dosimétrie Extrémités

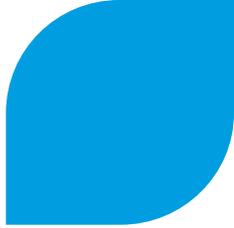


## R. 4451-13 :

II. Les limites de doses équivalentes pour les différentes parties du corps exposées sont les suivantes :

- pour les mains, les avant-bras, les pieds et les chevilles l'exposition reçue au cours de douze mois consécutifs ne doit pas dépasser 500 mSv ;
- [...]

# Aspect réglementaire Dosimétrie Peau



R. 4451-13 :

II. Les limites de doses équivalentes pour les différentes parties du corps exposées sont les suivantes :

- [...]
- pour la peau, l'exposition reçue au cours de douze mois consécutifs ne doit pas dépasser 500 mSv. Cette limite s'applique à la dose moyenne sur toute surface de 1 cm<sup>2</sup>, quelle que soit la surface exposée ;

La réglementation précise :

- Dose moyenne sur toute surface de 1 cm<sup>2</sup>
- Quelle que soit la surface exposée ➡ Dose à l'endroit le plus exposé

## ▶ Concernant la dosimétrie extrémité:

- ◆ il existe une limite réglementaire à surveiller
- ◆ cette limite s'applique à la dose moyenne sur toute surface de 1cm<sup>2</sup>, quelle que soit la surface exposée
- ◆ La dose à l'endroit le plus exposé varie en fonction de la source, du travail à réaliser, des moyens de protection (EPI) : connaître l'équivalent de dose « réel » extrémités

## ▶ Concernant la dosimétrie peau:

- ◆ il existe une limite réglementaire à surveiller
- ◆ cette limite s'applique à la dose moyenne sur toute surface de 1cm<sup>2</sup>, quelle que soit la surface exposée
- ◆ La dose peau ne peut être assimilée à la dose extrémité

# Rappel sur les grandeurs dosimétriques

## ▶ Grandeurs de protections: (grandeur de référence seulement calculable)

- ◆ Dose efficace (externe ou interne) et limitée à 20 mSv (directive européenne 96-29) : dépassement autorisé → 50 mSv et sur 5 ans < 100 mSv).
- ◆ Dose équivalente pour certains organes :
  - Cristallin : 150 mSv
  - Main, peau : 500 mSv

## ▶ Grandeurs physiques :

- ◆ Ce sont des grandeurs mesurables dans l'air ou dans des matériaux et permettent de faire des inter comparaisons entre des mesures et des laboratoires. Elles indiquent une dose mais pas un détriment et ne prennent pas en compte l'effet biologique.

## ▶ Grandeurs opérationnelles :

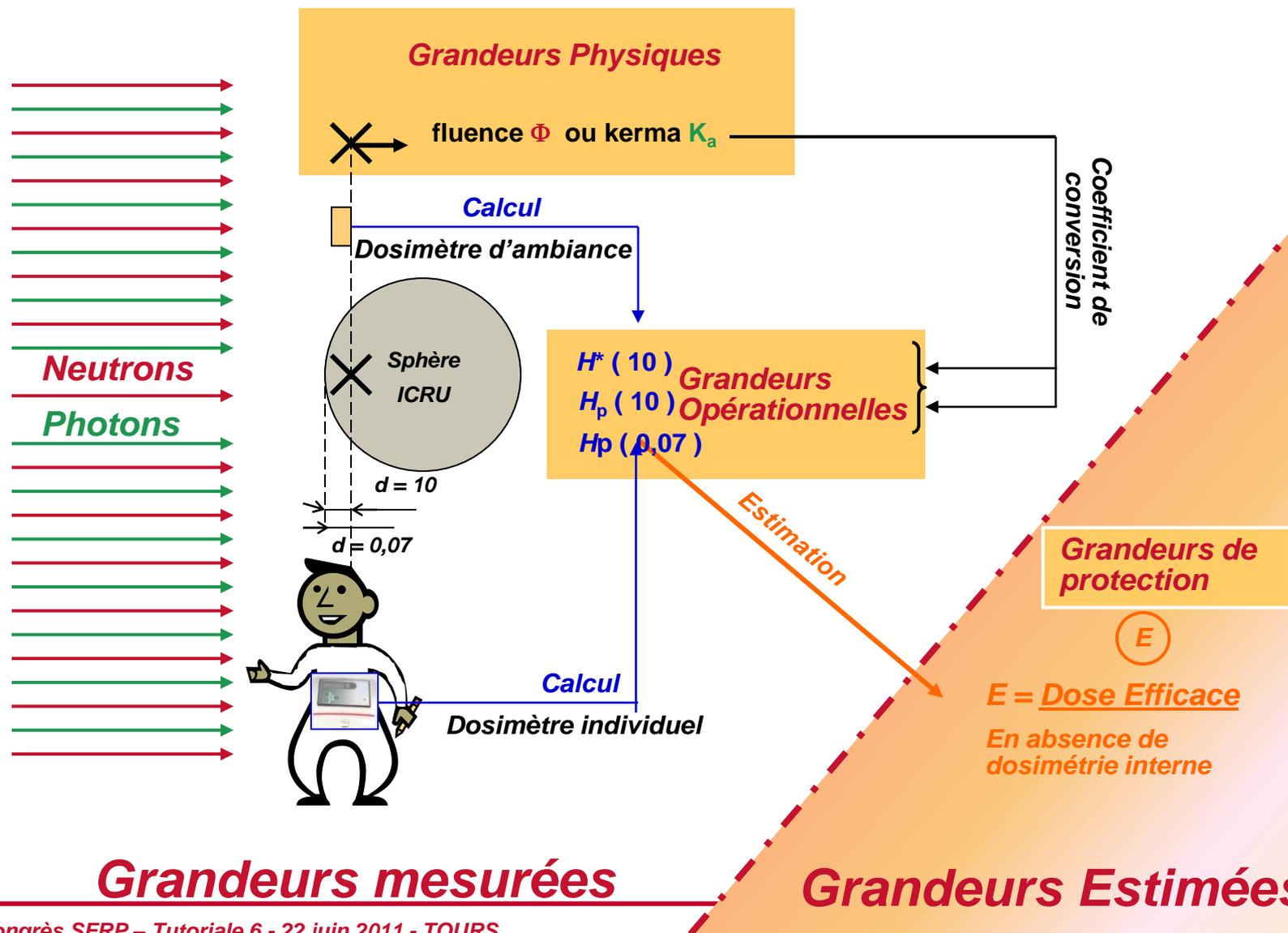
le principe : équivalent de dose = dose \* « facteur de qualité »

→ Les mesures doivent donc se faire sur fantôme

On trouve ainsi :

- Equivalent de dose ambiant  $H^*(d)$
- Equivalent de dose individuelle  $H_p(d)$

# Rappel sur les grandeurs dosimétriques



# Les Etalonnages des dosimètres « Extrémités »

## ► La grandeur opérationnelle:

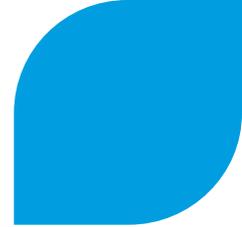
- ◆ **Hp(0.07)** : équivalent de dose dans les tissus mous sous un point spécifié du corps à une profondeur de 0,07 mm (doigt, main, avant-bras, jambe)

## ► Les fantômes :

- ◆ un rondin en PMMA de longueur supérieure ou égale à 300 mm et de 19 mm de diamètre, pour l'étalonnage des dosimètres portés au doigt,
- ◆ un cylindre en PMMA de longueur supérieure ou égale à 300 mm et de 73 mm de diamètre, pour l'étalonnage des dosimètres portés au bras et à la jambe



# Les Etalonnages des dosimètres « Extrémités »



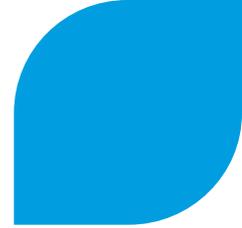
## ► Les normes de référence :

- ◆ Norme NF ISO 12794 définit les prescriptions de fonctionnement et les essais pour déterminer le bon fonctionnement des dosimètres
- ◆ Norme NF ISO 4037 définit les rayonnements X et gamma de référence, les procédures d'étalonnages, les coefficients de conversion
- ◆ Norme NF ISO 6980 définit les rayonnements bêta de référence, les modes opératoires d'étalonnage
- ◆ Pas de norme pour l'étalonnage en neutrons

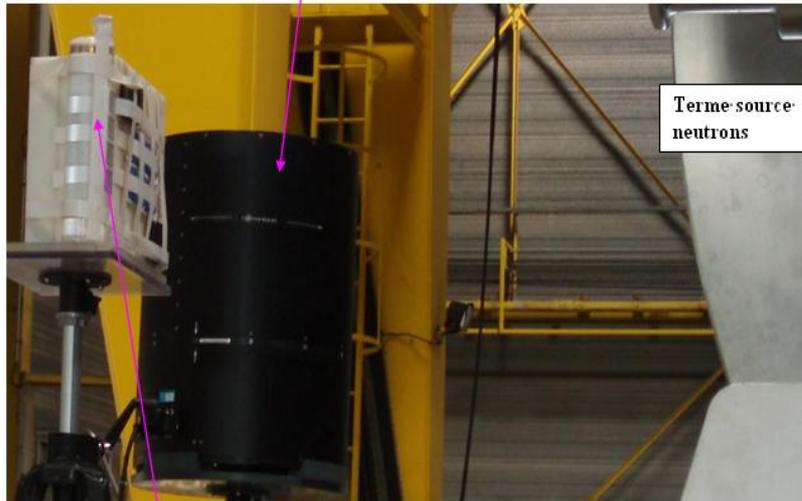
## ► Cas particulier des neutrons :

- ◆ Il n'existe pas de coefficient de conversion fluence- équivalent de dose  $H_p(0.07)$  neutrons
- ◆ Application des recommandations de l' ICRU rapport 66 « determination of operational dose equivalent quantities for neutrons »
  - **$H_p(0.07)$  grandeur opérationnelle aussi pour les neutrons aux extrémités**
  - **Utilisation des « coefficients  $H_p(10)$  » en plaçant les dosimètres sur les fantômes rondin ou colonne**
- ◆ Connaissance des postes de travail :
  - **spectrométrie des neutrons aux postes de travail**

# Étalonnage du dosimètre extREM vis-à-vis des neutrons

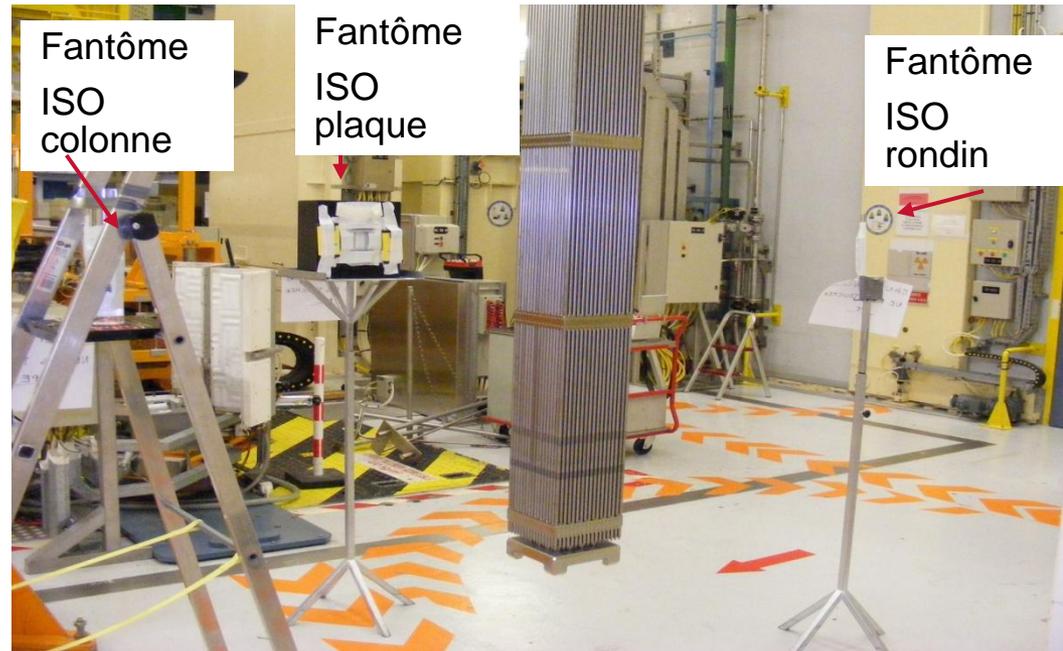


Spectrométrie neutrons pour déterminer la  
grandeur  $H_p(10)$  neutrons



Terme source  
neutrons

Dosimètres extrémités  
positionnés sur un fantôme

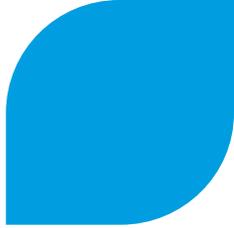


Fantôme  
ISO  
colonne

Fantôme  
ISO  
plaque

Fantôme  
ISO  
rondin

# Dans quels cas utiliser un dosimètre extrémité ?



## ▶ le dosimètre d'extrémité :

- ◆ destiné à être porté sur un doigt ou sur un membre [main, pied, avant-bras (coude compris), partie inférieure de la jambe (rotule comprise)]

## ▶ Circulaire DGT/ASN n° 04 du 21 avril 2010 relative aux mesures de prévention des risques d'exposition aux rayonnements ionisants :

- ◆ « Si la distribution des débits de dose dans l'espace n'est pas homogène, le dosimètre porté à la poitrine doit être complété de dosimètres permettant de s'assurer du respect des limites de dose aux parties du corps les plus exposées (extrémité, œil...). Dans le cas où l'exposition est localisée uniquement sur une partie du corps (extrémités en particulier), le dosimètre de poitrine n'est pas pertinent et la dosimétrie de référence peut ne reposer que sur des dosimètres d'extrémité (bague ou dosimètre poignet)... »

## ▶ Travaux en boîte à gants, interventions maintenance, travaux d'assainissement, médecine nucléaire, radiologie interventionnelle.....

- ◆ Termes sources : photons de faibles énergies, rayonnements bêtas, neutrons

# les dosimètres « Extrémités »

## ► La technique :

- ◆ La plus courante, la dosimétrie par thermoluminescence

## ► le dosimètre « poignet » :



# les dosimètres « Extrémités »

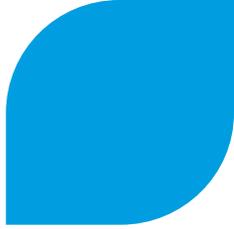
## ► Le dosimètre « bague » :



## ► Le dosimètre « bout de doigt » :



# Dosimétrie Peau- dosimétrie Extrémités



## ► Dosimétrie Peau :

- ◆ pour la peau, l'exposition reçue au cours de douze mois consécutifs ne doit pas dépasser 500 mSv. Cette limite s'applique à la dose moyenne sur toute surface de 1 cm<sup>2</sup>, quelle que soit la surface exposée
  - Champ d'irradiation homogène
    - ED mesuré au moyen d'un dosimètre porté au tronc

## ► Dosimétrie Extrémités :

- ◆ pour les mains, les avant-bras, les pieds et les chevilles l'exposition reçue au cours de douze mois consécutifs ne doit pas dépasser 500 mSv
  - Champ d'irradiation hétérogène
  - Dose à l'endroit le plus exposé
    - ED mesuré au moyen d'un dosimètre « extrémités »

## ► Conditions d'exposition des « extrémités » :

- ◆ Postes de travail multiples
- ◆ Conditions de travail variées :
  - port de divers types de gants, chargés ou non en plomb,
  - Travaux en boîtes à gants, sous un faisceau : hétérogénéité de l'exposition entre le doigt et le coude
    - Estimation de la dose extrémités à l'endroit le plus exposé
    - Compte-tenu des contraintes engendrées, il n'est pas réaliste de multiplier le nombre de dosimètres portés

# Dosimétrie Peau- extrémités

## L'estimation de la dose



L'hétérogénéité d'exposition à l'extrémité du bras doit être pris en compte dans l'estimation de la dose extrémités à la zone la plus exposée

**En pratique, compte tenu de l'hétérogénéité de l'exposition et des contraintes engendrées, le port de dosimètres supplémentaires est une solution jugée non réaliste.**

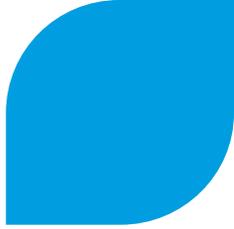


Nécessité de réaliser des mesures aux postes de travail afin de caractériser le gradient dosimétrique aux extrémités, du doigt au coude en passant par le poignet.



Exemples de campagnes de mesures réalisées sur MELOX et LA HAGUE ou le dosimètre porté au poignet est les dosimètre réglementaire

# Pistes d'optimisation retenues pour MELOX et la HAGUE



## ► Pistes d'optimisation de la dosimétrie extrémité

- ◆ Mieux répondre aux exigences réglementaires: mesure au point maximal exposé
- ◆ Définition d'un facteur applicable aux résultats dosimétrique extrémités donné par le dosimètre poignet afin de donner l'exposition au point maximal
- ◆ Avoir une position unique MELOX / LA HAGUE sur le principe de mesure de l'exposition externe des extrémités
- ◆ Caractérisation des postes en boites à gants suivant le même protocole d'essai entre les 2 Etablissements

# Dosimétrie Extrémités

## caractérisation de l'exposition vis-à-vis des photons



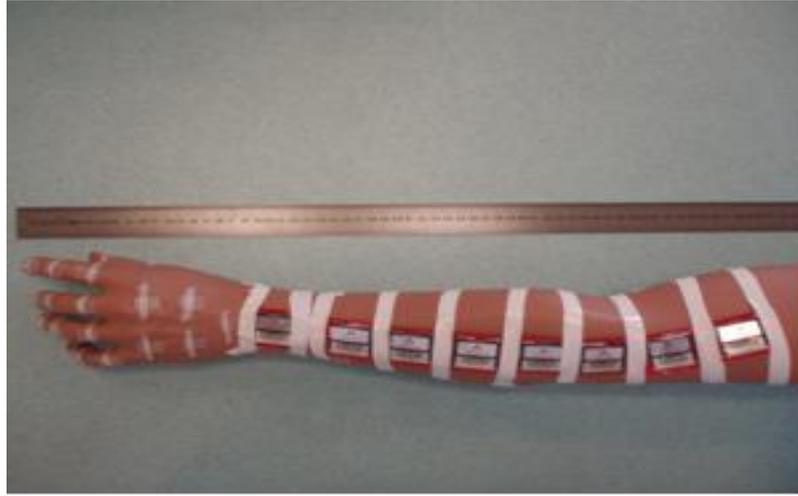
### ► Piste d'optimisation de la dosimétrie extrémité

◆ Le but est de cartographier les équivalents de dose extrémités au niveau de la main et de l'avant bras aux postes de travail et d'évaluer le point le plus irradié

- Réalisation de campagnes de mesures statiques (exposition d'un mannequin) sur les ateliers LCC, MAPU

# Dosimétrie Extrémités

## caractérisation de l'exposition vis-à-vis des photons



Tests statiques :

- Sur différents postes de travail des ateliers MAPU, LCC
- Cartographie des mains et des bras

**Mise en évidence que l'exposition maximum varie suivant le port des gants de plomb**

- ↪ **sans gants de plomb exposition max se trouve au doigt**
- ↪ **avec gants de plomb exposition max se trouve au niveau de la partie du coude présent dans la BÀG et non protégé par le gant**

# Dosimétrie Extrémités

## caractérisation de l'exposition vis-à-vis des photons

- ▶ **Piste d'optimisation de la dosimétrie extrémité (suite)**
  - ◆ **Réalisation de campagnes de mesures en dynamique sur les opérateurs dans les ateliers R1, URP**



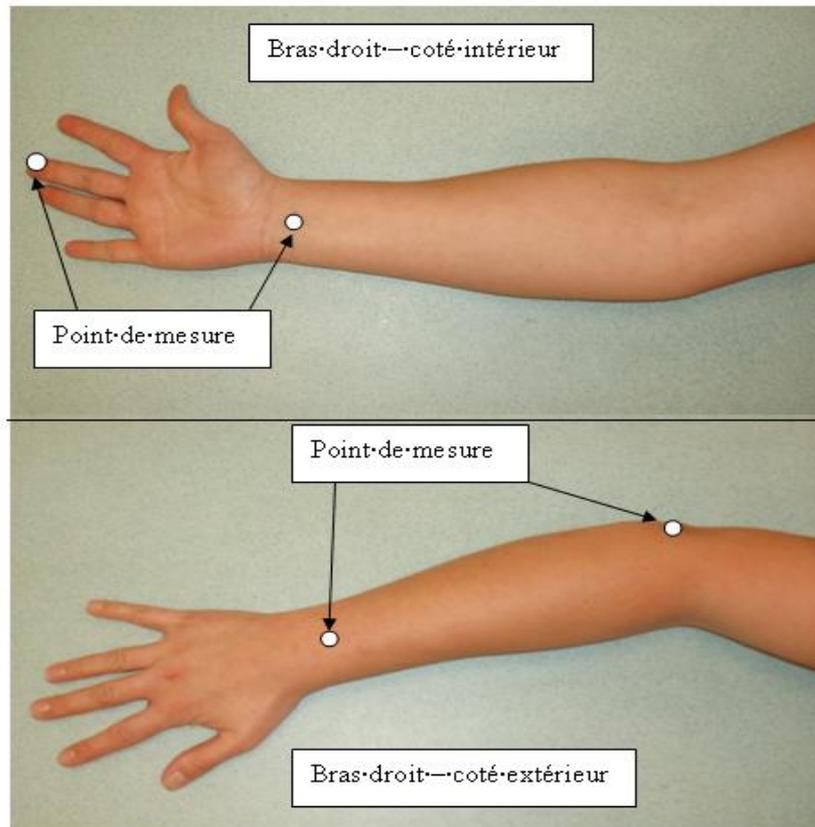
- ◆ **Exploitation des résultats**

# Dosimétrie Extrémités et Peau

## caractérisation de l'exposition vis-à-vis des photons

Tests dynamiques :

- Sur différents salariés (20 personnes)
- Sur différents postes de travail des ateliers MAPU, URP



# Dosimétrie Extrémités

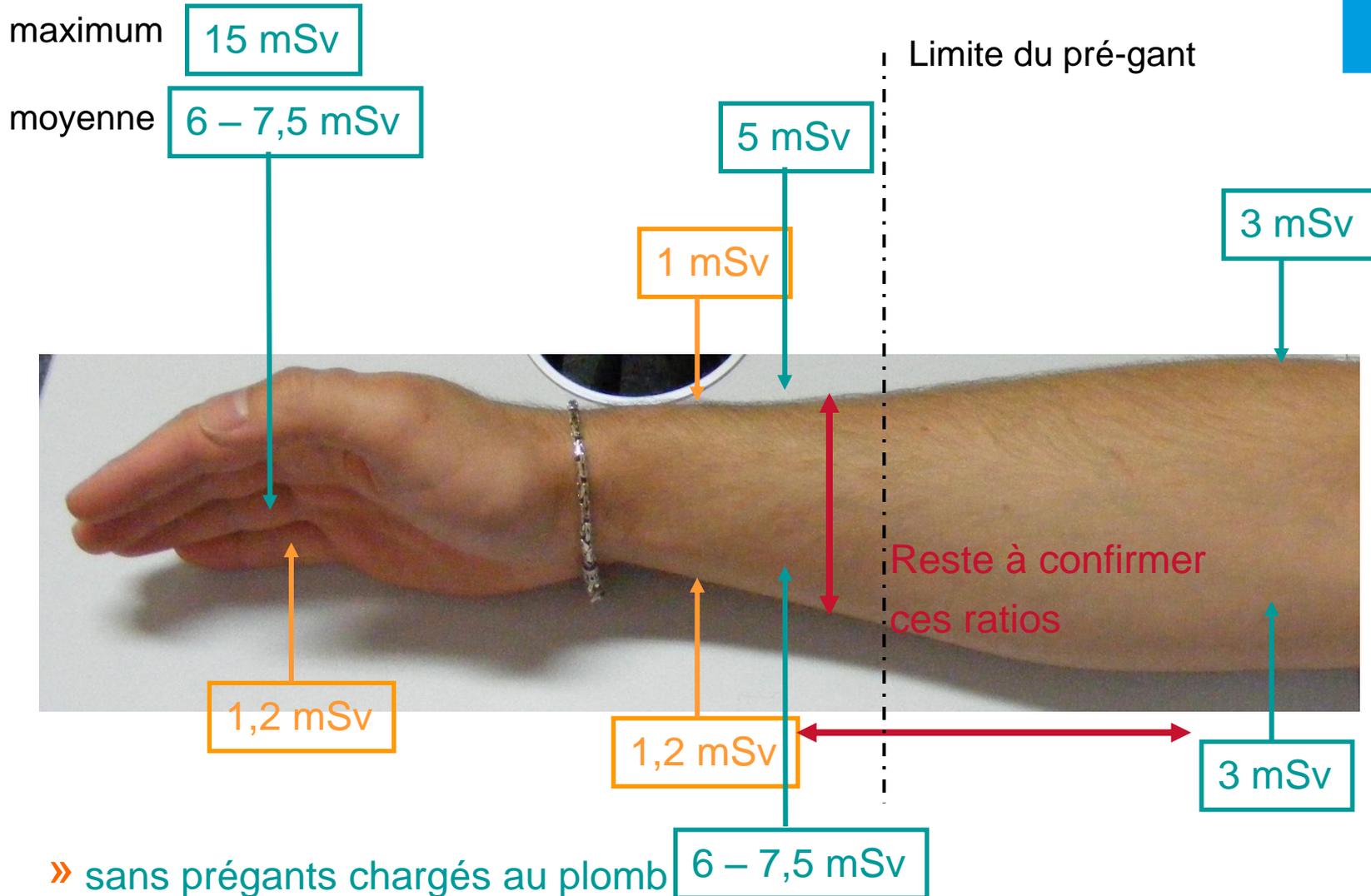
## caractérisation de l'exposition vis-à-vis des photons

- Les résultats  Mise en évidence d'un facteur majorant de 3 :
- entre le doigt et le poignet sans port de gant de Pb
  - entre le coude et le poignet avec port de gant de Pb



**mise en évidence de l'hétérogénéité d'exposition à l'extrémité au niveau de l'avant-bras et de la main, doit être prise en compte dans l'estimation de la dose extrémités.**

# BILAN dosimétrie Photon



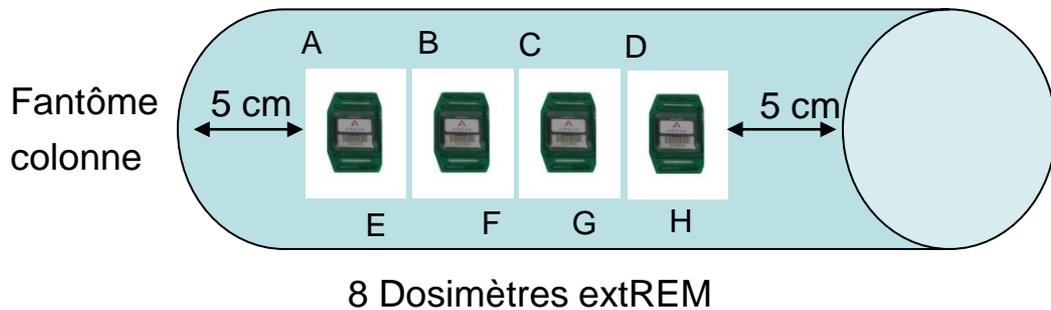
» sans prégnants chargés au plomb

» avec prégnants chargés au plomb

# Dosimétrie Extrémités et Peau

## Répartition de la dose neutron

Tests statiques sur différents postes de travail réalisé à MELOX :



- Entouré de plomb
- Positionné dans un gant

**Les résultats** → Signal homogène sur l'ensemble du fantôme colonne

↳ Le flux de neutron est homogène pour l'avant bras

En rappelant que l'étalonnage du dosimètre extREM avec la grandeur opérationnelle  $H_p(10)$  permet d'obtenir des équivalents de dose neutron conservatifs par rapport à un étalonnage sous  $H_p(0,07)$

↳ L'équivalent de dose neutron est identique sur l'ensemble du bras

# Dosimétrie Extrémités

## Calcul de la dose

Pour les travailleurs intervenants en boîte à gants :

- ▶ Mise en place d'une fonction de transfert pour le calcul au niveau de l'extrémité du bras de l'équivalent de dose photon à la peau (pris en compte de l'hétérogénéité de l'exposition aux photons)

$$Hp(0,07)_{e,\gamma} = Hp(0,07)_{poignet,\gamma} \times FT_{\gamma}$$

avec  $FT_{\gamma} = 3$

- ▶ L'équivalent de dose neutron à la peau et aux doigts est identique à celui mesuré au poignet (homogénéité de l'exposition aux neutrons)

$$Hp(0,07)_{e,n} = Hp(0,07)_{poignet,n}$$

 Ce qui permet de justifier l'additivité des doses photon et neutron

# Dosimétrie Extrémités

## Calcul de la dose

- Equivalent de dose maximal reçu de l'avant-bras et de la main  
Résultats du dosimètre extREM porté au niveau du poignet  
corrigés par une fonction de transfert  $FT\gamma$

$$Hp(0,07)_{\text{Extrémités}} = Hp(0,07)_{\text{poignet},\gamma} \times FT\gamma + Hp(10)_{\text{poignet},n}$$

- Dosimétrie peau extrémités  prévenir les effets déterministes  
l'organe sensible est la couche basale de la peau
-  Identifier la zone la plus exposée

# Conclusion

- ▶ **Nécessité de déterminer l'équivalent de dose maximale**
  - ◆ **Connaissance du terme source**
  - ◆ **Étalonnage des dosimètres**
  - ◆ **Détermination à partir du dosimètre réglementaire**
- ▶ **Étroite collaboration entre:**
  - ◆ **Le service compétent en radioprotection**
  - ◆ **Le laboratoire de dosimétrie**
  - ◆ **Le service de médecine au travail**
- ▶ **Anticiper les évolutions réglementaires**