



**HAL**  
open science

## ”Dose” à la peau : les concepts de la CIPR et de l’ICRU

jean-marc bordy

► **To cite this version:**

jean-marc bordy. ”Dose” à la peau : les concepts de la CIPR et de l’ICRU. Séminaire Réseau regional grand-ouest des P.C.R. et acteurs de la radioprotection : 37ème Rencontre, Mar 2022, Caen, France. cea-04152422

**HAL Id: cea-04152422**

**<https://cea.hal.science/cea-04152422>**

Submitted on 5 Jul 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L’archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d’enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.





DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

## « Dose » à la peau : les concepts de la CIPR et de L'ICRU

37<sup>ème</sup> Rencontre, Réseau Régional Grand Ouest  
des PCR et Acteurs de la Radioprotection

<sup>3</sup>Université Paris-Saclay, CEA, List, Laboratoire National Henri Becquerel (LNE-LNHB), F-91120 Palaiseau, France.

Mars, 2022

**Jean-Marc BORDY**






Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives - [www.cea.fr](http://www.cea.fr)



## « Dose » à la peau : les concepts de l'ICRP et de l'ICRU



Rappel sur l'organisation entre ICRP et ICRU

Le point de vue de l'ICRP

La comparaison avec l'ICRU 57 sur l'existant

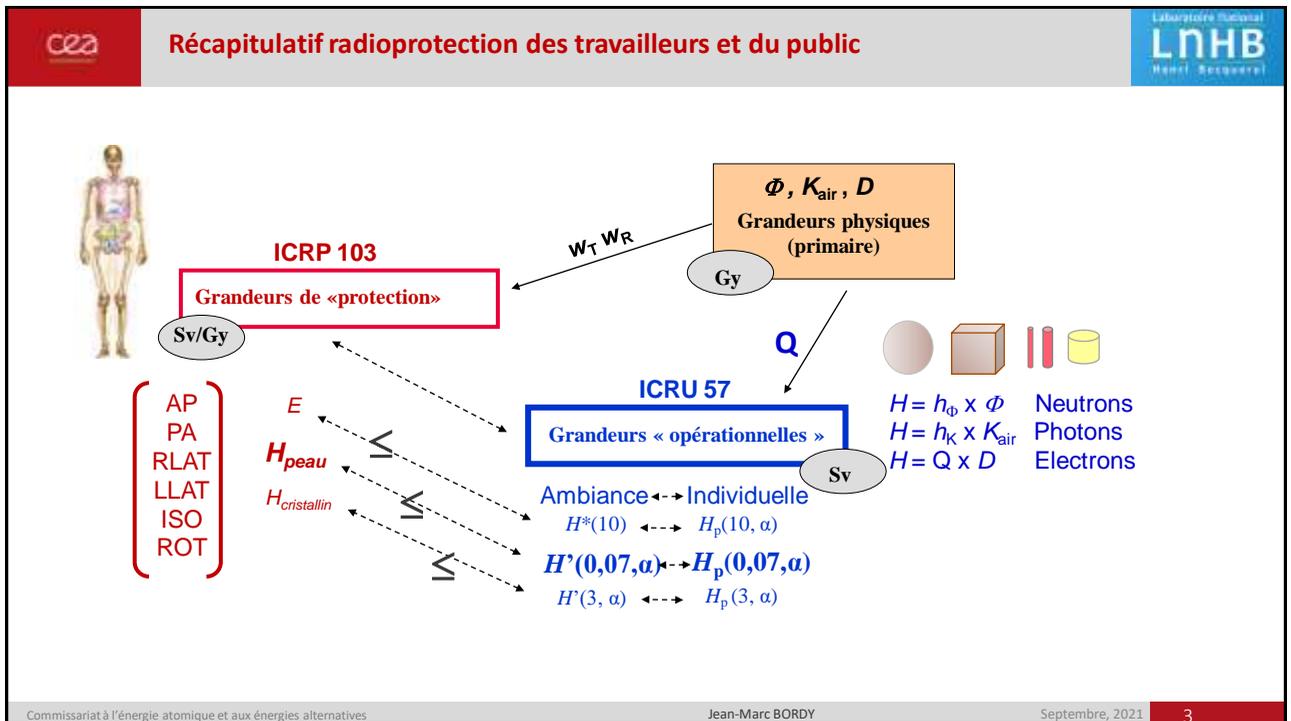
L'avenir possible après la publication de l'ICRU 95

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives

Jean-Marc BORDY

Septembre, 2021

2



**Le point de vue de l'ICRP**

Le détriment comprend 4 composantes :

- La probabilité de cancer mortel
- La probabilité de cancer non mortel
- La probabilité pondérée d'effets héréditaires graves
- La perte de durée de vie

|                     |  |
|---------------------|--|
| Effet stochastiques | Réactions tissulaires *  |
|                     | Précoces      Tardives   |
|                     | Ex. érythème      Desquamation<br>3-5 Gy              humide > 20 Gy |

\* La dénomination effets déterministes est abandonnée car ils peuvent être modifiés après irradiation par le biais de divers modificateurs de la réponse biologique

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives | Jean-Marc BORDY | Septembre, 2021 | 4

Le détriment comprend 4 composantes :

- La probabilité de cancer mortel → peau  $10^{-4}$  /Sv
- La probabilité de cancer non mortel
- La probabilité pondérée d'effets héréditaires graves
- La perte de durée de vie

Effet stochastiques

Totale  $1,65 \cdot 10^{-2}$  /Sv

Réactions tissulaires \*

Précoces

Ex. érythème  
3-5 Gy

Tardives

Desquamation  
humide > 20 Gy

$w_T$  grand si mortalité élevée (difficile à guérir)  
faible si « facile » à guérir.

Peau 0,01

Le détriment comprend 4 composantes :

- La probabilité de cancer mortel → peau  $10^{-4}$  /Sv
- La probabilité de cancer non mortel
- La probabilité pondérée d'effets héréditaires graves
- La perte de durée de vie

Effet stochastiques

Totale  $1,65 \cdot 10^{-2}$  /Sv

$w_T$  (Peau) 0,01

Réactions tissulaires \*

Précoces

Ex. érythème  
3-5 Gy

Tardives

Desquamation  
humide > 20 Gy

Pour les effets stochastiques  $H_{\text{peau}}$  peut être moyennée sur toute la surface de la peau (supposés apparaître dans la couche basale à une profondeur nominale de  $7 \text{ mg/cm}^2$  ( $2-10 \text{ mg/cm}^2$ )) influencé par l'exposition aux UV et la pigmentation de la peau (cas extrême albinos) de 1 à 50 !

Certain effets déterministes apparaissent à  $7 \text{ mg/cm}^2$  d'autres à des profondeurs plus grande  $30-50 \text{ mg/cm}^2$  les plus graves vers  $300-500 \mu\text{m}$  varie aussi avec la surface exposée, l'énergie du ray. et l'uniformité de l'exposition,

Le détriment comprend 4 composantes :

- La probabilité de cancer mortel
  - La probabilité de cancer non mortel
  - La probabilité pondérée d'effets héréditaires graves
  - La perte de durée de vie
- peau  $10^{-4}$  /Sv

Effet stochastiques  
Totale  $1,65 \cdot 10^{-2}$  /Sv  
 $w_T$  (Peau) 0,01

Réactions tissulaires \*

|                        |                                |
|------------------------|--------------------------------|
| Précoces               | Tardives                       |
| Ex. érythème<br>3-5 Gy | Desquamation<br>humide > 20 Gy |

La limite 20 mSv/an en termes de  $E$  est suffisante pour les effets stochastiques pour la peau mais ...

Une limite supplémentaire est nécessaire pour les expositions locales de façon à empêcher une apparition d'effet déterministe (500 mSv/an moyenné sur chaque  $cm^2$  de peau quelle que soit la zone exposée.

Le détriment comprend 4 composantes :

- La probabilité de cancer mortel
  - La probabilité de cancer non mortel
  - La probabilité pondérée d'effets héréditaires graves
  - La perte de durée de vie
- peau  $10^{-4}$  /Sv

Effet stochastiques  
Totale  $1,65 \cdot 10^{-2}$  /Sv  
 $w_T$  (Peau) 0,01

Réactions tissulaires \*

|                        |                                |
|------------------------|--------------------------------|
| Précoces               | Tardives                       |
| Ex. érythème<br>3-5 Gy | Desquamation<br>humide > 20 Gy |

Limite « DATR » 500 mSv/an ;

Pour une équipe d'intervention pendant une situation d'urgence, on en devrait pas permettre  $H_{\text{peau}} > \sim 5$  Sv sauf pour sauver des vies humaines.

La mesure doit être faite :

- sur des zones représentatives en dosimétrie externe (doigt, poignet, cheville, visage)
- sur des zones plus étendues pour la contamination (moyenne  $100 \text{ cm}^2$ )

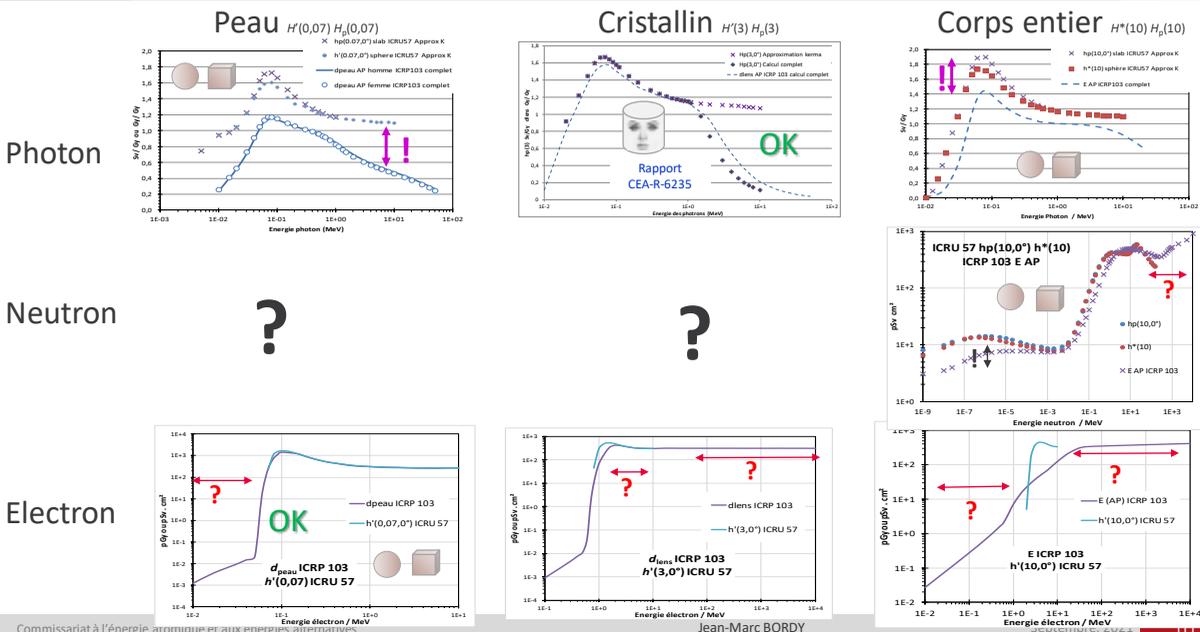
## Rappel sur l'organisation entre ICRP et ICRU

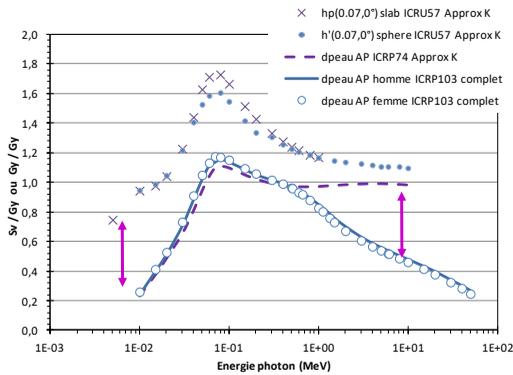
Le point de vue de l'ICRP

La comparaison avec l'ICRU sur l'existant

L'avenir possible après la publication de l'ICRU 95

## Comparaison ICRU 57 et ICRP 116 ...

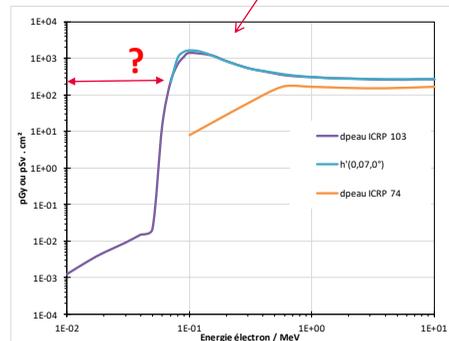




Attention on compare ICRP 116 à ICRU57 (ICRP26)  
On souhaitait en moyenne une surestimation G.Prot. par G.Op.  
C'est bien le cas !

Photon : La CIRP 116 accroit les écarts par rapport à la CIRP 74

Electron : ICRP 116 se rapproche de  $h'(0,07,0^\circ)$  par rapport à la ICRP 74



Rappel sur l'organisation entre ICRP et ICRU

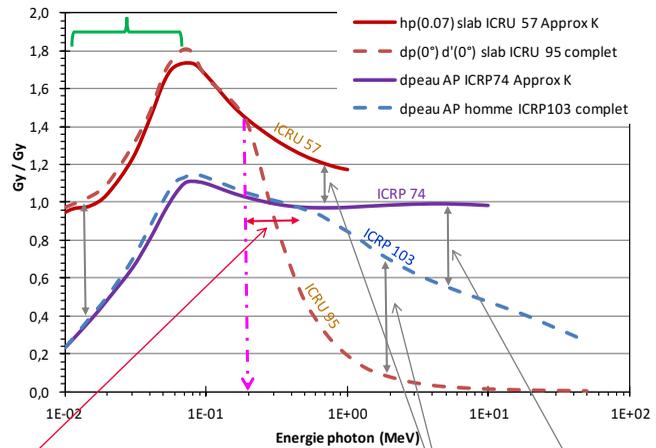
Le point de vue de l'ICRP

La comparaison avec l'ICRU sur l'existant

L'avenir possible après la publication de l'ICRU 95

La portée des électrons de 200 keV est d'environ 60  $\mu\text{m}$  dans le Tissu ICRU !

Au delà de cette énergie l'épaisseur d'équilibre électronique est plus grande que la profondeur de calcul (70  $\mu\text{m}$ ), avec le calcul complet la « dose » est inférieure à ce qu'elle serait si toute l'énergie était absorbée à l'endroit de l'interaction du photon (approximation kerma)



Décalage de la rupture dû au fantôme & à la différence de mode de calcul (en un « point » ou sur une grande surface)

$\sim 200$  keV  
 $E_{\text{max}}$  électron

$D_{\text{peau}}$  ICRP diminue  
l'écart avec les G.Op. augmente !

### Contraintes :

Toujours tenir compte des conditions d'utilisation

- ➔ Conserver les fantômes pour l'étalonnage en dosimétrie Individuelle
- ➔ Conserver la structure des tests de type des dosimètres

Assurer la traçabilité aux Références Nationales

- ➔ Fondées sur la mesure des **Grandeurs Primaires** ( $K$ ,  $D$ ,  $\Phi$ )

Envisager les « effets déterministes » pour la peau ou le cristallin

### Objectifs :

Rendre si possible le système plus compréhensible

- Réduire l'écart entre G.Prot. et G.Op.
- Combler les manques (particules ; énergie)
- Simplifier le système

Changer les fantômes  
et le mode calcul



- « Aligner » les valeurs des G.Op. sur les valeurs des G.Prot.
- « Aligner » les valeurs des dosimétries d'ambiance et individuelle



## Evolution des fantômes de DÉFINITION des grandeurs



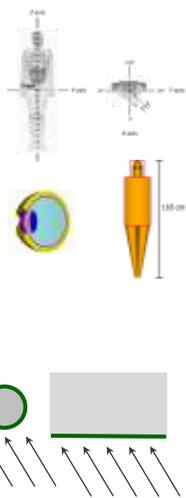
Actuel

~~Sphère~~

« Tête »

« Tronc »

« Doigt Poignet »



Même fantôme utilisés à la fois pour les dosimétries d'ambiance et individuelle

Fantôme adulte corps entier de référence ICRP/ICRU (ICRP110)  $H_p(\alpha)$   $H^*$

Cristallin : modèle d'œil stylisé placé dans un fantôme de corps entier stylisé  $D_{p,cristallin}(\alpha)$   $D'_{cristallin}(\alpha)$

Peau :  $D_{p,peau}(\alpha)$   $D'_{peau}(\alpha)$

“Slab” (parallélépipède) fantôme, 300x300 x150 mm<sup>3</sup> ICRU tissu, **avec 2 mm de peau “ICRP”**

“Rod” (rondin) fantôme,  $\Phi$ 19x300 mm<sup>3</sup> ICRU tissu, **avec 2 mm de peau “ICRP”**

“Pillar” (colonne) fantôme,  $\Phi$ 73x300 mm<sup>3</sup> ICRU tissu, **avec 2 mm de peau “ICRP”**

» Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives

Jean-Marc BORDY

Septembre, 2021 15



## Pour résumer



| Dosimétrie d'ambiance  |  | Dosimétrie individuelle  |   |
|--|--|--|---|
| <p><math>H^*(10)</math></p> <p>Equivalent de dose ambiant (Ambient dose equivalent)</p> <p><b>Sv</b></p>   | <p><math>H^*(E_{max})</math></p> <p>Equivalent de dose ambiant (Ambient dose equivalent)</p> <p><b>Sv</b></p>  | <p><math>H_p(10,\alpha)</math></p> <p>Equivalent de dose individuel à 10 mm de profondeur (personal dose equivalent at 10 mm depth)</p> <p><b>Sv</b></p>       | <p><math>H_p(\alpha)</math></p> <p>Equivalent de dose individuel (personal dose equivalent)</p> <p><b>Sv</b></p>  |
| <p><math>H'(3,\alpha)</math></p> <p>Equivalent de dose directionnel à 3 mm de profondeur (directional dose equivalent at 3 mm depth)</p> <p><b>Sv</b></p>          | <p><math>D'_{lens}(\alpha)</math></p> <p>Dose Absorbée directionnel au cristallin (Directional Absorbed Dose to the Lens of the Eye)</p> <p><math>0^\circ -90^\circ</math> ROT</p> <p><b>Gy</b></p>    | <p><math>H_p(3,\alpha)</math></p> <p>Equivalent de dose individuel à 3 mm de profondeur (personal dose equivalent at 3 mm depth)</p> <p><b>Sv</b></p>          | <p><math>D_{p,lens}(\alpha)</math></p> <p>Dose Absorbée Individuelle au cristallin (Personal Absorbed Dose to the Lens of the Eye)</p> <p><b>Gy</b></p> |
| <p><math>H'(0,07,\alpha)</math></p> <p>Equivalent de dose directionnel à 0,07 mm de profondeur (directional dose equivalent at 0,07 mm depth)</p> <p><b>Sv</b></p> | <p><math>D'_{local\ skin}(\alpha)</math></p> <p>Dose Absorbée directionnelle locale à la peau (Directional Absorbed Dose to local skin)</p> <p><math>0^\circ -90^\circ</math> ROT</p> <p><b>Gy</b></p> | <p><math>H_p(0,07,\alpha)</math></p> <p>Equivalent de dose individuel à 0,07 mm de profondeur (personal dose equivalent at 0,07 mm depth)</p> <p><b>Sv</b></p> | <p><math>D_{p,local\ skin}(\alpha)</math></p> <p>Dose Absorbée Individuelle local à la peau (Personal Absorbed Dose to local skin)</p> <p><b>Gy</b></p> |

Fantôme anthropo. : corps entier & cristallin

Dose absorbée ; peau & cristallin

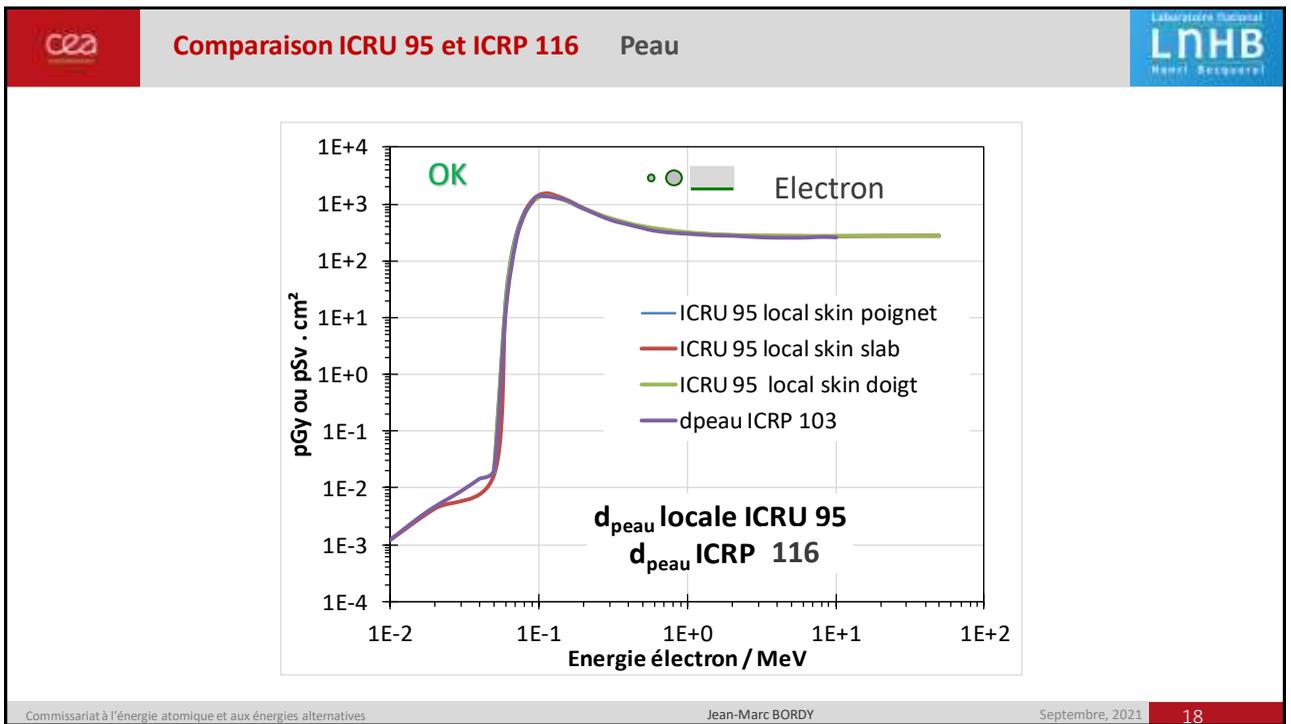
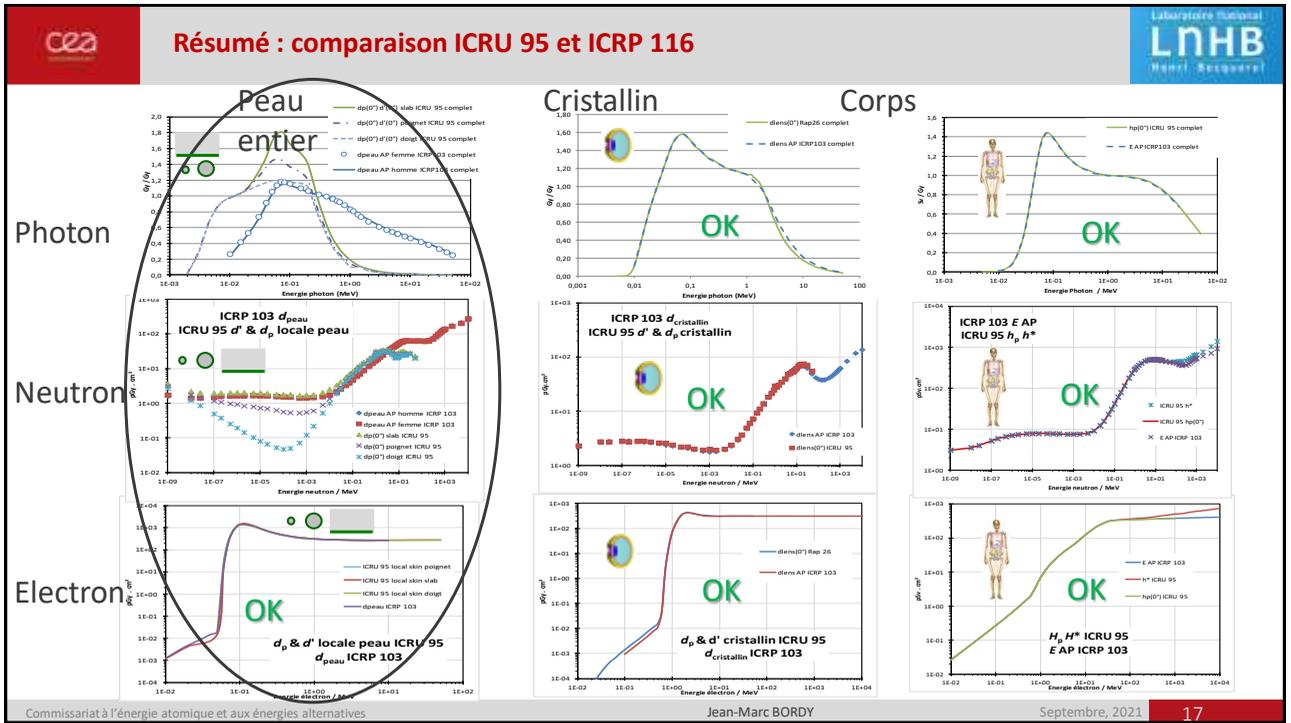
$D'_{local\ skin} = D_{p\ local\ skin}$

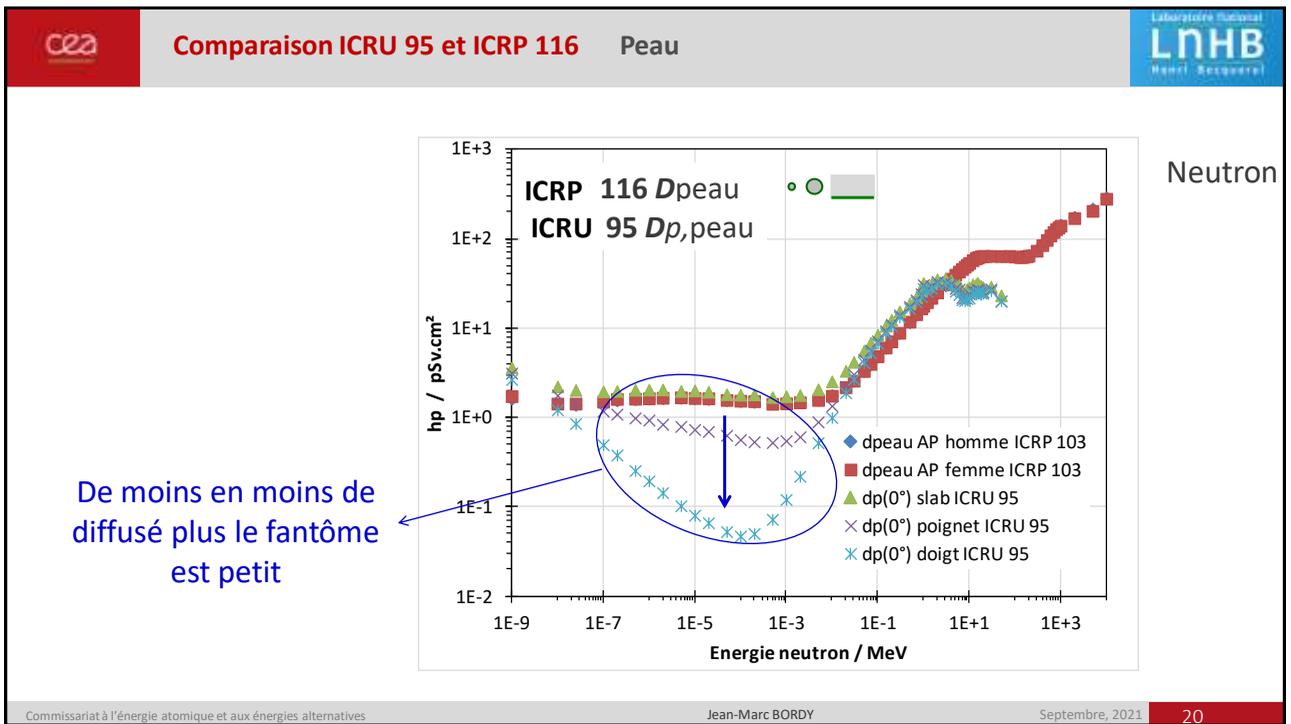
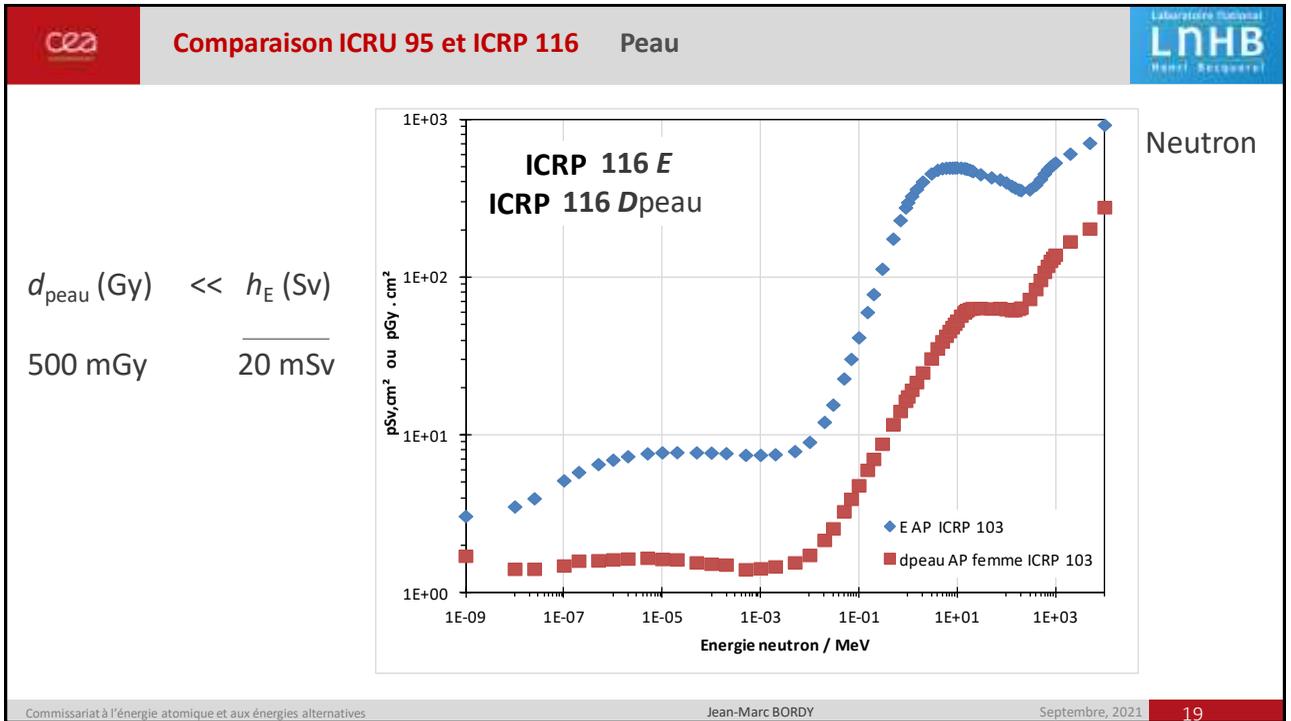
$D'_{cristallin} = D_{p\ cristallin}$

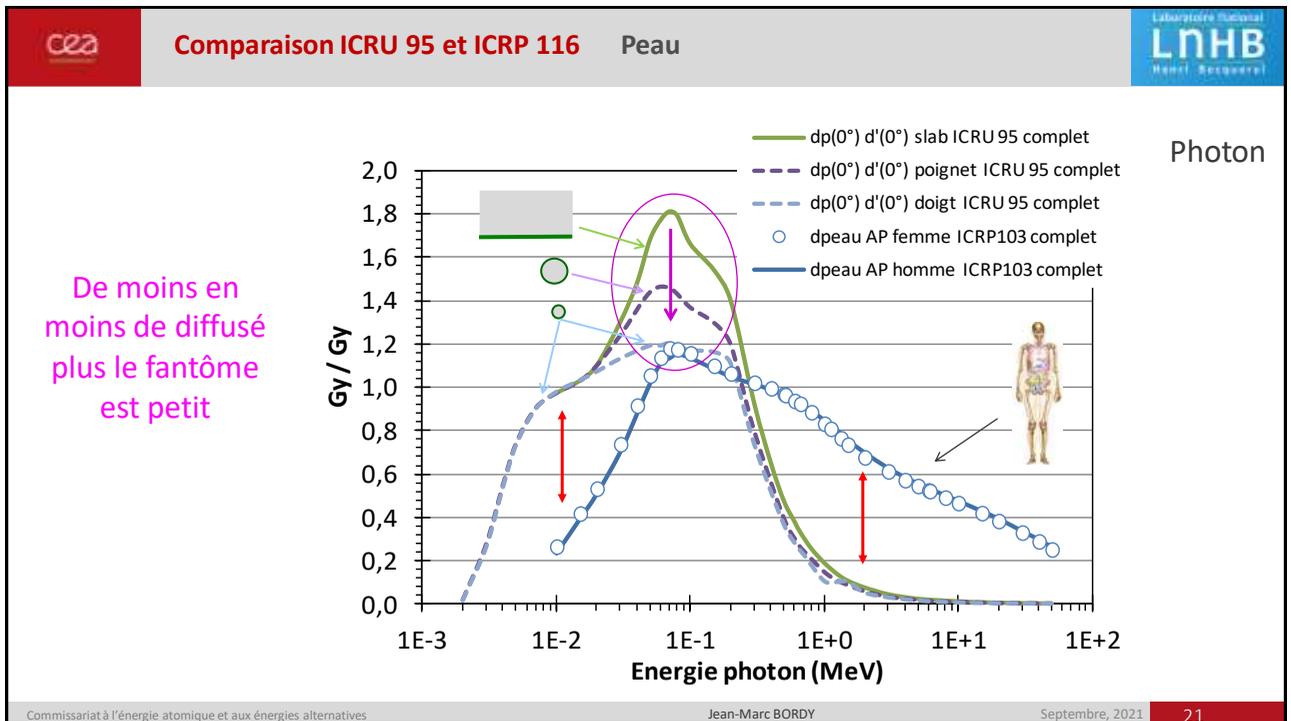
Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives

Jean-Marc BORDY

Septembre, 2021 16



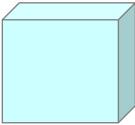




cea **Dans la pratique si adoptée** Laboratoire National **LNHB**  
Henri Becquerel

Calcul des valeurs théoriques des **G.Op.** au point de mesure pour l'étalonnage toujours fondé sur les **Grandeurs Primaires** ( $K, D, \Phi$ ) donc traçabilité assurée. Mais modification des coefficients de conversion par rapport à l'ancien

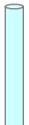
Pas de modification des **conditions d'étalonnage** (fantôme et équil. élect.) :



Tronc  
PMMA  
Eau



Poignet  
PMMA  
Eau



Doigt  
PMMA



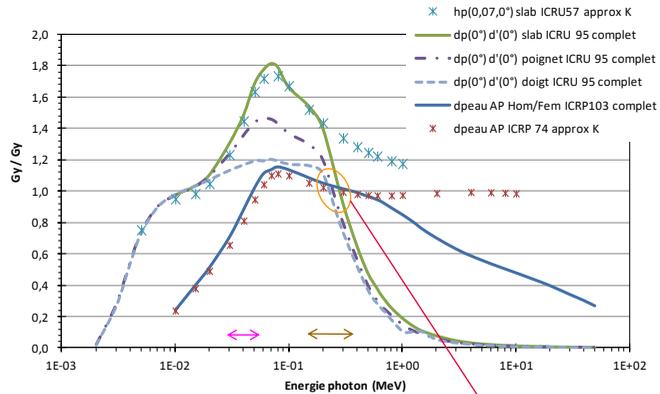
Tête  
PMMA  
Eau

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives Jean-Marc BORDY Septembre, 2021 22

en dessous de 300 keV :  
La grandeur de protection ICRP ne change pas significativement ;

Idem pour ICRU, l'écart change peu entre :

- ICRP74 / ICRU57
- ICRP116 / ICRU95



|              |         | ICRP103             |                   | $h_p(0,07)$ ICRU57     |         |       | ICRU57                  | $d_p, d'_{peau}$ ICRU95 (complet) |         |       |        |
|--------------|---------|---------------------|-------------------|------------------------|---------|-------|-------------------------|-----------------------------------|---------|-------|--------|
| * $d_{peau}$ |         | $d_{peau, homme}$   | $d_{peau, femme}$ | Tronc                  | Poignet | Doigt | $h'(0,07)$              | Tronc                             | Poignet | Doigt |        |
|              |         | pGy cm <sup>2</sup> |                   | pSv cm <sup>2</sup>    |         |       |                         | pGy cm <sup>2</sup>               |         |       |        |
| N300         | 248 keV | 1,125               | 1,151             | 1,161                  | 1,546   | 1,366 | 1,277                   | 1,484                             | 1,257   | 1,096 | 1,008  |
| N60          | 48 keV  | 0,318               | 0,343             | 0,355                  | 0,546   | 0,466 | 0,389                   | 0,535                             | 0,570   | 0,495 | 0,416  |
| N300         | 248 keV |                     | 2,3%              | 3,2%                   | 33,7%   | 18,2% | 10,4%                   | 28,4%                             | 8,7%    | -5,2% | -12,8% |
| N60          | 48 keV  |                     | 7,9%              | 11,6%                  | 56,4%   | 33,4% | 11,3%                   | 53,3%                             | 63,3%   | 41,8% | 19,2%  |
|              |         |                     |                   | % par rapport à ICRP74 |         |       | % par rapport à ICRP103 |                                   |         |       |        |

Les grandeurs opérationnelles de l'ICRU 95 proposent une estimation plus juste des grandeurs de protection pour le corps entier donc une estimation plus juste du risque d'effets stochastiques  
**Anticipez le changement de  $H_T$  vers  $D_T$  pour le cristallin et la peau**

Pour la peau : comble le manque pour les neutrons, confirme pour les électrons et accroît le domaine d'énergie

$D_{peau}$



ICRP

Reste une question de représentativité de  $D_{peau}$  vis-à-vis des conditions de mesure



$D'_{peau}$

$D_{p,peau}$

ICRU

- $h_p(0,07) \sim d_{p,local\ skin}$  et  $d'_{local\ skin}$  photon  $E < 200\ keV$
- $h_p(0,07) > d_{p,local\ skin}$  et  $d'_{local\ skin}$  photon  $E > 200\ keV$

