

Impact de la proposition de refonte des Grandeurs Opérationnelles

(J.M. Bordy)

*CEA, LIST, Laboratoire National Henri Becquerel (LNE-LNHB),
CEA-Saclay, 91191 Gif sur Yvette Cedex, France*

Les grandeurs de protection (dose efficace et doses équivalentes notamment à la peau et au cristallin) définies par la CIPR dans sa publication 60 (1990) n'étant pas mesurable, la dosimétrie externe des travailleurs est assurée au moyen de dosimètres qui mesurent les grandeurs opérationnelles (équivalents de dose ambiante, directionnels et individuels). Ces dernières, définies dans les rapports ICRU 39 (1985) et 43 (1988) puis précisées dans le rapport ICRU 51 (1993) avec finalement une publication des valeurs des coefficients de conversion dans les rapports ICRU 47 (1992), 57 (1998) et 66 (2001), sont conçues pour être des estimateurs conservatifs des grandeurs de protection ; les deux types de grandeurs sont traçables au sens métrologique du terme aux grandeurs physiques, dites souvent primaires (fluence, dose absorbée et kerma dans l'air). Cependant, selon le type de fantômes choisis anthropomorphes ou simplifiés, le mode de pondération de la dose absorbée permettant la prise en compte de l'effet du rayonnement sur la matière vivante est différent ; Pour les grandeurs de protection les facteurs de pondération W_T et W_R sont utilisés alors que pour les grandeurs opérationnelles c'est le facteur de qualité des particules chargées, Q . Ainsi, alors qu'idéalement les deux types de grandeurs devraient être numériquement égaux pour un champ de rayonnements donné, des différences existent qui, cependant, en moyenne, pour la quasi-totalité des situations envisagées jusqu'alors, permettent de respecter le caractère conservatif des grandeurs opérationnelles.

En plus de ces différences systémiques préexistantes, au fil des années, les données de base de la radioprotection ont évoluées ; Ainsi, entre autres :

- La CIPR dans sa publication 103 (2007) a réévalué ses grandeurs de protection, les fantômes anthropomorphiques ont évolués, les valeurs des facteurs de pondération W_T ont été modifiées afin de mieux rendre compte du risque lié à l'exposition aux rayonnements ionisants.
- La CIPR a revu l'utilisation des grandeurs de protection pour le cristallin et la peau et propose que la limite d'exposition soit fixée en termes de dose absorbée (publication en cours)
- De nouveaux besoins sont apparus conduisant à l'extension des domaines en énergie (industrie, recherche) et la prise en compte de nouveaux types de rayonnements (personnel navigant ...),
- L'utilisation de moyen de calcul (ordinateur et logiciel) plus performant a permis dans le cadre de la détermination des coefficients de conversion pour les grandeurs de protection de calculer le dépôt d'énergie des particules chargées avec une plus grande précision, alors que ceux des grandeurs opérationnelles actuelles sont fondées sur l'approximation kerma

De fait, les grandeurs opérationnelles n'ayant pas suivi ces évolutions, l'écart entre grandeurs de protection et opérationnelles s'est élargi rendant l'articulation entre les deux types de grandeurs moins performant au-delà de la simple extension du domaine en énergie.

Face à ce constat, l'ICRU et la CIPR ont résolu de constituer le groupe de travail intitulé « Committee 26 » chargé de proposer une nouvelle mouture des grandeurs opérationnelles. Ce tutorial présente les évolutions proposées et les conséquences de leurs éventuelles prises en compte dans les années à venir.

La philosophie du système demeure la même, les grandeurs opérationnelles sont toujours conçues comme des estimateurs conservatifs des grandeurs de protection et sont toujours traçables aux grandeurs physiques mais :

- le mode de calcul des coefficients de conversion des grandeurs opérationnelles est harmonisé avec celui des grandeurs de protection, afin de prendre en compte le suivi des particules chargées, suite à l'augmentation de la puissance des ordinateurs et l'évolution des codes de calcul Monté Carlo,
- pour les grandeurs opérationnelles relatives à la dosimétrie de zone, la sphère dite ICRU est abandonnée au profit de fantômes plus réalistes, elle laisse place :
 - o pour le cristallin, à un fantôme anthropomorphe corps entier (ICRP 116) dédié, au sein duquel un modèle d'œil (Behrens-Dietze) est implanté dans la tête, la tête et le tronc sont irradiés avec un faisceau large parallèle, la valeur max de la dose absorbée au cristallin entre l'œil droit et gauche est prise en compte,
 - o pour la peau, à un fantôme parallélépipédique 30x30x15 cm³ (tissu ICRU 4 éléments) comprenant une fine couche de 2 mm de peau (ICRP 103, ICRP 89),
 - o pour le corps entier, la valeur du coefficient de conversion vers la « dose ambiante » est obtenue en considérant, pour chaque énergie, la plus grande valeur parmi les coefficients de conversion vers la dose efficace quelle que soit la configuration de l'exposition (latérales, antéro-postérieur, postéro-antérieur, isotrope, rotationnelle), de fait dans ce dernier cas cela revient à définir la grandeur opérationnelle à partir du fantôme anthropomorphe (ICRP 116),
- pour les grandeurs de dosimétrie individuelle le fantôme parallélépipédique 30x30x15 cm³ (tissu ICRU 4 éléments) est abandonné au profit de fantômes plus réalistes, il laisse place :
 - o pour le corps entier, à la valeur du coefficient de conversion correspond à la dose efficace pour un fantôme anthropomorphe (ICRP 116) irradié selon un angle donnée,
 - o pour le cristallin, à fantôme identique à celui utilisé pour la dosimétrie de zone,
 - o pour la peau, le même fantôme parallélépipédique que pour la dosimétrie de zone est utilisé lorsque le dosimètre est porté sur le tronc, on lui adjoint un fantôme « colonne » (Φ 73 mm) et un fantôme « rondin » (Φ 19 mm) tous deux avec la même fine couche de peau,
- le sievert est abandonné au profit du gray pour les grandeurs opérationnelles rendant compte de l'exposition du cristallin et de la peau.

On constate que l'adoption de fantômes anthropomorphes identiques ou proches de ceux préconisés par l'ICRP et de valeurs fondées sur la dose efficace renforce le lien entre grandeurs de protection et opérationnelles permettant une meilleure représentativité de ses dernières vis-à-vis du risque lié à l'exposition aux rayonnements ionisants en radioprotection.

Récapitulatif des dénominations des grandeurs opérationnelles pour la dosimétrie de zone présentes et proposées.

	Présente	Proposée (traduction française littérale depuis l'anglais)
Dosimétrie de zone	Equivalent de dose ambient $H^*(10)$	Ambient Dose H^* (Dose ambiante)
	Equivalent de dose directionnel à 70 μm de profondeur $H(0,07,\Omega) / \text{Sv}$	Directional absorbed dose to the lens of the eye $D'_{\text{local skin}, \Omega} / \text{Gy}$ (Dose absorbée directionnelle au cristallin)
	Equivalent de dose directionnel à 3 mm de profondeur $H(3, \Omega) / \text{Sv}$	Directional absorbed dose to the lens of the eye $D'_{\text{lens}, \Omega} / \text{Gy}$ (Dose absorbée directionnelle au cristallin)

Récapitulatif des dénominations des grandeurs opérationnelles pour la dosimétrie individuelle présentes et proposées.

	Présente	Proposée (traduction française littérale depuis l'anglais)
Dosimétrie individuelle	Equivalent de dose individuel à 10 mm de profondeur $H_p(10) / \text{Sv}$	Personal dose H_p / Sv (Dose individuel)
	Equivalent de dose individuel à 70 μm de profondeur $H_p(0,07) / \text{Sv}$	Personal absorbed dose to local skin $D_{p, \text{local skin}} / \text{Gy}$ (Dose absorbée locale individuelle à la peau)
	Equivalent de dose individuel à 3 mm de profondeur $H_p(3) / \text{Sv}$	Personal absorbed dose to the lens of the eye $D_{p, \text{lens}} / \text{Gy}$ (Dose absorbée individuelle au cristallin)

Si ces évolutions du système de grandeurs opérationnelles entre en vigueur, elles conduiront au changement des valeurs des coefficients de conversion donc à celui des valeurs de référence dans les faisceaux servant à l'étalonnage et au test des appareils de mesure. Les mesures « sur le terrain » seront donc différentes des valeurs actuelles permettant ainsi une meilleure comparaison avec les limites d'exposition exprimées en fonction des grandeurs de protection. Ce changement pourra avoir des conséquences différentes selon le mode de fonctionnement des appareils de mesures. Ainsi :

- Pour des appareils dont le fonctionnement est fondé sur l'application d'un unique coefficient d'étalonnage, la valeur de ce dernier sera modifiée. Dans le cas où le design de ces appareils ferait appel à des filtres/écrans dont l'épaisseur et la nature ont été choisis pour que la réponse en fonction de l'angle et de l'énergie du rayonnement respecte les spécifications des normes pour les tests de type, il est possible que ce design doive être modifié ou que des algorithmes de corrections doivent être appliqués si les caractéristiques dosimétriques ne répondent plus à ces spécifications.
- Pour des appareils délivrant une information spectrométrique et permettant, suivant un algorithme dédié, le calcul de la grandeur opérationnelle, cette évolution pourra nécessiter d'adapter l'algorithme afin de continuer à respecter les spécifications des normes décrivant les tests de type.

Aucun changement n'est apporté aux conditions d'étalonnage et d'utilisation des dosimètres. L'étalonnage serait toujours réalisé dans l'air en l'absence de matériaux diffusant à proximité pour la dosimétrie d'ambiance et à la surface des fantômes simplifiés (plaque, colonne, rondin, tête) pour la dosimétrie individuelle. La nature et les dimensions des fantômes d'étalonnage demeureraient aussi inchangées.

Avant sa publication officielle, une version du rapport rédigé par le groupe de travail a été envoyée aux institutions nationales et internationales et sociétés savantes pour diffuser l'information et recueillir les avis. En France très peu de remarques ont été reçues, aucune à ce jour sur le volet technique, la principale remarque ne pointait que le coût d'adaptation des systèmes dosimétriques actuels.

Quelques références :

International Commission on Radiation Units and Measurements.

- ICRU Report 39 Determination of Dose Equivalents Resulting from External Radiation Sources, (ICRU: Bethesda) (1985).
- ICRU Report 43 Determination of Dose Equivalents from External Radiation Sources-part 2, (ICRU: Bethesda) (1988).
- ICRU Report 47 Measurements of Dose Equivalents from External Photon and Electron Radiations, (ICRU: Bethesda) (1992).
- ICRU Report 51, Quantities and Units in Radiation Protection Dosimetry, (ICRU: Bethesda) (1993).
- ICRU Report 57, Conversion Coefficients for Use in Radiological Protection against External Radiation, (ICRU: Bethesda) (1998).
- ICRU Report 66, Determination of Operational Dose Equivalent Quantities for Neutrons, Journal of ICRU 1(3) (Oxford University Press: Oxford) (2001).

International Commission on Radiological Protection,

- ICRP Publication 60, 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, (Pergamon Press: Oxford) (1991).
- ICRP Publication 74, Conversion Coefficients for Use in Radiological Protection against External Radiation, Ann. ICRP 26(3/4). (Elsevier Science: Oxford) (1996).
- ICRP Publication 92, Relative Biological Effectiveness (RBE), Quality Factor (Q), and Radiation Weighting Factor (wR). Ann. ICRP 33 (1/2). (Elsevier Science: Oxford) (2003).
- ICRP Publication 89, Basic Anatomical and Physiological Data for use in Radiological Protection, Ann. ICRP 32 (3/4). (Elsevier Science: Oxford) (2002).
- ICRP Publication 103, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Ann. ICRP (Elsevier Science: Oxford) (2007).
- ICRP Publication 110, Adult Reference Computational Phantoms, Ann. ICRP (Elsevier Science: Oxford) (2009).
- ICRP Publication 116, Conversion Coefficients for Radiological Protection for External Radiation Exposures Ann. ICRP (Elsevier Science: Oxford) (2010).