

MESURE DE LA « DOSE » DUE A L'EXPOSITION PROFESSIONNELLE AUX RAYONNEMENTS IONISANTS : OBJECTIFS ET EVOLUTIONS

Alain BIAU(1), Jean-Marc BORDY(2)

(1) IRSN Fontenay aux Roses

(2) CEA, LIST, LNE LNHB, F-91191 Gif-Sur-Yvette, France

En matière de dosimétrie externe des rayonnements ionisants pour la protection de l'homme, il est souhaitable de disposer d'une grandeur unique qui réponde à l'ensemble des besoins,

- pour l'établissement de références nationales,
- pour rendre compte du risque lié aux effets déterministes et aux effets stochastiques de l'exposition aux rayonnements,
- pour les besoins de la radioprotection, de la radiothérapie et du radiodiagnostic.

Hélas ce souhait n'est pas exaucé ! À chaque besoin correspond une catégorie de grandeurs constituant le système de grandeurs dosimétriques, dont la complexité n'est qu'apparente. Pour rendre compte de cette apparente complexité, il convient, dans un premier temps, de brosser un tableau, le plus schématique et simple possible, de l'objet et des liens existants entre les différentes catégories de grandeurs dosimétriques.

La dosimétrie, étymologiquement « mesure de la dose », est une discipline fondée sur la mesure physique de l'échange d'énergie entre le rayonnement et la matière. C'est donc naturellement que le point de départ du système de grandeurs dosimétriques se trouve au niveau des grandeurs « physiques », dites aussi primaires, assez aisément accessibles aux techniques de mesures absolues¹. Les autres catégories de grandeurs sont :

- pour quantifier le risque d'effet stochastique de l'exposition aux rayonnements, établir des limites d'expositions des travailleurs et du public et vérifier le respect de ces limites dans le cadre de la radioprotection, les grandeurs de protections (« *protection quantities* » en anglais), définies par la CIPR au sein de fantômes anthropomorphiques mais non mesurables,
- pour mesurer l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants, les grandeurs opérationnelles (« *operational quantities* » en anglais), développées par l'ICRU² rassemblé sous le vocable „équivalent de dose“ directement traçables au kerma dans l'air pour les photons, à la dose absorbée pour les électrons et à la fluence pour les neutrons au travers de coefficient de conversion définis dans des fantômes taillés dans un matériaux équivalent aux tissus biologiques et de forme simplifiée. La forme des fantômes et la profondeur de définition dépendent de l'organe cible (peau, cristallin, corps entier) et des conditions de mesure. Pour la dosimétrie d'ambiance c'est une sphère de 30 cm de diamètre pour la dosimétrie individuelle ce sont les fantômes dit tronc doigt, poignet ou tête. La valeur des coefficients de conversion dépendant de la forme du fantôme à chaque utilisation correspond une grandeur dont les noms sont résumés dans le tableau ci-après.

¹ La mesure d'une grandeur est dite absolue lorsque la technique mise en œuvre ne requiert pas un étalonnage préalable dans la grandeur mesurée.

² ICRU : International Commission in Radiation Units and Measurements

Récapitulatif des grandeurs opérationnelles.

Type de Dosimètre	Pouvoir de pénétration du rayonnement	Grandeurs dosimétriques opérationnelles
<u>Zone</u> Dosimètre d'ambiance	Fort	Equivalent de dose ambiant, $H^*(10)$
	↓	Equivalent de dose directionnel, $H(3)$
	Faible	Equivalent de dose directionnel, $H(0,07)$
<u>Individuel</u> Dosimètre porté sur le corps	Fort	Equivalent de dose individuel, $H_p(10)$
	↓	Equivalent de dose individuel, $H_p(3)$
	Faible	Equivalent de dose individuel, $H_p(0,07)$

Afin de compléter le panorama des grandeurs utilisées pour les expositions professionnelles, nous devons ajouter celles relatives aux fortes doses (donnant lieu à l'apparition d'effets déterministes) rencontrées parfois dans le cadre des expositions accidentelles que nous ne traiterons pas ici.

La mesure des équivalents de dose aux postes de travail est possible au moyen de dosimètres ayant satisfait aux tests de type, étalonnés dans les conditions correspondant aux conditions de port. A ces conditions, le dosimètre fournira une mesure de la grandeur opérationnelle permettant une estimation de la grandeur de protection et donc la vérification du respect des limites d'exposition.

Le principe d'un dosimètre est toujours le même. Un détecteur présente intrinsèquement une réponse qui varie en fonction de l'énergie et de la nature du rayonnement. Il est disposé dans un ensemble de détection appelé dosimètre donc les éléments permettront de corriger ou de tirer parti de cette variation à des fins de spectrométrie ou de mesure globale. C'est ainsi, par exemple que le film photographique, le détecteur thermo-luminescent ou photoluminescent est placé entre deux séries d'écrans identiques. La lecture sous les différents écrans permettant d'avoir accès à des informations différentes selon la nature et l'énergie du rayonnement ouvrant la voie à une analyse spectrométrique du champ de rayonnement au poste de travail. Afin d'obtenir une information dosimétrique globale, des algorithmes de calculs des équivalents de dose sont développés à partir des informations de types spectrométriques ; ils sont dit linéaires ou à « branche » selon leur philosophie et leurs complexités.

On comprend que les caractéristiques dosimétriques, réponse en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence du rayonnement, dépendent non seulement du détecteur mais surtout du design du dosimètre et qu'il est possible même à partir de détecteur très différents d'obtenir des dosimètres dont les performances sont similaires. La présentation fournira quelques exemples passés et présents de designs illustrant ce principe.

La législation a suivi l'évolution des techniques de dosimétrie d'abord dans les premières années, depuis 1968, année du premier arrêté définissant les modalités de la surveillance dosimétrique individuelle des travailleurs qui devait être assurée au moyen d'une seule technique autorisée, la dosimétrie photographique, jusqu'à l'arrêté du 23 Mars 1999 donnant la possibilité d'utiliser d'autres techniques de dosimétrie passive. On notera pour l'anecdote que l'utilisation de films photographiques a permis l'apparition de quelques exemples de « détournement d'image ».

A partir des années 2000, l'apparition des techniques de mesure électronique en temps réel, a permis une nouvelle phase de contrôle et d'optimisation des expositions même si la « dose légale » reste « portée » par le dosimètre passif. L'apport des moyens d'analyse informatique a confirmé que la complexité des champs de rayonnements et la multiplicité des situations ne permettent pas de tenir la gageure d'un dosimètre universel.

Il peut aussi exister un écart important entre les performances théoriques, démontrées dans des situations normalisées de laboratoires d'étalonnage, et les résultats d'exploitation en routine. C'est pourquoi des tests « end to end » sont organisés. Le plus souvent, il s'agit de tests dit en aveugle ou « un » dosimètre est exposé dans une configuration et à une valeur d'équivalent de dose connues du seul laboratoire pratiquant l'irradiation puis envoyé au laboratoire d'exploitation dosimétrique pour y être évalué selon le processus de routine sans connaissance préalable ni des conditions d'irradiation ni de la valeur de l'équivalent de dose. La comparaison des résultats d'évaluation avec la valeur réellement choisie lors de l'irradiation fournissent à posteriori un élément de preuve des bonnes performances du dosimètre si les conditions du test « end to end » sont représentatives des conditions d'utilisation du dosimètre. Lors de la présentation, on montrera quelques exemples d'analyse de ces tests sous la forme de « courbe trompette » qui permettent de matérialiser, sur des graphiques en deux dimensions, les performances des systèmes dosimétriques.

La méthode ainsi présentée pourrait donner l'impression que tout est pour le mieux dans le meilleur des mondes dosimétriques possibles. Cependant, il reste des points délicats liés aux grandeurs dosimétriques elles-mêmes et/ou aux possibilités techniques de détection. Ces difficultés sont liées aux différences existantes entre les grandeurs de protection et les grandeurs opérationnelles pour l'exposition de la peau, à la diminution des limites relatives aux expositions du cristallin. La présentation se fera aussi l'écho des travaux du groupe de travail 26 de l'ICRU qui réfléchit à une évolution du système de grandeurs opérationnelles contribuant à réduire les différences entre grandeurs de protection et grandeurs opérationnelles.

L'amélioration des connaissances de l'effet des rayonnements ionisants sur la matière vivantes permettra sans doute d'affiner la valeur des grandeurs opérationnelles ou celles de leurs successeurs, ce qui conduira à une adaptation des moyens de détections fondés quant à eux sur des principes physiques, à moins de voir apparaître le dosimètre 100% biologique qui y sera intrinsèquement adapté.