



## EDITORIAL

Le premier article de cette édition de la gazette de l'ARRAD intéressera tous les acteurs de la radioprotection puisqu'il a pour objet le projet de révision des grandeurs opérationnelles de l'exposition externe, aussi bien pour la dosimétrie d'ambiance, que pour la dosimétrie individuelle. Ce projet initié par l'ICRU (International Commission on Radiation Units and Measurements) et la CIPR scellerait, s'il est accepté, la mort de la sphère ICRU, concept souvent décrié, puisqu'impossible à réaliser pratiquement. La proposition constituerait une amélioration et une simplification de la dosimétrie ; toutefois, celle-ci se heurte encore à de nombreuses oppositions, notamment de la part de ceux qui invoquent une remise en question de l'ensemble des instruments de mesure actuels. Ce sujet sera très certainement abordé lors de la prochaine journée thématique de l'ARRAD qui aura lieu le 22 novembre 2019 et qui aura pour thème la dosimétrie interne et externe. Ce numéro revient par ailleurs sur la journée thématique 2018 consacrée à la problématique de l'exposition au radon dans les locaux d'habitation et de travail. Je vous rappelle que les recommandations de l'ARRAD proposées à l'issue de cette journée sont actuellement en consultation et seront validées lors de notre prochaine **assemblée générale** qui se tiendra le **29 mars 2019** au CHUV. Nous aurons par ailleurs le plaisir d'accueillir ce jour-là Marie-Catherine Vozenin, biologiste et cheffe de laboratoire de recherche du service de radiothérapie du CHUV, qui nous parlera de la Radiothérapie « Flash » et des effets biologiques des très hauts débits de dose. Cette conférence aura lieu dès 13h30 et précédera l'assemblée générale.

La gazette sert aussi de relai aux autorités de radioprotection pour publier les dernières nouvelles les concernant. Comme à l'accoutumée, l'OFSP informe également sur les incidents ou événements de radioprotection les plus marquants des 6 derniers mois : cette fois-ci il s'agit du vol d'un générateur molybdène/technétium dans un centre d'imagerie médicale à Sion au mois de décembre. L'enquête de police étant toujours en cours, il n'est pas possible d'en détailler les résultats, mais il est d'ores et déjà possible d'exclure tout acte prémédité ayant pour but l'utilisation de cette source à des fins malveillantes. Le générateur n'a toujours pas été retrouvé, mais il a très vraisemblablement été jeté dans une benne à ordures et exporté pour recyclage. Selon les éléments d'enquête aucune mise en danger d'autrui par cette source radioactive n'a eu lieu. Dans l'attente de vous revoir le 29 mars à Lausanne, je vous souhaite une bonne lecture.

Sybille Estier, présidente de l'ARRAD

## Table des matières

1. **Nouvelles grandeurs opérationnelles de l'exposition externe : projet ICRP/ICRU – mort annoncée de la sphère ICRU**
2. **Informations de l'inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN) – 2<sup>ème</sup> semestre 2018**
3. **Retour sur la JT ARRAD du 30.11.2018**
4. **Evénements de radioprotection**
5. **Rapports, publications et bibliographie**

### 1. **Nouvelles grandeurs opérationnelles de l'exposition externe : projet ICRP/ICRU – mort annoncée de la sphère ICRU**

#### *Situation actuelle*

On distingue trois types de grandeurs en radioprotection : les grandeurs de protection, les grandeurs opérationnelles et les grandeurs métrologiques. Les premières caractérisent le risque pour l'être humain d'une exposition aux radiations ionisantes. Ce sont actuellement la dose absorbée moyenne à un organe ou tissu et la dose efficace. Les

grandeurs de protection n'étant pas directement mesurables, on définit des grandeurs intermédiaires, que l'on appelle grandeurs opérationnelles, pour estimer, dans le cas de l'exposition externe, les valeurs des grandeurs de protection. Les grandeurs opérationnelles doivent être accessibles à la mesure et être représentatives des grandeurs de protection. Ce sont actuellement l'équivalent de dose ambiant ( $H^*(10)$ ) et l'équivalent de dose directionnel ( $H'(d, \Omega)$ ) pour la dosimétrie d'ambiance et l'équivalent de dose individuel ( $H_p(d)$ ) pour la dosimétrie individuelle. La définition de ces grandeurs est donnée notamment à l'annexe 4 l'ORaP. Les grandeurs métrologiques sont celles pour lesquelles on dispose de standards établis à partir des grandeurs métrologiques primaires. Il s'agit de la fluence de particules, du kerma dans l'air pour les particules non directement ionisantes et de la dose absorbée.

#### *Critiques des grandeurs opérationnelles actuelles*

Les critiques des grandeurs opérationnelles actuelles formulées dans le projet sont les suivantes :

- les grandeurs opérationnelles actuelles sont définies dans la sphère ICRU qui ne peut être réalisée pratiquement ; ainsi ces grandeurs sont en général estimées à l'aide de la simulation numérique ;
- l'équivalent de dose ambiant conduit à une mauvaise estimation de la dose efficace car le point à 10 mm de profondeur dans la sphère ICRU n'est adéquat ni pour les basses ni pour de hautes énergies du rayonnement gamma ;
- les coefficients de conversion passant des grandeurs métrologiques aux grandeurs opérationnelles ont été calculés en se basant sur l'approximation du kerma, approximation qui n'est pas acceptable dans certaines situations ;
- les domaines en énergie des rayonnements à prendre en considération se sont étendus dans les domaines de l'exposition médicale, de l'exposition du personnel navigant et de la recherche ; à ces énergies les grandeurs opérationnelles actuelles ne sont pas de bonnes estimations des grandeurs de protection ;
- la réduction de la limite de dose pour le cristallin exige une meilleure modélisation de cet organe pour estimer la grandeur  $H_p(3)$ .

### **Propositions du projet**

Les grandeurs de protection et les grandeurs métrologiques demeurent inchangées. Par contre, de nouvelles grandeurs opérationnelles sont retenues pour la **dosimétrie ambiante** :

- dose ambiante ( $H^*$ ) : c'est le produit de la fluence de particules en un point par un coefficient de conversion «fluence  $\mapsto$  valeur maximale de la dose efficace » pour les différentes incidences du faisceau de rayonnement (faisceaux parallèles avec une incidence antéro-postérieure, postéro-antérieure, latérale gauche, latérale droite, faisceaux rotationnels ou isotropiques); le coefficient de conversion, appelé  $h_{E_{max}}$ , dépend de l'énergie du rayonnement et se calcule par simulation numérique à l'aide des fantômes voxélisés définis dans la publication ICRP 110 ;
- dose absorbée directionnelle pour le cristallin ( $D'_{crist.}(\Omega)$ ) : comme la protection du cristallin concerne un effet déterministe, il n'est pas jugé utile d'utiliser l'équivalent de dose pour décrire l'exposition, mais plutôt la dose absorbée ; la dose absorbée directionnelle au cristallin est obtenue en multipliant la fluence de particules par un coefficient de conversion «fluence  $\mapsto$  dose absorbée directionnelle pour le cristallin » ; ce coefficient est calculé par simulation numérique à l'aide d'un fantôme comprenant un modèle détaillé de l'œil ;
- dose absorbée directionnelle pour la peau au niveau local ( $D'_{peau\ loc.}(\Omega)$ ) : comme dans le cas

du cristallin la protection de la peau au niveau local concerne un effet déterministe ; ainsi il est jugé utile d'utiliser la dose absorbée plutôt que l'équivalent de dose pour décrire l'exposition ; la dose absorbée directionnelle à la peau au niveau local est obtenue en multipliant la fluence de particules par un coefficient de conversion «fluence  $\mapsto$  dose absorbée directionnelle pour la peau au niveau local » ; ce coefficient est calculé par simulation numérique à l'aide d'un fantôme consistant en un tissu ICRU couvert d'une couche de peau (2 mm) ;

de même que pour la **dosimétrie individuelle** :

- dose individuelle ( $H_p$ ) : il s'agit du produit de la fluence de particules par un coefficient de conversion «fluence  $\mapsto$  dose efficace », calculé par simulation numérique à l'aide d'un fantôme ICRP ; le coefficient dépend de l'angle d'incidence et de l'énergie de la particule ;
- dose absorbée individuelle au cristallin ( $D_{p, crist.}$ ) : il s'agit du produit de la fluence de particules par un coefficient de conversion «fluence  $\mapsto$  dose absorbée au cristallin », calculé en utilisant un fantôme comprenant un modèle détaillé de l'œil ; le coefficient dépend de l'angle d'incidence et de l'énergie de la particule ;
- dose absorbée individuelle à la peau au niveau local ( $D_{p, peau\ loc.}$ ) : il s'agit du produit de la fluence de particules par un coefficient de conversion «fluence  $\mapsto$  dose absorbée à la peau au niveau local », calculé par simulation numérique à l'aide d'un fantôme consistant en un tissu ICRU couvert d'une couche de peau ; le coefficient dépend de l'angle d'incidence et de l'énergie de la particule.

Les coefficients proposés ont été établis pour un large spectre de particules et une gamme étendue d'énergie et seront prochainement publiés dans un rapport conjoint ICRP/ICRU. Seront aussi publiés les coefficients relatifs au kerma dans l'air car c'est cette grandeur, et non la fluence, qui est utilisée dans le cas du rayonnement gamma par les services d'étalonnage.

### **Conséquences des nouvelles grandeurs opérationnelles**

La proposition constitue une amélioration et une simplification de la dosimétrie :

- la dose efficace est mieux estimée aux basses et aux hautes énergies ;
- la sphère ICRU, l'équivalent de dose et le facteur de qualité de la radiation n'interviennent plus.

La proposition rencontre encore de grosses oppositions, notamment de la part du Fachverband für Strahlenschutz selon lequel les instruments de mesure actuels sont remis en question. En réalité

seule la manière de les étalonner subira de légères modifications.

Restons optimistes et préparons-nous à une prochaine révision de l'ordonnance sur la radioprotection, justifiée également par la révision des coefficients de dose de l'incorporation (voir l'article sur ce thème dans la gazette ARRAD de juillet).

*Christophe Murith, ARRAD*

## **2. Informations de l'inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN) – 2<sup>ème</sup> semestre 2018**

A la fin du mois de juin, l'IFSN a publié sa nouvelle directive ENSI-B09, traitant de la détermination et de l'enregistrement des doses des personnes professionnellement exposées aux radiations dans le domaine de supervision de l'IFSN. Une refonte de la directive B09 s'est avérée nécessaire suite à l'entrée en vigueur au premier janvier 2018 de la révision de l'ordonnance sur la radioprotection. La directive B09 revue contient des nouveautés, dont entre autres un nouveau chapitre sur l'identification des personnes professionnellement exposées aux radiations, l'objectif de la dosimétrie étant d'attribuer sans ambiguïté les valeurs de doses aux personnes dont la dose est mesurée. Par ailleurs, les mêmes catégories de personnes professionnellement exposées aux radiations ont été retenues que celles provenant de la révision de l'ordonnance sur la radioprotection. Les services de dosimétrie individuelle agréés doivent, et c'est aussi nouveau, échanger entre eux les données de doses. Puis finalement, les données de dose et de dosimétrie sont comme par le passé des données personnelles jouissant d'une protection particulière. C'est la raison pour laquelle l'ordonnance sur la radioprotection fait explicitement référence à la loi fédérale sur la protection des données.

Dans le cadre de la révision partielle de l'ordonnance sur l'énergie nucléaire, l'IFSN s'est clairement exprimée, dès l'automne 2018, sur le droit de la population suisse à être informée de façon objective sur les dangers potentiels que peuvent revêtir véritablement un événement naturel très rare, se produisant tous les 10 000 ans, et très puissant, touchant une installation nucléaire. Les doses retenues par le législateur et ne devant pas être dépassées sont calculées en utilisant des scénarios conservateurs et des comportements improbables. En appliquant une situation toujours conservatrice, mais un peu plus réaliste, calculée de façon exemplaire pour la centrale nucléaire de Gösgen, l'IFSN a estimé que les 95 000 habitants des alentours de la centrale éventuellement touchés par un tel événement se produisant dans le cadre du dimensionnement de l'installation recevraient en réalité une dose moyenne de 0,3 mSv, loin des doses

et des scénarios alarmistes dévoilés par certaines personnes dans le contexte de la révision de l'ordonnance sur l'énergie nucléaire. En Suisse, chaque habitant reçoit en moyenne une dose annuelle de 5,8 mSv.

En novembre, l'IFSN a remplacé l'ancienne directive ENSI-B04, qu'elle a remise à jour avec le concours de l'Office fédéral de la santé publique et de la Suva. Portant sur le mesurage de libération des matériaux et de secteurs dans les zones contrôlées, cette nouvelle mouture s'est avérée nécessaire pour rendre compte de la révision de l'ordonnance sur la radioprotection et pour intégrer dans la réglementation suisse les exigences des normes de base de l'AIEA (IAEA Basic Safety Standards) et de la directive Euratom sur les normes de base en matière de sécurité (Euratom Basic Safety Standards Directive). Avec le démantèlement prochain de centrales nucléaires, en particulier de la centrale nucléaire de Mühleberg, les aspects de la libération de grandes quantités de matières (systèmes de mesure de l'activité gamma totale), de halls et de bâtiments (systèmes de mesure in situ par spectrométrie gamma) devaient être réglementés plus en détail. Il s'agissait également de reformuler les méthodes de libération de matériaux et de secteurs sur la base de mesures d'échantillons aléatoires.

En tirant son bilan d'activité sur l'année 2018, l'IFSN conclut que les installations nucléaires en Suisse ont été à même de garantir la protection radiologique de la population en 2018. Selon l'IFSN, les prescriptions légales de sécurité ont été sans arrêt respectées et les installations se trouvent dans un état sûr. Cela a pu être confirmé à travers les 400 inspections menées en 2018. L'IFSN n'a détecté aucun rejet non autorisé de substances radioactives provenant des installations, et les limites de dose ont été respectées.

*Thomas Thöni, porte-parole de l'IFSN*

## **3. Retour sur la JT ARRAD du 30.11.2018**

La dernière journée thématique de l'ARRAD intitulée « Radon : un ancien problème avec de nouvelles dimensions » s'est déroulée le 30 novembre 2018 à Fribourg. Elle a réuni une soixantaine de nos membres, représentants des autorités et autres spécialistes du domaine autour de 7 conférenciers venus de France et de Suisse. Ces derniers ont abordé les thèmes les plus importants de la problématique du radon dans l'habitat et à la place de travail et ont fait le point sur l'état actuel des connaissances sur le sujet.

Après l'introduction à cette journée par Christophe Murith, président – fondateur de notre association qui fête ce jour-là son départ en retraite, Enora Clero

de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) en France rappelle les principaux résultats des études épidémiologiques menées tout d'abord chez les mineurs, puis au sein de la population générale et qui ont conduit à l'évaluation du risque radon proposée dans la publication 115 (approche épidémiologique) de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR). François Paquet, collaborateur de l'IRSN et vice-président du comité II de la CIPR (Doses from Radiation Exposure) présente ensuite le nouveau modèle dosimétrique proposé par la CIPR qui a conduit aux facteurs de conversion actuels de la CIPR (publications 126 et 137) pour le calcul de l'exposition au radon en termes de dose efficace. Comme l'explique le conférencier, la majeure partie de la dose est produite par les filles du radon dans les bronches (masse d'environ 1 gramme) et les bronchioles (masse d'environ 2 grammes), le reste du tissu pulmonaire (masse de 1 100 grammes) contribuant beaucoup moins. Les paramètres de ce modèle sont sujets à une incertitude considérable de sorte que François Paquet estime finalement l'incertitude globale des facteurs de conversion à 200 %. Étonnamment, cependant, ces valeurs calculées sont tout à fait compatibles avec les facteurs de conversion dérivés de l'épidémiologie publiés dans la Déclaration de la CIPR sur le radon de 2009 (Statement on Radon) puis repris dans la publication CIPR 115. Il est également intéressant de noter qu'à la même concentration de radon, le risque chez les fumeurs est beaucoup plus élevé que chez les non-fumeurs. Emilie van Deventer clôt la matinée en expliquant la position de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) sur le radon et donne l'espoir que les différents acteurs internationaux pourront bientôt s'entendre sur une stratégie commune.

Martha Palacios, de l'Office fédéral de la santé publique (OFSP), présente ensuite le Plan d'action national de protection contre le radon 2012-2020. Elle décrit la nouvelle stratégie qui a conduit à réviser les bases légales ainsi qu'à une nouvelle représentation cartographique du radon ([www.carte-radon.ch](http://www.carte-radon.ch)). L'OFSP a ainsi abandonné le concept précédent des régions à risque et indique désormais pour chaque région - zone ou localité - la probabilité de dépasser le niveau de référence de 300 Bq/m<sup>3</sup> avec la gradation suivante : <1% ; 1-10% ; 10-20% ; >20%. Joëlle Goyette Pernot de la Haute Ecole Spécialisée de Fribourg explique ensuite les recommandations suisses sur les mesures relatives au radon dans la construction, la transformation et la rénovation des bâtiments. Fabio Barazza de l'OFSP informe les participants sur les protocoles selon lesquels les mesures de radon doivent être effectuées par des services de mesure agréés. Quatre domaines sont distingués : habitations, écoles et jardins

d'enfants, places de travail ainsi que places de travail dites « exposées au radon ». Roland Krischek de la Suva - l'autorité de surveillance en matière de radioprotection pour les entreprises industrielles et artisanales – explique finalement comment le radon et l'exposition au radon sur le lieu de travail sont enregistrés, en particulier dans les zones à forte concentration, comme les stations de pompage, les tunnels ainsi que les constructions souterraines. Cette journée très riche et intéressante s'est ensuite terminée par une discussion animée sur les défis et enjeux futurs sous la conduite de Sybille Estier, présidente de l'ARRAD.

*Prof. Hansruedi Völkle, Université de Fribourg*

Les présentations sont disponibles sur [www.arrad.ch](http://www.arrad.ch)

#### **4. Événement de radioprotection : Disparition d'une source radioactive médicale en Valais**

L'Office fédéral de la santé publique a été informé mardi 18 décembre 2018 au matin de la disparition d'un générateur molybdène/technétium dans un centre d'imagerie médicale à Sion.

Ce générateur d'environ 15 kilogrammes (diamètre 15 cm, hauteur 30 cm) contient du molybdène-99 (activité de départ de 35 GBq) qui permet d'extraire par élution le technétium-99m, formé par désintégration du molybdène-99. Le technétium-99m est utilisé à des fins diagnostiques en médecine nucléaire. Tant que la substance radioactive reste dans son blindage original, elle ne présente pas de danger immédiat pour la santé. Par contre, toute manipulation directe de cette substance radioactive pourrait avoir des conséquences graves pour la santé de la personne en contact. Une enquête a été ouverte par la police pour déterminer les circonstances de cette disparition et un appel à témoins a été lancé.

Voir également : [Événements de radioprotection](#)

#### **5. Rapports, publications et bibliographie**

- ☞ [Etat des connaissances sur les risques des radiations ionisantes aux faibles doses, 2018 \(Rapport du Conseil fédéral en réponse au postulat 08.3475 Hans-Jürg Fehr\)](#)
- ☞ [Repères, le magazine d'information de l'IRSN.](#) Avec au sommaire du numéro de janvier 2019, le dossier « Radiologie interventionnelle : la radioprotection s'améliore ».
- ☞ [La revue contrôle de l'ASN.](#)
- ☞ [La revue Radioprotection de la SFRP](#)
- ☞ Le site [RPOP](#), Radiation protection of patients, de l'IAEA.

\*\*\*

N'oubliez pas de consulter régulièrement le site Internet de l'ARRAD : [www.arrad.ch](http://www.arrad.ch)