



EDITORIAL

L'entrée en vigueur des nouvelles ordonnances en radioprotection a occasionné un surcroît de travail (souvent considérable) pour les professionnels concernés. De nombreux projets ont été initiés pour permettre de transposer les nouvelles exigences légales dans la pratique. On citera par exemple l'étude visant à vérifier la validité de l'hypothèse de l'ordonnance sur la dosimétrie énonçant que la dose équivalente au cristallin est égale à l'équivalent de dose individuel en surface $H_p(0,07)$, mesuré par le dosimètre du corps entier, et dont les résultats sont résumés ici. Si la mise en œuvre est en bonne voie et que les nouvelles directives sont généralement bien acceptées par les parties prenantes, les nouvelles exigences légales dans le domaine de la formation et de la formation continue en radioprotection soulèvent encore de nombreuses questions. L'ARRAD a identifié un besoin spécifique dans ce domaine et c'est pourquoi un nouveau groupe de travail (GT7) a été mis sur pied. L'objectif final de ce GT étant d'aider les personnes soumises à l'obligation de formation continue à identifier le ou les organismes formateurs offrant le contenu et le niveau de compétences requis.

Mais les problèmes posés par les nouvelles bases légales ne sont pas les seuls à stimuler l'innovation en radioprotection. Suivre l'évolution des nouvelles technologies en médecine est un autre défi posé à notre discipline. Ce numéro de la gazette donne à ce sujet un aperçu des nombreux travaux de recherche en radioprotection menés actuellement par l'IRA au niveau national et international.

Ce numéro estival de la gazette étant particulièrement riche, ma contribution sera brève. Toutefois avant de vous souhaiter un bel été, je vous donne d'ores et déjà rendez-vous le **30 novembre** à Fribourg pour notre prochaine journée thématique, consacrée au radon et dont le programme sera disponible à la rentrée. D'ici là, bonne lecture !

Sybille Estier, présidente de l'ARRAD

Table des matières

1. Surveillance dosimétrique du cristallin
2. Renouvellement des coefficients de dose pour l'incorporation
3. Groupe de radioprotection de l'IRA : Sujets de recherche
4. Evénements en radioprotection
5. GT7 de l'ARRAD – Formation et formation continue en radioprotection
6. Les compétences en dosimétrie et imagerie d'une équipe CERN-CHUV s'exportent en Nouvelle Zélande pour un projet de CT spectral
7. Rapports, publications et bibliographie

1. Surveillance dosimétrique du cristallin

Des études épidémiologiques ont mis en évidence que les dommages radiologiques au cristallin se produisent à des doses plus faibles que celles précédemment envisagées. La Commission internationale de protection radiologique a abaissé la valeur limite de dose équivalente pour le cristallin à 20 mSv/an. Cette nouvelle limite a été intégrée dans la législation suisse révisée. Avant cette modification, il était convenu que si la limite de dose au corps entier était respectée, cela impliquait implicitement le respect de la limite de dose pour le cristallin. Le concept a dû être revu suite à

l'adaptation de la nouvelle limite de dose pour le cristallin. La législation suisse révisée propose d'utiliser la valeur de $H_p(0,07)$ mesurée sur le tablier de protection pour s'assurer du respect de la limite annuelle de dose au cristallin, dans le cas d'une exposition homogène à un champ de radiation ionisantes. L'ordonnance sur la dosimétrie annonce que la dose équivalente au cristallin est supposée égale à l'équivalent de dose individuel en surface $H_p(0,07)$ mesuré par le dosimètre du corps entier. Elle peut aussi être déterminée avec un dosimètre porté au niveau de l'œil et annoncée comme telle. Dans le cas de champs de radiation inhomogènes pour lesquels la dose au corps entier n'est pas représentative de la dose au cristallin, l'autorité de surveillance peut exiger au cas par cas le port d'un deuxième dosimètre au niveau des yeux.

Une étude a été menée au CHUV, à la demande de l'OFSP, visant à étudier la validité de cette approche pour le personnel médical lors des procédures guidées par fluoroscopie, pour les services de radiodiagnostic et radiologie interventionnelle, cardiologie, chirurgie, antalgie et urologie. Cette étude de quatre mois a permis de calculer le rapport entre les doses mesurées par le dosimètre passif porté au niveau du thorax et les doses mesurées à l'aide d'un dosimètre spécifique (Dosiris, IRSN). Les résultats obtenus montrent que le rapport varie

fortement d'une spécialité médicale à l'autre, mais aussi fortement entre chirurgiens au sein d'une même spécialité. De plus, pour un médecin donné, le rapport fluctue selon les périodes de surveillance. Ces variations ont confirmé l'influence cruciale des paramètres externes liés à l'expérience, à la pratique et à la charge de travail. Cette étude permet de confirmer que la méthode de surveillance basée sur la mesure de $H_p(0,07)$ par un dosimètre passif porté sur le tablier est appropriée pour la plupart des services. Néanmoins, la configuration particulière des salles d'urologie ne permet pas de s'assurer du respect de la limite annuelle de dose pour le cristallin par le simple respect de la limite de dose pour le corps entier. Un équipement de protection oculaire approprié pourra cependant diminuer la dose reçue. Nous rappelons qu'en cas de port de lunettes de protection, il est de la responsabilité de l'expert en radioprotection de déterminer, avec l'accord de l'autorité de surveillance, un facteur de correction individuel et le communiquer au service de dosimétrie individuelle pour un calcul adapté de la dose au cristallin.

Marie Nowak, IRA

2. Renouvellement des coefficients de dose pour l'incorporation

Suite à la révision des facteurs de pondération des organes dans la publication CIPR 103, les coefficients de dose pour l'incorporation étaient à réviser. Cette démarche a été précédée par le renouvellement de plusieurs éléments de base pour le calcul des coefficients :

- les données nucléaires ; elles ont été mises à jour dans la publication CIPR 103 ;
- les fantômes anatomiques utilisés pour le calcul ; les nouveaux modèles, présentés dans la publication 110, sont maintenant issus de l'imagerie médicale (fantômes voxélisés) ; on a toutefois veillé à leur consistance avec les paramètres anatomiques de référence de la publication CIPR 89;
- les fractions absorbées spécifiques (SAF pour Specific Absorbed Fraction); il s'agit de la dose équivalente délivrée à un organe-cible due à une désintégration dans un organe-source ; ces grandeurs sont obtenues en croisant, dans un logiciel de simulation du transport de la radiation et du dépôt d'énergie, les deux grandes bases de données que sont les fantômes anatomiques et les données nucléaires ; elles font l'objet de la publication CIPR 133.

La détermination de la dose due à l'incorporation d'une activité unitaire (coefficient de dose) s'effectue en combinant les SAF (espace « radiations – anatomie ») aux nombres de désintégrations dans

les organes-sources durant 50 années pour une incorporation d'activité unitaire (espace « temps – métabolisme »). Ces grandeurs sont obtenues à l'aide des trois modèles biocinétiques suivants :

- modèle décrivant le fonctionnement de l'appareil respiratoire (HRTM pour Human Respiratory Tract Model) ; ce modèle, présenté dans la publication CIPR 66 en 1994, a été mis à jour dans l'annexe A de la publication 130 ; il décrit le passage de l'activité inhalé dans la circulation sanguine et dans le tractus gastro-intestinal ;
- modèle décrivant le fonctionnement de l'appareil digestif (HATM pour Human Alimentary Tract Model) ; un nouveau modèle, présenté dans la publication CIPR 100, a été développé, décrivant le passage de l'activité présente dans le système digestif au compartiment sanguin d'une part et à son excrétion d'autre part ;
- modèle décrivant la distribution des radionucléides dans les tissus à partir du système circulatoire sanguin et leur excrétion, appelé modèle biocinétique systémique ; à partir d'un schéma général présenté dans la publication CIPR 130 (Occupational Intakes of Radionuclides, OIR Part 1), le modèle, spécifique à chaque radionucléide, est indiqué dans les parties suivantes (OIR 2 à 5) présentant les données et modèles, ainsi que finalement les coefficients de dose, des divers radioéléments.

Dans la publication CIPR 130 (OIR Part1), on trouve, outre le schéma général de l'élaboration des coefficients de dose, les modalités de surveillance dosimétrique des travailleurs vis-à-vis du risque d'incorporation. Les parties OIR 2 (publication 134) et OIR 3 (publication 137) présentent les données pour les radionucléides les plus courants. On trouve en particulier dans l'OIR 3 les coefficients de dose du radon et en annexe de la même publication ceux de ses produits de filiation. Rappelons que ces dernières données avaient été promises dans la publication CIPR 115 sur le radon où la CIPR proposait de remplacer la convention de conversion du radon (établissement des coefficients de dose par comparaison du risque associé au radon obtenu dans le cadre des études épidémiologiques avec le risque radiologique classique) par des coefficients établis sur un modèle dosimétrique. Les publications prévues à l'avenir concernent les lanthanides et quelques actinides non traités dans la partie 3 (OIR Part 4) ainsi que les radionucléides restants (OIR Part 5). Alors que les coefficients de dose efficace sont donnés dans les textes des publications, ceux touchant à la dose équivalente aux organes sont rassemblés dans une annexe électronique contenant aussi d'autres informations détaillées, notamment les fonctions de rétention et d'élimination utilisées dans la surveillance dosimétrique des travailleurs.

Engagée déjà avant la sortie de la publication 103 en 2007, publication présentant les nouvelles recommandations de la CIPR, la démarche d'une révision complète et en profondeur de la dosimétrie interne des travailleurs est une entreprise de grande envergure. Elle a mobilisé les compétences et l'engagement de nombreuses personnes, notamment les membres du comité 2 de la CIPR, et les moyens de nombreux groupes de recherche spécialisés sur cette problématique. A ce titre elle présente un exemple de collaboration internationale ouverte et efficace et la communauté de la radioprotection peut en être fière. Il reste pour la Suisse à étudier la possibilité de réviser l'annexe 3 de la nouvelle ordonnance sur la radioprotection et pour chaque radioprotectionniste à engager un petit effort pour se familiariser avec ces nouveaux outils.

Christophe Murith /OFSP

3. Groupe de radioprotection de l'IRA : Sujets de recherche

L'une des missions du groupe de radioprotection de l'IRA est d'améliorer continuellement la qualité de nos prestations par une activité de recherche académique permettant d'enrichir son expertise. L'axe de recherche porte sur l'évaluation et l'optimisation de l'exposition externe du patient, du personnel, et des tiers lors de l'utilisation des rayonnements ionisants. Il s'agit en outre de caractériser les champs d'irradiation afin d'améliorer les méthodes de surveillance dosimétrique de l'exposition externe, de développer des méthodes de surveillance dosimétrique de l'exposition interne, d'adapter les mesures de protection et d'optimiser les calculs de blindage. Le groupe collabore actuellement étroitement avec le groupe de radioprotection du CERN dans l'encadrement de travaux de doctorat. Les sujets de thèse concernent le développement d'un dosimètre électronique pour le cristallin, la surveillance de l'incorporation de substances radioactives (notamment les nouveaux radionucléides comme le Terbium) et la caractérisation de matériaux activés provenant d'accélérateur. Le groupe est également impliqué avec le service de dosimétrie du CERN et l'université d'Otago (NZ) sur les aspects de dosimétrie pour le développement d'un tomodensitomètre spectral. Ces sujets seront présentés dans des articles dans les prochains numéros de la gazette.

Ecriture collégiale GRP/IRA

4. Evénements de radioprotection

De brefs comptes rendus des événements de radioprotection présentant un intérêt particulier pour le public ou les professionnels sont publiés sur le site

[internet de l'OFSP](#). Outre le cas des « bijoux ions négatifs » dont vous avez peut-être entendu parler ce printemps dans la presse, l'événement suivant est à relever :

Irradiation aiguë d'un patient en radiologie interventionnelle

Un patient a été exposé à un rayonnement d'une intensité inhabituelle lors d'une intervention thérapeutique complexe dans la région lombaire pour une sclérose relative à un hémangiome (tumeur vasculaire bénigne). Comme le patient présentait une importante adiposité, le produit de contraste injecté dans l'anomalie n'était pas discernable par fluoroscopie.

L'intervention a donc été effectuée au moyen d'une angiographie numérique par soustraction (ANS) haute résolution. Le rayonnement a été dirigé de façon oblique sur le côté gauche à la hauteur de la quatrième vertèbre lombaire, avec une surface de champ de 6 cm (projection ventro-dorsale) et 10 cm (projection crânio-caudale). La radioscopie a duré 11,3 minutes. Contrairement à la fluoroscopie, l'ANS de cette installation ne dispose pas d'un système émettant un avertissement sur la dose lorsqu'une durée critique a été atteinte. C'est pourquoi le dépassement de la dose n'a pas été remarqué durant la radioscopie.

L'évaluation de dose effectuée sur la peau à l'endroit où le rayonnement a été appliqué a donné un résultat inhabituellement élevé : 30 à 35 Gy. Il faut donc s'attendre à une nécrose de la peau et des tissus sous-cutanés au cours des deux années à venir. L'évènement radiologique doit être classé au niveau 3 sur l'échelle provisoire INES médicale. Le patient et sa blessure font l'objet de contrôles réguliers. Dans un premier temps, il a été décidé que dorénavant, seule la méthode par fluoroscopie soit utilisée pour les scléroses, si celle-ci est appropriée pour le patient. Des clarifications concernant l'évènement radiologique sont en cours et d'autres mesures suivront.

Reto Treier, OFSP

5. Les compétences en dosimétrie et imagerie d'une équipe CERN-CHUV s'exportent en Nouvelle Zélande pour un projet de CT spectral

L'imagerie spectrale est une nouvelle technologie d'imagerie qui offre la capacité d'identifier et de quantifier les composants des tissus, permettant ainsi d'améliorer le diagnostic et la surveillance de nombreuses maladies. Grâce à sa capacité à différencier avec précision la variation atomique et la densité dans les tissus du corps, l'imagerie spectrale révolutionne le domaine de la tomodensitométrie et fournit une nouvelle plateforme technologique pour l'imagerie

diagnostique. La société MARS Bioimaging Ltd et l'Université de Canterbury, basées à Christchurch en Nouvelle Zélande, mènent actuellement de fortes activités de R&D pour fournir un tomographe d'imagerie moléculaire spectrale d'ici à cinq ans. Ce système d'imagerie MARS intègre un détecteur de rayons X à comptage de photons, développé par la collaboration Medipix au CERN et permettant d'obtenir une imagerie spectrale de haute précision. Le système MARS a déjà démontré des applications intéressantes pour l'imagerie de petits échantillons humains et du petit animal. Cependant afin de pouvoir évoluer à un stade pré clinique il est important d'optimiser l'exposition aux rayonnements ionisants des patients lors des examens. Le système disponible à l'hôpital de Christchurch a été caractérisé en termes de doses délivrées pour le petit animal par une équipe commune CERN-CHUV. Depuis juin 2018, le système MARS se décline en une version permettant l'acquisition d'imagerie diagnostique à taille humaine et in vivo. Un communiqué de presse a présenté les premières images anatomiques d'un volontaire¹.

La caractérisation de la qualité d'image et des doses délivrées sont donc cruciales à cette étape du projet pour assurer le bon déroulement des futures études cliniques. L'équipe CERN-CHUV poursuit donc avec grand enthousiasme son implication dans ce projet pour déterminer les doses délivrées aux patients. De plus le CHUV est également impliqué dans un projet d'étude pré-clinique pour la discrimination et la caractérisation de différents types de cristaux observés dans des arthropathies microcristallines, in vitro sur des échantillons synthétiques, ou encore ex vivo sur des échantillons de patients.

Pierre CARBONEZ, CERN ; Jérôme DAMET, IRA/CERN ; Anaïs VIRY, CHUV

¹[communiqué de presse – université Canterbury](#)

Consulter également le [site internet du CERN](#)

6. GT7 de l'ARRAD – Formation et formation continue en radioprotection

L'ordonnance sur la formation en radioprotection détaille les exigences sur les contenus et les compétences à acquérir pour exercer les activités autorisées associées. La révision des ordonnances dans le domaine de la radioprotection introduit un devoir de formation continue pour la majorité de ces fonctions. Dès leur entrée en vigueur, de nombreuses questions se sont posées parmi la communauté des professionnels concernés. Ces questions sont la preuve de l'intérêt pour ces nouveautés mais témoignent également du travail à effectuer pour transposer les nouvelles exigences légales dans la pratique. En effet, les experts en radioprotection et

les entreprises ont le devoir de coordonner et documenter la formation et la formation continue de leurs collaborateurs. Un Groupe de travail de l'ARRAD a été formé pour réaliser une analyse des besoins en Suisse romande. Le GT7 souhaite, dans un premier temps, faire le bilan des possibilités de formation et formation continue existantes et identifier les éventuelles lacunes. La situation est relativement claire pour les formations et les formations continues soumises à l'obligation de reconnaissance. Les interrogations portent principalement sur les formations continues qui n'exigent pas de reconnaissance. N. Stritt de l'OFSP a exposé lors de la dernière réunion du GT7 les principes directeurs de la nouvelle législation. Les discussions qui ont suivi ont porté sur la forme que doit prendre le concept de formation, sur les moyens pour les entreprises de tenir un registre des formations continues suivies par leurs collaborateurs et sur les conditions sous lesquelles des activités internes à l'entreprise peuvent être comptabilisées comme telle. L'objectif du GT7 est qu'une personne soumise à une obligation de formation continue ou chargée d'élaborer le concept de formation au sein de son entreprise puisse identifier le ou les organismes formateurs offrant le contenu et le niveau de compétence requis. Le GT7 est composé de représentants des centres formateurs et de personnes impliquées dans la formation en Suisse romande. Le GT7 abordera dans un deuxième temps les moyens pédagogiques qui pourraient être mis en œuvre pour accompagner de manière efficace les experts locaux et les personnes souhaitant compléter ou consolider leurs connaissances et compétence en radioprotection.

Nicolas Cherbuin, Jérôme Damet / IRA

7. Rapports, publications et bibliographie

- ☞ [Rapport](#) 2017 de la division radioprotection OFSP
- ☞ Rapport « [Radioactivité de l'environnement et doses de rayonnements en Suisse 2017](#) » de l'OFSP
- ☞ [Prise de position de la CPR sur la révision de la législation sur l'énergie nucléaire.](#)
- ☞ [ICRP 139](#): Occupational Radiological Protection in Interventional Procedures
- ☞ [ICRP 138](#): Ethical Foundations of the System of Radiological Protection
- ☞ [Repères, le magazine d'information de l'IRSN.](#)
- ☞ [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