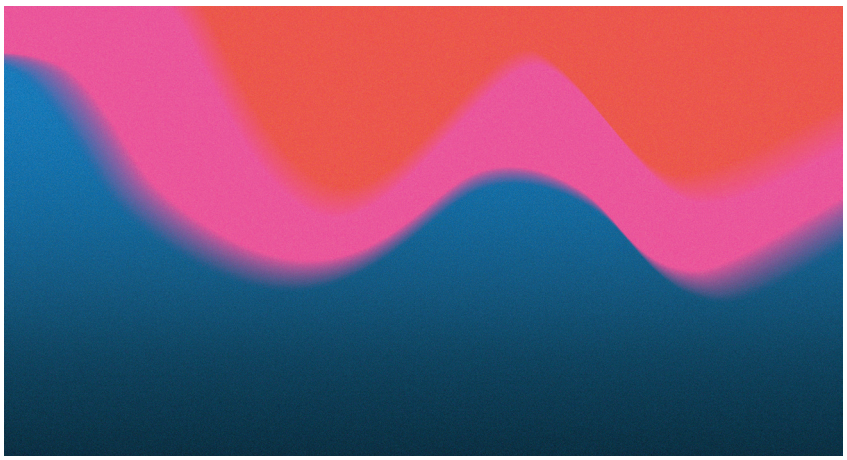
Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'intérieur DFI
Office fédéral de la santé publique OFSP
Division Radioprotection



Directive
Dosimétrie des extrémités
V1 25.02.24
www.bag.admin.ch/rad-directives

Contact
Tél. : 058 462 96 14
E-mail : str@bag.admin.ch

Dosimétrie des extrémités lors de la manipulation de sources radioactives non scellées

En vertu de l'ordonnance sur la radioprotection ORaP [1], la dose de rayonnements reçue par les personnes professionnellement exposées aux radiations doit être déterminée pour chacune individuellement.

Pour les activités de recherche et de médecine nucléaire avec des sources non scellées qui peuvent conduire à des hauts débits de dose au niveau des mains, l'art. 12 de l'ordonnance sur la dosimétrie [2] impose le port d'un dosimètre des extrémités en plus d'un dosimètre du corps entier.

1 Débits de dose

Lors de la manipulation d'émetteurs bêta, et en particulier de radionucléides utilisés en TEP, les débits de dose sont localement très élevés et peuvent conduire, en cas de blindage insuffisant, à des doses considérables aux extrémités, même pour des manipulations de courte durée. Le tableau 1 indique, pour les produits radiopharmaceutiques les plus utilisés, les débits de dose qui peuvent théoriquement intervenir à une distance de 10 cm.

Tableau 1 : Débits de dose calculés associés à des solutions à injecter, non blindées, de produits radiopharmaceutiques

Nucléide (Radiopharmaceutique)	Activité appliquée [GBq]	$h_{0.07}$ (a) [mSv/h/GBq à 10 cm]	Débit de dose à 10 cm $h_{0.07}$ [mSv/h]	h_{10} (b) [mSv/h/GBq à 100 cm]	Débit de dose à 10 cm h_{10} [mSv/h]
Y-90 (SIRT)	1.0	1000	1000	0.007	0.7
Lu-177 (Dotatoc)	7.4	1000	7400	0.006	4.4
F-18 (FDG)	0.4	2000	800	0.16	6.4
Tc-99m (HDP)	0.7	300	210	0.022	1.5

(a) Débit de dose à une profondeur de 0,07 mm de tissu selon la colonne 7 de l'annexe 3 de l'ORaP [1] → dose aux extrémités.
(b) Débit de dose à une profondeur de 10 mm de tissu selon la colonne 6 de l'annexe 3 de l'ORaP [1] → dose au corps entier.

2 Dosimétrie des extrémités

Le dosimètre des extrémités doit être placé, dans la mesure du possible, à l'endroit où la dose la plus élevée est attendue. Lors de travaux en médecine nucléaire, il s'agit en règle générale de la phalange moyenne de l'index ou du majeur ; la dose est mesurée avec un dosimètre thermoluminescent (TLD) placé à ce niveau et dirigé vers l'intérieur de la main (main gauche pour les droitiers et main droite pour les gauchers (fig. 1)). La dose équivalente aux extrémités est calculée à partir de l›équivalent de dose indiqué par le dosimètre-bague, auquel on applique **un facteur de correction de 5** pour éviter une sous-estimation.

Le titulaire de l'autorisation peut, avec l›accord de l›autorité de surveillance, déterminer à l›aide de mesures appropriées des facteurs individuels de correction et les appliquer. Pour définir ces facteurs individuels, en tenant compte des techniques de travail propres à l'utilisateur et à l'entreprise, il peut être procédé à des mesures au niveau de la paume et du bout des doigts avec des TLD (fig. 2). Certains services de dosimétrie peuvent fournir des TLD non emballés.

Le titulaire de l'autorisation annonce au service de dosimétrie individuelle les personnes qui travaillent avec des sources non scellées et, le cas échéant, leurs facteurs individuels de correction.

Fig. 1 : Port du dosimètre des doigts

Fig. 2 : Mesure par TLD au bout des doigts **et à la paume**

3 Mesures organisationnelles visant à minimiser les doses aux extrémités

Les mesures organisationnelles indiquées ci-dessous peuvent contribuer à minimiser les doses aux extrémités, particulièrement lors de l'utilisation d'émetteurs bêta ou de radionucléides utilisés en TEP. L'expert en radioprotection de l'entreprise doit communiquer la mise en application de ces recommandations et contrôler périodiquement leur respect.

3.1 Formation et formation continue
Les personnes professionnellement exposées aux radiations doivent bénéficier d'une formation initiale et d'une formation continue tous les cinq ans. En outre, il est recommandé d'organiser un échange régulier sur les expériences faites et sur les incidents survenus, ceci afin de garantir une bonne culture de radioprotection.

3.2 Analyse de doses élevées aux extrémités
Les doses accumulées aux extrémités doivent être analysées régulièrement par l'expert en radioprotection et discutées avec les collaborateurs concernés.

Si l'on observe des doses inhabituellement élevées ou régulièrement élevées lors de l'évaluation mensuelle, les raisons doivent en être établies. Ceci peut s'effectuer en demandant aux collaborateurs concernés d'exécuter, sous observation, les manipulations critiques vis-à-vis de l'exposition ou de les filmer pour une analyse ultérieure.

3.3 Répartition du travail
En répartissant les travaux impliquant des doses élevées (marquage et application d'émetteurs bêta, application de nucléides utilisés en TEP) sur plusieurs collaborateurs à l'intérieur du service, il est possible de réduire les doses individuelles. Dans ce cadre, on doit cependant veiller à ce que l'optimisation des doses que l'on peut obtenir par la routine et l'expérience demeure garantie.

4 Mesures opérationnelles et application des moyens de protection et des équipements lors de l'utilisation des émetteurs bêta

4.1 Entraînement pour les travaux exposant à des doses intensives
Avant les marquages, les travaux préparatoires et l'application de nouveaux produits radiopharmaceutiques, on doit effectuer un exercice sans activité (entraînement inactif), sous la direction et l'observation de l'expert en radioprotection. Cela permet d'établir les processus de travail les meilleurs possibles et de déterminer l'emploi de dispositifs adéquats de protection. Ce procédé doit aussi être envisagé lors de l'arrivée de nouveaux collaborateurs. Le cas échéant, lors du commencement des nouveaux travaux avec activité, il est aussi recommandé d'effectuer, des mesures dosimétriques conformément au point 2 de la présente directive.

4.2 Préparation du travail
Avant la manipulation d'émetteurs bêta, il faut préparer des équipements adéquats (blindages, pinces, pincettes, autres outils de manipulation, activimètres), les ajuster et en contrôler le fonctionnement.

4.3 Utilisation de pinces, de pincettes et d'autres outils de manipulation
Le contact direct des doigts avec des flacons et des seringues non blindés doit à tout prix être évité, car, avec les nucléides et les activités utilisés, on peut accumuler en quelques secondes une dose aux extrémités de plusieurs millisieverts (tableau 1). Pour augmenter la distance entre la source radioactive et les mains, on doit utiliser, dans la mesure du possible, des pinces (fig. 3), des pincettes ou d'autres outils de manipulation (fig. 4). Selon la loi du carré de la distance, le débit de dose diminue d'un facteur 4 lorsque l'on double la distance.

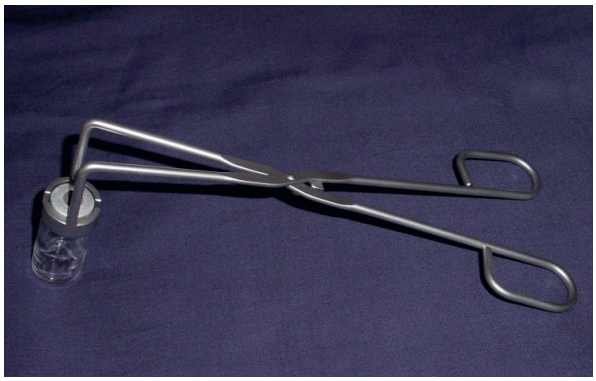


Fig. 3 : Pince pour les flacons

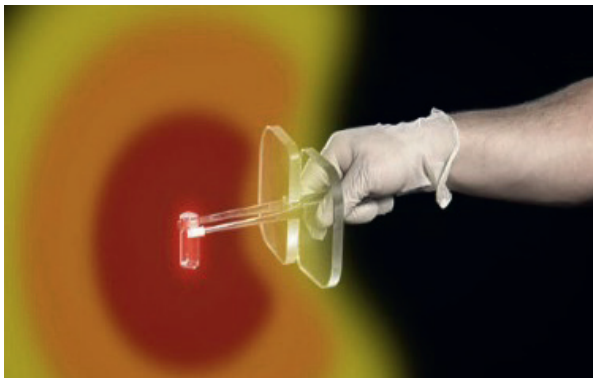


Fig. 4 : Pincette avec blindage en plexiglas

4.4 Manipulations avec des seringues et protège-seringues

Lors du prélèvement et de l'application d'émetteurs bêta, les seringues doivent à tout prix être munies de protège-seringues en plexiglas (fig. 5). Une épaisseur de plexiglas de 1 cm est suffisante pour absorber le rayonnement bêta. La contribution en dose du rayonnement de freinage produit est faible et peut en pratique être négligée. Comme la réduction de dose par le protège-seringue en plexiglas, par rapport à une seringue non blindée, est d'environ un facteur 1000, la durée de la manipulation joue un rôle secondaire.

Même si elle dure sensiblement plus longtemps à cause de l'utilisation d'un protège-seringues, la dose accumulée est cependant considérablement plus faible que lors d'une manipulation rapide sans blindage.

L'efficacité des protège-seringues présente cependant des lacunes au niveau de la base de la seringue. Les doigts sont particulièrement exposés lors de la mise en place et du retrait des aiguilles ou lors du raccordement de la seringue à un robinet à trois voies (fig. 6). Dans ces situations, il faut utiliser si possible des équipements permettant d'augmenter la distance (fig. 3 et 4).

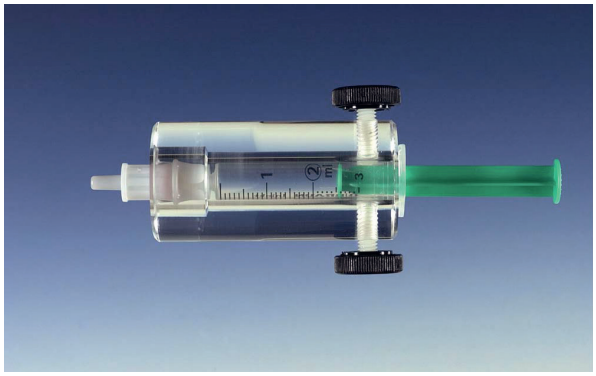


Fig. 5 : Protège-seringue en plexiglas

Fig. 6 : La protection du protège-seringue présente des lacunes

4.5 Utilisation de gants en caoutchouc plombé

Lorsque l'on effectue régulièrement des travaux de préparation exposant à des doses intensives ou des applications de longue durée, il est recommandé d'utiliser des gants en caoutchouc plombé pour réduire l'exposition aux radiations (fig. 7 et 8).

Ce type de gants est aussi utilisé en radiodiagnostic. Ils permettent de réduire la dose jusqu'à 60 % (Y-90). Il faut toutefois s'assurer aussi, dans ce cas, que la manipulation est effectuée de manière sûre et rapide.

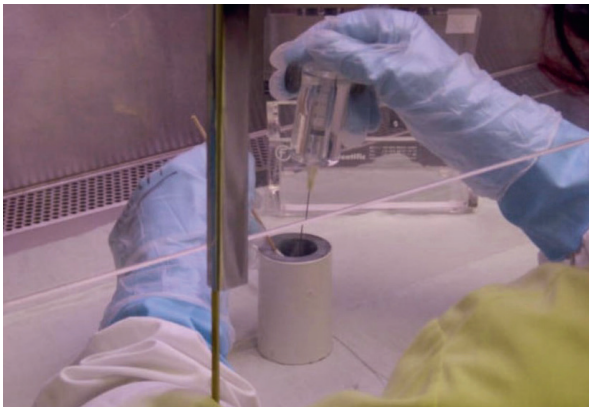


Fig. 7 : Utilisation de gants en caoutchouc plombé pour réduire la dose aux mains

Fig. 8 : Application avec des gants plombés

4.6 Récipients de blindage pour les flacons en verre

Avant de prélever, à partir des flacons en verre, les préparations radioactives pour injection ou le marquage radiochimique, il est recommandé de les placer dans un récipient de blindage en plexiglas (fig. 9 et 10). Ce genre de récipient permet un prélèvement d'activité sans enlever le couvercle. Les blindages de transport ne garantissent pas, dans la plupart des cas, une protection suffisante lors du prélèvement de liquide.

Si l'on sort les flacons du blindage pour déterminer l'activité, on doit garantir la radioprotection par une distance suffisante (utilisation de pinces, de pincettes) et un travail rapide. On apportera une attention particulière à l'enlèvement des capuchons antiseptiques. Cette manipulation délicate ne peut en aucun cas être réalisée directement avec les doigts (fig. 11).

Fig. 9 : Blindage pour flacon

Fig. 10 : Blindage bêta

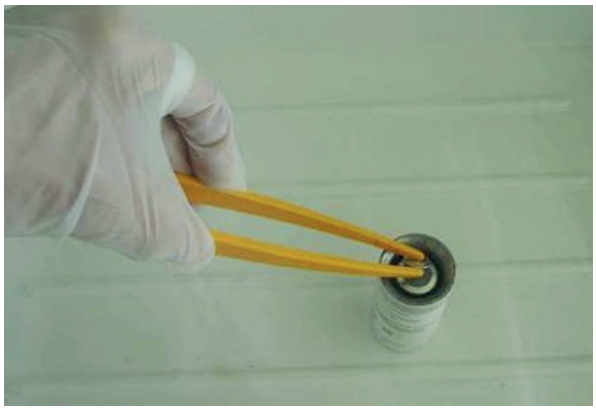


Fig. 11 : Eloignement du capuchon antiseptique avec une pincette

4.7 Détermination de l'activité

Avant l'application, une détermination de l'activité doit être réalisée avec un activimètre vérifié pour la mesure des émetteurs bêta. Cette détermination s'effectue par une mesure de l'activité dans le flacon avant et après prélèvement ou par la mesure de la seringue d'injection remplie. La mesure doit être réalisée dans un récipient pour lequel on dispose d'un facteur d'étalonnage spécifique au nucléide en question. La sensibilité de la chambre de mesure de l'activimètre au rayonnement bêta étant faible, les blindages doivent préalablement être enlevés. De courtes distances de transfert permettent d'optimiser la manipulation en ce qui concerne la dose.

4.8 Éviter la contamination

Dans le cas d'un émetteur bêta, de petites éclaboussures sur la peau peuvent déjà produire des doses élevées à la peau à cause de la haute activité spécifique. C'est la raison pour laquelle il faut systématiquement porter des gants lors de toute manipulation. Les gants en nitrile ou en vinyle protègent mieux contre la contamination que les gants en latex [3]. Le port de deux gants superposés permet d'éviter une contamination de la peau lorsqu'on les enlève. On effectuera régulièrement des contrôles de contamination des mains entre les différentes étapes du travail ; à cet effet, des appareils de mesure adéquats doivent être disponibles dans le laboratoire.

4.9 Préparation de l'application et application

On appliquera des mesures de radioprotection appropriées et spécifiques à la technique utilisée (directe ou par un robinet à trois voies). La mise en place et le retrait des capuchons et des aiguilles d'injection ou la connexion de la seringue au robinet à trois voies devraient être réalisés le plus rapidement possible et à une distance adéquate. Les doigts devraient, de manière générale, se trouver durant le plus court laps de temps possible dans les zones non protégées (base de la seringue, fig. 6).

Une application automatique (perfuseur, infusion) est avantageuse du point de vue de la radioprotection. Lors de l'utilisation de tels systèmes, il faut cependant veiller à employer aussi des blindages adéquats et à ne pas effectuer des manipulations exposant à des doses intensives lors de leur installation.

5 Mesures opérationnelles et application de moyens de protection et d'équipements lors de la manipulation de nucléides utilisés en TEP

Les mesures de radioprotection applicables lors de la manipulation de nucléides utilisés en TEP (par exemple, le F-18) sont, en principe, semblables à celles utilisées pour la manipulation des émetteurs bêta. Cependant, les nucléides utilisés en TEP posent des exigences particulières au blindage à cause du rayonnement gamma de haute énergie (511 keV) émis. La période du F-18 étant courte (110 min.), un service pratiquant la TEP doit commander, pour les besoins d'une journée, une activité importante. Il peut y arriver des livraisons de 30 GBq ou plus. Ceci exige un blindage massif afin que les débits de dose admissibles soient respectés dans le laboratoire C (à titre d'exemple, 25 GBq de F-18, tableau 2).

Tableau 2 : Épaisseur du blindage en plomb pour 25 GBq de F-18. Calculé selon l'annexe 3, colonne 6 (h_{10}) StSV [1].

Activité en F-18 [GBq]	Débit de dose admissible [µSv/h]	Distance [cm]	Épaisseur du blindage en plomb [cm]
25	5	100	4,6
		50	5,6
	2.5	100	5,1
		50	6

5.1 Préparation de l'application

Afin de réduire au minimum la dose ambiante et aux extrémités, le remplissage de la seringue doit avoir lieu à partir d'un récipient de protection fermé de tous les côtés et avec des protège-seringues prévus pour les nucléides utilisés en TEP. Lorsque le flux de patients est important, il est judicieux d'acquérir un dispositif automatique pour cette étape qui implique des doses intensives. Les seringues sont remplies automatiquement, l'activité est déterminée et, pour certains systèmes également, appliquée automatiquement.

Fig. 12 : Prélèvement de l'activité à partir du récipient de stockage de F-18

Fig. 13 : Protège-seringue pour le F-18

Pour la détermination de l'activité, la seringue doit, la plupart du temps, être retirée du blindage. Dans cette situation, il faut veiller à tenir la seringue le plus loin possible de l'activité (c'est-à-dire pas par le corps de la seringue) et à ce que la manipulation prenne peu de temps. Selon le système d'activimètre, il est possible de déterminer l'activité avec le protège-seringue en place. Cela n'est toutefois possible que si le fournisseur de l'activimètre met à disposition les facteurs d'étalonnage correspondants.

5.2 Application

La mise en place et le retrait des aiguilles, des capuchons ou du robinet à trois voies à la seringue prête à l'injection présentent un grand danger d'exposition des mains, car la seringue n'est presque pas blindée dans ce domaine (fig. 6). En utilisant des pincettes pour mettre en place et retirer l'aiguille, on augmente la distance aux mains et on réduit la dose (fig. 14). Pour l'application elle-même, des automates sont aussi proposés, dont l'acquisition se justifie dans le cas d'un flux élevé de patients.

Dans la mesure du possible, il ne faut pas toucher directement avec les mains le dispositif d'application contaminé. On peut utiliser des pincettes pour augmenter la distance et éviter la contamination. On doit aussi disposer, dans la salle d'application, de récipients blindés pour les déchets contaminés (fig. 15).

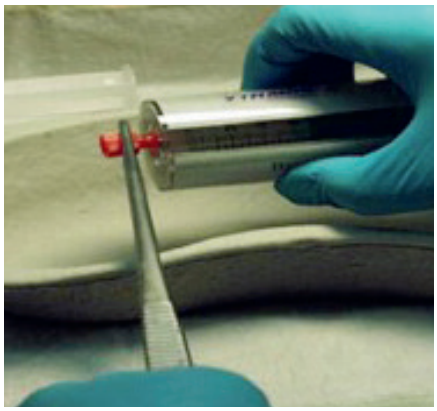


Fig. 14 : Manipulation de l'aiguille d'injection

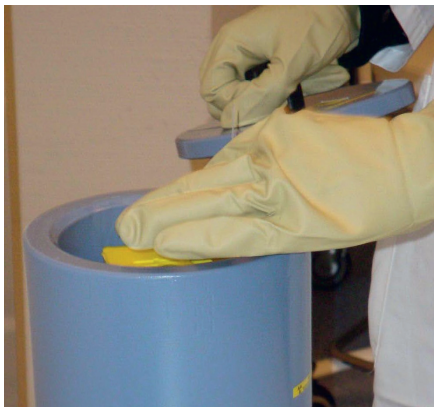


Fig. 15 : Récipient à déchets pour le matériel d'application contaminé

6 Références

[1] Ordonnance sur la radioprotection (ORaP, RS *814.501*) du 26 avril 2017 (Etat le 1er janvier 2018).

[2] Ordonnance du DFI sur la dosimétrie individuelle et la dosimétrie de l'environnement (RS *814.501.43*) du 26 avril 2017 (Etat le 1er janvier 2018).

[3] Empfehlungen zum Strahlenschutz bei der Radiosynoviorthese (RSO) BfS (www.bfs.de).

Matériel pour la formation et la formation continue du personnel

L'OFSP a publié des vidéos pour la formation et la formation continue du personnel de médecine nucléaire. Vous les trouverez sur le site internet de l'OFSP www.bag.admin.ch/rad-videosdeformation.

5 Valeur juridique

La présente directive est une aide à l'exécution élaborée par l'OFSP en tant qu'autorité de surveillance dans le domaine de la radioprotection. Elle s'adresse en premier lieu aux titulaires d'une autorisation ou aux experts en radioprotection (ainsi qu'aux autorités cantonales compétentes en matière de radon). Elle met en œuvre les exigences ressortant de la législation sur la radioprotection et correspond à l'état actuel de la science et de la technique. Si les titulaires d'une autorisation ou les experts en radioprotection (ou les autorités cantonales) tiennent compte de son contenu, ils peuvent partir du principe qu'ils exécutent ladite législation conformément aux prescriptions légales.