



Notice L-10-04

## Mesures en vue de réduire les doses aux extrémités en médecine nucléaire

### 1. Objet

Lors de l'exécution de travaux préparatoires ainsi que lors de l'application d'émetteurs bêta (traitements de médecine nucléaire) et d'émetteurs de positrons (diagnostic TEP), les mains du personnel de médecine nucléaire sont soumises à une exposition aux radiations particulièrement fortes. La présente recommandation donne des indications concernant les mesures opérationnelles et organisationnelles qui permettent de réduire cette exposition.

### 2. Contexte

La législation sur la radioprotection [1][2] prescrit que le personnel exposé aux radiations dans l'exercice de sa profession soit soumis à des contrôles d'incorporation (mesures de tri) ainsi qu'à une dosimétrie du corps entier et des extrémités (art. 9 de l'ordonnance sur la dosimétrie [3], directives L-06-01 [4]). Si des doses élevées ou régulières sont mises en évidence lors de cette surveillance dosimétrique, le détenteur de l'autorisation est tenu d'étudier et d'appliquer des mesures d'optimisation.

### 3. Débit de dose d'émetteurs bêta et de radionucléides utilisés en TEP

Lors de la manipulation d'émetteurs bêta et 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/ Radiopharma- ceutique	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(Zevalin)	1,05	1000	1050	0,007	0,7
Sm-153(EDTMP)	2,5	1000	2500	0,016	4
Re-186(HEDP)	1,3	2000	2600	0,004	0,5
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 [2] → 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 [2] → dose au corps entier

### 4. 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 détecteur 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). Si l'on porte plusieurs dosimètres, il faut enregistrer la dose la plus élevée. Même si le dosimètre est porté correctement, il faut tenir compte que la dose maximale accumulée aux extrémités (moyenne sur 1 cm<sup>2</sup>) peut être supérieure d'un facteur 3 à 5 par rapport à la valeur mesurée.

#### 4.1 Mesures par TLD au bout des doigts et à la paume de la main

Pour la mesure individuelle de la dose maximale aux extrémités, en tenant compte des techniques de travail propres à l'utilisateur et à l'entreprise, l'OFSP et la CPR [5] recommandent d'effectuer des mesures par TLD au bout des doigts et à la paume de la main (fig. 2) et de procéder, sur la base de ces



Division Radioprotection  
[www.str-rad.ch](http://www.str-rad.ch)

Références du document : L-10-04md.doc  
Établi le : 16.11.2010  
N° de révision :

résultats, à des mesures d'optimisation. A cette fin, on peut obtenir des dosimètres TLD non emballés auprès de quelques services dosimétriques.



Fig. 1 : Port du dosimètre des doigts



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

## 5. Mesures organisationnelles visant à minimiser les doses aux extrémités

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

### 5.1 Formation et perfectionnement

Le personnel de médecine nucléaire doit recevoir une formation en radioprotection et participer périodiquement à des cours de perfectionnement. 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.

### 5.2 Analyse de doses élevées aux extrémités

Les doses accumulées aux extrémités devraient être analysées régulièrement par l'expert en radioprotection et discutées avec les collaborateurs concernés. Si l'on observe des doses inhabituellement élevées (supérieures à 5 mSv) ou régulières lors de l'évaluation mensuelle, les raisons devraient en être établies. Ceci peut s'effectuer en demandant au collaborateur concerné d'exécuter, sous observation, les manipulations critiques vis-à-vis de l'exposition ou de les filmer pour une analyse ultérieure.

### 5.3 Répartition du travail

En répartissant les travaux impliquant des doses élevées (marquage + 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.

## 6. Mesures opérationnelles, application des moyens de protection et des équipements lors de l'utilisation des émetteurs bêta

### 6.1 Entraînement des travaux exposant à des doses intensives

Avant les marquages, les travaux préparatoires et l'application de nouveaux produits radiopharmaceutiques, on devrait les exercer sans activité (entraînement inactif), sous observation de l'expert en radioprotection, et ce, afin de pouvoir 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'introduction de nouveaux collaborateurs. Le cas échéant, il est aussi recommandé d'effectuer, dans de telles situations, des mesures dosimétriques conformément au point 4.1.



## 6.2 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.

## 6.3 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 millisievert (tableau 1). Pour augmenter la distance entre la source de radiations et les mains il faut 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

## 6.4 Manipulation avec des seringues, 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 du 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



Division Radioprotection  
[www.str-rad.ch](http://www.str-rad.ch)

Références du document : L-10-04md.doc  
Établi le : 16.11.2010  
N° de révision :

### 6.5 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 % (yttrium-90). Il faut toutefois s'assurer aussi, dans ce cas, que la manipulation est effectuée de manière sûre et rapide.

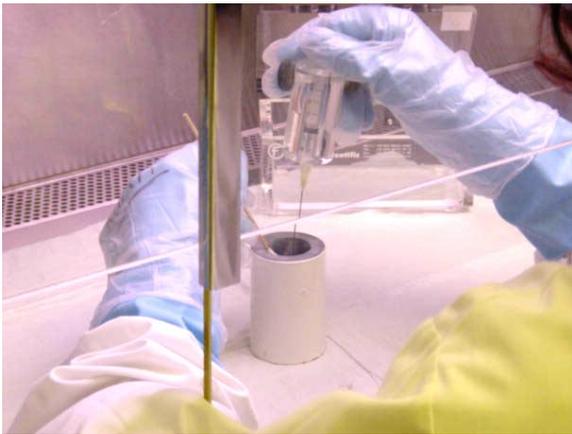


Fig. 7 : Utilisation de gants en caoutchouc plombé pour réduire la dose aux mains



Fig. 8 : Application avec des gants en plomb

### 6.6 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



Division Radioprotection  
[www.str-rad.ch](http://www.str-rad.ch)

Références du document : L-10-04md.doc  
Etabli le : 16.11.2010  
N° de révision :

### 6.7 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 protections doivent préalablement être éloignées. De courtes distances de transfert permettent d'optimiser la manipulation en ce qui concerne la dose.

### 6.8 Eviter 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 [6]. 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.

### 6.9 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.

## 7. Mesures opérationnelles, 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 fluor-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 fluor-18 étant courte (110 min.), un service pratiquant la TEP doit commander, pour les besoins d'une journée, une activité importante (pour 8 patients environ 25 GBq au moment de la livraison). Ceci exige un blindage massif (tableau 2), afin que les débits de dose admissibles soient respectés dans le laboratoire C.

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

Tableau 2: Épaisseur du blindage en plomb pour le fluor-18. Calculé selon l'annexe 3, colonne 6 ( $h_{10}$ ), OraP [2]

### 7.1 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'acquiescer un dispositif automatique pour cette étape qui implique des doses intensives. Les seringues



Division Radioprotection  
[www.str-rad.ch](http://www.str-rad.ch)

Références du document : L-10-04md.doc  
Etabli le : 16.11.2010  
N° de révision :

sont remplies automatiquement, l'activité est déterminée et, pour certains systèmes également, appliquée automatiquement.



Fig. 14 : Prélèvement de l'activité à partir du récipient de stockage de fluor-18



Fig. 15 : Protège-seringue pour le fluor-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. Il est possible de déterminer l'activité avec le protège-seringue en place ; dans ce cas le fournisseur de l'activimètre doit mettre à disposition les facteurs d'étalonnage correspondants.

## 7.2 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. 16). 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. 17).

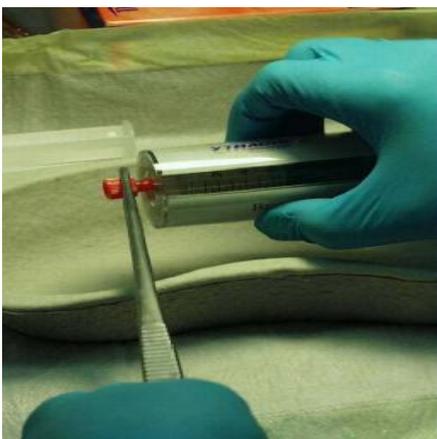


Fig. 16 : Manipulation de l'aiguille d'injection



Fig. 17 : Récipient à déchets pour le matériel d'application contaminé



Division Radioprotection  
[www.str-rad.ch](http://www.str-rad.ch)

Références du document : L-10-04md.doc  
Établi le : 16.11.2010  
N° de révision :

## 8. Bases légales, bibliographie, sources

- [1] Loi du 22 mars 1991 sur la radioprotection (LRaP) [RS 814.50](#)
- [2] Ordonnance du 22 juin 1994 sur la radioprotection (ORaP) [RS 814.501](#)
- [3] Ordonnance du 7 octobre 1999 sur la dosimétrie individuelle [RS 814.501.43](#)
- [4] Directive L-06-01 « Dosimétrie lors de l'utilisation de sources radioactives non scellées »
- [5] Prise de position du 9 septembre 2009 de la Commission fédérale de protection contre les radiations et de surveillance de la radioactivité à l'intention de l'OFSP concernant la dosimétrie des extrémités en médecine nucléaire
- [6] Empfehlungen zum Strahlenschutz bei der Radioimmuntherapie mit <sup>90</sup>Y-markierten Antikörpern BfS ([www.bfs.de](http://www.bfs.de))
- [7] Empfehlungen zum Strahlenschutz bei der Radiosynoviorthese (RSO) BfS ([www.bfs.de](http://www.bfs.de))
- [8] R. Rödel et al, Effizienz von Spritzenabschirmungen bei Radionuklidanwendung zur Radiosynoviorthese, Nuklearmedizin 1/2003, S. 50

### Commande d'équipements de radioprotection

Melit GmbH 8340 Hinwil ([www.melit.ch](http://www.melit.ch)); raditec medical AG, 5040 Schöftland ([www.raditec.ch](http://www.raditec.ch)); QA-medical, 6312 Steinhausen ([www.qamedical.ch](http://www.qamedical.ch)); rb brunner GmbH, Riethofstrasse 3, 8442 Hettlingen [www.rbbrunner.ch](http://www.rbbrunner.ch);

### Matériel pour la formation et le perfectionnement du personnel

L'OFSP a publié un DVD pour la formation et le perfectionnement du personnel de médecine nucléaire. Ce DVD peut être obtenu gratuitement sur demande ou téléchargé à partir du site de l'OFSP (<http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/10467/12712/index.html?lang=fr>).