



Conception matérielle
**Conception des salles où sont
utilisées des substances nucléaires
non scellées**

REGDOC-2.5.6

Mai 2023



Conception des salles où sont utilisées des substances nucléaires non scellées

Document d'application de la réglementation REGDOC-2.5.6

© Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) 2023

No de cat. CC172-249/2023F-PDF

ISBN 978-0-660-48430-3

La reproduction d'extraits du présent document à des fins personnelles est autorisée à condition d'en indiquer la source en entier. Toutefois, sa reproduction en tout ou en partie à des fins commerciales ou de redistribution nécessite l'obtention préalable d'une autorisation écrite de la Commission canadienne de sûreté nucléaire.

Also available in English under the title: Design of Rooms Where Unsealed Nuclear Substances Are Used

Disponibilité du document

Les personnes intéressées peuvent consulter le document sur le [site Web de la CCSN](#) ou l'obtenir, en français ou en anglais, en communiquant avec la :

Commission canadienne de sûreté nucléaire
280, rue Slater
C.P. 1046, Succursale B
Ottawa (Ontario) K1P 5S9
Canada

Téléphone : 613-995-5894 ou 1-800-668-5284 (au Canada seulement)

Télécopieur : 613-995-5086

Courriel : cnsccn.info@ccsn-ccsn.gc.ca

Site Web : suretenucleaire.gc.ca

Facebook : facebook.com/Commissioncanadiennedesuretenucleaire

YouTube : youtube.com/ccsnccsn

Twitter : [@CCSN_CNCS](https://twitter.com/CCSN_CNCS)

LinkedIn : linkedin.com/company/cnsc-ccsn

Historique de publication

Mai 2023 Version 1.0

Préface

Le présent document d'application de la réglementation fait partie de la série de documents d'application de la réglementation de la CCSN, qui couvrent également les activités ayant une incidence sur la capacité des structures, des systèmes et des composants à respecter et à maintenir leur dimensionnement, compte tenu des nouvelles informations qui apparaissent au fil du temps et de l'évolution de l'environnement extérieur. La liste complète des séries de documents d'application de la réglementation figure à la fin du présent document et peut être consultée sur le [site Web de la CCSN](#).

Le document d'application de la réglementation REGDOC-2.5.6, *Guide de conception des salles où sont utilisées des substances nucléaires non scellées*, fournit des orientations et une approche recommandée pour satisfaire aux exigences de conception des salles en vertu de l'alinéa 3(1)l) du *Règlement sur les substances nucléaires et les appareils à rayonnement*. Il précise les exigences et fournit également des conseils sur la réalisation de l'estimation des doses afin de maintenir les doses au niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre (principe ALARA), conformément à l'alinéa 4a) du *Règlement sur la radioprotection*.

Ce document en est à sa première version et remplace le document GD-52, *Guide de conception des laboratoires de substances nucléaires et des salles de médecine nucléaire* (mai 2010).

L'information contenue dans ce document est conforme aux pratiques nationales et internationales modernes concernant les enjeux et les aspects qui influent sur le contrôle et l'amélioration de la sûreté nucléaire. En particulier, le présent document établit une approche moderne et fondée sur le risque pour ce qui est de concevoir des salles où des substances nucléaires non scellées sont utilisées.

Pour en savoir plus sur la mise en œuvre des documents d'application de la réglementation et sur l'approche graduelle, consultez le REGDOC-3.5.3, *Principes fondamentaux de réglementation*.

Le verbe « doit » est employé pour exprimer une exigence à laquelle le demandeur ou le titulaire de permis doit se conformer; le terme « devrait » dénote une orientation ou une mesure conseillée; le terme « pourrait » exprime une option ou une mesure conseillée ou acceptable dans les limites de ce document d'application de la réglementation; et le terme « peut » exprime une possibilité ou une capacité.

Aucune information contenue dans le présent document ne doit être interprétée comme libérant le titulaire de permis de toute autre exigence pertinente. Le titulaire de permis a la responsabilité de prendre connaissance de tous les règlements et de toutes les conditions de permis applicables et d'y adhérer.

Table des matières

1.	Introduction.....	1
1.1	Objet	1
1.2	Portée	1
1.3	Législation pertinente	1
2.	Processus d'autorisation pour l'utilisation de substances nucléaires non scellées.....	1
2.1	Classification des salles	2
3.	Exigences et orientation en matière de conception pour les sections B à H du formulaire d'évaluation de la conception.....	5
3.1	Finition et accessoires – section B du formulaire d'évaluation de la conception	5
3.2	4.2 Installations d'urgence et généralités sur le contrôle de la contamination – section C du formulaire d'évaluation de la conception	6
3.3	Plomberie – section D du formulaire d'évaluation de la conception	7
3.4	Contrôle d'accès – section E du formulaire d'évaluation de la conception.....	7
3.5	Contrôle de la dose externe – section F du formulaire d'évaluation de la conception	8
3.6	Déchets – section G du formulaire d'évaluation de la conception.....	9
3.7	Ventilation des pièces et circulation de l'air – section H du formulaire d'évaluation de la conception.....	9
3.8	Conduites, bouches d'aération et cheminées – section I du formulaire d'évaluation de la conception.....	10
3.9	Conception des hottes – section J du formulaire d'évaluation de la conception.....	11
3.10	Conception des cellules chaudes – section K du formulaire d'évaluation de la conception	12
4.	Estimations de doses pour les salles de niveau élevé, de niveau de confinement, de médecine nucléaire – autres et de médecine nucléaire – radiopharmacie	13
	Annexe A : Estimation des doses	14
	Annexe B : Résumé des exigences et de l'orientation pour les formulaires d'évaluation la conception	38
	Glossaire	55
	Références.....	56
	Renseignements supplémentaires	57

Conception des salles où sont utilisée des substances nucléaires non scellées

1. Introduction

1.1 Objet

Le REGDOC-2.5.6, *Conception des salles où sont utilisées des substances nucléaires non scellées*, précise les exigences et fournit de l'orientation pour les titulaires de permis qui travaillent avec des substances nucléaires non scellées.

1.2 Portée

Ce document comprend des informations sur la finition et les accessoires, les installations d'urgence et considérations générales sur le contrôle de la contamination, la plomberie, le contrôle de l'accès, le contrôle de la dose externe, les déchets, la ventilation des salles et la circulation de l'air, les conduits, bouches d'aération et cheminées, la conception des hottes, la conception des cellules de haute activité et l'estimation de dose pour les différentes classifications de salles (niveau élémentaire, niveau intermédiaire, niveau élevé, niveau de confinement ou médecine nucléaire).

Le présent document s'applique aux catégories de permis suivantes :

- installations nucléaires et équipement réglementé de catégorie II
- substances nucléaires et appareils à rayonnement

Toutefois, les informations fournies pourraient également être utiles à d'autres catégories de permis.

1.3 Législation pertinente

Les dispositions de la [Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires](#) (LSRN) et des règlements connexes qui s'appliquent au présent document sont les suivantes :

- [LSRN](#), paragraphe 24(4)
- [Règlement général sur la sûreté et la réglementation nucléaires](#) (RGSRN), article 3 et alinéa 12(1)c)
- [Règlement sur les substances nucléaires et les appareils à rayonnement](#) (RSNAR), alinéa 3(1)l)
- [Règlement sur la radioprotection](#) (RRP), sous-alinéa 4a)(iii)

2. Processus d'autorisation pour l'utilisation de substances nucléaires non scellées

Dans le cadre du processus d'obtention d'un permis pour l'utilisation de substances nucléaires non scellées, les demandeurs doivent soumettre une demande de permis dûment remplie conformément à l'article 3 du RGSRN, à l'article 3 du RSNAR et à l'article 4 du RRP. Vous trouverez de plus amples renseignements sur la conception des salles proposée dans une demande de permis dans les documents suivants :

- [REGDOC-1.4.1, Guide de présentation d'une demande de permis : Installations nucléaires et équipement réglementé de catégorie II](#) [1]

- [REGDOC-1.6.1, Guide de présentation d'une demande de permis : Substances nucléaires et appareils à rayonnement, version 2](#) [2]

Au besoin, une estimation de la dose doit également être soumise. Veuillez vous reporter à la section 4 du présent document pour obtenir des renseignements sur les estimations de doses.

Afin de faciliter le processus de demande, la CCSN recommande aux demandeurs de remplir le formulaire d'évaluation de la conception (FEC) pertinent à l'annexe B lorsqu'ils demandent un permis pour une nouvelle construction, une rénovation majeure ou une modification à des activités autorisées dans une salle où des substances nucléaires non scellées seront utilisées. Les FEC sont un outil qui permet d'aider les demandeurs à rassembler les informations requises, mais ils ne sont pas eux-mêmes obligatoires. Les demandeurs peuvent soumettre les renseignements requis sous d'autres formes, à condition qu'ils répondent aux critères énoncés dans le présent document. Aux fins du présent document, les renseignements requis sur la conception seront ci-après désignés par le terme « FEC ».

En outre, l'annexe B fournit un résumé des exigences et de l'orientation applicables à chaque classification de salle, qui peut également être utilisé comme liste de vérification pour remplir le FEC. Par exemple, on devrait présenter un FEC pour les activités suivantes :

- démolition de murs
- modification du blindage existant
- modification de l'activité totale annuelle ou par utilisation des substances nucléaires
- ajout de substances nucléaires
- installation d'une nouvelle hotte ou modifications des systèmes de ventilation
- rénovations qui modifieront le blindage de la salle ou la distance entre la source et le récepteur
- utilisation d'unités mobiles (c.-à-d. une salle temporaire ou amovible où sont utilisées des substances nucléaires non scellées)

Le FEC rempli devrait être soumis à la CCSN le plus tôt possible au cours de la phase de conception afin de faciliter l'évaluation de la demande ou de la modification de permis. Si plusieurs salles de conception et de fonction similaires doivent être construites ou rénovées, un seul FEC a besoin d'être soumis.

Lorsque plusieurs salles destinées à l'utilisation de sources non scellées doivent être construites ou rénovées, et que la désignation ou l'utilisation de chacune d'entre elles est différente, un FEC distinct devrait être soumis pour chaque salle. Le personnel de la CCSN pourrait demander des renseignements supplémentaires une fois que l'évaluation initiale de la conception ou de la rénovation est terminée.

Toute modification d'une salle où sont utilisées des substances nucléaires non scellées pourrait nécessiter une révision si des changements sont apportés à la conception initiale. En cas de doute à savoir si un FEC révisé devrait être soumis, les titulaires de permis devraient communiquer avec leur personne ressource pour le permis de la CCSN.

2.1 Classification des salles

Le tableau 1 présente les différentes classifications de salles où des substances nucléaires non scellées sont utilisées, ainsi que leur description et leurs critères respectifs. À l'exception des salles de niveau élémentaire, toutes les autres catégories de salles nécessitent l'approbation écrite

de la Commission ou d'une personne autorisée par celle-ci pour l'utilisation de substances nucléaires non scellées.

Toutes les zones, salles ou enceintes où plus d'une quantité d'exemption d'une substance nucléaire non scellée est utilisée doivent être classées comme salle de niveau élémentaire, intermédiaire, élevé ou de confinement, selon l'activité maximale de toute substance nucléaire devant être utilisée dans la salle en une seule fois (voir le tableau 1). Cela comprend toutes les salles de médecine nucléaire vétérinaire.

Le tableau 2 décrit la classification de salle de médecine nucléaire pour les zones, salles ou enceintes où des substances nucléaires sont préparées pour une personne ou lui sont administrées. Cette classification est propre aux types d'utilisation pour un permis de médecine nucléaire délivré (à des fins de thérapie, de diagnostic ou d'études sur les humains). La radiopharmacie située dans un service de médecine nucléaire doit être classée comme salle de médecine nucléaire. Toutefois, pour les besoins de la conception, les demandeurs doivent suivre les exigences et l'orientation décrites pour la classification des salles de niveau intermédiaire, élevé ou de confinement, en fonction de la quantité de substances nucléaires non scellées utilisées en une seule fois. Pour les besoins du présent document, les salles de médecine nucléaire sont réparties en deux catégories : « médecine nucléaire – radiopharmacie » et « médecine nucléaire – autres ».

Tableau 1 : Classification des salles où des substances nucléaires non scellées sont utilisées

Classification de la salle	Critères et description
Niveau élémentaire	La quantité de substance nucléaire non scellée utilisée en une seule fois ne doit pas dépasser 5 fois sa limite annuelle d'incorporation (≤ 5 LAI) correspondante.
Niveau intermédiaire	La quantité de substance nucléaire non scellée utilisée en une seule fois ne doit pas dépasser 50 fois sa LAI correspondante (≤ 50 LAI).
Niveau élevé	La quantité de substance nucléaire non scellée utilisée en une seule fois ne doit pas dépasser 500 fois sa LAI correspondante (≤ 500 LAI).
Niveau de confinement	La quantité de substance nucléaire non scellée utilisée en une seule fois dépasse 500 fois sa LAI correspondante (> 500 LAI).

Tableau 2 : Classification des salles où des substances nucléaires non scellées sont utilisées à des fins de médecine nucléaire

Médecine nucléaire	Critères et description
	Les zones, salles ou enceintes où des substances nucléaires sont préparées pour une personne ou lui sont administrées (par injection, inhalation ou ingestion) aux fins diagnostiques ou thérapeutiques, ou pour des études de recherche sur des sujets humains (à l'exclusion des radiographies de diagnostic médical ou de l'utilisation médicale de sources scellées pour des traitements de curiethérapie ou de téléthérapie).
Médecine nucléaire – radiopharmacie	Suivre l'orientation et les exigences décrites pour la classification de salles de niveau intermédiaire (≤ 50 LAI), de niveau élevé (≤ 500 LAI) ou de niveau de confinement (> 500 LAI).
Médecine nucléaire – autres	Salle d'injection, salle d'imagerie, chambre de patients hospitalisés aux fins thérapeutiques ou toute autre salle régulièrement occupée par des patients soumis à des procédures aux fins diagnostiques ou thérapeutiques.

Remarques :

1. La valeur LAI appropriée est celle qui représente le mieux les risques associés à la substance nucléaire. S'il n'est pas possible de déterminer si le risque le plus important est lié à l'inhalation ou à l'ingestion de la substance, on devrait alors utiliser la valeur la plus restrictive. Il est possible de calculer les LAI à l'aide de la plus récente version du Recueil des facteurs de conversion de dose (FCD) publié par la [Commission internationale de protection radiologique](#) (CIPR) [3], en divisant 0,02 Sv par le FCD (Sv/Bq). En ce qui concerne l'inhalation, il faudrait utiliser le FCD le plus significatif pour une taille de particule de 5 μm .
2. Les tableaux 1 et 2 ne s'appliquent pas aux salles ou enceintes servant uniquement à l'entreposage de substances nucléaires. Dans ces circonstances, les demandeurs devraient suivre l'orientation fournie à la section 3.5 « Contrôle de la dose externe ».
3. Lorsqu'il y a plus d'un nucléide utilisé dans une salle, la classification de la salle devrait être déterminée séparément en utilisant la LAI et l'activité maximale manipulée. Le résultat le plus restrictif pour la classification de la salle (c.-à-d. le plus élevé) devrait être assigné à la salle.

3. Exigences et orientation en matière de conception pour les sections B à H du formulaire d'évaluation de la conception

Cette section décrit les exigences et l'orientation relatives à la conception des salles où sont utilisées des substances nucléaires non scellées. L'orientation et les exigences suivantes tiennent compte du risque et correspondent aux sections B à H du FEC.

Le FEC offre également la possibilité de proposer des approches de rechange pour atteindre l'objectif des exigences décrites dans la présente section. Toute approche de rechange doit démontrer l'application du principe ALARA est respecté.

Les salles de niveau élémentaire ne nécessitent pas une évaluation de la conception. Par conséquent, un FEC n'est pas nécessaire pour les salles de cette classification.

3.1 Finition et accessoires – section B du formulaire d'évaluation de la conception

Exigences

Les exigences suivantes s'appliquent aux salles de niveau intermédiaire, de niveau élevé, de niveau de confinement, de médecine nucléaire – autres et de médecine nucléaire – radiopharmacie :

- B1 – Utiliser des revêtements de sol, des surfaces de travail, des chaises, des armoires et des étagères dont le fini est lisse, étanche et lavable dans les zones où des substances nucléaires non scellées sont utilisées.

Orientation pour toutes les classifications de salle

Le contrôle des déversements et autres accidents est une préoccupation majeure dans toutes les salles où des substances nucléaires non scellées sont utilisées. Par conséquent :

- B2 – Le revêtement de sol devrait être continu, sans joints. Si le revêtement de sol est en plusieurs parties, tous les joints du matériau de revêtement devraient être scellés. Le joint entre le revêtement de sol et les murs devrait être arrondi pour éviter que les déversements ne passent en dessous. Le revêtement de sol devrait avoir un enduit qui peut être retiré pour faciliter la décontamination en cas d'accident.
- B3 – Les surfaces de travail, y compris les plans de travail, devraient être conçues de façon continue, sans joints, sinon tous leurs joints devraient être scellés
- B4 – Les plans de travail devraient comporter un rebord surélevé pour empêcher l'écoulement au sol. Si le plan de travail est contigu à un mur, il devrait être pourvu d'un dossier, ou son joint devrait être arrondi.
- B5 – Les murs devraient avoir un fini lisse et lavable, et tous les joints devraient être scellés. Cela facilitera le nettoyage si une salle est contaminée par l'éclaboussement d'un flacon ou si un autre événement similaire se produit.
- B6 – Le plafond devrait avoir un fini lisse et lavable, et tous les joints devraient être scellés. Les plafonds modulaires facilement remplaçables (p. ex., plafond suspendu avec carrelage) sont également acceptables.

3.2 Installations d'urgence et considérations générales sur le contrôle de la contamination – section C du formulaire d'évaluation de la conception

Exigences

L'exigence suivante s'applique à toutes les classifications de salle:

- C1 – Les zones de préparation, de consommation ou d'entreposage des aliments et des boissons ne sont pas situées à l'intérieur d'une salle où des substances nucléaires non scellées sont utilisées.

Remarque : La seule exception à cette exigence est lorsque la consommation d'aliments ou de boissons par le patient fait partie d'une procédure de médecine nucléaire. Dans ce cas, seuls les aliments et les boissons destinés aux patients peuvent être conservés dans la salle, et seuls les patients soumis à de telles procédures peuvent consommer ces aliments ou boissons.

Les exigences suivantes s'appliquent aux salles de niveau élevé, de niveau de confinement et de médecine nucléaire – radiopharmacie:

- C2 – Disposer d'installations de décontamination du personnel appropriées aux activités exécutées et aux substances nucléaires et produits chimiques utilisés.
- C3 – Disposer d'un éclairage d'urgence.

Orientation pour toutes les classifications de salle

- C4 – Une zone accessible devrait être désignée pour l'entreposage des matériaux et équipements utilisés pour la décontamination et la surveillance. Ces matériaux et équipements devraient comprendre les trousse d'intervention en cas de déversement, les radiamètres et les contaminamètres appropriés aux substances nucléaires et produits chimiques utilisés.
- C5 – Les installations de décontamination devraient comprendre un évier distinct pour le lavage des mains près de l'entrée de la salle.
- C6 – Il devrait y avoir un bassin oculaire et une douche d'urgence dans la salle ou à proximité.
- C7 – De l'équipement de surveillance de la contamination individuelle, approprié aux substances nucléaires utilisées, devrait être disponible à tous les points d'entrée et de sortie.
- C8 – La salle devrait contenir, près de l'entrée, divers accessoires comme des crochets à manteaux, des bacs à linge contaminé, des casiers de rangement, etc. Cela facilitera le retrait et l'entreposage adéquats de l'équipement de protection individuelle potentiellement contaminé, notamment les sarraus de laboratoire, avant que le personnel ne quitte la pièce.

Orientation propre aux salles de médecine nucléaire – autres

- C9 – Les services de médecine nucléaire devraient disposer de salles de toilette réservées aux patients subissant des procédures de médecine nucléaire.
- C10 – En raison du risque de contamination, si le patient doit demeurer à l'hôpital après l'administration de la substance nucléaire, il devrait rester dans une salle classée conformément à ce qui est indiqué au tableau 2.

3.3 Plomberie – section D du formulaire d'évaluation de la conception

L'utilisation des réseaux d'égout municipaux pour l'élimination des substances nucléaires non scellées n'est normalement pas une pratique recommandée. Toutefois, des éviers ou d'autres installations sanitaires pourraient s'avérer nécessaires pour les procédés non radioactifs ou, dans le cas de la médecine nucléaire, pour l'hygiène des patients.

Exigences

L'exigence suivante s'applique aux salles de niveau intermédiaire, de niveau élevé, de niveau de confinement et de médecine nucléaire – radiopharmacie :

- D1 – Lorsque des rejets courants se produisent par les égouts, ou lorsqu'il existe un potentiel de rejets accidentels, le titulaire de permis DOIT mettre en place des mécanismes pour s'assurer que ces rejets respectent le principe ALARA et sont inférieurs aux niveaux de libération applicables.

Orientation propre aux salles d'hospitalisation en médecine nucléaire thérapeutique (médecine nucléaire – autres)

- D2 – Chaque chambre de patient devrait être munie de sa propre salle de toilette.

Orientation pour toutes les classifications de salle

Éviers

- D3 – Les éviers devraient être conçus d'un matériau facile à décontaminer.
- D4 – Chaque évier devrait avoir un orifice de trop-plein.

Robinets

- D5 – Les robinets devraient pouvoir être actionnés sans contact direct de la main.
- D6 – Les robinets pourvus d'une canalisation à vide ou de refroidissement devraient comporter un dispositif anti-refoulement.

Drains

- D7 – Les drains devraient être fabriqués d'un matériau résistant à la corrosion et résistant aux produits chimiques utilisés dans la salle.
- D8 – Les drains et les siphons d'évier susceptibles de contenir des quantités transitoires de substances nucléaires doivent être marqués en conséquence et être clairement indiqués sur tout plan fourni au personnel d'entretien ou aux entrepreneurs.

3.4 Contrôle de l'accès – section E du formulaire d'évaluation de la conception

Exigences

Les exigences suivantes s'appliquent à toutes les classifications de salle:

- E1 – Disposer d'un système de contrôle de l'accès (p. ex. clé, clavier, clé numérique, autres) pour assurer que seuls les travailleurs autorisés peuvent entrer dans la salle à accès restreint.

- E2 – S’assurer que les portes des salles donnant accès à des substances nucléaires sont verrouillables.
- E3 – Prévoir une zone de stockage secondaire verrouillable (réfrigérateur, congélateur, armoire) pour les salles également utilisées par des travailleurs qui ne sont pas autorisés à utiliser des substances nucléaires. Le conteneur de stockage secondaire doit être sécurisé de manière à ce qu’il ne puisse être facilement retiré de la pièce.
- E4 – Disposer de zones désignées clairement délimitées où les substances nucléaires non scellées sont utilisées lorsqu’une partie de la salle doit également servir à d’autres types de travail.
- E5 – S’assurer que les fenêtres accessibles sont sécurisées pour empêcher tout accès non autorisé à la salle.

3.5 Contrôle de la dose externe – section F du formulaire d’évaluation de la conception

Exigences

L’exigence suivante s’applique aux salles de niveau élevé, de niveau de confinement, de médecine nucléaire – autres et de médecine nucléaire – radiopharmacie :

- F1 – Le demandeur doit inclure les estimations de doses reçues par les travailleurs du secteur nucléaire (TSN) et les non-TSN dans la ou les salles proposées et les zones adjacentes.

Orientation pour toutes les classifications de salle

Si les estimations de dose initiales indiquent des doses annuelles inférieures à 50 μSv par an pour tous les membres du public et que les doses aux TSN ne dépasseront probablement pas 1 mSv par année, aucune autre optimisation n’est nécessaire. Dans le cas contraire, il faudrait prendre en compte les facteurs socio-économiques. De l’orientation détaillée sur l’estimation des doses est fourni à l’annexe A.

- F2 – On devrait utiliser un blindage dans les zones où des substances nucléaires doivent être utilisées ou stockées. L’ampleur du blindage dépendra des quantités de substances nucléaires qui émettent un rayonnement pénétrant. Il pourrait s’avérer nécessaire de renforcer les surfaces pour qu’elles puissent supporter le poids de tout matériau de blindage requis.
- F3 – Le cas échéant, le blindage devrait être incorporé dans la structure de la salle.
- F4 – Pour réduire au minimum le déplacement des substances nucléaires, les zones entre lesquelles les substances nucléaires seront déplacées devraient être situées aussi près les unes des autres que possible sur le plan opérationnel.

Orientation propre aux salles de médecine nucléaire – autres

- F5 – Une salle d’attente distincte devrait être mise à la disposition des patients à qui des substances nucléaires sont administrées.
- F6 – La chambre de patient utilisée aux fins de thérapie ne devrait pas être adjacente à une autre pièce occupée. De préférence, elle devrait être située au bout du couloir et avoir le moins de murs mitoyens possible.

3.6 Déchets – section G du formulaire d'évaluation de la conception

Orientation pour les salles de niveau intermédiaire, de niveau élevé, de niveau de confinement et de médecine nucléaire – radiopharmacie :

- G1 – Un espace suffisant devrait être disponible pour les déchets radioactifs générés par les travaux dans la zone où les substances nucléaires non scellées sont utilisées. Cet espace pourrait se trouver dans la salle classée ou dans une zone de stockage distincte réservée aux déchets radioactifs.
- G2 – Les doses potentielles aux personnes occupant les zones adjacentes devraient être explicitement prises en compte dans le cadre du blindage et de l'évaluation des doses.
- G3 – Les zones de stockage qui contiennent des substances nucléaires volatiles devraient être reliées au système de ventilation dédié.

3.7 Ventilation des pièces et circulation de l'air – section H du formulaire d'évaluation de la conception

Les exigences et l'orientation de la présente section ne s'appliquent qu'aux salles dans lesquelles sont utilisées des substances nucléaires volatiles, aérosolisées ou gazeuses.

En général, les systèmes de ventilation dédiés comportent une hotte ou une cellule de haute activité appropriée et disposent d'un système d'évacuation avec un débit d'air suffisant pour empêcher le refoulement d'air dans la pièce. Les cellules de haute activité sont des enceintes fortement blindées pour le traitement des matières radioactives. Elles peuvent être utilisées pour contrôler les risques liés à l'exposition au rayonnement et à la contamination.

Exigences

Les exigences suivantes s'appliquent aux salles de niveau élevé, de niveau de confinement et de médecine nucléaire – radiopharmacie :

- H1 – Veiller à ce que la circulation de l'air se fasse toujours à partir des zones de plus faible concentration de substances nucléaires volatiles, aérosolisées ou gazeuses vers des zones de concentration plus élevée, sauf si l'air contaminé est dirigé vers un système de ventilation dédié.
- H2 – S'assurer que les hottes et les cellules de haute activité, y compris les ventilateurs d'évacuation, disposent d'une alimentation de secours ou d'urgence automatique.
- H3 – S'assurer que les hottes ne sont pas le seul moyen d'évacuation de l'air ambiant. Si cela est inévitable, une dérivation doit être installée pour assurer la ventilation lorsque la guillotine est fermée.
- H4 – S'assurer que les systèmes d'évacuation de l'air pour les hottes ou les cellules de haute activité soient raccordés à un système de ventilation dédié pour l'évacuation afin d'assurer que la radioactivité dans l'air ne puisse recirculer pas recirculer vers les zones non classées.
- H5 – Fournir des renseignements détaillés sur tous les systèmes de filtration utilisés, y compris sur la surveillance et le blindage de ces systèmes ainsi que sur le remplacement des filtres.

Orientation pour les salles de niveau intermédiaire, de niveau élevé, de niveau de confinement et de médecine nucléaire – radiopharmacie

- H6 – Chaque hotte ou cellule de haute activité devrait être munie d’une alarme visuelle ou sonore indiquant toute réduction du débit d’air.
- H7 – Les systèmes d’évacuation pour les hottes ou les cellules de haute activité devraient être munis de filtres, de réservoirs de stockage aux fins de désintégration des gaz ou d’autres dispositifs appropriés aux activités et aux types de substances nucléaires utilisées, afin d’éliminer ou de réduire les rejets dans l’environnement.
- H8 – La vitesse frontale minimale de la hotte devrait être supérieure à la vitesse des courants d’air dans la salle afin d’empêcher que toute radioactivité en suspension dans l’air ne s’échappe de la hotte.
- H9 – Les systèmes d’économie d’énergie des hottes automatiques (qui réduisent automatiquement le débit en fonction d’un horaire préétabli) devraient comprendre un dispositif de contournement local en cas d’utilisation de la hotte en dehors des heures habituelles.
- H10 – Aucun autre dispositif de ventilation (ventilateur ou système de filtration portatif) ne devrait nuire au rendement de la hotte ou de la cellule de haute activité.
- H11 – Les hottes ou les cellules de haute activité devraient être situées à l’écart des courants d’air ou des turbulences, comme les zones à forte circulation, les portes, les fenêtres qui s’ouvrent et les dispositifs d’alimentation en air (bouches d’aération, fenêtres, etc.).
- H12 – En raison de la volatilité possible de leur contenu, les hottes et les cellules de haute activité ne devraient pas être adjacentes à une sortie de la salle.
- H13 – Les bouches d’aération devraient être installées ou dirigées à l’écart des hottes pour éviter toute interférence.

3.8 Conduits, bouches d’aération et cheminées – section I du formulaire d’évaluation de la conception

Les exigences et l’orientation de la présente section ne s’appliquent qu’aux salles dans lesquelles seront utilisées des substances nucléaires volatiles, aérosolisées ou gazeuses.

Il existe deux méthodes générales pour contrôler les rejets dans l’environnement :

- Le confinement : à titre d’exemples, mentionnons les systèmes de compression automatique qui compressent et stockent l’air provenant des hottes et des cellules de haute activité à des fins de désintégration et les systèmes de retenue des gaz qui stockent l’air à des fins de désintégration. Cette méthode s’applique uniquement aux substances nucléaires à période courte.
- La dispersion atmosphérique : les principaux paramètres de conception pour une dispersion adéquate sont la hauteur du point de rejet par rapport au sol et la vitesse dans la cheminée, qui augmente la hauteur effective du rejet. Il est également possible d’incorporer un filtre (accessible à des fins d’entretien et blindé) dans la cheminée. Certains produits chimiques, notamment de nombreux composés contenant de l’iode volatil, sont facilement piégés par le charbon actif.

Exigences

Les exigences suivantes s'appliquent aux salles de niveau élevé, de niveau de confinement et de médecine nucléaire – radiopharmacie :

- I1 – S'assurer que tous les conduits sont faits de matériaux résistants à la corrosion et appropriés aux substances nucléaires utilisées dans la hotte ou la cellule de haute activité.
- I2 – S'assurer que tous les raccords et joints sont suffisamment étanches pour empêcher l'infiltration des substances nucléaires dans les espaces d'air adjacents.
- I3 – Identifier clairement les conduits d'évacuation des substances nucléaires, tant sur les conduits mêmes que sur tous les plans fournis au personnel d'entretien ou aux entrepreneurs.
- I4 – Démontrer, par la modélisation de la dispersion atmosphérique ou d'autres calculs, notamment ceux établis dans le REGDOC-2.9.1, *Principes, évaluations environnementales et mesures de protection de l'environnement* [4], que les doses au public résultant à la fois des rejets courants et des pires scénarios prévisibles respectent le principe ALARA et ne dépasseront pas les limites de dose applicables.

Orientation pour les salles de niveau élevé, de niveau de confinement et de médecine nucléaire – radiopharmacie

- I5 – On ne devrait pas utiliser de couvercles de protection contre la pluie sur les cheminées, car ils limitent la dispersion verticale.
- I6 – On devrait s'assurer que la vitesse dans la cheminée est d'au moins 1,5 fois la vitesse moyenne du vent pour éviter d'emprisonner tout rejet radioactif en aval de la cheminée [5].
- I7 – La vitesse de l'air évacué à la sortie de la cheminée devrait être supérieure à 5 m/s afin de réduire l'infiltration de pluie; ~90 % des gouttes de pluie tombent à une vitesse inférieure à cette valeur [10,11].
- I8 – On devrait s'assurer que la hauteur de la cheminée est d'au moins 3,0 m au-dessus du point le plus élevé de toute ligne de toit adjacente. Le haut de la cheminée devrait être supérieure à la hauteur de la tête afin d'éviter qu'une personne ne se penche par-dessus la cheminée.
- I9 – On devrait placer les cheminées d'évacuation ou les bouches d'aération sur le toit le plus loin possible et sous le vent dominant par rapport à toute prise d'air pour empêcher la recirculation des substances nucléaires rejetées.
- I10 – À l'endroit où la cheminée est située sur le toit, on devrait poser un panneau d'avertissement comportant les coordonnées de la personne-ressource.

3.9 Conception de la hotte – section J du formulaire d'évaluation de la conception

Les exigences et l'orientation de la présente section ne s'appliquent qu'aux salles dans lesquelles seront utilisées des substances nucléaires volatiles, aérosolisées ou gazeuses.

Exigences

Les exigences suivantes s'appliquent aux salles de niveau élevé, de niveau de confinement et de médecine nucléaire – radiopharmacie :

- J1 – Utiliser des hottes faites d'un matériau lisse, étanche, lavable et résistant aux produits chimiques.
- J2 – Utiliser des hottes conçues pour contenir les déversements afin que ceux-ci ne puissent pas se propager facilement au-delà de leurs surfaces intérieures.

- J3 – Choisir les hottes en fonction de leur caractéristique adéquate pour le travail prévu.

Orientation pour les salles de niveau élevé, de niveau de confinement et de médecine nucléaire – radiopharmacie

- J4 – Les coins à l'intérieur des hottes devraient être arrondis pour faciliter la décontamination et le nettoyage.
- J5 – Les hottes devraient être étiquetées de manière à identifier clairement les raccords au ventilateur ou au système de ventilation précis.

3.10 Conception des cellules de haute activité – section K du formulaire d'évaluation de la conception

Exigences

Les exigences suivantes s'appliquent aux salles de niveau de confinement et de médecine nucléaire – radiopharmacie (> 500 LAI) :

- K1 – Utiliser des cellules de haute activité faites d'un matériau lisse, étanche, lavable et résistant aux produits chimiques.
- K2 – Utiliser des cellules de haute activité conçues pour contenir les déversements afin que ceux-ci ne puissent pas se propager facilement au-delà de leurs surfaces intérieures.
- K3 – Choisir les cellules de haute activité en fonction de leur pertinence pour le travail prévu.
- K4 – Munir les cellules de haute activité de bras télécommandés pour manipuler à distance les objets à l'intérieur.

Orientation pour les salles de niveau de confinement et de médecine nucléaire – radiopharmacie (> 500 LAI)

- K5 – Les cellules de haute activité devraient être munies d'un dispositif permettant de transférer la radioactivité à l'intérieur et à l'extérieur en toute sûreté. Par exemple, les solutions radioactives peuvent être pompées à l'arrière de la cellule de haute activité par des canalisations de transfert provenant d'un accélérateur qui produit des substances nucléaires. Une fois que la matière radioactive est traitée, elle devrait être placée dans un contenant blindé pour être transférée à l'extérieur de la cellule de haute activité, généralement par un tiroir situé sur le côté de la cellule de haute activité.
- K6 – Le couvercle du contenant blindé devrait être solidement fixé au corps du contenant lorsqu'il est encore à l'intérieur de la cellule de haute activité. Un blindage devrait être placé entre toute radioactivité non traitée et les mains de la personne qui retire le contenant blindé de la cellule de haute activité.
- K7 – Les cellules de haute activité sont munies d'une fenêtre permettant l'observation des procédés exécutés à l'intérieur. La fenêtre devrait disposer d'un blindage équivalent à celui des parois de la cellule de haute activité. Dans les cellules de haute activité modernes, les fenêtres sont généralement faites en verre au plomb.
- K8 – Des instruments de détection de rayonnement devraient être installés à l'intérieur des cellules de haute activité. Ces dispositifs sont particulièrement importants pour protéger le personnel qui pourrait devoir ouvrir la cellule de haute activité pour y installer, modifier ou réparer de l'équipement.

4. Estimations de doses pour les salles de niveau élevé, de niveau de confinement, de médecine nucléaire – autres et de médecine nucléaire – radiopharmacie

Il est obligatoire de soumettre des estimations de doses pour ces types de classification de salle. À cet égard, on pourrait suivre l'approche décrite à l'annexe A, Estimation des doses.

Dans le cas des salles de niveau élevé, de niveau de confinement, de médecine nucléaire – autres et de médecine nucléaire – radiopharmacie, on doit également tenir compte des doses à l'étape de la planification. Dans ce cas, un blindage localisé est généralement utilisé pour assurer que les débits de dose dans les zones environnantes sont acceptables.

Les principales sources de rayonnement et les matériaux de blindage doivent être pris en compte, et les débits de dose résultants (obtenus par mesures ou par calcul) doivent être fournis à la CCSN. Pour les demandeurs qui ont des appareils à double modalité, la pratique exemplaire consiste à inclure les doses provenant des rayons X dans leurs calculs.

L'occupation par des personnes dans des zones adjacentes ou proches doit être prise en compte et les doses annuelles résultantes doivent être déterminées. L'utilisation prévue de contrôles des pratiques procédurales et de travail devrait également être prise en compte et incluse dans la demande.

Le principe ALARA doit être également pris en compte lors de la conception de toutes les zones, salles ou enceintes où des substances nucléaires sont utilisées. Aux stades de la planification et de la conception, il est primordial de tenir compte de l'impact que les décisions de conception auront sur les doses potentielles aux personnes (à l'exclusion du patient). En médecine nucléaire, cela est particulièrement important étant donné que la source, une fois administrée à une personne, ne se trouvera pas dans un endroit fixe.

L'évaluation des demandes concernant toute salle de médecine nucléaire comprendra un examen des estimations de doses aux personnes (à l'exclusion du patient) dans la zone, y compris les personnes dans les salles adjacentes. L'annexe A fournit de l'orientation et des exemples de calculs sur la manière de déterminer et de démontrer que les estimations de dose de rayonnement respectent le principe ALARA avant de construire la salle et d'y exercer toute activité autorisée. Dans la plupart des cas, ces calculs doivent être étayés par des plans d'aménagement de la salle. Le REGDOC-2.7.1, *Radioprotection* [6], fournit de l'orientation sur la façon de maintenir les doses au niveau ALARA.

Annexe A : Estimation des doses

Cette annexe présente une méthode d'estimation des doses de rayonnement dans un service de médecine nucléaire. La même approche peut être utilisée pour estimer les doses de rayonnement pour d'autres classifications de salles (niveau élevé et niveau de confinement) où des substances nucléaires non scellées sont utilisées. Les calculs présentés ci-dessous sont des exemples simplifiés qui donnent des résultats prudents. Par exemple, les facteurs d'auto-atténuation du patient, l'atténuation de matériaux de construction standard (entre autres, le gypse, les poteaux muraux) et la désintégration de la source n'ont pas été pris en compte. Les demandeurs peuvent utiliser ces facteurs d'atténuation ou d'autres facteurs d'atténuation raisonnables et défendables dans leurs calculs des doses.

Le tableau suivant présente les caractéristiques des principales catégories de procédures de médecine nucléaire : médecine nucléaire diagnostique classique, tomographie par émission de positrons (TEP) et médecine nucléaire thérapeutique. Pour ce qui est de l'estimation des doses annuelles, la principale différence entre ces catégories réside dans les substances nucléaires et les activités utilisées ou le lieu et la durée du traitement.

Tableau A1 : Caractéristiques des principales catégories de procédures de médecine nucléaire

	Diagnostic classique	TEP	Thérapie
Substance nucléaire la plus couramment utilisée	^{99m}Tc	^{18}F	^{131}I
Demi-vie de la substance nucléaire	6 heures	110 minutes	8 jours
Énergie gamma principale	141 keV	511 keV	364 keV
Γ_i ($\mu\text{Sv h}^{-1} \text{MBq}^{-1} \text{m}^{-2}$)	$1,853 \text{ E}^{-2} (1,853 \times 10^{-2})$	$1,398 \text{ E}^{-1} (1,398 \times 10^{-1})$	$5,471 \text{ E}^{-2} (5,471 \times 10^{-2})$
Type d'activités utilisées	$\leq 1 \text{ GBq}$	$\leq 1 \text{ GBq}$	$\leq 10 \text{ GBq}$
Type d'administration	Injection	Injection	Ingestion
Durée de la procédure	Quelques heures	Quelques heures	Quelques jours
Patient hospitalisé/en consultation externe	Patient externe	Patient externe	Patient externe ou patient hospitalisé

Cadre général d'estimation des doses

Les doses provenant des procédures de médecine nucléaire peuvent être estimées de plusieurs façons. Toutes les méthodes sont des extensions des principes de base de la radioprotection, à savoir le temps, la distance et le blindage. Pour chaque méthode, il faut procéder à l'examen initial des aspects suivants :

- les substances nucléaires qui seront utilisées et les activités qui seront réalisées pour les procédures de médecine nucléaire
- les lieux où ces substances nucléaires seront utilisées et ces activités seront réalisées (notamment, la salle de toilette de la chambre du patient ou la salle d'attente)
- le nombre annuel de procédures à effectuer
- l'occupation des salles du service de médecine nucléaire et de toutes les zones adjacentes par le personnel, les patients et le public
- l'aménagement de l'installation
- les matériaux de construction utilisés dans la construction de l'installation

Pour obtenir une estimation exacte des doses, il faut caractériser correctement la conception et l'exploitation de l'installation.

Méthode en cinq étapes pour l'estimation des doses de rayonnement

On peut diviser en cinq grandes étapes l'approche globale de l'estimation des doses de rayonnement :

Étape (1) Aménagement de l'installation

Obtenir les dessins d'architecture ou faire un dessin précis, à l'échelle et aux dimensions de l'installation et des zones environnantes. Les dessins doivent indiquer les endroits où des quantités importantes de substances nucléaires seront présentes. Ils doivent également indiquer les emplacements occupés où des personnes pourraient être exposées à des rayonnements à la suite d'une activité autorisée. S'ils sont disponibles, les dessins d'architecture à l'échelle conviennent parfaitement à cet effet.

Indiquer les endroits où les substances nucléaires seront utilisées. Cela comprend les salles où les substances nucléaires seront administrées au patient et les principaux lieux utilisés après l'administration.

La figure A1 montre un aménagement hypothétique d'un service de médecine nucléaire, avec les dimensions et les détails de base du blindage. Les lettres A à E₂ indiquent les endroits présentant le plus grand potentiel d'exposition. La même méthode utilisée pour estimer la dose de rayonnement dans ces zones peut être employée pour d'autres zones, notamment les salles d'attente désignées, les aires de réception, les vestiaires ou les toilettes.

Étape (2) Estimation de la charge de travail

La charge de travail doit être déterminée pour chaque lieu principal. La charge de travail fait référence au nombre de procédures par an, ainsi qu'à l'activité type (en MBq) par procédure.

Dans toute installation de médecine nucléaire, plusieurs substances nucléaires différentes émettrices de rayons gamma peuvent être utilisées régulièrement et être présentes à plusieurs endroits de l'installation (p. ex., ⁶⁷Ga, ²²³Ra, ⁸⁹Sr, ¹⁷⁷Lu, ^{99m}Tc, ¹¹¹In, ¹²³I, ¹³¹I et ²⁰¹Tl). La plupart de ces substances nucléaires émettent plusieurs rayons gamma de différentes énergies et leur rayonnement est atténué à des degrés divers par les différents matériaux de blindage.

Dans un premier temps, toutes les procédures possibles sont envisagées. Si l'on peut démontrer que certaines procédures n'ont aucune incidence sur les doses totales engagées, les doses provenant de ces procédures peuvent ne pas nécessiter d'estimations détaillées.

Pour ce faire, il s'agit de multiplier l'activité type pour une procédure par le nombre de procédures annuelles de ce type et par la durée d'exposition par procédure.

Exemple :

À titre d'exemple, supposons que le service de médecine nucléaire illustré à la figure A1 effectue principalement trois types d'intervention diagnostique en consultation externe : imagerie cardiaque, scintigraphie osseuse et absorption thyroïdienne. La charge de travail quotidienne type et les détails des substances nucléaires utilisées et des activités réalisées sont présentés dans le tableau A2. Le nombre annuel de procédures effectuées est estimé à partir de la charge de travail quotidienne, en supposant une semaine de travail de cinq jours (aucune procédure n'est effectuée la fin de semaine) et 50 semaines par année.

Figure A1 : Aménagement d'un service de médecine nucléaire hypothétique

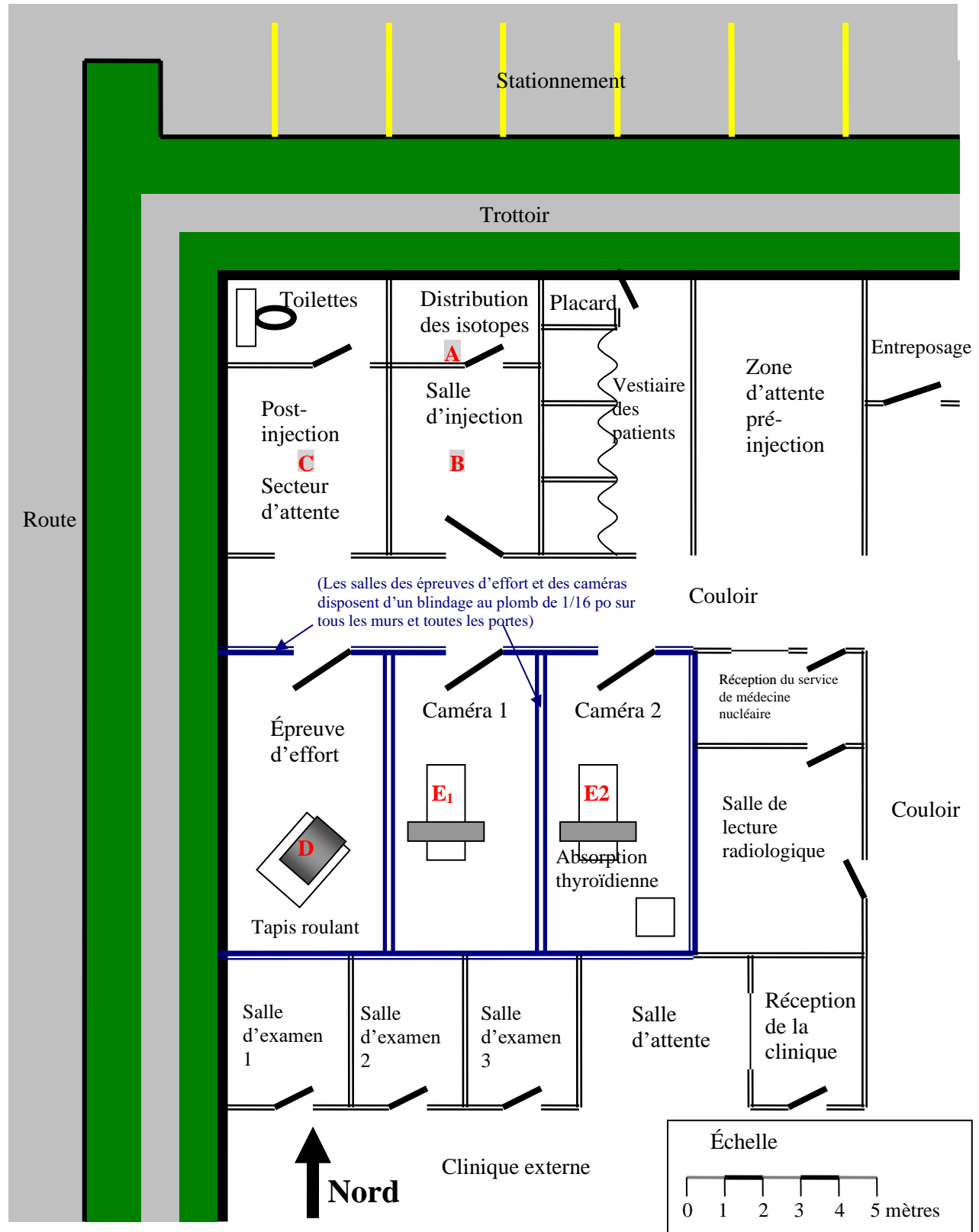


Tableau A2 : Principales procédures effectuées, substances nucléaires utilisés et activités réalisées

Procédure	Substance nucléaire	Nombre de patients (N)		Durée moyenne de la procédure	Activité moyenne par traitement	(N ^{bre de proc.}) x (durée) x (activité)
		Par jour	Par année			
Imagerie cardiaque	^{99m} Tc	7	1 750	1 ½ h *	370 MBq (repos)* 1 100 MBq (effort)*	377 708 MBq-h* 1 764 583 MBq-h*
Scintigraphie osseuse	^{99m} Tc	5	1 250	¾ h	800 MBq	750 000 MBq-h
Absorption thyroïdienne	¹³¹ I	1	250	½ h	0,37 MBq	46,3 MBq-h

* On suppose que l'épreuve au repos dure 35 minutes et l'épreuve à l'effort dure 55 minutes (total de 90 minutes, ou 1 ½ heure).

Il ressort clairement de ce tableau que les doses de rayonnement encourues par le personnel ou le public à la suite des procédures d'absorption thyroïdienne sont probablement négligeables par rapport aux imageries cardiaques ou aux scintigraphies osseuses et peuvent être omises de l'estimation des doses.

Étape (3) Estimation du facteur d'occupation

Il s'agit de déterminer l'utilisation, le type d'occupation et le facteur d'occupation des zones situées à l'intérieur ou à proximité immédiate du service de médecine nucléaire, qui seront occupées pendant que les substances nucléaires sont utilisées. C'est dans ces zones que le personnel et le public (autres que le patient) sont susceptibles de recevoir une dose de rayonnement en raison des activités de médecine nucléaire. Pour chaque zone, déterminer ce qui suit :

- À quoi sert la zone (p. ex., réception, salle d'attente, salles d'injection de produits radiopharmaceutiques, salle de caméra gamma, toilettes)?
- Qui est normalement présent dans la zone (p. ex., les TSN, les non-TSN qui effectuent un travail ou les membres du public, notamment les personnes qui accompagnent les patients ou le personnel hospitalier qui effectue un travail sans rapport avec l'activité autorisée)?
- Le facteur d'occupation (T) pour chaque emplacement et chaque groupe exposé (p. ex., la fraction de temps qu'une personne passe dans une zone où il y a un champ de rayonnement).

On devrait déterminer le facteur d'occupation (T) pour chaque emplacement et chaque groupe exposé (c.-à-d. la fraction du temps total pendant lequel un champ de rayonnement peut être présent à un endroit précis, et pendant lequel une personne peut être présente à cet endroit). Pour évaluer T, il est important de savoir si une personne peut ou non se trouver à cet endroit, lorsqu'un champ de rayonnement est présent dans cette zone. Par exemple, un technologue se trouvera à de nombreux endroits différents au cours d'une journée de travail normale, mais sera toujours à proximité du patient lorsqu'il injectera des produits radiopharmaceutiques ou lorsqu'il le placera sur le lit du tomographe ou du scintigraphe. À l'inverse, le personnel de nettoyage ne peut se trouver dans le service de médecine nucléaire qu'après les heures

normales de travail et, par conséquent, peut être exposé à un rayonnement faible, voire nul, même si les préposés au nettoyage passent passablement de temps dans le service.

Pour de plus amples renseignements, veuillez consulter le Rapport 151 du National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP) Report n° 151 : *Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X- and Gamma-Ray Radiotherapy Facilities* [7].

La détermination de l'occupation est probablement l'aspect le plus difficile de l'évaluation des doses. Il faut d'abord déterminer qui (autre que le patient) est exposé au rayonnement en raison même du fonctionnement du service de médecine nucléaire. Pour ce qui est des opérations de médecine nucléaire, ces personnes sont normalement divisées en trois catégories : les TSN, les non-TSN et les membres du public (qui comprend le personnel effectuant un travail sans rapport avec l'activité autorisée).

Généralement, lors du calcul des estimations de dose, les technologues en médecine nucléaire, les radiologues et tout autre personnel technique travaillant dans le service seront considérés comme des TSN.

Les non-TSN sont des membres du personnel qui effectuent un travail lié à l'activité autorisée, et qui reçoivent des doses annuelles inférieures à 1 mSv.

Les membres du public sont généralement répartis en trois groupes très larges :

- les personnes accompagnant les patients qui subissent des tomographies ou des scintigraphies de médecine nucléaire
- les personnes susceptibles d'être présentes dans les salles ou les couloirs adjacents, y compris les piétons à l'extérieur du bâtiment, les patients dans les zones adjacentes du bâtiment (p. ex., la consultation externe) et les personnes se trouvant dans les zones situées au-dessus et en dessous du service de médecine nucléaire
- le personnel non-TSN qui effectue des activités ou des tâches sans lien avec l'activité autorisée (p. ex., les porteurs, les infirmières, les messagers)

Il va de soi qu'il est peu pratique d'évaluer les doses reçues par chaque personne à partir de toutes les sources possibles. La deuxième étape consiste donc à simplifier le problème. À cette fin, on peut évaluer la proximité, la fréquence et la durée d'exposition des personnes de chaque groupe afin de déterminer les personnes les plus exposées. Il s'agit ensuite d'évaluer ces « scénarios d'exposition les plus défavorables » au sein de chaque groupe, car on peut supposer sans risque que toutes les autres personnes de chaque groupe reçoivent des doses moindres.

La dernière étape de l'analyse de l'occupation consiste à déterminer où et pendant combien de temps les personnes sont exposées, c'est-à-dire :

- Où se trouvent les substances nucléaires et pendant combien de temps?
- Où se trouvent les personnes les plus exposées et pendant combien de temps?

Il ressort implicitement de cette partie de l'évaluation que seuls les lieux qui contribueront de manière significative aux doses encourues doivent être pris en compte. Prenons le cas d'un technologue en médecine nucléaire qui travaille avec un patient sur le tapis roulant dans la salle d'épreuve d'effort (voir la figure A1). Pendant qu'il est là, le technologue recevra une certaine dose de rayonnement provenant de patients ayant reçu une injection et qui peuvent être présents dans les salles de caméra 1 et 2 ou dans la zone d'attente post-injection. Toutefois, vu les distances plus grandes entre le technologue et ces sources d'exposition et la présence d'un blindage intermédiaire, ces doses seront négligeables par rapport à la

dose attribuable au patient sur le tapis roulant. Ainsi, lorsque le technologue se trouve dans la salle d'épreuve d'effort, seule la dose reçue par le patient sur le tapis roulant doit être évaluée.

Exemple :

Pour les besoins de l'exemple, formulons les hypothèses suivantes :

- Tout le travail est réparti également entre trois technologues en médecine nucléaire. Par rapport aux technologues, les radiologues sont présents dans le service de façon périodique seulement, pendant des périodes relativement courtes et avec une exposition directe minimale aux produits radiopharmaceutiques ou aux patients ayant reçu une injection.
- Le service de médecine nucléaire compte un ou plusieurs réceptionnistes à temps plein qui passent pratiquement tout leur temps dans le bureau de réception. Il en va de même pour la clinique externe adjacente.
- Les autres membres du personnel auxiliaire, notamment les porteurs et le personnel de nettoyage et d'entretien, ne sont présents que rarement, avec un accès restreint aux zones dans lesquelles des substances nucléaires sont utilisées, et avec une exposition directe minimale aux produits radiopharmaceutiques ou aux patients ayant reçu une injection.
- Les membres de la famille qui accompagnent les patients qui subissent des procédures de médecine nucléaire ne sont présents que quelques heures par an.
- Les médecins travaillant dans la clinique externe adjacente passent environ la moitié de leur temps dans les salles d'examen immédiatement adjacentes aux salles de caméra et à la salle d'épreuve d'effort.
- Le bâtiment n'a qu'un seul étage et est construit sur le sol, de sorte qu'il n'y a pas d'occupant en dessous et que l'occupation est très minime au-dessus (p. ex., lors de la réparation du toit).

Sur la base de ces hypothèses et de l'aménagement de l'installation présenté à la figure A1, il est raisonnable de s'attendre à ce qui suit :

- Les technologues en médecine nucléaire sont les personnes les plus exposées parmi les TSN, et comme le travail est réparti à parts égales entre eux, les doses qu'ils reçoivent devraient être très similaires.
- Les réceptionnistes du département de médecine nucléaire et les médecins effectuant des travaux liés à l'activité autorisée dans les salles adjacentes sont susceptibles de recevoir les expositions professionnelles les plus élevées pour les non-TSN, en raison de leurs longues durées d'exposition et de leur proximité relative avec les salles de caméra et d'épreuve d'effort.
- Les membres du public (autres que les patients eux-mêmes) devraient recevoir des doses bien inférieures à celles reçues par les réceptionnistes ou les médecins, mais le personnel effectuant des tâches non liées à l'activité autorisée et dont les bureaux sont à proximité immédiate (à côté ou au-dessus/en dessous du service de médecine nucléaire) recevra les doses les plus élevées parmi les personnes de cette catégorie.

Par conséquent, les doses doivent être estimées pour seulement trois personnes représentatives : un technologue en médecine nucléaire, un réceptionniste en médecine nucléaire et un médecin effectuant un travail sans lien avec l'activité autorisée dans la clinique externe adjacente.

Tableau A3 : Résumé de l'occupation

Personnes exposées	TSN	Endroit(s) important(s) occupé(s)	Emplacement(s) de la source ayant une contribution importante à la dose	Facteur d'occupation (T)	Justification/commentaires
Technologue en médecine nucléaire	Oui	Distribution	A	1/3	<p>Un facteur d'occupation de $\frac{1}{3}$ est appliqué à chaque endroit, car le nombre total de procédures effectuées est réparti à parts égales entre trois technologues.</p> <p>Bien que les procédures soient réparties entre les salles de caméra 1 et 2, lors de l'évaluation de la dose reçue par un technologue, on peut supposer que toutes les procédures sont effectuées dans une seule salle, car cela ne modifie pas la dose totale reçue par le technologue.</p>
		Injection	B		
		Épreuve d'effort	D		
		Caméra 1 ou caméra 2	E ₁ ou E ₂		
Réceptionniste	Non	Réception de la clinique de médecine nucléaire	A, B et C	1	<p>Un facteur d'occupation de 1 est utilisé, car on suppose que le ou la réceptionniste reste dans la zone de réception pendant toute la journée de travail.</p> <p>Les contributions des sources A, B et C sont évaluées, car il n'y a pas de blindage entre ces sources et la zone de réception.</p> <p>La contribution de E₂ est évaluée parce qu'elle est immédiatement adjacente à la zone de réception.</p> <p>Les salles D et E₁ peuvent probablement être omises, car les rayonnements que les patients ayant reçu une injection émettent dans ces salles doivent traverser plusieurs murs blindés pour atteindre la zone de réception. Cependant, il est prudent d'évaluer la salle E₁ pour confirmer que la contribution à la dose à partir de ce point jusqu'à la zone de réception sera négligeable.</p>
			E ₂		
			E ₁ (voir les commentaires)		

Médecin dans la clinique adjacente	Non	Salle d'examen 2	D, E ₁ ou E ₂	1/2	<p>Un facteur d'occupation de 1/2 est utilisé, car l'exemple indique que chaque médecin passe environ la moitié de son temps dans les salles d'examen.</p> <p>Un médecin peut être présent dans l'une des salles d'examen 1, 2 ou 3. La salle centrale (salle d'examen 2) est raisonnablement représentative en raison de son emplacement médian.</p> <p>Les sources A, B et C sont éloignées des salles d'examen et sont doublement protégées par le revêtement en plomb de la salle d'épreuve d'effort et des salles de caméra. Elles ne contribuent donc que de manière négligeable à la dose par rapport aux sources D, E₁ et E₂.</p>
------------------------------------	-----	------------------	-------------------------------------	-----	---

Étape (4) Calculs des débits de dose

On devrait calculer les débits de dose de rayonnement pour chaque zone potentiellement occupée. Il existe deux méthodes de base pour estimer les débits de dose de rayonnement auxquels le personnel et le public (à l'exception du patient) seront exposés à la suite de procédures types en médecine nucléaire.

La première méthode consiste à mesurer directement les débits de dose dans les zones environnantes, en utilisant un radiamètre suffisamment sensible et correctement étalonné. Le type, le modèle, la plage d'énergie et la réponse énergétique du débitmètre utilisé devraient être fournis. Comme les débits de dose dans les salles et les zones environnantes sont généralement très faibles, les radiamètres utilisés devraient être pourvus d'une fonction de mise à l'échelle pour permettre de longs temps de comptage (p. ex., 10 minutes ou plus) afin de réduire l'incertitude de la mesure. Le rayonnement de fond doit être soustrait du débit de dose cible mesuré. La mesure du débit de dose de fond devrait être effectuée avec le même temps de comptage (long) dans une zone ou une pièce physiquement isolée et à distance de toute substance nucléaire. Cette méthode est généralement utile pour évaluer le rayonnement dans un service existant ou lors d'une analyse comparative en vue de la conception d'une nouvelle salle ou d'un nouveau service dont la disposition et la conception sont similaires à celles d'un site existant. Elle est particulièrement utile lorsque le demandeur doit analyser l'impact des changements proposés, p. ex., une augmentation de la charge de travail ou des modifications à l'aménagement de l'installation.

On peut effectuer ces mesures en dehors des heures normales de la clinique en plaçant des flacons sources contenant des quantités moyennes typiques des substances nucléaires appropriées à des endroits représentatifs (p. ex., au centre du lit de tomographie/scintigraphie pour représenter un patient subissant cette procédure). Une autre solution consiste à prendre des mesures d'échantillon à chaque endroit au cours d'une journée de travail type. Dans l'un ou l'autre cas, il faut veiller à ce que les activités et les substances nucléaires utilisées lors des mesures soient réellement représentatives des conditions normales de fonctionnement, lorsqu'on établit une moyenne sur une période suffisamment représentative (p. ex., sur une base quotidienne, hebdomadaire ou annuelle). Il est important également de souligner que, dans de nombreux cas, des débits de dose très faibles (à peine au-dessus du niveau de fond) doivent être mesurés afin de déterminer les doses annuelles. Dans de tels cas, des débitmètres à comptage scalaire doivent être employés afin d'obtenir des données statistiquement significatives. Plus le débit de dose est faible, plus le temps d'intégration devrait être long. Il faut viser des temps d'intégration de 10 minutes pour les très faibles débits de dose, et veiller à toujours soustraire les valeurs de fond, qui devraient être saisies avec le même temps d'intégration.

La deuxième approche est une méthode mathématique qui dépend des propriétés physiques connues des substances nucléaires utilisées, des distances auxquelles se situe chaque zone occupée ainsi que des propriétés de blindage et de l'épaisseur des matériaux de blindage. Elle est donc généralement utile lors de la conception d'une nouvelle salle ou d'un nouveau département.

Voici une formule générale pour calculer les débits de dose.

Équation {1} :

$$R = \frac{\Gamma \times A \times 10^{-\left(\frac{t}{TVL1}\right)}}{d^2}$$

si t est plus épais que $CADI$, alors :

$$R = \frac{\Gamma \times A \times 0.1 \times 10^{-\left(\frac{t-TVL1}{TVL2}\right)}}{d^2}$$

où :

R	est le débit de dose produit par la substance nucléaire à son emplacement	(mSv h ⁻¹)
Γ	est la constante de rayonnement gamma spécifique pour la substance nucléaire	(mSv h ⁻¹ MBq ⁻¹ m ²)
A	est l'activité de la substance nucléaire	(MBq)
d	est la distance entre la substance nucléaire et l'emplacement	(m)
t	est l'épaisseur du matériau de blindage dans toute barrière entre la substance nucléaire et l'emplacement	(mm)
CAD (1 et 2)	est la première et la deuxième couche d'atténuation au dixième (CAD) du matériau pour une substance nucléaire donnée (c.-à-d. l'épaisseur du matériau qui est nécessaire pour réduire le débit de dose du rayonnement photonique produit par la substance nucléaire au 1/10 de sa valeur initiale pour la première valeur, et de 1/10 supplémentaire pour la deuxième valeur)	(mm)

Les constantes spécifiques de rayonnement gamma sont définies en termes de débit de dose (par exemple, $\mu\text{Sv h}^{-1}$) à un mètre de la source (m^2), par unité d'activité de la source (p. ex., MBq^{-1}), mais les unités exactes utilisées peuvent varier selon différentes références. Lors des calculs des débits de dose, il faut veiller à la cohérence des unités entre R , Γ et A . Pour assurer cette cohérence, la CCSN a publié le [Livret d'information sur les radionucléides](#) (LIR) [8], qui fournit des constantes de débit de dose, des couches de demi-atténuation et des couches d'atténuation au dixième, ainsi que d'autres renseignements utiles pour divers nucléides couramment utilisés. Il est à noter que le LIR de la CCSN fournit la première et la deuxième valeur des couches de demi-atténuation et des couches d'atténuation au dixième. L'utilisation des deux couches donnera des résultats plus précis que l'utilisation de la première couche uniquement, en particulier pour les substances nucléaires poly-énergétiques. Le LIR fournit également une formule utilisable en Excel pour calculer les débits de dose en utilisant les premières et deuxièmes couches d'atténuation à la moitié et au dixième. Par souci de simplicité, les exemples ci-dessous montrent le calcul en utilisant uniquement la première couche d'atténuation au dixième.

Exemple :

Le tableau A5 de la page suivante résume les paramètres nécessaires pour estimer les débits de dose pour cet exemple. Les distances d ont été mesurées directement à partir de la figure A1 pour la zone de réception de médecine nucléaire et la salle d'examen 2. Afin de calculer les doses reçues par les technologues en médecine nucléaire, leur proximité avec le patient lors des procédures de diagnostic a été estimée sur la base des dimensions internes de la salle et des procédures de travail typiques. Les épaisseurs de plomb sont basées sur l'hypothèse que tous les murs intérieurs de la salle d'épreuve d'effort, de la salle de caméra 1 et de la salle de caméra 2 sont revêtus de plomb de 1/16 po (1,6 mm).

Tous les autres murs intérieurs sont supposés être construits en gypse ordinaire (plaque de plâtre) et fournissent une atténuation minimale.

La deuxième colonne du tableau A5 présente les débits de dose calculés à chaque endroit pour chacun des groupes exposés pris en compte, pour les procédures de scintigraphie osseuse et d'épreuve d'effort cardiaque. Un exemple de calcul pour un emplacement source représentatif (E_2), un groupe d'exposition (réceptionniste) et une procédure (épreuve d'effort cardiaque, composante effort) est donné ci-dessous :

Tableau A4 : Valeurs pour l'exemple de calcul de la dose de ^{99m}Tc

Substance nucléaire	^{99m}Tc
Γ	1,853 E-5 mSv h ⁻¹ MBq ⁻¹ m ²
CAD1/CAD2	1,1 mm/1,0 mm
Activité totale A utilisée pour la procédure (à l'étape de l'épreuve d'effort, le patient a déjà reçu l'injection au repos de 370 MBq et l'injection à l'épreuve de 1 100 MBq)	1 470 MBq
Épaisseur t du blindage de plomb dans le mur entre la salle de caméra 2 et la réception de la clinique de médecine nucléaire	1,6 mm (1/16 po)
Distance d entre le patient sur le lit dans la salle de caméra 2 et la réception de la clinique de médecine nucléaire (d'après la figure A1)	5 mètres

En utilisant l'équation {1} :

$$R = \frac{\Gamma \times A \times 0.1 \times 10^{-\left(\frac{t-TVL1}{TVL2}\right)}}{d^2}$$

$$R = \frac{1.853 \times 10^{-5} \text{ mSv h}^{-1} \times 1470 \text{ MBq} \times 0.1 \times 10^{-\left(\frac{1.6 \text{ mm} - 1.1 \text{ mm}}{1 \text{ mm}}\right)}}{(5 \text{ m})^2}$$

$$R = 3.44 \times 10^{-5} \text{ mSv h}^{-1}$$

Par souci de simplicité, il n'y a pas eu de correction pour la décroissance du ^{99m}Tc dans ce calcul. Bien que la désintégration entraîne une certaine réduction du débit de dose calculé, la réduction sera relativement faible. Par exemple, si la procédure dure 1,5 heure, l'injection initiale au repos aura diminué pour atteindre la valeur suivante, qui est encore de 84 % de sa valeur initiale, à la fin de la procédure :

$$R = 370 \text{ MBq} \times 2^{-\left(\frac{1.5 \text{ h}}{6.02 \text{ h}}\right)}$$

$$R = 311 \text{ MBq}$$

Pour ce qui est de maintenir les doses de rayonnement au niveau ALARA, il est peu probable que des corrections de cette ampleur fassent la différence entre une conception acceptable ou inacceptable. Toutefois, les demandeurs peuvent choisir de tenir compte explicitement de la décroissance dans leur analyse de conception.

Tableau A5 : Calculs des débits de dose

L'isotope est le ^{99m}Tc dans tous les cas. $\Gamma = \Gamma_{Tc99m} = 1,853 \text{ E}^{-5} \text{ mSv h}^{-1} \text{ MBq}^{-1} \text{ m}^2$
 CAD1 = 1,1 mm CAD2 = 1 mm

Personnes exposées	TSN	Emplacement occupé	Emplacement de la source	Distance d (m)	Épaisseur du plomb t (mm)	Activité A (MBq) qui peut être temporairement présente à chaque emplacement de source pour chaque procédure			Débit de dose R (mSv h ⁻¹) à l'endroit occupé pendant que l'activité A de la source est présente à chaque emplacement de source		
						Procédure cardiaque (repos)	Procédure cardiaque (effort)	Scintigraphie osseuse	Procédure cardiaque (repos)	Procédure cardiaque (effort)	Scintigraphie osseuse
Technologue en médecine nucléaire	Oui	Distribution	A	0,75	0	370	1 100	800	1,2 x 10 ⁻²	3,6 x 10 ⁻²	2,6 x 10 ⁻²
		Injection	B	0,75	0	370	1 470	800	1,2 x 10 ⁻²	4,8 x 10 ⁻²	2,6 x 10 ⁻²
		Épreuve d'effort	D	3	0	S.O.	1 470	S.O.	S.O.	3,0 x 10 ⁻³	S.O.
		Caméra 1 ou caméra 2	E ₁ ou E ₂	3	0	370	1 470	800	7,6 x 10 ⁻⁴	3,0 x 10 ⁻³	1,6 x 10 ⁻³
Réceptionniste	Non	Réception de la clinique de médecine nucléaire	A	13	0	370	1100	800	4,1 x 10 ⁻⁵	1,2 x 10 ⁻⁴	8,8 x 10 ⁻⁵
			B	10	0	370	1100	800	6,9 x 10 ⁻⁵	2,0 x 10 ⁻⁴	1,5 x 10 ⁻⁴
			C	13	0	370	1 470	800	4,1 x 10 ⁻⁵	1,6 x 10 ⁻⁴	8,8 x 10 ⁻⁵
			E ₂	5	1,6	370	1 470	800	8,7 x 10 ⁻⁶	3,4 x 10 ⁻⁵	1,9 x 10 ⁻⁵
			E ₁	9	4,8	370	1 470	800	1,7 x 10 ⁻⁹	6,7 x 10 ⁻⁹	3,7 x 10 ⁻⁹
Médecin dans la clinique adjacente	Non		D	5	1,6	S.O.	1 470	S.O.	S.O.	3,4 x 10 ⁻⁵	S.O.
			E ₁	5	1,6	370	1 470	800	8,7 x 10 ⁻⁶	3,4 x 10 ⁻⁵	1,9 x 10 ⁻⁵

Personnes exposées	TSN	Emplacement occupé	Emplacement de la source	Distance d (m)	Épaisseur du plomb t (mm)	Activité A (MBq) qui peut être temporairement présente à chaque emplacement de source pour chaque procédure			Débit de dose R (mSv h ⁻¹) à l'endroit occupé pendant que l'activité A de la source est présente à chaque emplacement de source		
						Procédure cardiaque (repos)	Procédure cardiaque (effort)	Scintigraphie osseuse	Procédure cardiaque (repos)	Procédure cardiaque (effort)	Scintigraphie osseuse
		Salle d'examen 2	E ²	7	1,6	370	1 470	800	4,4 x 10 ⁻⁶	1,8 x 10 ⁻⁵	9,6 x 10 ⁻⁶

Étape (5) Calculs des débits de dose annuels

Les patients se trouvent habituellement dans plusieurs endroits différents tout au long d'une procédure de médecine nucléaire, et peuvent contribuer à la dose reçue par une personne se trouvant en un seul endroit (p. ex., la dose provenant des patients dans la salle d'injection, les salles de scintigraphie et les zones d'attente post-injection peuvent contribuer à la dose reçue par le ou la réceptionniste à la réception). Les personnes exposées peuvent également se trouver en plusieurs endroits différents au cours d'une même journée, et une partie de ces doses peut contribuer de beaucoup à la dose totale de rayonnement qu'elles reçoivent.

Lorsqu'on a calculé ou mesuré le débit de dose dans chaque endroit occupé – dose due à une combinaison de procédures, d'emplacements de source et de facteurs d'occupation –, on peut estimer la dose annuelle résultante reçue par les personnes dans cette zone en multipliant le débit de dose par la durée totale de l'exposition par année.

Pour une combinaison donnée de procédures, d'emplacement de source, d'emplacement occupé et de personne exposée, la durée totale d'exposition par année est donnée par le produit suivant : le nombre total de procédures faites par année (N , voir le tableau A2), le facteur d'occupation pour la personne exposée et l'emplacement occupé (T , voir le tableau A2), le débit de dose (R , voir le tableau A5) et la durée (S) pendant laquelle la source ou le patient ayant reçu une injection se trouve à l'emplacement de la source désignée (en heures). La dose annuelle (D) est donc :

Équation {2} :

$$D = N \times T \times R \times S$$

Exemple :

Le tableau A6 résume les paramètres requis pour estimer les débits de dose pour l'exemple. La durée estimative totale des procédures médicales est présentée dans le tableau A2. Ces valeurs sont réparties en durées approximatives pendant lesquelles la source ou le patient se trouve à chaque emplacement principal (S) du tableau A6.

Par exemple, on évalue que l'épreuve d'effort cardiaque nécessite 1,5 heure.

Ce temps est divisé comme suit :

2 minutes pour l'injection en vue de l'épreuve	0,033 h
20 minutes dans la salle d'attente après l'injection	0,33 h
15 minutes de scintigraphie dans l'une des salles de caméra	0,25 h
2 minutes pour l'injection pour l'épreuve d'essai	0,033 h
20 minutes dans la salle d'attente	0,33 h
15 minutes dans la salle du tapis roulant	0,25 h

15 minutes de scintigraphie dans l'une des salles de caméra	0,25 h
Total :	1,48 h

La dernière colonne du tableau A6 présente les doses annuelles calculées à chaque emplacement, pour chaque groupe de personnes exposées pris en compte, pour les procédures de scintigraphie osseuse et d'épreuve d'effort cardiaque. Un exemple de calcul pour un emplacement source représentatif (E_2), un groupe d'exposition (réceptionniste) et une procédure (épreuve d'effort cardiaque, composante effort) est donné ci-dessous :

N	1 750 procédures par année ($1\,750\text{ a}^{-1}$)
T	1
R	$3,8 \times 10^{-5}\text{ mSv h}^{-1}$
S	0,25 h

En utilisant l'équation {2}, on obtient ce qui suit :

$$D = N \times T \times R \times S$$

$$D_{\text{caméra 2, réception}} = 1\,750\text{ a}^{-1} \times 1 \times 3,8 \times 10^{-5}\text{ mSv h}^{-1} \times 0,25\text{ h}$$

$$= 1,66 \times 10^{-2}\text{ mSv}$$

Les calculs explicites de la dose qu'un ou une réceptionniste en médecine nucléaire recevrait en raison de l'utilisation d'appareils à rayonnement dans la salle de caméra 1 ont été omis, car il est clairement démontré dans le tableau A5 que le débit de dose reçu à la réception de la clinique de médecine nucléaire, due aux patients se trouvant dans la salle de caméra 1, sera manifestement faible ($< 1\text{ nSv h}^{-1}$). Lors du calcul de la dose annuelle reçue par un ou une réceptionniste en médecine nucléaire et par un médecin de la clinique externe adjacente, la charge de travail totale due aux appareils de scintigraphie, y compris l'épreuve d'effort cardiaque et la scintigraphie osseuse, est supposée être répartie de manière égale entre les salles de caméra 1 et 2. Les doses totales indiquées sont la somme de chacune des doses provenant des procédures individuelles pour chacune des personnes exposées.

Quelques aspects intéressants concernant les doses calculées devraient être mentionnés. En premier lieu, il convient de noter que 60 % de la dose reçue par les technologues en médecine nucléaire est estimé être reçue au cours des périodes relativement courtes qu'ils passent soit à manipuler directement le ^{99m}Tc , soit à proximité immédiate du patient lors de l'injection. Cela suggère que, lorsque l'on examine les procédures opérationnelles dans le but de maintenir les doses au niveau ALARA, les améliorations de ces procédures sont susceptibles d'avoir le plus grand bénéfice.

De même, le ou la réceptionniste de cette clinique hypothétique reçoit potentiellement la plus grande dose par les patients ayant reçu une injection et qui attendent une scintigraphie, bien qu'il y ait une zone d'attente désignée pour les patients « chauds » bien éloignée de la réception. Si une réduction de la dose

est jugée nécessaire, on pourrait envisager d'ajouter un blindage sur le mur est de la zone d'attente où se trouvent les patients ayant reçu une injection.

Enfin, il convient de noter que malgré les longues périodes que les médecins de la clinique externe adjacente passent dans les salles d'examen situées très près des salles de scintigraphie, leurs doses sont négligeables en raison du blindage incorporé dans les murs de ces salles.

Tableau A6 : Calculs des doses annuelles

Personnes exposées	Emplacement occupé	Emplacement de la source	Nombre de procédures N			T	Temps S (h) pendant lequel la source ou le patient est présent à chaque emplacement par procédure			Débit de dose R (mSv h ⁻¹) à l'emplacement occupé pendant que la source/le patient est présent à chaque emplacement de source			Dose annuelle D (mSv) à l'emplacement occupé		
			Épr. card. (repos)	Épr. card. (effort)	Scinti-graphie osseuse		Épr. card. (repos)	Épr. card. (effort)	Scinti-graphie osseuse	Épr. card. (repos)	Épr. card. (effort)	Scinti-graphie osseuse	Épr. card. (repos)	Épr. card. (effort)	Scinti-graphie osseuse
Technologue en médecine nucléaire	Distribution	A	1750	1750	1250	1/3	0,008	0,008	0,008	1,2 x 10 ⁻²	3,6 x 10 ⁻²	2,6 x 10 ⁻²	0,0569	0,1691	0,0878
	Injection	B	1 750	1750	1250	1/3	0,033	0,033	0,033	1,2 x 10 ⁻²	4,8 x 10 ⁻²	2,6 x 10 ⁻²	0,2346	0,9322	0,3624
	Épreuve d'effort	D	S.O.	1 750	S.O.	1/3	S.O.	0,25	S.O.	S.O.	3,0 x 10 ⁻³	S.O.	S.O.	0,4414	S.O.
	Caméra 1 ou caméra 2	E ₁ ou E ₂	1 750	1750	1250	1/3	0,25	0,25	0,33	7,6 x 10 ⁻⁴	3,0 x 10 ⁻³	1,6 x 10 ⁻³	0,1111	0,4414	0,2265
<i>Dose annuelle totale reçue par chaque technologue en médecine nucléaire</i>												3,0633 mSv			
Réceptionniste	Réception de la clinique de médecine nucléaire	A	1 750	1750	1250	1	0,008	0,008	0,008	4,1 x 10 ⁻⁵	1,2 x 10 ⁻⁴	8,8 x 10 ⁻⁵	0,0006	0,0017	0,0009
		B	1 750	1750	1250	1	0,033	0,033	0,033	6,9 x 10 ⁻⁵	2,0 x 10 ⁻⁴	1,5 x 10 ⁻⁴	0,0040	0,0118	0,0061
		C	1 750	1750	1250	1	0,33	0,33	0,33	4,1 x 10 ⁻⁵	1,6 x 10 ⁻⁴	8,8 x 10 ⁻⁵	0,0234	0,0931	0,0362
		E ₂	875	875	675	1	0,25	0,25	0,33	8,7 x 10 ⁻⁶	3,4 x 10 ⁻⁵	1,9 x 10 ⁻⁵	0,0019	0,0075	0,0042
<i>Dose annuelle totale reçue par chaque réceptionniste</i>												0,1913 mSv			
Médecin dans la clinique adjacente	Salle d'examen 2	D	S.O.	1 750	S.O.	1/2	S.O.	0,25	S.O.	S.O.	3,4 x 10 ⁻⁵	S.O.	S.O.	0,0075	S.O.
		E ₁	875	875	625	1/2	0,25	0,25	0,33	8,7 x 10 ⁻⁶	3,4 x 10 ⁻⁵	1,9 x 10 ⁻⁵	0,0009	0,0038	0,0019
		E ₂	875	875	625	1/2	0,25	0,25	0,33	4,4 x 10 ⁻⁶	1,8 x 10 ⁻⁵	9,6 x 10 ⁻⁶	0,0005	0,0019	0,0010
<i>Dose annuelle totale reçue par chaque médecin travaillant dans la clinique externe adjacente</i>												0, 0176 mSv			

Conclusion

La dose annuelle reçue par le ou la réceptionniste et dans la zone de réception/d'accueil, en supposant une occupation à 100 %, est inférieure à 200 μSv . La dose annuelle reçue par le médecin dans la clinique adjacente est moins de 20 μSv .

Pour compléter l'évaluation des doses, les doses annuelles sont estimées pour les autres membres du personnel et les membres du public, autres que le patient, qui se trouvent dans les salles de médecine nucléaire de l'installation et aux alentours. La CCSN pourrait considérer qu'une évaluation du niveau ALARA n'est pas nécessaire lorsque les doses professionnelles individuelles ne dépasseront probablement pas 1 mSv par an, lorsque la dose individuelle aux membres du public ne dépassera probablement pas 50 μSv par an, et lorsque la dose collective annuelle (professionnelle et publique) ne dépassera probablement pas 1 personne-Sv (comme il est recommandé dans le REGDOC-2.7.1, *Radioprotection*, tel qu'il est modifié de temps à autre) [4].

Calculs du blindage pour les substances nucléaires émettrices de positrons

L'approche de base visant à calculer le blindage pour les substances nucléaires émettrices de positrons ou pour toute autre substance nucléaire émettant des rayons gamma de haute énergie comme le ^{131}I , est similaire à celle utilisée en médecine nucléaire diagnostique classique, comme le montre l'exemple précédent. La seule différence importante est l'épaisseur du blindage nécessaire en raison des énergies plus élevées. Dans ce cas, l'utilisation du plomb peut s'avérer peu pratique en raison de son poids et de considérations structurales. Le béton, sous forme de dalles coulées ou en bloc solide, est généralement une solution plus viable aux problèmes de blindage pour les substances nucléaires émettrices de positrons.

Pour illustrer ce point, prenons l'exemple précédent dans lequel un blindage au plomb de 1/16 po (1,6 mm) a été utilisé pour tapisser les salles de caméra. Pour le $^{99\text{m}}\text{Tc}$, qui émet des rayons gamma de 141 keV, cela équivaut à 1,6 mm/1,1 mm = 1,45 couche d'atténuation au dixième, ce qui réduit les débits de dose de rayonnement et les doses correspondantes dans les zones environnantes à 3,5 % de leur valeur sans blindage.

En revanche, les substances nucléaires émettrices de positrons se désintègrent toutes par émission de positrons et émettent donc deux rayons gamma d'annihilation de 511 keV par désintégration. À cette énergie, la première CAD pour le plomb et le béton est d'environ 17 mm et 24 cm, respectivement. Comme les substances nucléaires émettrices de positrons émettent toutes des rayons gamma à la même énergie, il est à noter que les CAD ne changent pas d'une substance nucléaire à l'autre. Pour obtenir le même degré d'atténuation pour les substances nucléaires émettrices de positrons, il faudrait donc $1,45 \times 17 \text{ mm} = 24,6 \text{ mm}$ de plomb ou $1,45 \times 24 \text{ cm} = 34,8 \text{ cm}$ de béton.

Dans de tels cas, l'utilisation du plomb devient peu pratique en raison de son poids et de considérations structurales. Par exemple, un mur de 8 pi sur 12 pi en plomb de 30 mm d'épaisseur pèserait 3 000 kg et nécessiterait un mur de soutien structural capable de supporter cette charge. Ainsi, le béton – soit sous forme de dalles coulées, soit sous forme de bloc de béton massif – est une solution beaucoup plus viable aux problèmes de blindage des substances nucléaires émettrices de positrons. Les exigences élevées en matière de blindage pour les substances nucléaires émettrices de positrons rendent difficile la modernisation d'une pièce existante pour y installer un tomographe TEP.

La revue *Medical Physics* (33, 1; janvier 2006) fournit des données techniques et des conseils utiles concernant les exigences de blindage et les estimations de dose spécifiquement liées aux activités impliquant des substances nucléaires émettrices de positrons [9].

Calculs du blindage pour la thérapie au ^{131}I sur des patients hospitalisés

Il y a très peu de différence entre les calculs du blindage en médecine nucléaire diagnostique classique et les traitements thérapeutiques de médecine nucléaire sur des patients hospitalisés, comme le traitement du cancer de la thyroïde à l'iode 131 (^{131}I). L'emplacement du patient est essentiellement fixe à l'intérieur de ce qui est généralement une salle de traitement dans l'une des ailes de l'établissement hospitalier. Le groupe professionnel qui est le plus exposé et dont on doit tenir compte en priorité est le personnel infirmier qui s'occupe des patients pendant leur séjour à l'hôpital. Les doses administrées au public dans les chambres adjacentes doivent également être prises en compte.

Comme condition du permis, la conception doit être telle que le débit de dose dans les zones occupées autour de la chambre du patient traité ne dépasse pas $2,5 \mu\text{Sv/h}$ ou que les autres patients ne reçoivent pas une dose supérieure à $500 \mu\text{Sv}$ par séjour à l'hôpital.

Pour ces catégories de salles, il est nécessaire d'estimer les doses. On peut utiliser la même approche que ce qui est décrit à l'étape (4) Calculs des débits de dose. Les résultats seront prudents, car les demi-vies biologiques thyroïdiennes et extra-thyroïdiennes ne seront pas prises en compte avec cette approche. Les demandeurs sont libres d'utiliser des calculs de dose plus affinés pour les thérapies à l'iode 131 en appliquant la fraction d'absorption et les demi-vies biologiques appropriées pour prendre en compte séparément les doses provenant des composantes thyroïdiennes et extra-thyroïdiennes du patient. Une bonne référence pour de tels calculs est le *Journal of Nuclear Medicine*, novembre 2000, 41 (11) 1868-1875.

Calcul des débits de dose et des doses à l'extérieur des cellules de haute activité

Les titulaires de permis prenant part à la production de substances nucléaires ou à la transformation chimique de ces substances nucléaires en produits radiopharmaceutiques doivent être équipés pour pouvoir traiter des quantités de substances nucléaires beaucoup plus importantes que celles que peuvent traiter les services de médecine nucléaire ou les laboratoires de recherche. En règle générale, ils disposent d'une ou de plusieurs cellules de haute activité fortement blindées dans lesquelles les activités de traitement sont effectuées à l'aide de télémanipulateurs qui permettent au personnel d'effectuer en toute sécurité les opérations requises de manipulation des substances nucléaires. Les cellules de haute activité sont normalement scellées lorsqu'elles sont utilisées, pour éviter que des matières radioactives volatiles, gazeuses ou en fines particules contaminent le laboratoire. En outre, elles sont normalement dotées d'un système dédié de ventilation, pourvu de filtres pour minimiser les rejets dans l'environnement extérieur. Les cellules de haute activité sont équipées de manipulateurs pour traiter les objets à l'intérieur de la cellule de haute activité. Cela permet d'éviter les doses aux extrémités et de réduire les risques de déversement.

Une cellule de haute activité typique peut avoir environ 2 m de hauteur, 1,5 m de largeur et 1 m de profondeur, et être blindée avec 75 mm de plomb enrobé d'acier. Cela permet d'obtenir ~ 5 CAD de blindage contre les substances nucléaires émettrices de positrons. Pour de plus amples renseignements sur

les CAD pour les substances nucléaires couramment utilisées, voir le *Livret d'information sur les radionucléides* de la CCSN [8].

La figure suivante présente deux cellules de haute activité types avec des manipulateurs.

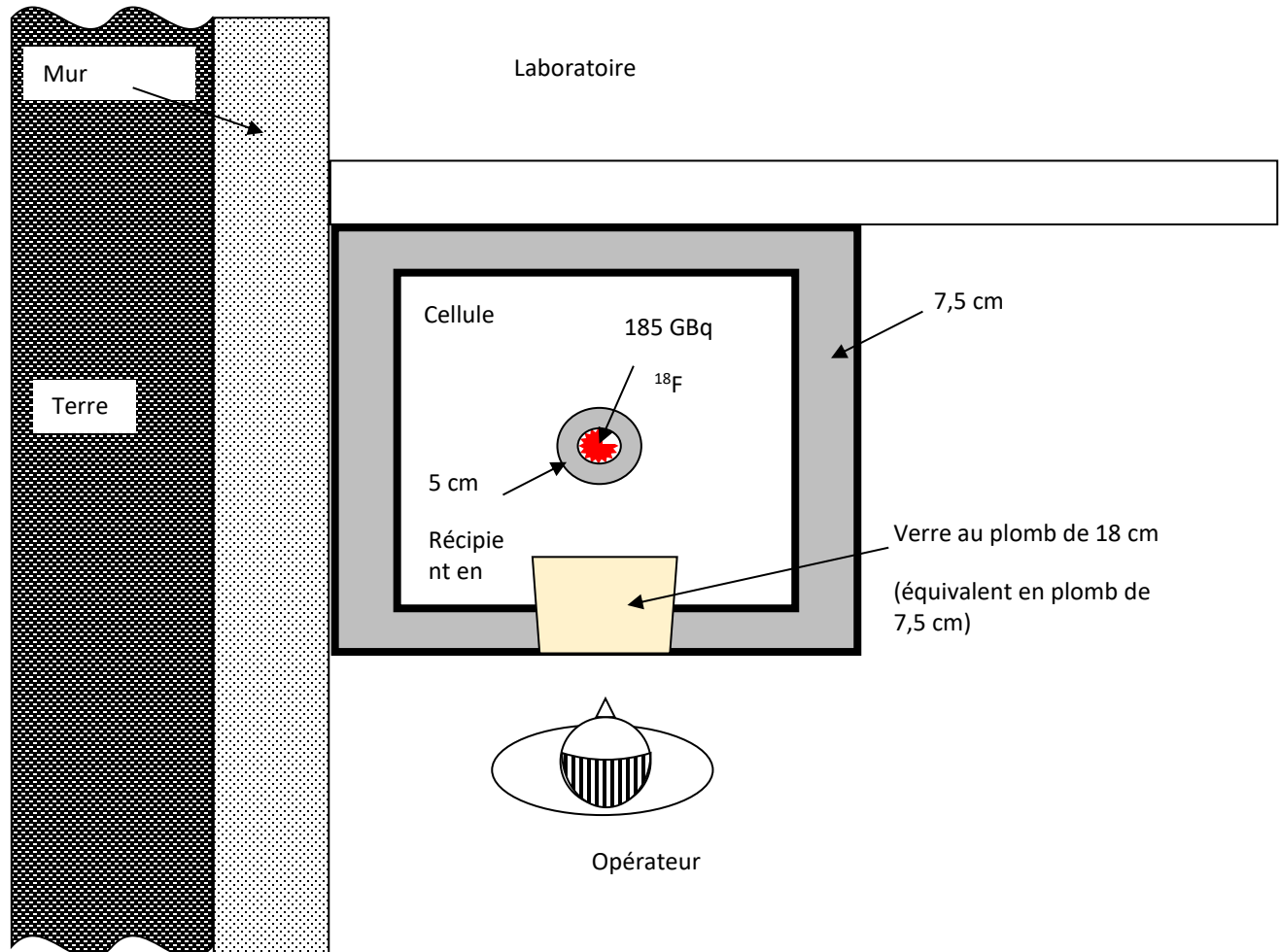


Les deux cellules de haute activité sont pourvues d'un blindage de plomb de 7,5 cm sur les murs, le sol et le plafond. Les fenêtres en verre au plomb ont une épaisseur de 18 cm, avec une épaisseur équivalente en plomb de 7,5 cm (photographie fournie gracieusement par l'Institut de cardiologie de l'Université d'Ottawa).

La méthode de calcul des doses en cinq étapes décrite précédemment peut facilement être étendue pour estimer les doses engagées par le personnel effectuant des travaux à l'aide des cellules de haute activité :

Étape (1) Préparer un croquis raisonnablement précis et dimensionné de l'installation et des zones environnantes.

Le diagramme suivant est utilisé pour les besoins de cet exemple :



Étape (2) Déterminer les principaux endroits où les matières radioactives seront utilisées et la charge de travail pour chacun de ces emplacements.

- ^{18}F , 185 GBq (5 Ci) produits par cycle
- Le ^{18}F est présent dans la cellule de haute activité pendant une heure.
- On fait l'hypothèse d'un cycle de production de ^{18}F par jour x 250 jours de fonctionnement par année.

Étape (3) Déterminer la raison, le type et le facteur d'occupation des zones où sont utilisées des substances nucléaires et des zones situées à proximité directe de l'endroit où sont utilisées des substances nucléaires.

- Zone à accès restreint (uniquement pour les TSN)
- Opérateur des manipulateurs pendant $\frac{1}{3}$ heure par cycle

- L'occupation du laboratoire adjacent est intermittente, $T = \frac{1}{2}$

Étape (4) Estimer les débits de dose de rayonnement dans chaque zone potentiellement occupée.

Équation {1} :

$$R = \frac{\Gamma \times A \times 10^{-\left(\frac{t-TV L1}{TV L2}\right)}}{d^2}$$

Si t est plus épais que la *CADI*, utiliser alors l'équation suivante :

$$R = \frac{\Gamma \times A \times 0.1 \times 10^{-\left(\frac{t-TV L1}{TV L2}\right)}}{d^2}$$

où :

R est le débit de dose ($\mu\text{Sv h}^{-1}$) produit par le ^{18}F à chaque emplacement

Γ 0,1398 $\mu\text{Sv h}^{-1} \text{MBq}^{-1} \text{m}^2$

A 185 000 MBq

d On suppose que l'opérateur est à 1 m de la source.

t Équivalent en Pb de 75 mm pour les murs, les fenêtres et le plancher de la cellule de haute activité
(plus, 50 mm de Pb dans les murs et le bas du récipient en Pb contenant le ^{18}F , mais le dessus est ouvert et est visible depuis la position de l'opérateur)

CAD1 17 mm

CAD2 14 mm

Par conséquent, le débit de dose est le suivant, à l'extérieur de la cellule de haute activité et à 1 mètre du ^{18}F :

$$R = (0,1398 \mu\text{Sv h}^{-1} \text{MBq}^{-1} \text{m}^2) \times (185\,000 \text{MBq}) \times 0,1 \times 10^{-((125-17)/14)}$$

$$R = 0,00005 \mu\text{Sv h}^{-1}, \text{ qui est dans les faits équivalent à ZÉRO}$$

La ligne de vision directe entre l'opérateur et le produit devrait également être prise en compte en excluant le blindage du récipient en plomb :

$$R = (0,1398 \mu\text{Sv h}^{-1} \text{MBq}^{-1} \text{m}^2) \times (185\,000 \text{MBq}) \times 0,1 \times 10^{-((75-17)/14)}$$

$R = 0,186$ ou pour plus de simplicité, $\approx 0,2 \mu\text{Sv h}^{-1}$

Étape (5) Extrapoler les débits de dose calculés en doses annuelles.

Dans le scénario le plus défavorable, l'exposition suppose l'absence du récipient en plomb. Ignorer la désintégration pendant la durée de l'exposition :

- Dose à l'opérateur = 250 jours/an x 1/3 h/jour x $0,2 \mu\text{Sv h}^{-1}$ ou $\approx 17 \mu\text{Sv y}^{-1}$
- Dose au personnel du laboratoire = $(250 \text{ jours/an} \times 0,5 \text{ h/jour} \times 0,2 \mu\text{Sv h}^{-1}) / (3 \text{ m})^2 \approx 3 \mu\text{Sv a}^{-1}$

Par conséquent, pour les paramètres présumés dans l'exemple, le blindage de la cellule de haute activité est plus qu'adéquat. C'est en fait le cas dans les opérations typiques de traitement automatisé impliquant des substances nucléaires émettrices de positrons. La majorité de la dose au personnel provient généralement de la manipulation des échantillons de contrôle de qualité (CQ) une fois qu'ils ont été distribués et extraits de la cellule de haute activité. L'approche utilisée pour calculer la dose aux fins de CQ est en fait la même que celle qui est utilisée pour les opérations de distribution et d'injection en médecine nucléaire dans l'exemple de calcul de dose précédent.

Annexe B : Résumé des exigences et de l'orientation pour les formulaires d'évaluation la conception

Le tableau qui suit « Résumé des exigences et de l'orientation pour les FEC » décrit les exigences et les orientations applicables aux diverses classifications de salles. Il faut indiquer dans la demande si les exigences sont respectées ou présenter une approche de rechange pour respecter l'intention des exigences. Toute approche de rechange visant à respecter l'intention des exigences doit démontrer la conformité au principe ALARA.

Il y a 7 formulaires d'évaluation de la conception :

- Salle de niveau intermédiaire
- Salle de niveau élevé
- Salle de niveau de confinement
- Médecine nucléaire – radiopharmacie (≤ 50 LAI)
- Médecine nucléaire – radiopharmacie (≤ 500 LAI)
- Médecine nucléaire – radiopharmacie (> 500 LAI)
- Médecine nucléaire – autres

Résumé des exigences et de l'orientation pour les FEC							
Estimations de doses	Exigence (E) ou orientation (O) du formulaire d'évaluation de la conception						
	Niveau intermédiaire	Niveau élevé	Confinement	Médecine nucléaire – radiopharmacie ≤ 50 LAI	Médecine nucléaire – radiopharmacie ≤ 500 LAI	Médecine nucléaire – radiopharmacie > 500 LAI	Médecine nucléaire – autres
Inclure des estimations de dose détaillées, y compris les hypothèses. On suggère également d'inclure un schéma de la salle afin de faciliter l'examen des hypothèses et des calculs.	S.O.	E	E	E	E	E	E

Section B – Finition et accessoires								
Exigence (E) ou orientation (O) du formulaire d'évaluation de la conception								
Caractéristique de conception		Niveau intermédiaire	Niveau élevé	Confinement	Médecine nucléaire – radiopharmacie ≤ 50 LAI	Médecine nucléaire – radiopharmacie ≤ 500 LAI	Médecine nucléaire – radiopharmacie > 500 LAI	Médecine nucléaire – autres
B1	Utiliser des revêtements de sol, des surfaces de travail, des chaises, des armoires et des étagères dont le fini est lisse, étanche et lavable dans les zones où des substances nucléaires non scellées sont utilisées.	E	E	E	E	E	E	E
B2	Le revêtement de sol devrait être continu, sans joints. Si le revêtement de sol est en plusieurs parties, tous les joints du matériau de revêtement devraient être scellés. Le joint entre le revêtement de sol et les murs devrait être arrondi pour éviter que les déversements ne passent en dessous. Le revêtement de sol devrait avoir un enduit qui peut être retiré pour faciliter la décontamination en cas d'accident	O	O	O	O	O	O	O
B3	Les surfaces de travail, y compris les plans de travail, devraient être conçues de façon continue, sans joints; sinon, tous leurs joints devraient être scellés.	O	O	O	O	O	O	O
B4	Les plans de travail devraient comporter un rebord surélevé pour empêcher l'écoulement au sol. Si le plan de travail est contigu à un mur, il devrait être	O	O	O	O	O	O	O

	pourvu d'un dossieret, ou son joint devrait être arrondi.							
B5	Les murs devraient avoir un fini lisse et lavable, et tous les joints devraient être scellés. Cela facilitera le nettoyage si une salle est contaminée par l'éclaboussement d'un flacon ou si un autre événement similaire se produit.	O	O	O	O	O	O	O
B6	Le plafond devrait avoir un fini lisse et lavable, et tous les joints devraient être scellés. Les plafonds modulaires facilement remplaçables (p. ex., plafond suspendu avec carrelage) sont également acceptables.	O	O	O	O	O	O	O

Section C – Installations d'urgence et considérations générales sur le contrôle de la contamination								
Caractéristique de conception		Exigence (E) ou orientation (O) du formulaire d'évaluation de la conception						
		Niveau intermédiaire	Niveau élevé	Confinement	Médecine nucléaire – radiopharmacie ≤ 50 LAI	Médecine nucléaire – radiopharmacie ≤ 500 LAI	Médecine nucléaire – radiopharmacie > 500 LAI	Médecine nucléaire – autres
C1	Les zones de préparation, de consommation ou d'entreposage des aliments et des boissons ne sont pas situées à l'intérieur d'une salle où sont utilisées des substances nucléaires non scellées.	E	E	E	E	E	E	E
C2	Disposer d'installations de décontamination du personnel appropriées aux activités exécutées et aux substances nucléaires et produits chimiques utilisés.	S.O.	E	E	S.O.	E	E	S.O.
C3	Disposer d'un éclairage d'urgence.	S.O.	E	E	S.O.	E	E	S.O.
C4	Une zone accessible devrait être désignée pour l'entreposage des	O	O	O	O	O	O	O

	matériaux et équipements utilisés pour la décontamination et la surveillance. Ces matériaux et équipements devraient comprendre les trousseaux d'intervention en cas de déversement, les radiamètres et les contaminamètres appropriés aux substances nucléaires et produits chimiques utilisés.							
C5	Les installations de décontamination devraient comprendre un évier distinct pour le lavage des mains près de l'entrée de la salle.	O	O	O	O	O	O	O
C6	Il devrait y avoir un bassin oculaire et une douche d'urgence dans la salle ou à proximité.	O	O	O	O	O	O	O
C7	De l'équipement de surveillance de la contamination individuelle, approprié aux substances nucléaires utilisées, devrait être disponible à tous les points d'entrée et de sortie.	O	O	O	O	O	O	O
C8	La salle devrait contenir, près de l'entrée, divers accessoires comme des crochets à manteaux, des bacs à linge contaminé, des casiers de rangement, etc. Cela facilitera le retrait et l'entreposage adéquats de l'équipement de protection individuelle potentiellement contaminé, notamment les sarraus de laboratoire, avant que le personnel ne quitte la pièce.	O	O	O	O	O	O	O
C9	Les services de médecine nucléaire devraient disposer de salles de toilette réservées aux patients subissant des procédures de médecine nucléaire.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	O
C10	En raison du risque de contamination, si le patient doit demeurer à l'hôpital après l'administration de la substance nucléaire, il devrait rester dans une salle classée.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	O

Section D - Plomberie								
Caractéristique de conception		Exigence (E) ou orientation (O) du formulaire d'évaluation de la conception						
		Niveau intermédiaire	Niveau élevé	Confinement	Médecine nucléaire – radiopharmacie ≤ 50 fois la LAI	Médecine nucléaire – radiopharmacie ≤ 500 fois la LAI	Médecine nucléaire – radiopharmacie > 500 fois la LAI	Médecine nucléaire – autres
D1	Lorsque des rejets courants se produisent par les égouts, ou lorsqu'il existe un potentiel de rejets accidentels, mettre en place des mécanismes pour s'assurer que ces rejets respectent le principe ALARA et sont inférieurs aux niveaux de libération applicables.	E	E	E	S.O.	E	E	S.O.
D2	Chaque chambre de patient devrait être munie de sa propre salle de toilette.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	E
D3	Les éviers devraient être conçus d'un matériau facile à décontaminer.	O	O	O	O	O	O	O
D4	Chaque évier devrait avoir un orifice de trop-plein.	O	O	O	O	O	O	O
D5	Les robinets devraient pouvoir être actionnés sans contact direct de la main.	O	O	O	O	O	O	O
D6	Les robinets pourvus de canalisations à vide ou de refroidissement devraient comporter un dispositif anti-refoulement.	O	O	O	O	O	O	O
D7	Les drains devraient être fabriqués d'un matériau résistant à la corrosion et adapté aux produits chimiques utilisés dans la salle.	O	O	O	O	O	O	O
D8	Les drains et les siphons d'évier susceptibles de contenir des	O	O	O	O	O	O	O

quantités transitoires de substances nucléaires doivent être marqués en conséquence et être clairement indiqués sur tout plan fourni au personnel d'entretien ou aux entrepreneurs.								
---	--	--	--	--	--	--	--	--

Section E – Contrôle de l'accès								
Caractéristique de conception		Exigence (E) ou orientation (O) du formulaire d'évaluation de la conception						
		Niveau intermédiaire	Niveau élevé	Confinement	Médecine nucléaire – radiopharmacie ≤ 50 LAI	Médecine nucléaire – radiopharmacie ≤ 500 LAI	Médecine nucléaire – radiopharmacie > 500 LAI	Médecine nucléaire – autres
E1	Disposer d'un système de contrôle de l'accès (p. ex., clé, clavier, clé numérique, autres) pour assurer que seuls les travailleurs autorisés peuvent entrer dans la salle à accès restreint.	E	E	E	E	E	E	E
E2	S'assurer que les portes des salles donnant accès à des substances nucléaires sont verrouillables.	E	E	E	E	E	E	E
E3	Prévoir une zone de stockage secondaire verrouillable (réfrigérateur, congélateur, armoire) pour les salles également utilisées par des travailleurs qui ne sont pas autorisés à utiliser des substances nucléaires. Le conteneur de stockage secondaire doit être sécurisé de manière à ce qu'il ne puisse être facilement retiré de la pièce.	E	E	E	E	E	E	E
E4	Disposer de zones désignées clairement délimitées où les substances nucléaires non scellées sont utilisées lorsqu'une partie de la salle doit également servir à d'autres types de travail.	E	E	E	E	E	E	E
E5	S'assurer que les fenêtres accessibles sont sécurisées pour	E	E	E	E	E	E	E

empêcher tout accès non autorisé à la salle.							
--	--	--	--	--	--	--	--

Section F – Contrôle de la dose externe								
Caractéristique de conception		Exigence (E) ou orientation (O) du formulaire d'évaluation de la conception						
		Niveau intermédiaire	Niveau élevé	Confinement	Médecine nucléaire – radiopharmacie ≤ 50 LAI	Médecine nucléaire – radiopharmacie ≤ 500 LAI	Médecine nucléaire – radiopharmacie > 500 LAI	Médecine nucléaire – autres
F1	Inclure les estimations de doses reçues par les travailleurs du secteur nucléaire (TSN) et les non-TSN dans la ou les salles proposées et les zones adjacentes.	S.O.	E	E	E	E	E	E
F2	On devrait utiliser un blindage dans les zones où des substances nucléaires doivent être utilisées ou stockées. L'ampleur du blindage dépendra des quantités de substances nucléaires qui émettent un rayonnement pénétrant. Il pourrait s'avérer nécessaire de renforcer les surfaces pour qu'elles puissent supporter le poids de tout matériau de blindage requis.	O	O	O	O	O	O	O
F3	Le cas échéant, le blindage devrait être incorporé dans la structure de la salle.	O	O	O	O	O	O	O
F4	Pour réduire au minimum le déplacement des substances nucléaires, les zones entre lesquelles les substances nucléaires seront déplacées devraient être situées aussi près les unes des autres que possible sur le plan opérationnel.	O	O	O	O	O	O	O
F5	Une salle d'attente distincte devrait être mise à la disposition des patients à qui des substances nucléaires sont administrées.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	O
F6	La chambre de patient utilisée aux fins de thérapie ne devrait pas être adjacente à une autre pièce occupée.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	O

	De préférence, elle devrait être située au bout du couloir et avoir le moins de murs mitoyens possible.		
--	---	--	--

Section G - Déchets								
Caractéristique de conception		Exigence (E) ou orientation (O) du formulaire d'évaluation de la conception						
		Niveau intermédiaire	Niveau élevé	Confinement	Médecine nucléaire – radiopharmacie ≤ 50 LAI	Médecine nucléaire – radiopharmacie ≤ 500 LAI	Médecine nucléaire – radiopharmacie > 500 LAI	Médecine nucléaire – autres
G1	Un espace suffisant devrait être prévu pour les déchets radioactifs générés par les travaux dans la zone où les substances nucléaires non scellées sont utilisées. Cet espace pourrait se trouver dans la salle classée ou dans une zone de stockage distincte réservée aux déchets radioactifs.	O	O	O	O	O	O	S.O.
G2	Les doses potentielles aux personnes occupant les zones adjacentes devraient être explicitement prises en compte dans le cadre du blindage et de l'évaluation des doses.	O	O	O	O	O	O	S.O.
G3	Les zones de stockage qui contiennent des substances nucléaires volatiles devraient être reliées au système de ventilation dédié.	O	O	O	O	O	O	S.O.

Les sections suivantes (H, I, Jet K) ne s'appliquent qu'aux salles dans lesquelles sont utilisées des substances nucléaires volatiles, aérosolisées ou gazeuses

Section H – Ventilation des salles et circulation de l'air								
Caractéristique de conception		Exigence (E) ou orientation (O) du formulaire d'évaluation de la conception						
		Niveau intermédiaire	Niveau élevé	Confinement	Médecine nucléaire – radiopharmacie ≤ 50 LAI	Médecine nucléaire – radiopharmacie ≤ 500 LAI	Médecine nucléaire – radiopharmacie > 500 LAI	Médecine nucléaire – autres
H1	Veiller à ce que la circulation de l'air se fasse toujours à partir des zones de plus faible concentration de substances nucléaires volatiles, aérosolisées ou gazeuses vers des zones de concentration plus élevée, sauf si l'air contaminé est dirigé vers un système de ventilation dédié.	S.O.	E	E	S.O.	E	E	S.O.
H2	S'assurer que les hottes et les cellules de haute activité, y compris les ventilateurs d'évacuation, disposent d'une alimentation de secours ou d'urgence automatique.	S.O.	E	E	S.O.	E	E	S.O.
H3	S'assurer que les hottes ne sont pas le seul moyen d'évacuation de l'air ambiant. Si cela est inévitable, une dérivation doit être installée pour assurer la ventilation lorsque la guillotine est fermée.	S.O.	E	E	S.O.	E	E	S.O.
H4	S'assurer que les systèmes d'évacuation de l'air pour les hottes ou les cellules de haute	S.O.	E	E	S.O.	E	E	S.O.

	activité soient raccordées à un système de ventilation dédié pour l'évacuation afin d'assurer que la radioactivité dans l'air ne puisse pas recirculer vers les zones non classées.							
H5	Fournir des renseignements détaillés sur tous les systèmes de filtration utilisés, y compris sur la surveillance et le blindage de ces systèmes ainsi que sur le remplacement des filtres.	S.O.	E	E	S.O.	E	E	S.O.
H6	Chaque hotte ou cellule de haute activité devrait être munie d'une alarme visuelle ou sonore indiquant toute réduction du débit d'air.	O	O	O	O	O	O	S.O.
H7	Les systèmes d'évacuation pour les hottes ou les cellules de haute activité devraient être munis de filtres, de réservoirs de stockage aux fins de désintégration des gaz ou d'autres dispositifs appropriés aux activités et aux types de substances nucléaires utilisées, afin d'éliminer ou de réduire les rejets dans l'environnement.	O	O	O	O	O	O	S.O.
H8	La vitesse frontale minimale de la hotte devrait être supérieure à la vitesse des courants d'air dans la salle afin d'empêcher que toute radioactivité en suspension dans l'air ne	O	O	O	O	O	O	S.O.

	s'échappe de la hotte.							
H9	Les systèmes d'économie d'énergie des hottes automatiques (qui réduisent automatiquement le débit en fonction d'un horaire préétabli) devraient comprendre un dispositif de contournement local en cas d'utilisation de la hotte en dehors des heures habituelles.	O	O	O	O	O	O	S.O.
H10	Aucun autre dispositif de ventilation (ventilateur ou système de filtration portatif) ne devrait nuire au rendement de la hotte ou de la cellule de haute activité.	O	O	O	O	O	O	S.O.
H11	Les hottes ou les cellules de haute activité devraient être situées à l'écart des courants d'air ou des turbulences, comme les zones à forte circulation, les portes, les fenêtres qui s'ouvrent et les dispositifs d'alimentation en air (bouches d'aération, fenêtres, etc.).	O	O	O	O	O	O	S.O.
H12	En raison de la volatilité possible de leur contenu, les hottes et les cellules de haute activité ne devraient pas être adjacentes à une sortie de la salle.	O	O	O	O	O	O	S.O.
H13	Les bouches d'aération devraient être installées ou dirigées à l'écart des hottes pour éviter toute interférence.	O	O	O	O	O	O	S.O.

Section I – Conduits, bouches d’aération et cheminées								
Caractéristique de conception		Exigence (E) ou orientation (O) du formulaire d’évaluation de la conception						
		Niveau intermédiaire	Niveau élevé	Confinement	Médecine nucléaire – radiopharmacie ≤ 50 LAI	Médecine nucléaire – radiopharmacie ≤ 500 LAI	Médecine nucléaire – radiopharmacie > 500 LAI	Médecine nucléaire – autres
11	S’assurer que tous les conduits sont faits de matériaux résistants à la corrosion et appropriés aux substances nucléaires utilisées dans la hotte ou la cellule de haute activité.	S.O.	E	E	S.O.	E	E	S.O.
12	S’assurer que tous les raccords et les joints sont suffisamment étanches pour empêcher l’infiltration des substances nucléaires dans les espaces d’air adjacents.	S.O.	E	E	S.O.	E	E	S.O.
13	Marquer clairement les conduits d’évacuation des substances nucléaires, tant sur les conduits mêmes que sur tous les plans fournis au personnel d’entretien ou aux entrepreneurs.	S.O.	E	E	S.O.	E	E	S.O.
14	Démontrer, par la modélisation de la dispersion atmosphérique ou d’autres calculs (notamment ceux établis dans le REGDOC-2.9.1), que les doses au public résultant à la fois des rejets courants et des pires scénarios prévisibles respectent le principe ALARA et ne dépasseront pas	S.O.	E	E	S.O.	E	E	S.O.

	les limites de dose applicables.							
15	On ne devrait pas utiliser de couvercles de protection contre la pluie sur les cheminées, car ils limitent la dispersion verticale.	S.O.	O	O	S.O.	O	O	S.O.
16	On devrait s'assurer que la vitesse dans la cheminée est d'au moins 1,5 fois la vitesse moyenne du vent pour éviter d'emprisonner tout rejet radioactif en aval de la cheminée.	S.O.	O	O	S.O.	O	O	S.O.
17	La vitesse de l'air évacué à la sortie de la cheminée devrait être supérieure à 5 m/s afin de réduire l'infiltration de pluie; ~90 % des gouttes de pluie tombent à une vitesse inférieure à cette valeur.	S.O.	O	O	S.O.	O	O	S.O.
18	On devrait s'assurer que la hauteur de la cheminée est d'au moins 3,0 m au-dessus du point le plus élevé de toute ligne de toit adjacente. Le haut de la cheminée devrait être supérieure à la hauteur de la tête afin d'éviter qu'une personne ne se penche par-dessus la cheminée.	S.O.	O	O	S.O.	O	O	S.O.
19	On devrait placer les cheminées d'évacuation ou les bouches	S.O.	O	O	S.O.	O	O	S.O.

	d'aération sur le toit le plus loin possible et sous le vent dominant par rapport à toute prise d'air pour empêcher la recirculation des substances nucléaires rejetées.							
I10	À l'endroit où la cheminée est située sur le toit, on devrait poser un panneau d'avertissement comportant les coordonnées de la personne-ressource.	S.O.	O	O	S.O.	O	O	S.O.

Section J - Conception de la hotte								
Caractéristique de conception		Exigence (E) ou orientation (O) du formulaire d'évaluation de la conception						
		Niveau intermédiaire	Niveau élevé	Confinement	Médecine nucléaire – radiopharmacie ≤ 50 LAI	Médecine nucléaire – radiopharmacie ≤ 500 LAI	Médecine nucléaire – radiopharmacie > 500 LAI	Médecine nucléaire – autres
J1	Utiliser des hottes faites d'un matériau lisse, étanche, lavable et résistant aux produits chimiques.	S.O.	E	E	S.O.	E	E	S.O.
J2	Utiliser des hottes conçues pour confiner les déversements afin que ceux-ci ne puissent pas se propager facilement au-delà de leurs surfaces intérieures.		E	E		E	E	
J3	Choisir les hottes en fonction de leur caractéristique adéquate pour le travail prévu.		E	E		E	E	
J4	Les coins à l'intérieur des hottes devraient être arrondis pour faciliter la décontamination et le nettoyage.		O	O		O	O	
J5	Les hottes devraient être étiquetées de manière à marquer clairement les raccords à un ventilateur ou un système de ventilation précis.		O	O		O	O	

Section K - Conception de la cellule chaude								
Caractéristique de conception		Exigence (E) ou orientation (O) du formulaire d'évaluation de la conception						
		Niveau intermédiaire	Niveau élevé	Confinement	Médecine nucléaire – radiopharmacie ≤ 50 LAI	Médecine nucléaire – radiopharmacie ≤ 500 LAI	Médecine nucléaire – radiopharmacie > 500 LAI	Médecine nucléaire – autres
K1	Utiliser des cellules de haute activité faites d'un matériau lisse, étanche, lavable et résistant aux produits chimiques.	S.O.	S.O.	E	S.O.	S.O.	E	S.O.
K2	Utiliser des cellules de haute activité conçues pour contenir les déversements afin que ceux-ci ne puissent pas se propager facilement au-delà de leurs surfaces intérieures.	S.O.	S.O.	E	S.O.	S.O.	E	S.O.
K3	Choisir les cellules de haute activité en fonction de leur pertinence pour le travail prévu.	S.O.	S.O.	E	S.O.	S.O.	E	S.O.
K4	Munir les cellules de haute activité de bras télécommandés pour manipuler à distance les objets à l'intérieur.	S.O.	S.O.	E	S.O.	S.O.	E	S.O.
K5	Les cellules de haute activité devraient être munies d'un dispositif permettant de transférer la radioactivité à l'intérieur et à l'extérieur en toute sûreté. Par exemple, les solutions radioactives peuvent être pompées à l'arrière de la cellule de haute activité par des canalisations de transfert provenant d'un	S.O.	S.O.	O	S.O.	S.O.	O	S.O.

	accélérateur qui produit des substances nucléaires. Une fois que la matière radioactive est traitée, elle devrait être placée dans un contenant blindé pour être transférée à l'extérieur de la cellule de haute activité, généralement par un tiroir situé sur le côté de la cellule de haute activité.							
K6	Le couvercle du contenant blindé devrait être solidement fixé au corps du contenant lorsqu'il est encore à l'intérieur de la cellule chaude. Un blindage devrait être placé entre toute radioactivité non traitée et les mains de la personne qui retire le contenant blindé de la cellule de haute activité.	S.O.	S.O.	O	S.O.	S.O.	O	S.O.
K7	Les cellules de haute activité sont munies d'une fenêtre permettant l'observation des procédés exécutés à l'intérieur. La fenêtre devrait disposer d'un blindage équivalent à celui des parois de la cellule de haute activité. Dans les cellules de haute activité modernes, les fenêtres sont généralement faites en verre au plomb.	S.O.	S.O.	O	S.O.	S.O.	O	S.O.
K8	Des moniteurs de détection de rayonnement devraient être installés à	S.O.	S.O.	O	S.O.	S.O.	O	S.O.

<p>l'intérieur des cellules chaudes de haute activité. Ces dispositifs sont particulièrement importants pour protéger le personnel qui pourrait devoir ouvrir la cellule de haute activité pour y installer, modifier ou réparer de l'équipement.</p>					
---	--	--	--	--	--

Glossaire

Les définitions des termes utilisés dans le présent document figurent dans le [REGDOC-3.6, Glossaire de la CCSN](#), qui comprend des termes et des définitions tirés de la [Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires](#), de ses règlements d'application ainsi que des documents d'application de la réglementation et d'autres publications de la CCSN. Le REGDOC-3.6 est fourni à titre de référence et pour information.

Références

La CCSN peut inclure des références à des documents sur les pratiques exemplaires et les normes, comme celles publiées par le Groupe CSA. Avec la permission du Groupe CSA, qui en est l'éditeur, toutes les normes de la CSA associées au nucléaire peuvent être consultées gratuitement à partir de la page Web de la CCSN « [Comment obtenir un accès gratuit à l'ensemble des normes de la CSA associées au nucléaire](#) ».

1. Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN). Projet de REGDOC-1.4.1, [Guide de présentation d'une demande de permis : Installations nucléaires et équipement réglementé de catégorie II](#), Ottawa, Canada.
2. CCSN. [REGDOC-1.6.1, Guide de présentation d'une demande de permis : Substances nucléaires et appareils à rayonnement](#), Ottawa, Canada.
3. [Commission internationale de protection radiologique \(CIPR\)](#).
4. CCSN. [REGDOC-2.9.1, Protection de l'environnement : Principes, évaluations environnementales et mesures de protection de l'environnement](#), Ottawa, Canada.
5. Groupe CSA. [N288-1-14, Guide de calcul des limites opérationnelles dérivées de matières radioactives dans les effluents gazeux et liquides durant l'exploitation normale des installations nucléaires](#), 2014.
6. CCSN. [REGDOC-2.7.1, Radioprotection](#), Ottawa, Canada.
7. National Council on Radiation Protection and Measurements. NCRP Report n° 151 : [Structural blindage design and evaluation for megavoltage x- and gamma-ray radiotherapy installations](#), Maryland, United States, 2005.
8. CCSN. [Livret d'information sur les radionucléides](#), Ottawa, Canada.
9. Madsen, Mark, et al. [AAPM Task Group 108 : TEP/CT Blindage Requirements](#), *Medical Physics* 33, 1 (janvier 2006) : 4-15.
10. Paul T. Willis, Frank Marks et John Gottschalck. *Rain Drop Size Distributions and Radar Rain Measurements in South Florida*, 2006.
11. Foote, G.B. et Du Toit, P.S. [Terminal Velocity of Raindrops Aloft](#). *Journal of App. Meteorology and Climatology*, Vol. 8, n° 2.

Renseignements supplémentaires

Les documents suivants fournissent des renseignements supplémentaires qui peuvent être pertinents et utiles pour comprendre les exigences et les orientations fournies dans le présent document d'application de la réglementation :

- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). *Method of Testing Performance of Laboratory Fume Hoods*, ANSI/ASHRAE 110-2016, Atlanta, 2016.
- ASTM International. C 1533-02 *Standard Guide for General Design Considerations for Hot Cell Equipment*, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2007.
- ASTM International. C 1554-18 *Standard Guide for Materials Handling Equipment for Hot Cells*, West Conshohocken, PA, 2018.
- ASTM International. C 1572-18 *Standard Guide for Dry Lead Glass and Oil-Filled Lead Glass Radiation Shielding Window Components for Remotely Operated Facilities*, West Conshohocken, PA, 2018.
- ASTM International. C 1615-05 *Standard Guide for Mechanical Drive Systems for Remote Operation in Hot Cell Facilities*, West Conshohocken, PA, 2005.
- ASTM International. C 1217-00 *Standard Guide for Design of Equipment for Processing Nuclear and Radioactive Materials*, West Conshohocken, PA, 2020.
- Diberardinis, J., Baum, J., First, M., Gatwood, G. et Seth A. *Guidelines for Laboratory Design : Health and Safety Considerations*, John Wiley and Sons Inc. 2001.
- European Committee for Standardization. BS EN 12469:2000 *Biotechnology-Performance Criteria for Microbiological Safety Cabinets*, 2000.
- Furr, A. Keith. *CRC Handbook of Laboratory Safety*, 5^e édition, CRC Press, 2000.
- Santé Canada. *Lignes directrices en matière de biosécurité en laboratoire*, 3^e édition, 2004.
- Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA). TRS-468, *Cyclotron Produced Radionuclides: Physical Characteristics and Production Methods*, Vienne, 2009.
- AIEA. RS-G-1.7, [Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance](#), Vienne, 2004.
- AIEA. TECDOC-1000, [Clearance of Materials Resulting From the Use of Radionuclides in Medicine, Industry and Research](#), Vienne, 1998.

Séries de documents d'application de la réglementation de la CCSN

Les installations et activités du secteur nucléaire du Canada sont réglementées par la CCSN. En plus de la *Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires* et de ses règlements d'application, il pourrait y avoir des exigences en matière de conformité à d'autres outils de réglementation, comme les documents d'application de la réglementation ou les normes.

Les documents d'application de la réglementation préparés par la CCSN sont classés en fonction des catégories et des séries suivantes :

1.0 Installations et activités réglementées

- Séries
- 1.1 Installations dotées de réacteurs
 - 1.2 Installations de catégorie IB
 - 1.3 Mines et usines de concentration d'uranium
 - 1.4 Installations nucléaires de catégorie II
 - 1.5 Homologation d'équipement réglementé
 - 1.6 Substances nucléaires et appareils à rayonnement

2.0 Domaines de sûreté et de réglementation

- Séries
- 2.1 Système de gestion
 - 2.2 Gestion de la performance humaine
 - 2.3 Conduite de l'exploitation
 - 2.4 Analyse de la sûreté
 - 2.5 Conception matérielle
 - 2.6 Aptitude fonctionnelle
 - 2.7 Radioprotection
 - 2.8 Santé et sécurité classiques
 - 2.9 Protection de l'environnement
 - 2.10 Gestion des urgences et protection-incendie
 - 2.11 Gestion des déchets
 - 2.12 Sécurité
 - 2.13 Garanties et non-prolifération
 - 2.14 Emballage et transport

3.0 Autres domaines de réglementation

- Séries
- 3.1 Exigences relatives à la production de rapports
 - 3.2 Mobilisation du public et des Autochtones
 - 3.3 Garanties financières
 - 3.4 Délibérations de la Commission
 - 3.5 Processus et pratiques de la CCSN
 - 3.6 Glossaire de la CCSN

Remarque : Les séries de documents d'application de la réglementation pourraient être modifiées périodiquement par la CCSN. Chaque série susmentionnée peut comprendre plusieurs documents d'application de la réglementation. Pour obtenir la plus récente [liste de documents d'application de la réglementation](#), veuillez consulter le site Web de la CCSN.