



Conception matérielle

Conception des installations de gammagraphie industrielle

REGDOC-2.5.5

Mars 2018



Conception des installations de gammagraphie industrielle

Document d'application de la réglementation REGDOC-2.5.5

© Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) 2018

N° de cat. CC172-189/2018F-PDF

ISBN 978-0-660-25775-4

La reproduction d'extraits du présent document à des fins personnelles est autorisée à condition que la source soit indiquée 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 Industrial Radiography Installations

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 (Canada seulement)

Télécopieur : 613-995-5086

Courriel : info@cnscccsn.gc.ca

Site Web : suretenucleaire.gc.ca

Facebook : facebook.com/Commissioncanadiennedesuretenucleaire

YouTube : youtube.com/ccsnccsc

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

LinkedIn : linkedin.com/company/cnsc-ccsn

Historique de publication

Mars 2018

Édition 1.0

Préface

Ce document d'application de la réglementation fait partie de la série de documents d'application de la réglementation de la CCSN intitulée Conception matérielle, qui porte également sur la conception des mines et usines de concentration d'uranium, des installations dotées de réacteurs, des laboratoires de substances nucléaires et des salles de médecine nucléaire. La liste complète des séries figure à la fin de ce document et elle peut être consultée à partir du [site Web de la CCSN](#).

La gammagraphie industrielle consiste en l'utilisation de sources scellées renfermant des substances nucléaires présentant un risque important, le plus souvent du cobalt 60, de l'iridium 192 et du sélénium 75, pour évaluer la structure interne et l'intégrité des métaux et d'autres matériaux dans les pipelines, les soudures, les moulages et les structures des bâtiments.

Une installation de gammagraphie est une enceinte, une cellule ou une voûte blindée spécialement conçue pour la gammagraphie. Ces installations peuvent être très efficaces pour éviter ou réduire le plus possible les doses reçues par les opérateurs et les personnes se trouvant à proximité. Les installations de gammagraphie peuvent également offrir un niveau de sûreté supplémentaire en empêchant l'accès non autorisé durant l'exploitation.

Le REGDOC-2.5.5, *Conception des installations de gammagraphie industrielle*, fournit de l'orientation sur la conception des installations de gammagraphie. Ces renseignements aideront les personnes à concevoir et à construire des installations pouvant être utilisées en toute sécurité. Ils permettront aussi de s'assurer que les doses reçues par les opérateurs d'appareil d'exposition accrédités, les travailleurs et toutes les personnes se trouvant à proximité des travaux en cours se situent à l'intérieur des limites réglementaires et sont maintenues au niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre.

Table des matières

1.	Introduction.....	1
1.1	Objet	1
1.2	Portée	1
1.3	Législation pertinente	2
2.	Principes généraux en matière de conception	3
3.	Mesures d'ingénierie.....	4
3.1	Contrôles de l'exposition au rayonnement.....	4
3.1.1	Distance	4
3.1.2	Blindage.....	5
3.1.3	Effet de ciel.....	6
3.2	Considérations structurales	7
3.2.1	Murs, planchers, toiture et portes.....	7
3.2.2	Services.....	9
3.2.3	Ouvertures, pénétrations et excavations	9
3.3	Accessibilité.....	10
3.3.1	Dimensions et poids des appareils d'exposition	10
3.3.2	Dimensions et poids des matériaux à examiner	10
3.4	Mesures de sécurité.....	10
4.	Contrôles administratifs.....	12
4.1	Imposition de limites concernant le type et l'activité maximale des substances nucléaires.....	12
4.2	Usage restreint des zones adjacentes à l'installation de gammagraphie	12
4.2.1	Ajustement de la charge de travail.....	13
4.2.2	Contrôle de l'occupation des zones avoisinantes.....	13
4.2.3	Limitation de la position et de la direction de la source dans l'installation de gammagraphie.....	15
4.3	Contrôle de la présence de personnes avant l'exposition	15
5	Construction.....	16
6	Mise en service.....	16
7	Exploitation	17
7.1	Examens et entretien de routine	17

7.2	Évaluation permanente de la conception	18
Annexe A :	Calcul des doses.....	19
A.1	Méthode en cinq étapes.....	19
A.2	Exemple de calcul des doses.....	23
Glossaire.....		27
Références		28
Renseignements complémentaires.....		29

Conception des installations de gammagraphie industrielle

1. Introduction

La gammagraphie industrielle est une méthode non destructive permettant de détecter la présence de défauts dans les matériaux par l'examen de la structure de soudures, de moulages et de composants de bâtiments. Le personnel accrédité utilise des appareils d'exposition homologués renfermant des substances nucléaires scellées de haute activité.

Les activités de gammagraphie industrielle ont lieu à divers endroits et dans différentes conditions environnementales. Les travaux sont réalisés à l'intérieur de bâtiments dans des conditions contrôlées ainsi que sur le terrain, dans des conditions météorologiques défavorables. Les titulaires de permis doivent assurer la mise en place de mesures efficaces pour limiter l'exposition au rayonnement de toute personne en raison des activités de gammagraphie, quel que soit l'endroit où elles sont menées.

Dans la mesure du possible, l'équipement de gammagraphie industrielle devrait être utilisé à l'intérieur d'une installation de gammagraphie industrielle afin de protéger les travailleurs et de réduire le plus possible l'exposition de toute autre personne au rayonnement.

Les principes de conception décrits dans les sections qui suivent permettront de s'assurer que l'installation de gammagraphie fonctionne comme prévu et offre le niveau de sécurité nécessaire pour contrôler les expositions au rayonnement.

Les installations de gammagraphie doivent respecter tous les codes de sécurité applicables à l'échelle nationale, provinciale, territoriale et municipale, y compris ceux concernant les bâtiments et la prévention des incendies. L'orientation fournie par le présent document d'application de la réglementation ne remplace pas les exigences de quelque autre autorité compétente que ce soit.

1.1 Objet

Le présent document d'application de la réglementation fournit de l'orientation sur la conception d'une installation de gammagraphie industrielle.

1.2 Portée

L'orientation présentée s'applique à la conception d'installations de gammagraphie industrielle pour l'utilisation de substances nucléaires scellées, y compris les installations ne se trouvant pas sous le contrôle direct d'opérateurs d'appareil d'exposition accrédités (OAEA) menant les activités de gammagraphie (par exemple, lorsqu'un OAEA exerce des activités autorisées à un atelier de fabrication).

Le présent document ne s'applique pas à la conception d'installations pour :

- l'utilisation de substances nucléaires scellées réglementées en vertu du [Règlement sur les installations nucléaires et l'équipement réglementé de catégorie II](#)
- la neutronographie

Les provinces et territoires réglementent l'utilisation des générateurs de rayons X pour la gammagraphie industrielle. La conception d'installations pour leur utilisation ne fait pas l'objet du présent document.

Le REGDOC-2.5.5 aborde les caractéristiques de conception qui améliorent la sûreté et la sécurité nucléaires. Pour d'autres considérations relatives à la santé, à la sûreté et à l'environnement, il pourrait être nécessaire de respecter des principes directeurs additionnels.

1.3 Législation pertinente

Les dispositions suivantes des règlements pris en vertu de la *Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires* s'appliquent au présent document :

1. L'alinéa 12(1)c) du *Règlement général sur la sûreté et la réglementation nucléaires* stipule que : « Le titulaire de permis :
 - c) prend toutes les précautions raisonnables pour protéger l'environnement, préserver la santé et la sécurité des personnes et maintenir la sécurité des installations nucléaires et des substances nucléaires; ... »
2. L'alinéa 3(1)d) du *Règlement sur les substances nucléaires et les appareils à rayonnement* (RSNAR) énonce que : « La demande de permis visant une substance nucléaire ou un appareil à rayonnement, autre qu'un permis d'entretien d'un appareil à rayonnement, comprend ... d) l'emplacement proposé pour l'activité que visera le permis, de même qu'une description du lieu; ».
3. L'article 24 du RSNAR stipule ce qui suit : « Il est interdit à quiconque de faire fonctionner un appareil d'exposition à moins d'être un opérateur d'appareil d'exposition accrédité ou un stagiaire agissant sous la surveillance directe et continue d'un tel opérateur. »
4. Le paragraphe 30(6) du RSNAR prévoit que : « Le titulaire de permis limite à 0,1 mSv par semaine et à 0,5 mSv par année la dose de rayonnement que reçoit une personne, autre qu'un travailleur du secteur nucléaire, en raison de la possession ou de l'utilisation d'un appareil d'exposition. »
5. Les alinéas 31(1)i), j) et k) du RSNAR indiquent que : « L'opérateur d'un appareil d'exposition :
 - i) limite à 0,1 mSv par semaine et à 0,5 mSv par année la dose de rayonnement que reçoit toute personne, autre qu'un travailleur du secteur nucléaire, en raison de la possession ou de l'utilisation de l'appareil d'exposition;
 - j) place des personnes ou érige des barrières pour interdire l'accès à toute zone où le débit de dose de rayonnement est supérieur à 0,1 mSv par heure en raison de la possession ou de l'utilisation de l'appareil d'exposition;
 - k) pose un nombre suffisant de panneaux durables et lisibles sur lesquels figurent le symbole de mise en garde contre les rayonnements figurant à l'annexe 3 du *Règlement sur la radioprotection* et la mention « RAYONNEMENT — DANGER — RADIATION » pour interdire l'accès à toute zone où le débit de dose de rayonnement est supérieur à 0,1 mSv par heure en raison de la possession ou de l'utilisation de l'appareil d'exposition; »
6. L'article 4 du *Règlement sur la radioprotection* stipule ce qui suit : « Le titulaire de permis met en œuvre un programme de radioprotection et, dans le cadre de ce programme :
 - a) maintient le degré d'exposition aux produits de filiation du radon ainsi que la dose efficace et la dose équivalente qui sont reçues par la personne, et engagées à son égard, au niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre, compte tenu des facteurs économiques et sociaux, par :
 - (i) la maîtrise des méthodes de travail par la direction,

- (ii) les qualifications et la formation du personnel,
 - (iii) le contrôle de l'exposition du personnel et du public au rayonnement,
 - (iv) la préparation aux situations inhabituelles;
- b) détermine la quantité et la concentration des substances nucléaires rejetées par suite de l'exercice de l'activité autorisée :
- (i) par mesure directe résultant du contrôle,
 - (ii) par évaluation, lorsque le temps et les ressources exigés pour une mesure directe sont trop importants par rapport à son utilité. »
7. L'article 21 du *Règlement sur la radioprotection* stipule ce qui suit : « Le titulaire de permis place et maintient aux limites et à chaque point d'accès d'une zone, d'une pièce ou d'une enceinte un panneau durable et lisible portant le symbole de mise en garde contre les rayonnements figurant à l'annexe 3 et la mention « RAYONNEMENT — DANGER — RADIATION » dans les cas suivants :
- a) il s'y trouve des substances nucléaires radioactives en quantité supérieure à 100 fois la quantité d'exemption;
 - b) il y a un risque vraisemblable qu'une personne s'y trouvant soit exposée à un débit de dose efficace supérieur à 25 $\mu\text{Sv/h}$. »

2. Principes généraux en matière de conception

Les principes de conception des installations de gammagraphie industrielle sont fondés sur l'exigence voulant que tous les opérateurs et titulaires de permis d'appareil d'exposition doivent veiller à ce que toute exposition au rayonnement causée par des activités de gammagraphie demeure en deçà des limites fixées par les règlements pris en vertu de la *Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires*. De plus, tous les efforts possibles doivent être déployés pour réduire les expositions et les doses au niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre (principe ALARA), conformément aux exigences de l'alinéa 4a) du *Règlement sur la radioprotection*. Pour de plus amples renseignements sur le principe ALARA, veuillez consulter le guide d'application de la réglementation de la CCSN G-129, révision 1, *Maintenir les expositions et les doses au « niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre (ALARA) »* [1]. Les titulaires de permis et les opérateurs d'appareils d'exposition accrédités (OAEA) sont tenus de limiter à 0,1 mSv par semaine et à 0,5 mSv par année la dose de rayonnement que reçoit toute personne, autre qu'un travailleur du secteur nucléaire (TSN).

La conception d'une installation de gammagraphie comprend la prise en considération de facteurs autres que ceux manifestement liés à la réduction de l'exposition au rayonnement. Tous les facteurs pertinents, y compris la charge de travail, l'accessibilité et les facteurs structuraux et économiques, devraient être pris en considération durant la phase de conception de l'installation de gammagraphie. L'évaluation de ces facteurs contribuera à garantir que le produit final est efficace et peut être utilisé aisément et en toute sécurité par les OAEA, tout en assurant la protection nécessaire de toute autre personne se trouvant à proximité des activités de gammagraphie. Ces facteurs devraient être évalués pour les besoins présents et à venir des personnes utilisant l'installation.

Il existe deux méthodes permettant de limiter le plus possible l'exposition au rayonnement : l'application de mesures d'ingénierie (blindage, emplacement, etc.) et l'application de contrôles administratifs (p. ex. limiter l'activité des substances nucléaires de la source scellée, restreindre l'accès à l'installation et le temps passé à proximité de celle-ci). La conception d'une installation de gammagraphie devrait, dans la mesure du possible, privilégier l'utilisation de mesures d'ingénierie. Des contrôles administratifs, qui doivent être constamment appliqués, peuvent servir de contrôles supplémentaires lorsque les mesures d'ingénierie sont insuffisantes ou ne sont pas

applicables. Par exemple, il est préférable d'établir une zone d'exclusion permanente intégrée à la conception plutôt que d'établir un système de barrières qui doit être surveillé par une ou plusieurs personnes.

Les mesures d'ingénierie comprennent :

- les contrôles de l'exposition au rayonnement
 - la distance
 - le blindage
- les considérations structurales
 - les murs, la toiture, les portes ou accès
 - le plancher
 - les services (d'électricité, d'eau, d'égout, pneumatiques, hydrauliques, etc.)
 - les ouvertures et les pénétrations dans les murs
- l'accessibilité
 - les dimensions et le poids des appareils d'exposition
 - les dimensions et la forme des matériaux à examiner
- les mesures de sécurité

Les contrôles administratifs comprennent :

- l'imposition de limites sur le type et l'activité des substances nucléaires
- l'usage restreint des zones adjacentes à l'installation de gammagraphie
- l'ajustement de la charge de travail (y compris les considérations relatives à la période de la journée)
- le contrôle de l'occupation des zones avoisinantes
- la limitation de la position et de la direction de la source dans l'installation
- le contrôle de la présence de personnes avant l'exposition

Le propriétaire de l'installation de gammagraphie devrait s'assurer que les panneaux de sécurité appropriés, les avis, les barrières et les documents connexes concernant tout contrôle administratif soient à la disposition de toutes les personnes qui auront besoin de connaître les limites de sécurité particulières imposées, y compris les opérateurs utilisant l'installation ou toute autre personne pouvant pénétrer dans la zone.

3. Mesures d'ingénierie

La conception de l'installation de gammagraphie devrait intégrer les mesures d'ingénierie qui suivent pour s'assurer que les limites de dose prescrites seront respectées et que toutes les expositions sont maintenues au niveau ALARA.

3.1 Contrôles de l'exposition au rayonnement

3.1.1 Distance

Le fait de modifier la distance entre la source de rayonnement et la position du détecteur de rayonnement entraînera des changements importants au niveau de l'exposition au rayonnement, car l'exposition est inversement proportionnelle au carré de la distance par rapport à la source. Par exemple, en supposant que les autres variables demeurent constantes, le fait de doubler la distance par rapport à la source de rayonnement permettra de réduire par quatre la dose de rayonnement. Lors de la planification de la conception et de l'emplacement, les installations de

gammagraphie industrielle devraient être situées aussi loin que possible des lieux de travail et des endroits qui seraient vraisemblablement occupés quand des activités de gammagraphie ont cours.

La conception de l'installation devrait faciliter la capacité d'utiliser la longueur totale du câble de commande de chaque appareil d'exposition utilisé et ne devrait pas gêner ou restreindre l'utilisation de tout équipement nécessaire en cas d'incident, comme lors de la récupération de sources.

3.1.2 Blindage

L'utilisation de blindage autour de la source de rayonnement permettra de réduire les expositions au rayonnement et, par conséquent, toute dose de rayonnement qui en résulte. En général, pour tout matériau donné, plus le blindage placé entre la personne et la source est épais, plus l'exposition de cette personne au rayonnement est faible. Le choix du blindage dépend de la quantité et de l'énergie du rayonnement à absorber et comporte généralement des considérations d'ordre structural et économique. Les substances nucléaires utilisées en gammagraphie industrielle peuvent émettre des rayons gamma de haute énergie de sorte que ces substances nucléaires nécessitent des épaisseurs importantes de plomb ou de béton pour réduire les niveaux de rayonnement à des niveaux acceptables.

Le blindage d'une installation de gammagraphie devrait être conçu en se fondant sur l'activité maximale prévue de chaque substance nucléaire qui sera utilisée dans l'installation.

Pour chaque substance nucléaire donnée, le débit de dose est directement proportionnelle à l'activité de la source et ce rapport est représenté par une valeur appelée la constante du rayonnement gamma.

Le tableau 1 présente les valeurs de la constante du rayonnement gamma exprimées en microsieverts par heure ($\mu\text{Sv/h}$) à 1 mètre par gigabecquerel (GBq) d'activité d'un isotope. Ces valeurs sont tirées du document intitulé *Conversion Coefficients for Radiological Protection Quantities for External Radiation Exposures* [2], publié par la Commission internationale de protection radiologique, et du document intitulé *Joint Evaluated Fission and Fusion File (JEFF)* 3.1 publié par Nucleonica GmbH [3].

Tableau 1 : Valeurs de la constante du rayonnement gamma des substances nucléaires couramment utilisées en gammagraphie industrielle

Substance nucléaire	Valeur de la constante du rayonnement gamma ($\mu\text{Sv/h}$ par GBq à 1 m)
Cobalt 60	305
Iridium 192	117
Césium 137	78
Sélénium 75	56
Ytterbium 169	52

La constante du rayonnement gamma et l'activité connue de la substance nucléaire peuvent être utilisées pour calculer l'exposition potentielle au rayonnement des personnes se trouvant à proximité de la substance nucléaire. Par exemple, il est possible de déterminer qu'une source

scellée de 10 GBq d'iridium 192 entraînera un débit de dose efficace correspondant à 1 170 $\mu\text{Sv/h}$ (ou 1,17 mSv/h) à 1 mètre de la source scellée. Des corrections doivent être appliquées lorsque la distance change et que du blindage est installé entre la source et le lieu de la mesure. Les expositions à d'autres distances de la source scellées peuvent être calculées en utilisant la loi de l'inverse des carrés¹.

Des sources de rayonnement gamma de plus haute énergie (comme le cobalt 60) exigeront plus de blindage que des sources de rayonnement gamma de plus faible énergie (comme le sélénium 75). De même, des quantités plus importantes d'une substance nucléaire particulière nécessiteront de plus grandes quantités de blindage pour réduire la dose au même niveau qu'une quantité plus faible de cette même substance nucléaire.

Le plomb et le béton constituent des types de blindage efficaces pour réduire les débits de doses liés au rayonnement gamma émis par les sources scellées utilisées en gammagraphie industrielle. Quel que soit le type de blindage utilisé, il devrait être constitué d'un matériau solide dépourvu de fissures, de trous ou de vides.

En cas d'utilisation de blocs de blindage, ces derniers devraient être disposés de manière à éviter la présence d'espaces ou de vides entre les blocs. Tout écart, vide ou espace entre les blocs de blindage devrait être rempli d'une quantité suffisante de blindage similaire ou de qualité supérieure pour assurer l'efficacité du blindage. Si au moins deux murs de blindage constitués de blocs de plomb ou de béton sont utilisés, les joints devraient être décalés pour empêcher le plus possible que le rayonnement ne traverse les murs en passant par les joints. En cas d'utilisation d'un blindage de plomb dans les murs, la feuille de plomb devrait être soutenue correctement afin d'éviter qu'elle ne se déplace ou quitte sa position initiale étant donné que le plomb a tendance à s'affaisser ou à glisser au fil du temps.

Comme le rayonnement se déplace dans toutes les directions, il faudrait envisager un blindage dans toutes les zones adjacentes, y compris au-dessus et en dessous de l'installation de gammagraphie, le cas échéant.

Si la conception ne fournit pas ou ne peut pas fournir un blindage suffisant pour respecter la limite de débit de dose² de 0,1 mSv/semaine ou 0,5 mSv/année et ne démontre pas le respect du principe ALARA, des contrôles administratifs supplémentaires, tels qu'une zone d'exclusion plus grande, devront être établis et appliqués pendant les activités de gammagraphie. Voir le guide G-129, rév. 1, *Maintenir les expositions et les doses au « niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre (ALARA) »* [1] pour de l'orientation sur l'application du principe ALARA.

L'annexe A présente une méthode de calcul des expositions au rayonnement fondée sur la conception de l'installation.

3.1.3 Effet de ciel

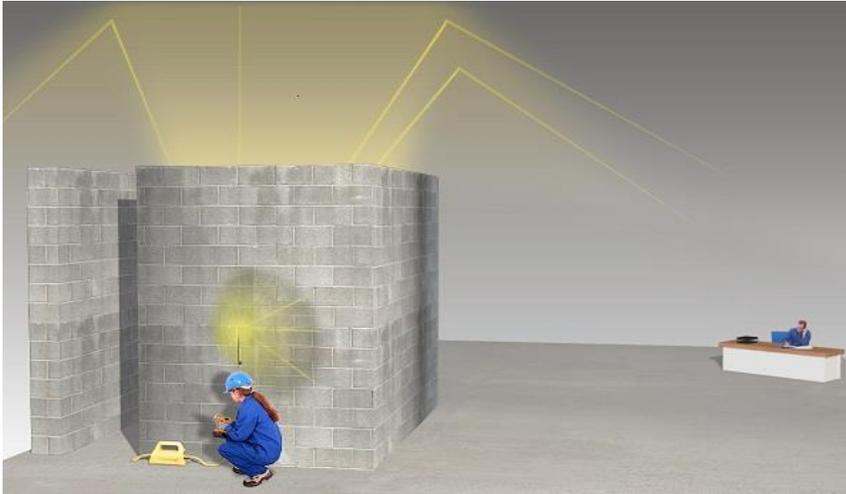
L'effet de ciel (ou « skyshine ») peut constituer une source importante d'exposition au rayonnement quand de grandes sources scellées sont utilisées sans blindage au-dessus d'elles. L'effet de ciel est le rayonnement provenant de l'installation, émis vers le haut puis réfléchi vers

¹ Pour un exemple de calculateur appliquant la loi de l'inverse des carrés, voir radprocalculator.com/InverseSquare.aspx

² La limite de débit de dose est de 0,1 mSv/semaine ou 0,5 mSv/année pour les personnes autres que les travailleurs du secteur nucléaire.

le bas par l'air (voir la figure 1). En général, les installations de gammagraphie devraient être conçues avec une toiture blindée afin de minimiser l'effet de ciel et de réduire l'exposition professionnelle des travailleurs et des autres personnes.

Figure 1 : Rayonnement émis par effet de ciel



Le débit de dose maximal de l'effet de ciel ne se produit pas nécessairement à proximité immédiate du mur blindé, mais peut atteindre une distance du mur et pourrait également atteindre tout poste de travail élevé entourant l'installation.

Lorsqu'une installation présente une toiture minimale (par exemple, pour protéger des intempéries) ou est dépourvue de blindage sur la toiture, la conception devrait tenir compte de l'exposition potentielle au rayonnement causée par l'effet de ciel.

Lorsque l'effet de ciel est une source importante d'exposition au rayonnement, la conception de la toiture devra inclure une quantité suffisante de blindage efficace. Dans ce cas, la conception de l'installation devra comprendre une structure appropriée pour soutenir le poids supplémentaire du blindage utilisé dans la toiture.

Si l'exposition à l'effet de ciel est importante, mais qu'il n'est pas pratique d'installer ou de blinder la toiture, l'accès aux zones adjacentes devrait être limité ou interdit en utilisant des mesures d'ingénierie (p. ex. des moniteurs de mise en garde contre le rayonnement), des contrôles administratifs (p. ex. accès limité à la zone) ou une combinaison des deux.

L'évaluation du potentiel d'effet de ciel d'une installation de gammagraphie est un calcul complexe et le propriétaire est encouragé à consulter un professionnel possédant l'expérience et les connaissances nécessaires pour exécuter ce travail de façon compétente.

3.2 Considérations structurales

3.2.1 Murs, planchers, toiture et portes

Comme pour n'importe quelle construction, les considérations structurales devraient être prises en compte au moment de la conception et réévaluées régulièrement durant la construction et l'exploitation de l'installation. Étant donné que les installations de gammagraphie impliquent habituellement l'utilisation d'importantes quantités de matériaux lourds tels que le blindage, elles

devraient être conçues et exploitées en tenant compte des considérations structurales. Ceci comprend notamment :

- des murs autoportants, contigus et qui ne vont pas s'écrouler
- des murs et des supports présentant une base suffisante pour empêcher tout affaissement, effondrement ou autre détérioration causée par le tassement du sol
- des supports ou des fondations adéquatement protégés contre les effets du soulèvement dû au gel ou au gel du sol
- des planchers présentant une capacité suffisante pour résister aux charges statiques et dynamiques qui seront imposées par le poids du blindage exigé pour les murs et les structures portantes de la toiture
- les portes qui contiennent du blindage peuvent être poussées ou tirées facilement et en toute sécurité par une seule personne
- des entrées d'une largeur et d'une hauteur suffisantes pour accueillir les personnes et l'équipement
- une toiture permettant de soutenir de manière adéquate le blindage et les autres charges nécessaires
- un recul suffisant par rapport aux limites de la propriété et des bâtiments pour permettre d'accéder aux zones de desserte adjacentes

Les ouvertures dans le blindage de l'installation de gammagraphie pour les portes d'accès du personnel et de l'équipement ne devraient pas compromettre le blindage assuré par les murs. Ceci peut exiger l'utilisation d'une porte suffisamment blindée. Cependant, si le rayonnement de l'appareil d'exposition est dirigé directement vers la porte, le blindage de la porte peut la rendre trop lourde ou trop difficile à actionner en toute sécurité. Dans la mesure du possible, l'entrée d'une installation de gammagraphie devrait être conçue en suivant un parcours indirect vers la zone où les activités de gammagraphie seront réalisées, également connu sous le nom d'« entrée de labyrinthe » (voir la figure 2). L'utilisation d'une entrée de labyrinthe minimise toute fuite de rayonnement par l'entrée de l'installation de gammagraphie et peut également réduire le besoin d'installer des couches de béton ou de plomb épaisses et lourdes dans la porte de l'installation de gammagraphie.

La présence potentielle de rayonnement diffusé à l'entrée du labyrinthe devrait être évaluée pour déterminer s'il convient d'ajouter une protection supplémentaire, telle qu'une porte blindée.

Figure 2 : Conception d'une installation de gammagraphie avec entrée de labyrinthe



L'installation de gammagraphie doit être conçue, construite et exploitée conformément à toutes les exigences fédérales, provinciales, territoriales ou municipales relatives à de telles structures. En particulier, toutes les exigences applicables des codes du bâtiment et de prévention des incendies doivent être respectées.

3.2.2 Services

La conception de l'installation de gammagraphie devrait tenir compte de la prestation des services actuels et futurs. Ceux-ci peuvent comprendre :

- le câblage électrique pour :
 - l'éclairage général et l'éclairage localisé
 - le fonctionnement des appareils d'exposition
 - le fonctionnement d'autre équipement
 - les données
 - les systèmes de contrôle
 - les systèmes d'alarme
 - les systèmes de suivi
- l'eau :
 - froide
 - chaude
 - distillée ou désionisée
 - égouts ou eaux usées
- l'air
 - le chauffage, la ventilation et la climatisation (CVC)
 - l'air comprimé
- le combustible
 - les éléments chauffants
 - l'alimentation d'autre équipement

3.2.3 Ouvertures, pénétrations et excavations

Lorsqu'un branchement ou une autre ouverture est nécessaire pour donner accès à l'intérieur de l'installation de gammagraphie, il faudrait que la conception puisse démontrer que la pénétration dans le blindage ne compromet pas le niveau prévu de protection offert par la conception du blindage. Toute pénétration dans le blindage ne devrait pas suivre une ligne droite directement dans le blindage, mais devrait traverser celui-ci sous forme d'arc ou en oblique. Toute pénétration qui doit traverser le blindage en ligne droite (tels que les conduits de CVC) devrait se faire en haut du mur de blindage ou ailleurs afin d'éviter l'exposition potentielle de toute personne se trouvant à l'extérieur de l'installation. Les espaces autour des tuyaux ou des conduits devraient être remplis de plomb ou de béton pour minimiser si possible le diamètre des pénétrations.

Lorsqu'il faut effectuer une excavation pour installer une conduite de branchement, le plancher devrait être restauré afin que la zone réparée ne compromette pas l'intégrité structurale de l'installation. Toute excavation sous le niveau du plancher devrait être remblayée avec des matériaux en quantité et de densité suffisantes pour fournir le même support structural ou un support structural meilleur que le plancher intact.

En général, les commandes destinées au réglage de l'équipement de l'installation de gammagraphie devraient être situées à l'extérieur de cette installation. Une telle disposition nécessitera une pénétration dans l'installation.

3.3 Accessibilité

3.3.1 Dimensions et poids des appareils d'exposition

La conception de l'installation devrait tenir compte des caractéristiques physiques de l'appareil d'exposition qui sera utilisé. En raison de leur petite dimension, les appareils qui utilisent de l'iridium 192 et du sélénium 75 sont moins susceptibles d'exiger une conception spéciale que les appareils d'exposition au cobalt 60, plus grands et plus lourds. Si un appareil d'exposition est difficile à manipuler ou à déplacer, la conception de l'installation devrait comprendre des mesures telles que des corridors plus larges pour permettre de déplacer et de tourner l'appareil.

La conception de l'installation devrait également tenir compte de la taille et du type d'appareils de gammagraphie et d'équipement utilisés, ainsi que des conteneurs supplémentaires ou d'autres colis éventuellement nécessaires pour remplacer la source. Par exemple, lorsqu'il n'est pas possible de retirer l'appareil d'exposition pour remplacer la source scellée, la conception de l'installation devrait permettre d'apporter dans l'installation une nouvelle source, d'ouvrir celle-ci en toute sécurité et de remplacer l'ancienne source tout en réduisant l'exposition potentielle de toute personne se trouvant à proximité.

S'il n'est pas possible de concevoir l'installation pour accueillir une variété d'appareils d'exposition susceptibles d'être utilisés, le propriétaire de l'installation de gammagraphie devra peut-être limiter les substances nucléaires utilisées, la quantité d'un isotope particulier ou les dimensions de l'appareil d'exposition.

3.3.2 Dimensions et poids des matériaux à examiner

Étant donné que la gammagraphie industrielle consiste en l'examen de l'intégrité structurale ou la disposition d'un autre objet, l'installation de gammagraphie devrait être conçue pour permettre l'entrée et la sortie des objets qu'il est prévu d'évaluer. Cela peut inclure :

- une entrée dont la conception permettra un accès aisé à l'aide de chariots, de chariots élévateurs ou d'autres moyens de transport
- des moyens d'accès par le haut pour soulever des objets à l'intérieur et à l'extérieur de l'installation de gammagraphie, y compris une grue ou un moyen de levage approprié
- une section spéciale amovible du mur ou du plafond pour permettre l'entrée et la sortie peu fréquente de tels objets sans pour autant compromettre le blindage prévu de l'installation
- un support suffisant pour les grues ou engins de levage permettant de déplacer des objets lourds ou encombrants aux fins d'examen

3.4 Mesures de sécurité

Les appareils d'exposition utilisés dans des installations de gammagraphie contiennent souvent des sources radioactives scellées à risque élevé de catégorie 1 ou 2. L'installation de gammagraphie en elle-même n'est pas assujettie au REGDOC-2.12.3, *La sécurité des substances nucléaires : sources scellées* [4]. Toutefois, si on prévoit entreposer des appareils d'exposition dans l'installation, il faut consulter les exigences du REGDOC-2.12.3.

Dans certains cas, lorsqu'un titulaire de permis utilise un appareil d'exposition exclusivement dans une installation de gammagraphie, les caractéristiques de l'installation peuvent être utilisées pour se conformer et démontrer sa conformité aux exigences du REGDOC-2.12.3 (comme le fait de prévoir des systèmes d'alarme ou des locaux de stockage sécurisés). Les OAEA sont tenus d'assurer la sécurité de l'appareil d'exposition en tout temps.

Le REGDOC-2.12.3 décrit les exigences réglementaires liées à la sécurité applicables au programme de sécurité des substances nucléaires scellées du titulaire de permis et fournit des indications générales pour aider les titulaires de permis à respecter ces exigences.

Le tableau 2 identifie les pratiques exemplaires pour l'intégration de dispositifs de sécurité dans l'installation afin de se conformer aux exigences. Ces pratiques exemplaires supposent que l'installation de gammagraphie ne sert pas à entreposer des appareils d'exposition. Si des appareils d'exposition sont entreposés dans l'installation, d'autres exigences du REGDOC-2.12.3 s'appliquent. D'autres mesures de conception, déjà mentionnées dans d'autres sections du présent document, peuvent être utilisées et sont semblables à celles proposées au tableau 2.

Tableau 2 : Pratiques exemplaires en matière de sécurité intégrée à la conception des installations de gammagraphie

Sous-section du programme de sécurité	Pratique exemplaire en matière de sécurité intégrée à la conception
Contrôle de l'accès	<ul style="list-style-type: none"> • L'accès aux appareils d'exposition se trouvant dans l'installation de gammagraphie doit être limité aux seuls utilisateurs autorisés. • L'installation de gammagraphie pourrait comprendre des mesures de contrôle de l'accès telles que des postes ou des points d'accès verrouillés à clé ou munis d'un dispositif électronique, ou permettre une surveillance visuelle constante des points d'accès lorsque les appareils d'exposition sont utilisés dans l'installation.
Système de détection d'intrusion	<ul style="list-style-type: none"> • L'installation de gammagraphie pourrait comprendre un système de détection qui informe immédiatement l'opérateur d'un accès non autorisé à l'installation. Il est également possible d'utiliser des mesures de conception équivalentes, permettant par exemple une surveillance visuelle continue.
Périmètre ou barrière physique	<ul style="list-style-type: none"> • L'installation de gammagraphie pourrait avoir des mesures de sécurité qui, lorsqu'elles sont utilisées avec un appareil d'exposition, empêchent le retrait non autorisé de l'appareil de l'enceinte. Il pourrait s'agir de cages de stockage ou de dispositifs d'attache pour les chaînes fixées à l'appareil d'exposition.
Sécurité de la zone de stockage	<ul style="list-style-type: none"> • Ne s'applique pas aux installations qui ne servent pas à stocker des appareils d'exposition. • Si un appareil d'exposition est généralement utilisé et stocké exclusivement dans l'installation de gammagraphie (c.-à-d. des appareils d'exposition au Co 60), l'installation de gammagraphie devrait alors comprendre les mesures de sécurité nécessaires conformément aux exigences du document de la CCSN REGDOC-2.12.3, <i>La sécurité des substances nucléaires : sources scellées</i> [4].
Entretien et essais	<ul style="list-style-type: none"> • Tout composant intégré à l'installation de gammagraphie à des fins liées à la sécurité devrait être entretenu conformément aux spécifications du fabricant et devrait être entretenu au moins tous les six mois.
Plan de sécurité de l'installation	<ul style="list-style-type: none"> • Si le titulaire de permis utilise des caractéristiques de l'installation de gammagraphie pour se conformer et démontrer sa conformité aux exigences du REGDOC-2.12.3, celles-ci devraient être décrites dans le

Sous-section du programme de sécurité	Pratique exemplaire en matière de sécurité intégrée à la conception
	plan de sécurité du titulaire de permis.
Sécurité de l'information	<ul style="list-style-type: none"> • Tout renseignement concernant les dispositifs de sécurité de l'installation de gammagraphie devrait être contrôlé et conservé de manière appropriée, comme dans des classeurs dont l'accès est contrôlé ou des dispositifs de stockage informatique cryptés.
Formation sur la sensibilisation à la sécurité	<ul style="list-style-type: none"> • Tous les travailleurs ou titulaires de permis qui exécutent des travaux dans une installation de gammagraphie où sont installés des dispositifs de sécurité devraient être adéquatement formés à l'utilisation de ces dispositifs.

4. Contrôles administratifs

Étant donné que les contrôles administratifs dépendent des personnes qui les respectent et y adhèrent, ils devraient compléter, mais non remplacer les mesures d'ingénierie. Les contrôles administratifs devraient être documentés dans les politiques et les procédures à l'intention de l'installation de gammagraphie. Toutes les personnes qui utilisent l'installation, qui y ont accès ou qui se trouvent à proximité de celle-ci devraient pouvoir obtenir cette documentation. Les mesures qui suivent aident à réduire l'exposition au rayonnement à l'extérieur de l'installation.

4.1 Imposition de limites concernant le type et l'activité maximale des substances nucléaires

Dès que l'installation de gammagraphie a été conçue pour des combinaisons précises de substances nucléaires et d'activité maximale, le propriétaire de l'installation devrait restreindre l'utilisation de substances nucléaires afin que les limites soient respectées. Les restrictions concernant les substances nucléaires ou l'activité maximale de chaque substance nucléaire à utiliser devraient être clairement affichées à l'extérieur de l'installation de gammagraphie.

4.2 Usage restreint des zones adjacentes à l'installation de gammagraphie

Toute pièce, zone ou enceinte adjacente à l'installation de gammagraphie représente un lieu où pourraient exister des champs de rayonnement inattendus susceptibles d'exposer d'autres personnes au rayonnement. La conception de l'installation de gammagraphie devrait tenir compte de toutes les zones adjacentes pour s'assurer que toute exposition au rayonnement soit maintenue en deçà des limites prescrites et au niveau ALARA.

Les zones adjacentes à l'installation de gammagraphie qu'il faudrait prendre en considération comprennent :

1. les zones situées sous l'installation (p. ex., le sous-sol)
2. les zones élevées qui entourent l'installation (p. ex., des bureaux surélevés)
3. les zones situées au-dessus de l'installation (toiture, zones de travail aux étages supérieurs, etc.)
4. les zones situées sur les côtés de l'installation, au même niveau
5. les propriétés avoisinantes

L'installation devrait être située dans des limites de propriété bien définies et à une distance suffisante des propriétés adjacentes pour permettre d'accéder à toutes les parties de l'installation et d'entretenir la structure et le blindage, le cas échéant.

Tous les emplacements adjacents à l'installation de gammagraphie devraient être clairement identifiés et marqués sur un plan d'aménagement de l'installation pour s'assurer qu'une attention adéquate soit accordée à la réduction des expositions au rayonnement dans ces zones. Ces emplacements devraient comprendre les zones, pièces ou enceintes servant au stockage ou qui autrement ne sont pas normalement occupées au moment de l'évaluation. Étant donné que l'usage et par conséquent l'occupation de ces emplacements peuvent changer, l'évaluation devrait tenir compte de l'exposition au rayonnement.

Compte tenu de l'exposition potentielle dans les zones adjacentes à l'installation de gammagraphie, l'OAEA devrait surveiller les expositions dans ces zones pour s'assurer que les doses de rayonnement aux personnes les occupant ne sont pas dépassées. Des panneaux de mise en garde doivent être affichés conformément aux exigences du *Règlement sur la radioprotection* et du *Règlement sur les substances nucléaires et les appareils à rayonnement*.

4.2.1 Ajustement de la charge de travail

La charge de travail devrait être déterminée en utilisant en tout temps les hypothèses les plus raisonnables pour tout travail de gammagraphie potentiel. Une charge de travail raisonnable doit être déterminée de façon hebdomadaire et annuelle.

En général, la charge de travail est exprimée en fonction du nombre d'expositions gammagraphiques effectuées par semaine ou par an et d'une estimation raisonnable de la durée moyenne de chaque exposition. Une telle information peut s'avérer utile au stade de la planification afin de s'assurer que l'emplacement offre une capacité suffisante pour mener toutes les activités de gammagraphie en toute sécurité. Il est aussi possible d'utiliser d'autres hypothèses raisonnables. L'annexe A fournit un exemple de calcul des doses basé sur la durée moyenne par exposition.

Afin d'assurer une capacité suffisante dans une installation de gammagraphie, la planification de la charge de travail devrait également tenir compte du temps nécessaire pour la préparation et le démontage de l'exposition afin d'assurer un temps et des capacités suffisants pour effectuer les travaux exigés.

Si une installation de gammagraphie est utilisée par plusieurs titulaires de permis, la conception devrait prendre en compte les activités cumulatives de tous les titulaires de permis.

La charge de travail d'une installation de gammagraphie aura peut-être besoin d'être restreinte ou autrement limitée afin de respecter les limites de dose de rayonnement applicables.

4.2.2 Contrôle de l'occupation des zones avoisinantes

La conception devrait tenir compte de l'occupation des zones avoisinantes par des personnes à plein temps ou de façon temporaire. L'occupation des zones situées à proximité de l'installation de gammagraphie pourrait changer en fonction du jour ou du moment de la journée. En outre, l'occupation des zones avoisinantes pourrait changer en fonction des saisons, lorsque certains lieux adjacents sont uniquement utilisés pendant certains mois de l'année.

Le facteur d'occupation (T) de chaque emplacement est une fraction du temps total durant lequel un champ de rayonnement est présent à un endroit particulier et où l'on peut raisonnablement s'attendre à ce qu'une personne s'y trouve. Ce facteur (≤ 1) est multiplié par la dose totale de rayonnement à cet endroit pour calculer la dose individuelle maximale que pourrait recevoir une seule personne. Des exemples de facteurs d'occupation sont présentés au tableau 3, qui peuvent servir de guide en l'absence de données adéquates concernant l'occupation. Les renseignements fournis sont tirés de la norme ANSI N43.3-2008, *Installations Using Non-Medical X-Ray and Sealed Gamma Ray Sources, Energies Up To 10 MeV* [5].

Tableau 3 : Exemples de facteurs d'occupation

Type d'occupation	Exemples	Facteur d'occupation (T)
Occupation complète	Salles de commande, chambres noires, locaux de travail, ateliers, bureaux, corridors suffisamment larges pour être utilisés comme zones de travail, salles de repos et salons couramment utilisés, logements, aires de jeu pour enfants, espace occupé dans des bâtiments adjacents	1
Occupation partielle	Corridors souvent fréquentés, mais trop étroits pour être utilisés comme bureaux, pièces de service, salles de repos et salons non utilisés couramment, ascenseurs avec opérateur, terrains de stationnement sans préposé	1/2 à 1/5
Occupation occasionnelle	Corridors peu fréquentés, cabinets trop petits pour être éventuellement occupés, toilettes, cage d'escalier, ascenseurs automatiques, espaces extérieurs uniquement empruntés par des piétons ou des véhicules à moteur	1/8 à 1/40

Il importe de connaître le régime de travail habituel des opérateurs de l'appareil d'exposition de l'installation et des personnes à proximité. Dans l'idéal, le taux d'occupation des zones entourant une installation devrait être zéro quand se déroule une activité de gammagraphie. Les activités de gammagraphie pourraient, par exemple, être prévues en dehors des heures de travail normales. Bien qu'un taux d'occupation de zéro soit idéal, il est rarement réalisable. L'opérateur de l'appareil de l'appareil d'exposition devrait vérifier l'occupation de toutes les zones adjacentes avant chaque exposition et reconfirmer qu'aucune personne n'est entrée dans les zones présentant un risque d'exposition au rayonnement.

Lors de la conception du blindage des murs, il faudrait supposer un facteur d'occupation égal à 1 pour toute propriété adjacente. Lorsque l'évaluation identifie que des lieux adjacents à l'installation de gammagraphie sont susceptibles d'être occupés, la conception de l'installation de gammagraphie devrait veiller à ce que les doses respectent les exigences réglementaires en utilisant un blindage supplémentaire et d'autres méthodes de contrôle administratif ou technique.

Quand une installation de gammagraphie se trouve à un endroit où le titulaire de permis ou le propriétaire de l'installation de gammagraphie n'exerce aucun contrôle sur l'occupation des lieux adjacents par quelque personne que ce soit, les décisions de conception devraient supposer une occupation continue de ces lieux pour s'assurer que les doses potentielles reçues à ces endroits sont en deçà des limites réglementaires et maintenues au niveau ALARA.

Comme mentionné précédemment, si le blindage ou les autres contrôles ne suffisent pas à réduire les expositions potentielles en deçà des limites prescrites, il faudrait alors imposer des restrictions

sur l'occupation des zones adjacentes à l'installation de gammagraphie pour s'assurer qu'aucune personne ne dépasse les limites d'exposition applicables. Une installation de gammagraphie peut inclure un blindage suffisant pour que la dose à toute personne se trouvant dans une zone adjacente ne dépasse pas 50 $\mu\text{Sv}/\text{année}$. Dans une telle situation, il n'est pas nécessaire d'imposer des restrictions.

L'annexe A présente une méthode de calcul des expositions au rayonnement fondée sur la conception d'une installation. L'exemple est uniquement fourni à titre d'information et démontre le type de renseignements qui pourraient être nécessaires pour cette évaluation.

4.2.3 Limitation de la position et de la direction de la source dans l'installation de gammagraphie

En général, il n'y a pas de contrôles sur l'endroit où peuvent se dérouler les expositions gammagraphiques dans une installation de gammagraphie. Par conséquent, les expositions au rayonnement en dehors d'une installation de gammagraphie peuvent augmenter ou diminuer en fonction de la distance entre la source scellée et le(s) mur(s) de blindage. En outre, le changement de direction du faisceau de rayonnement peut également avoir une incidence importante sur les expositions potentielles au rayonnement en dehors d'une installation de gammagraphie.

Lorsque la position ou la direction du faisceau peut varier, l'installation de gammagraphie devrait être conçue pour en tenir compte et devrait être construite pour la configuration représentant l'exposition potentielle la plus élevée de toute personne se trouvant en dehors de l'installation. S'il n'est pas possible de réduire l'exposition au rayonnement en dehors d'une installation de gammagraphie en raison des variations, des contrôles supplémentaires devraient être mis en place pour assurer une protection équivalente. Ces contrôles peuvent inclure la limitation des endroits dans l'installation où des activités de gammagraphie peuvent être réalisées.

4.3 Contrôle de la présence de personnes avant l'exposition

En règle générale, l'OAEA effectuant l'examen gammagraphique sera la dernière personne à quitter l'installation de gammagraphie avant de mettre la source scellée en position non blindée. Ceci suffit normalement à assurer que l'installation de gammagraphie n'est pas occupée. Toutefois, l'OAEA devrait être placé de façon à s'assurer que personne ne puisse entrer dans l'installation de gammagraphie lorsque la substance nucléaire est en position non blindée.

Conformément aux exigences réglementaires, l'OAEA doit ériger des barrières ou placer des personnes pour empêcher quiconque de pénétrer dans l'installation pendant l'exécution d'une exposition gammagraphique. Par conséquent, l'OAEA devra évaluer les risques liés à toute exposition et s'assurer que des mesures suffisantes sont en place pour empêcher l'accès à l'installation pendant l'exposition.

Une surveillance à distance de l'intérieur de l'installation de gammagraphie devrait être considérée pour s'assurer que personne ne se trouve à l'intérieur lorsque l'OAEA se prépare à mettre la source scellée en position non blindée. Il faudrait également envisager de prévoir une alarme ou des boutons d'arrêt à l'intérieur de l'installation de gammagraphie pour permettre à une personne se trouvant à l'intérieur d'avertir d'autres personnes ou d'annuler l'exposition prévue.

La conception de l'installation de gammagraphie devrait comprendre un avertisseur d'incendie ou d'autres dispositifs d'alarme en cas d'urgence pour demander du secours ou avertir d'autres personnes d'un incendie potentiel ou de toute autre situation d'urgence. Les dispositions du code

de prévention des incendies applicables établiront le besoin d'inclure tout système d'alarme nécessaire.

5. Construction

Tout changement apporté durant la construction en raison de problèmes imprévus devrait être consigné et inclus dans les dessins conformes à l'exécution. Tous les changements devraient être évalués pour s'assurer qu'ils ne compromettent pas le niveau de radioprotection et de sûreté pour lequel l'installation de gammagraphie a été conçue.

Si l'installation de gammagraphie doit être construite à l'intérieur d'un bâtiment ou d'un ouvrage existant, le bâtiment ou l'ouvrage devraient avoir la capacité structurale nécessaire pour assurer la sécurité de la construction et supporter la charge structurale finale. De plus, la capacité structurale doit être suffisante pour toute charge dynamique ou autre charge ajoutée en raison de l'exploitation de l'installation de gammagraphie (grues, machines de levage, etc.).

La construction de l'installation de gammagraphie ne doit pas avoir d'incidence sur le niveau de radioprotection prévu. En particulier, la composition, la qualité et la quantité du blindage fourni doivent être égales ou supérieures à celles initialement spécifiées.

Voici des exemples de déficiences possibles :

- méthodes de construction agressives ou rapides qui compromettent la capacité de blindage de l'installation en raison de vides excessifs dans le béton coulé
- murs en blocs creux qui ne sont pas entièrement remplis avec du mortier
- blindage dont les joints ne sont pas remplis ou finis correctement
- étendue du blindage en plomb ne correspondant pas aux spécifications des plans
- feuilles de plomb non soutenues

6. Mise en service

Pour déterminer si l'installation répond aux spécifications de conception, des essais de mise en service et des mesures des débits de dose de rayonnement devraient être effectués avant son utilisation. Si les essais montrent que l'installation ne limite pas les doses de manière appropriée, il faudrait prendre des mesures additionnelles vis-à-vis le blindage, la sûreté et la sécurité.

Des mesures devraient être prises pour vérifier l'absence de fissures, de trous ou de vides dans les murs, les planchers ou le plafond pouvant créer des zones localisées présentant des débits de dose plus élevés. Des mesures devraient également être prises pour confirmer que le blindage installé est adéquat et installé conformément à la conception initiale et que les doses attribuables à l'effet de ciel sont maintenues en deçà des limites réglementaires et conformes au principe ALARA.

Tous les essais radiologiques devraient être réalisés avec des substances nucléaires de même type et en même quantité que celles qui devraient être habituellement utilisées dans l'installation. Les valeurs des doses de rayonnement des lieux qui entourent l'installation de gammagraphie devraient être calculées en fonction de la substance nucléaire et de l'activité utilisées pour l'essai de mise en service. Une méthode permettant de calculer les doses de rayonnement en fonction de la conception de l'installation se trouve à l'annexe A. Ces valeurs prévues devraient être comparées aux valeurs des doses de rayonnement réellement observées pour déterminer s'il y a des lacunes dans la conception ou la construction du blindage de l'installation. Il faudrait en particulier confirmer que les valeurs prévues de l'effet de ciel sont dans les limites prévues et ne

dépassent pas les niveaux prescrits. Des contrôles radiologiques généraux devraient être effectués dans toutes les zones adjacentes à l'installation de gammagraphie pour confirmer l'absence de champs de rayonnement qui n'étaient pas prévus à l'étape de la conception. Un relevé de toutes les lectures devrait être conservé.

Les titulaires de permis sont tenus de s'assurer que toutes les mesures de rayonnement sont réalisées en utilisant un gammamètre approprié qui a été étalonné au cours des 12 derniers mois. Le fonctionnement du gammamètre, y compris une vérification de la pile, devrait être documenté avant d'effectuer tout contrôle radiologique.

Des avis et des panneaux de mise en garde contenant tous les renseignements nécessaires doivent être affichés dans toutes les zones où une telle signalisation est requise conformément au *Règlement sur la radioprotection*. Les informations relatives aux personnes-ressources devraient être revues de façon régulière afin de s'assurer qu'elles sont à jour et lisibles.

Une évaluation exhaustive de l'installation de gammagraphie devrait également être effectuée pour s'assurer qu'elle a été construite conformément à la conception acceptée et fonctionne comme prévu.

La mise en service devrait comprendre la mise à l'épreuve de tous les systèmes mécaniques, électriques et liés à la sûreté (tels que les commandes de mise à l'arrêt, les alarmes et les détecteurs de présence) pour vérifier qu'ils fonctionnent comme prévu.

7. Exploitation

7.1 Examens et entretien de routine

Dès que l'installation de gammagraphie est opérationnelle, il faudrait procéder à des vérifications périodiques pour s'assurer que :

- les structures du bâtiment et les éléments du blindage ne se sont pas déplacés
- le blindage ne comporte pas de séparations, de vides ou d'autres déficiences
- le blindage n'a pas été compromis ou altéré de façon à réduire son efficacité
- les systèmes de sûreté continuent de fonctionner comme conçu et prévu

Ces vérifications devraient être effectuées de façon suffisamment fréquente pour détecter tout changement susceptible de réduire l'efficacité de l'installation de gammagraphie, mais pas moins d'une fois par année civile.

Toute lacune relevée à la suite de ces examens devrait être documentée et faire l'objet d'un suivi afin de procéder à des réparations ou de remplacer des matériaux, le cas échéant. Les dossiers concernant toutes les inspections, les évaluations et les mesures prises pour corriger les lacunes identifiées devraient être conservés aux fins d'inspection de suivi et d'examen.

La présence et la lisibilité de tout panneau ou avis de mise en garde requis devraient également faire l'objet d'inspections régulières afin de s'assurer que les renseignements fournis restent à jour et disponibles. Il faudrait en particulier examiner la lisibilité et vérifier si les informations exigées au sujet des personnes-ressources sont à jour.

7.2 Évaluation permanente de la conception

L'installation de gammagraphie devrait également être évaluée de façon régulière afin de déterminer si certaines des considérations utilisées dans sa conception ont été modifiées. Il faudrait déterminer si les mesures de conception et de radioprotection restent adéquates en cas de modification aux éléments suivants :

- substance nucléaire ou activité maximale de la substance nucléaire à utiliser
- appareils d'exposition à utiliser
- endroit où les activités de gammagraphie sont effectuées dans l'installation
- niveaux d'occupation des zones adjacentes
- charge de travail et fréquence d'utilisation
- services, pénétrations ou points d'accès (installation ou enlèvement)
- éléments structuraux (y compris la détérioration et la dégradation)
- exigences réglementaires relatives à la gammagraphie industrielle

Il pourrait être nécessaire d'appliquer des mesures correctives, telles que la réduction de la quantité ou de l'activité de la substance nucléaire utilisée, l'utilisation d'une autre substance nucléaire présentant des énergies gamma plus faibles, ou la réalisation d'un plus grand nombre d'activités de gammagraphie à des moments où les travailleurs ne se trouvent pas à proximité de l'installation. Les zones occupées pourraient également être déplacées à une distance plus grande de l'installation.

Toutes les mesures correctives prises devraient être documentées et les dossiers relatifs à tout changement devraient être conservés aux fins d'examen et d'inspection plus poussés.

Annexe A : Calcul des doses

A.1 Méthode en cinq étapes

La méthode en cinq étapes qui suit peut servir à estimer les doses reçues par les personnes en raison de l'exploitation d'une installation de gammagraphie. Bien que les titulaires de permis puissent choisir ou utiliser une autre méthode, celle-ci montre le type de renseignements requis pour estimer les doses reçues par les personnes occupant les zones qui entourent une installation de gammagraphie.

1. Obtenir les dessins architecturaux ou faire un dessin précis, à l'échelle avec les dimensions de l'installation et de l'endroit où elle est située.

Les dessins doivent montrer les endroits où les substances nucléaires seront placées et les lieux occupés où des personnes pourraient être exposées au rayonnement en raison d'expositions gammagraphiques. Les zones environnantes devraient également être prises en considération.

2. Obtenir les renseignements suivants concernant l'exploitation de l'installation de gammagraphie

- le(s) lieu(x) où se dérouleront les activités de gammagraphie
- le nombre d'expositions à réaliser par année et la durée moyenne de chaque exposition
- les substances nucléaires à utiliser
- l'activité maximale de la substance nucléaire à utiliser pour chaque exposition

3. Identifier les zones occupées et les facteurs d'occupation appropriés des zones entourant l'installation ou les installations de gammagraphie

Les zones occupées se trouvant à proximité immédiate de l'installation de gammagraphie ainsi que les zones situées à l'extérieur de l'installation (p. ex. les bâtiments voisins) doivent être prises en considération. Le facteur d'occupation (T) de chaque lieu occupé est une fraction du temps durant lequel une personne occupe un endroit lorsqu'un champ de rayonnement est présent.

Un collimateur est un outil de blindage qui couvre partiellement la source de rayonnement et est un outil utile pouvant servir à prévenir ou à réduire les débits de dose dans certains lieux occupés.

4. Estimation des débits de dose de rayonnement dans chaque lieu potentiellement occupé

Trois méthodes de base sont utilisées pour estimer les débits de dose de rayonnement auxquels une personne sera exposée en raison de procédures de gammagraphie.

La première méthode consiste à prendre des mesures directes des débits de dose dans les zones environnantes, en utilisant un radiamètre suffisamment sensible et correctement étalonné. Cette méthode est généralement utile lorsqu'il s'agit d'évaluer une installation existante ou d'effectuer une analyse comparative pour concevoir une nouvelle installation très similaire à une installation existante sur le plan de l'aménagement et de la conception.

La deuxième méthode nécessite l'utilisation de dosimètres de secteur, soit des dosimètres passifs (dosimètres thermoluminescents ou des dosimètres à luminescence stimulée optiquement) ou des dosimètres actifs (dosimètres à lecture directe). Cette méthode est aussi utile lorsqu'il s'agit d'évaluer une installation existante ou lorsqu'on effectue une analyse comparative pour concevoir une nouvelle

installation très similaire à une installation existante sur le plan de l'aménagement et de la conception. Les zones où le taux d'occupation est plus élevé et celles dont les débits de dose sont plus importants devraient être prises en compte au moment de déterminer où les dosimètres de secteur sont installés. Les doses relevées par les dosimètres de secteur peuvent servir à estimer les débits de dose de rayonnement (p. ex. par semaine, par mois ou par année) selon la durée d'utilisation des dosimètres.

La troisième est une méthode mathématique qui dépend des propriétés physiques connues des substances nucléaires utilisées, de la distance de chaque zone occupée ainsi que des propriétés du blindage et de l'épaisseur des matériaux de blindage. Cette méthode peut être très utile lors de la conception d'une installation de gammagraphie.

Un logiciel commercial est disponible pour modéliser les débits de dose du rayonnement primaire et du rayonnement diffusé (y compris l'effet de ciel). De l'orientation sur la façon de calculer les débits de dose du rayonnement primaire et du rayonnement diffusé figure dans le rapport n° 151 du National Council on Radiation Protection and Measurements, *Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X- and Gamma-Ray Radiotherapy Facilities* [6].

La constante du rayonnement gamma appropriée combinée avec la couche de demi-atténuation (CDA) ou la couche d'atténuation au dixième (CAD) appropriée devrait être utilisée pour estimer les débits de dose. Une CDA1 est l'épaisseur du blindage requise pour réduire le débit de dose de moitié et une CAD1 est l'épaisseur du blindage requise pour réduire le débit de dose à un dixième.

Si l'épaisseur de blindage proposée est supérieure à la CDA1 (ou la CAD1) dans le tableau A1, une CDA2 (ou CAD2) devrait être utilisée pour calculer les épaisseurs subséquentes de blindage nécessaires, en plus des valeurs initiales. Ceci est dû à la non-linéarité de l'absorption du rayonnement gamma dans les matériaux présentés.

Le tableau A1 donne les constantes du rayonnement gamma des substances nucléaires couramment utilisées et les CDA et CAD du blindage en béton ou en plomb.

Tableau A1 : Constantes du rayonnement gamma (Γ) et couche de demi-atténuation (CDA) pour le blindage en béton et en plomb destiné aux substances nucléaires couramment utilisées

Substance nucléaire	Constante du rayonnement gamma	Couche de demi-atténuation (mm)				Couche d'atténuation au dixième (mm)			
		Béton		Plomb		Béton		Plomb	
		CDA 1	CDA 2	CDA 1	CDA 2	CAD 1	CAD 2	CAD 1	CAD 2
Ir 192	117	119	49	3,8	3,3	225	133	12	15
Cs 137	78	121	62	9,4	6,7	255	160	24	20
Co 60	305	131	81	20	14	305	211	50	40
Se 75	56	110	40	1,6	1,5	199	115	5,4	7,2
Yb 169	52	69	40	0,3	0,7	155,3	105,7	2,1	4,5

La méthode utilisée pour calculer les débits de dose dans des zones occupées situées en dehors d'une installation de gammagraphie dépend de l'épaisseur du blindage envisagée. Les trois scénarios décrits ci-dessous comportent des équations différentes permettant de calculer le débit de dose.

Scénario 1 : Si l'épaisseur du blindage est inférieure à la CDA1, le débit de dose peut être estimé en utilisant l'équation 1 pour l'endroit visé.

$$\text{Équation 1 : } R = (\Gamma \times A \times 2^{-t/CDA1}) / d^2$$

Où :

R	est le débit de dose	($\mu\text{Sv/h}$)
Γ	est la constante du rayonnement gamma de la source à 1 m	($\mu\text{Sv/h}$ par GBq)
A	est l'activité de la substance nucléaire	(GBq)
d	est la distance entre la substance nucléaire et l'emplacement	(m)
t	est l'épaisseur du blindage, dans la direction de déplacement*, de tout mur de blindage situé entre la substance nucléaire et l'emplacement	(mm)
CDA1	est l'épaisseur du blindage permettant de réduire le débit de dose sans blindage à la moitié de sa valeur initiale	(mm)

* Il convient de noter que si le rayonnement traverse un mur de blindage en oblique, l'épaisseur réelle du blindage sera supérieure à l'épaisseur du mur.

Scénario 2 : Si l'épaisseur du blindage est supérieure à la CDA1, mais inférieure à la CAD1, le débit de dose peut être estimé en utilisant l'équation 2.

$$\text{Équation 2 : } R = (\Gamma \times A \times 0,5 \times 2^{-[t-CDA1]/CDA2}) / d^2$$

Où :

R	est le débit de dose	($\mu\text{Sv/h}$)
Γ	est la constante du rayonnement gamma de la source à 1 m	($\mu\text{Sv/h}$ par GBq)
A	est l'activité de la substance nucléaire	(GBq)
d	est la distance entre la substance nucléaire et l'emplacement	(m)
t	est l'épaisseur du blindage, dans la direction de déplacement*, de tout mur de blindage situé entre la substance nucléaire et l'emplacement	(mm)
CDA1	est l'épaisseur du blindage permettant de réduire le débit de dose sans blindage à la moitié de sa valeur initiale	(mm)
CDA2	est l'épaisseur du blindage, en plus de la première CDA, permettant de réduire de nouveau le débit de dose de moitié	(mm)

Scénario 3 : Si l'épaisseur du blindage est supérieure à la CAD1, le débit de dose peut être estimé en utilisant l'équation 3.

$$\text{Équation 3 : } R = (\Gamma \times A \times 0,1 \times 10^{-[t-CAD1]/CAD2}) / d^2$$

Où :

R	est le débit de dose	($\mu\text{Sv/h}$)
Γ	est la constante du rayonnement gamma de la source à 1 m	($\mu\text{Sv/h}$ par GBq)

A	est l'activité de la substance nucléaire	(GBq)
d	est la distance entre la substance nucléaire et l'emplacement	(m)
t	est l'épaisseur du blindage, dans la direction de déplacement*, de tout mur de blindage situé entre la substance nucléaire et l'emplacement	(mm)
CAD 1	est l'épaisseur du blindage permettant de réduire le débit de dose sans blindage au dixième de sa valeur initiale	(mm)
CAD 2	est l'épaisseur du blindage, en plus de la première CAD, permettant de réduire de nouveau le débit de dose à un dixième	(mm)

5. Extrapoler les débits de dose calculés à chaque emplacement pour les doses annuelles reçues par les personnes pouvant occuper chaque zone.

Les estimations des doses annuelles calculées devraient se fonder sur la charge de travail (immédiate et future potentielle) prévue de l'installation et les facteurs d'occupation des zones occupées entourant l'installation de gammagraphie. Si les débits de dose sont obtenus en $\mu\text{Sv/h}$ à l'aide d'un radiamètre ou au moyen d'un calcul, la dose annuelle reçue par une personne exposée peut être calculée en utilisant l'équation 4.

Équation 4 : $D = N \times T \times R \times S$

Où :

D	est la dose	(μSv)
N	est le nombre maximal d'expositions gammagraphiques effectuées chaque année	
T	est le facteur d'occupation pour la personne exposée et le lieu occupé	$0 \leq T \leq 1$
R	est le débit de dose à l'endroit précis	($\mu\text{Sv/h}$)
S	est une estimation raisonnable de la durée moyenne des expositions gammagraphiques	(h)

Les estimations des doses attribuables à l'effet de ciel devraient se faire par calcul ou par mesure directe avant de procéder à des expositions gammagraphiques de routine. S'il est possible de démontrer que les doses annuelles (incluant l'effet de ciel) reçues par les travailleurs et les membres du public sont inférieures aux limites de dose et conformes au principe ALARA, on peut conclure que la conception est adéquate pour protéger les personnes occupant les zones autour de l'installation de gammagraphie.

Si les débits de dose sont obtenus au moyen d'un dosimètre de secteur, la dose annuelle reçue par une personne exposée peut être calculée en utilisant l'équation 5.

Équation 5 : $D = H \times 365,25/d \times T$

Où :

H	est la valeur indiquée par le dosimètre pour la durée de son utilisation	(μSv)
365,25	est le nombre moyen de jours dans une année	
d	est le nombre de jours pendant lesquels le dosimètre a été utilisé aux fins de surveillance d'une zone	
T	est le facteur d'occupation pour la personne exposée et l'emplacement occupé	$0 \leq T \leq 1$

La CCSN peut considérer qu'une évaluation de l'application du principe ALARA n'est pas nécessaire lorsque les doses individuelles reçues par les travailleurs du secteur nucléaire (TSN) ne dépasseront vraisemblablement pas 1 mSv par an, lorsque les doses individuelles reçues par les membres du public

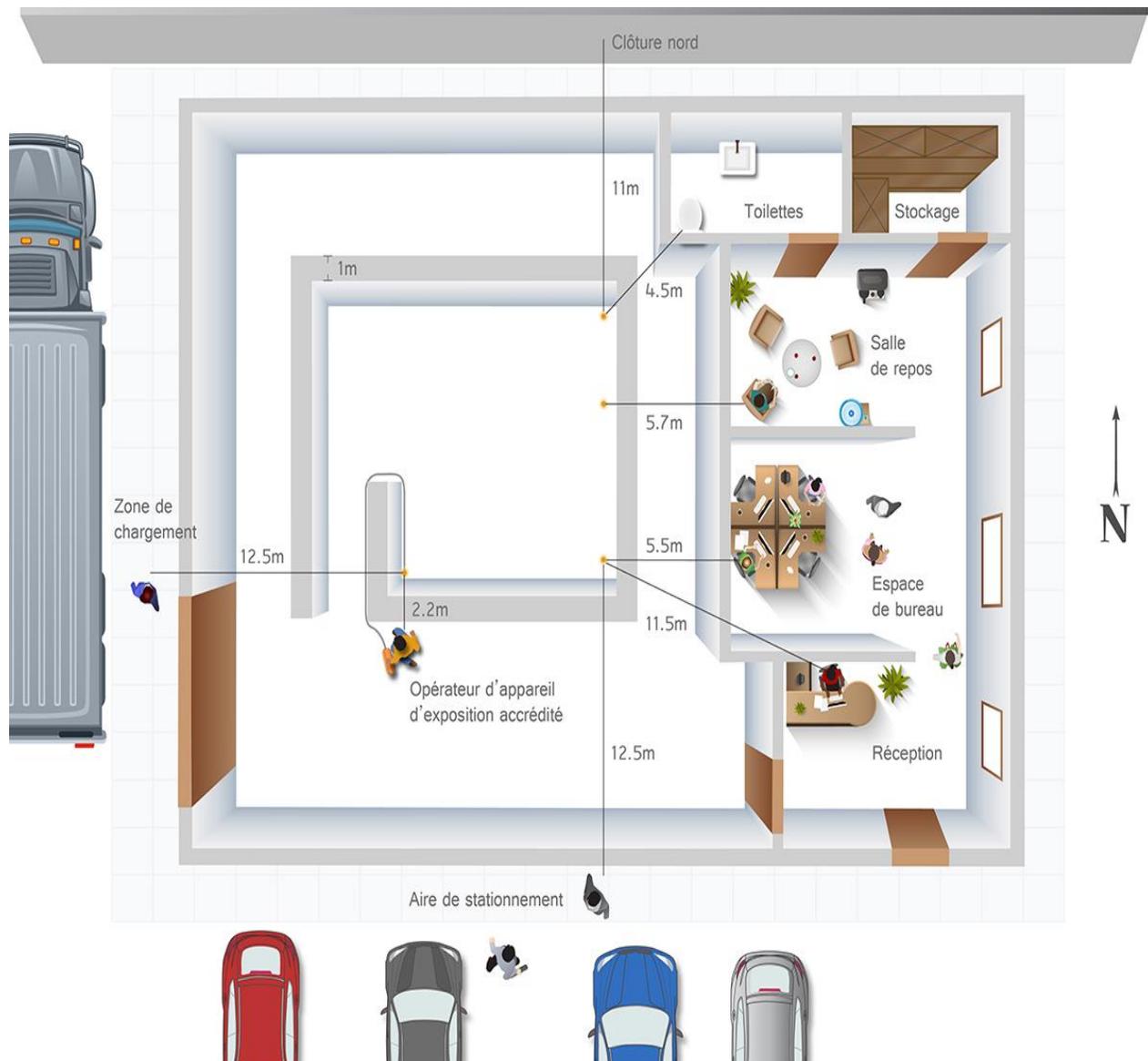
ne dépasseront probablement pas 50 μSv par an et lorsque la dose annuelle collective (reçue par les travailleurs et par le public) ne dépassera probablement pas 1 personne-Sv (comme recommandé dans le document de la CCSN G-129, rév. 1, *Maintenir les expositions et les doses au « niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre [ALARA] »* [1]).

A.2 Exemple de calcul des doses

L'exemple suivant démontre l'utilisation de la méthode en cinq étapes permettant d'estimer la dose de rayonnement reçue par une personne pour un établissement avec une installation de gammagraphie. Cet exemple considère uniquement le rayonnement primaire et ne comprend pas l'effet de ciel.

1. Dessin de l'installation, de l'établissement dans laquelle elle est située et des zones environnantes

Figure A1 : Plan du bâtiment montrant l'emplacement prévu de l'installation de gammagraphie.



2. Informations sur l'installation de gammagraphie

Les informations suivantes s'appliquent à cette l'installation de gammagraphie :

- les endroits où les substances nucléaires peuvent être présentes sont identifiés dans la figure A1
- à cette installation, un maximum de 20 procédures de gammagraphie par semaine est prévu et les activités se dérouleront uniquement pendant les heures de bureau normales (c.-à-d. un maximum de 1 040 procédures par an)
- la substance nucléaire utilisée à cette installation est le cobalt 60
- l'activité de la source s'élève à 4,07 TBq (110 Ci)

3. Identifier l'occupation et le facteur d'occupation approprié

Les endroits occupés ont été identifiés et les facteurs d'occupation ont été choisis de façon prudente. L'information est résumée au tableau A2.

Tableau A2 : Lieux occupés et facteurs d'occupation

Lieu	T	Remarques
Position de l'OAEA	1	Il y aura deux travailleurs à plein temps pouvant réaliser des activités de gammagraphie dans cette installation. La fraction exacte des expositions gammagraphiques réalisées par chaque opérateur d'appareil d'exposition est incertaine; par conséquent, l'hypothèse prudente que toutes les expositions sont effectuées par un OAEA est émise.
Réception	1	L'hypothèse prudente que le réceptionniste occupera la réception durant toutes les expositions gammagraphiques est émise. Le réceptionniste n'est pas un TSN.
Salle de repos	1/4	
Toilettes	1/16	
Espace de bureau	1	On suppose que l'espace de bureau le plus proche de la source sera occupé par un travailler qui n'est pas un TSN.
Aire de stationnement	1/8	
Clôture nord	1	Par mesure de prudence, on suppose le taux d'occupation le plus défavorable.
Zone de chargement	1/8	Il est supposé que les travailleurs de l'entreprise adjacente gareront leurs voitures et fumeront dans l'aire de stationnement.
Toiture	S.O.	L'accès est limité pendant les expositions gammagraphiques.
Sous-sol	S.O.	Il n'y a pas de sous-sol dans le bâtiment.

4. Estimation des débits de dose de rayonnement dans chaque zone potentiellement occupée

En supposant que les murs en béton de l'installation de gammagraphie ont tous une épaisseur de 1 m, l'épaisseur du blindage est supérieure à la CAD1 de 305 mm. Par conséquent, l'équation 3 devrait être utilisée pour calculer le débit de dose à chaque emplacement (sans compter l'effet de ciel). Les débits de dose calculés en utilisant cette méthode sont présentés au tableau A3. Étant donné qu'il est possible d'effectuer une activité de gammagraphie en plaçant la source à divers endroits dans l'installation de gammagraphie, les hypothèses les plus prudentes ont été adoptées pour déterminer la distance entre la source et l'emplacement. Par exemple, en ce qui concerne la distance entre la source et l'espace de bureau, on a supposé que les expositions gammagraphiques auraient lieu en plaçant la source à l'endroit de l'installation de gammagraphie situé le plus près de l'espace de bureau.

Tableau A3 : Débits de dose calculés pour les endroits les plus occupés entourant l'installation de gammagraphie (sans compter l'effet de ciel)

Constante de rayonnement gamma à 1 m (Γ) = 305 $\mu\text{Sv/h}$ par GBq

$$\text{Débit de dose (R)} = (\Gamma \times A \times 0,1 \times 10^{-[t \cdot \text{CAD1}] / \text{CAD2}}) / d^2$$

Lieu	Γ ($\mu\text{Sv/h}$ par GBq)	A (GBq)	t (mm)	CAD1 (mm)	CAD2 (mm)	d (m ²)		R ($\mu\text{Sv/h}$)
Position de l'OAEA	305	4 070	1 000	305	211	2,2	=	13
Réception	305	4 070	1 000	305	211	11,5	=	0,48
Salle de repos	305	4 070	1 000	305	211	5,7	=	1,9
Toilettes	305	4 070	1 000	305	211	4,5	=	3,1
Espace de bureau	305	4 070	1 000	305	211	5,5	=	2,1
Aire de stationnement	305	4 070	1 000	305	211	12,5	=	0,40
Clôture nord	305	4 070	1 000	305	211	11	=	0,52
Zone de chargement	305	4 070	1 000	305	211	12,5	=	0,40

5. Extrapoler les débits de dose pour les doses annuelles reçues par les personnes pouvant occuper chaque zone

La charge de travail prévue à cette installation de gammagraphie correspond au maximum à 1 040 expositions par an (c.-à-d. 20 expositions par semaine). Il est supposé qu'un collimateur n'est pas utilisé et que les expositions dureront chacune trois minutes (c.-à-d. 0,05 h). En utilisant l'équation 2, l'estimation des doses annuelles reçues par les personnes occupant chaque endroit considéré est présentée au tableau A4.

Tableau A4 : Dose annuelle calculée aux endroits occupés entourant l'installation de gammagraphie (sans compter l'effet de ciel), où la dose (D) = N x T x R x S

Lieu	N	T	R ($\mu\text{Sv/h}$)	S (h)		D (μSv)
Position de l'OAEA	1 040	1	13,0	0,05	=	680
Réception	1 040	1	0,5	0,05	=	25
Salle de repos	1 040	1/4	1,9	0,05	=	25
Toilettes	1 040	1/16	3,1	0,05	=	10
Espace de bureau	1 040	1	2,1	0,05	=	110
Aire de stationnement	1 040	1/8	0,4	0,05	=	2,6
Clôture nord	1 040	1	0,5	0,05	=	27
Zone de chargement	1 040	1/8	0,8	0,05	=	2,6

La dose annuelle estimée pour le TSN (c.-à-d. l'OAEA) est bien inférieure à la limite de dose annuelle. Les estimations des doses annuelles reçues par des personnes n'étant pas des TSN et occupant la réception, l'espace de bureau et la clôture nord sont également inférieures à la limite de 1 mSv/an prescrite au paragraphe 13(1) du *Règlement sur la radioprotection* et à la limite de dose de 0,5 mSv/an prescrite au paragraphe 30(6) du *Règlement sur les substances nucléaires et les appareils à rayonnement*.

Par conséquent, aucun blindage supplémentaire n'est nécessaire pour maintenir les doses en deçà des limites réglementaires.

De plus, la salle de repos, les toilettes, l'aire de stationnement, la clôture nord et la zone de chargement peuvent être à la fois occupées par des TSN et des personnes autres que des TSN, et les estimations des doses annuelles reçues à ces endroits devraient être ajoutées aux doses calculées pour les TSN et les personnes autres que des TSN. La dose annuelle estimée reçue par un TSN, y compris la dose annuelle reçue de par l'occupation de la salle de repos, des toilettes, de l'aire de stationnement, de la clôture nord et de la zone de chargement, est toujours bien en deçà des limites réglementaires. La dose annuelle estimée reçue par la personne autre qu'un TSN la plus exposée (c.-à-d. le travailleur de l'espace de bureau), y compris la dose annuelle reçue de par l'occupation de la salle de repos, des toilettes, de l'aire de stationnement, de la clôture nord et de la zone de chargement, est également inférieure aux limites réglementaires. Par conséquent, un blindage en béton d'une épaisseur de 1 m est adéquat pour maintenir la dose estimée reçue par le travailleur de bureau en deçà des limites réglementaires. En plus de maintenir les doses en deçà des limites réglementaires, elles devront également être maintenues au niveau ALARA. Les estimations des doses attribuables à l'effet de ciel devraient se faire par calcul ou par mesure directe avant de procéder à des expositions gammagraphiques. S'il est possible de démontrer que les doses annuelles (incluant l'effet de ciel) reçues par les travailleurs et les membres du public sont inférieures aux limites de dose, maintenues en deçà des limites réglementaires et conformes au principe ALARA, il peut être conclu que la conception est adéquate pour protéger les personnes occupant les zones autour de l'installation de gammagraphie.

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 dans la [Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires](#) (LSRN), 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

1. Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN). G-129, rév.1, *Maintenir les expositions et les doses au « niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre (ALARA) »*, Ottawa, 2004.
2. Commission internationale de protection radiologique. Publication n° 116 de la CIPR, Ann. CIPR 40(2-5), *Conversion Coefficients for Radiological Protection Quantities for External Radiation Exposures*, Thousand Oaks, Californie, 2010.
3. Nucleonica GmbH. *Joint Evaluated Fission and Fusion File (JEFF) 3.1*, portail sur la science nucléaire Nucleonica, www.nucleonica.com, version 3.0.49, Karlsruhe, Allemagne, 2014.
4. CCSN. REGDOC-2.12.3, *La sécurité des substances nucléaires : sources scellées*, Ottawa, 2013.
5. American National Standards Institute. ANSI N43.3-2008, *Installations Using Non-Medical X-Ray and Sealed Gamma Ray Sources, Energies Up To 10 MeV*, Washington, D.C., 2008.
6. National Council on Radiation Protection and Measurements. Rapport n° 151, *Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X- and Gamma-Ray Radiotherapy Facilities*, Bethesda, Maryland, 2005.

Renseignements complémentaires

Les documents suivants contiennent des renseignements supplémentaires qui pourraient intéresser les personnes qui participent à la conception des installations de gammagraphie au Canada.

1. Agence internationale de l'énergie atomique. Collection Normes de sûreté de l'AIEA, Guide de sûreté thématique n° SSG-11, *Sûreté radiologique en radiographie industrielle*, Vienne, 2013.
2. American National Standards Institute, ANSI, N43.10-2001, *Safe Design and Use of Panoramic, Wet Source Storage Gamma Irradiators (Category IV) and Dry Source Storage Gamma Irradiators (Category II)*, 2001.
3. American Nuclear Society. *Radiation Shielding*, Richard E. Faw et J. Shultis, La Grange Park, Illinois, 2000.
4. Commission canadienne de sûreté nucléaire. *Gammagraphie industrielle et sécurité au travail*, Ottawa, 2014.
5. Johnson, Thomas E., et Brian K. Birky. *Health Physics and Radiological Health*, 4^e édition, Baltimore, Maryland, 2012.
6. National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP). Rapport n° 49, *Structural Shielding Design and Evaluation for Medical Use of X Rays and Gamma Rays of Energies Up To 10 MeV*, Bethesda, Maryland, 1976.
7. NCRP. Rapport n° 147, *Structural Shielding Design for Medical X-Ray Facilities*, Bethesda, Maryland, 2004.
8. Oak Ridge National Laboratory. ORNL/RSIC-45, *Specific Gamma-Ray Dose Constants for Nuclides Important to Dosimetry and Radiological Assessment*, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee, 1982.
9. Santé Canada, Code de sécurité 34. *Les appareils de radiologie industriels : radioprotection et sécurité*, Ottawa, 2003
10. United States Nuclear Regulatory Commission. NUREG 1556, *Consolidated Guidance about Materials Licensees – Volume 2, Program Specific Guidance about Industrial Radiography Licenses*, Washington, 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 Commission canadienne de sûreté nucléaire (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.

Depuis avril 2013, la collection des documents d'application de la réglementation actuels et prévus comporte trois grandes catégories et vingt-cinq séries, selon la structure ci-dessous. Les documents d'application de la réglementation préparés par la CCSN font partie de l'une 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 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 termes 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](#).