Manuel de radioprotection

Substances nucléaires

Version du 16 janvier 2024

Comité de radioprotection
Service de sécurité et de prévention

Table des matières

1. INTRODUCTION 7

1.1 Préambule 7

1.2 Portée 7

1.3 Radioprotection 7

2 ORGANISATION 8

2.1 Commission canadienne de sûreté nucléaire 8

2.2 Université Laval 8

2.3 Comité de radioprotection 8

2.3.1 Description des fonctions 9

2.3.2 Membres du comité 9

2.4 Description de poste du responsable de la radioprotection (RRP) 10

2.4.1 Description des ressources humaines 10

2.4.2 Rôle, responsabilités et pouvoirs du RRP 11

2.4.3 Ressources du RRP 11

2.5 Titulaires d'autorisations internes 11

2.6 Programme ALARA 12

2.6.1 Qualification et formation du personnel 12

2.6.2 Contrôle de l'exposition des personnes 12

2.6.3 Préparation aux situations inhabituelles 13

2.7 Politique sur les matieres dangereuses et rayonnements dangereux de l'université 13

3 RADIOPROTECTION 15

3.1 Éléments de physique 15

3.1.1 L'atome 15

3.1.2 Les isotopes 15

3.1.3 La radioactivité 16

3.1.4 Types de rayonnement 17

3.1.5 Énergie 18

3.1.6 Activité 19

3.1.7 Période radioactive (demi-vie) 19

3.2 Doses 19

3.2.1 Dose absorbée 19

3.2.2 Dose équivalente 20

3.2.3 Dose efficace 20

3.2.4 Limites de doses (public et travailleurs) 21

3.2.5 Exposition au rayonnement 22
3.3 Effets biologiques 24
3.3.1 Effets déterministes 24
3.3.2 Effets stochastiques 24
3.3.3 Les personnes en état de grossesse 24
3.4 Éléments de radioprotection 25
3.4.1 Exposition interne 25
3.4.2 Exposition externe 26
3.4.3 Dosimétrie 27
3.4.4 Programme de radioprotection 27
3.4.5 Conservation des documents 28
4 AUTORISATIONS INTERNES ET LABORATOIRES 29
4.1 Responsabilités du titulaire d'une autorisation 29
4.1.1 Absence prolongée de la personne titulaire d'une autorisation interne 30
4.2 Autorisations internes 30
4.2.1 Demande 30
4.2.2 Acceptation 30
4.2.3 Délivrance 30
4.2.4 Contenu 30
4.2.5 Modifications 31
4.2.6 Avis de permis 31
4.2.7 Période de validité 31
4.2.8 Renouvellement 31
4.3 Classement et déclassement 31
4.3.1 Quantité d'exemption (QE) 32
4.3.2 Limite annuelle d'incorporation (LAI) 32
4.3.3 Classement 32
4.3.4 Déclassement 33
4.4 Politiques d'affichage 34
4.4.1 Laboratoire sources ouvertes 34
4.4.2 Laboratoire sources scellées 36
4.4.3 Laboratoire appareil à rayonnement 37
4.4.4 Laboratoire inactif 38
4.5 Projets spéciaux (plus de 10000 QE) 38
4.6 Inspection 38

5 ACQUISITION ET TRANSPORT 39

5.1 Acquisition 39

5.1.1 Le secteur de la radioprotection autorise les commandes de substances nucléaires auprès du Service des finances de l'Université. 39

5.1.2 Exigences à respecter par le requérant chargé de la saisie des commandes 39

5.1.3 Procédure de demandes d'achat 39

5.1.4 Importations et exportations 39

5.1.5 Autres acquisitions 39

5.2 Transport 39

5.2.1 Généralités 40

5.2.2 Expéditeur 40

5.2.3 Classification 40

5.2.4 Identification du type de colis et emballage 40

5.2.5 Colis exemptés 40

5.2.6 Colis exceptés 41

5.2.7 Colis industriels IP-1 44

5.2.8 Colis de type A 48

5.2.9 Responsabilités des transporteurs 52

5.2.10 Contrôle de l'exposition 52

5.2.11 Avis et confirmation de l'expédition 53

5.2.12 Envois non livrables 53

5.2.13 Indications de danger trompeuses 53

5.2.14 Réception de colis 53

6 UTILISATION, INVENTAIRE ET ÉVACUATION DES SUBSTANCES NUCLÉAIRES 55

6.1 Utilisation 55

6.1.1 Écrans de protection 55

6.1.2 Sources ouvertes 56

6.1.3 Sources scellées 56

6.1.4 Appareils à rayonnement 56

6.2 Inventaires 56

6.2.1 Base de données SYGEMAR 56

6.2.2 Accès aux inventaires 57

6.3 Évacuation ou transfert 57

6.3.1 Sources ouvertes 57

6.3.2 Sources scellées et appareils à rayonnement 58

6.3.3 Transfert et évacuation 58

7 CONTRÔLE DE LA CONTAMINATION ET SURVEILLANCE DE L'EXPOSITION 60
7.1 Contrôle de la contamination 60
7.1.1 Contamination non fixée par contrôle indirect (par frottis) 60
7.1.2 Contamination non fixée par contrôle direct (avec un appareil portatif) 61
7.1.3 Fréquence de la surveillance 61
7.1.4 Zones de surveillance par frottis 62
7.1.5 Registre et calcul de l'activité 62
7.1.6 Procédure de frottis 62
7.1.7 Procédures de décontamination 63
7.1.8 Épreuves d'étanchéité des sources scellées 65
7.2 Surveillance de l'exposition 66
7.2.1 Exposition interne 66
7.2.2 Exposition externe 66
7.2.3 Classification des travailleurs et travailleuses du secteur nucléaires (TSN) 68
8 INSTRUMENTS DE DÉTECTION ET DE MESURE 72
8.1.1 Contaminamètres 72
8.1.2 Radiamètres 73
8.2 Contextes d'utilisation des détecteurs portatifs à l'Université 74
8.3 Procédures d'utilisation d'appareils portatifs 76
8.4 Compteurs à scintillation 78
8.5 Étalonnage et vérification 78
9 FORMATION 79
9.1 Responsable de la radioprotection 79
9.2 utilisateurs et utilisatrices 79
9.2.1 Radioprotection 79
9.2.2 Réception et manutention de colis classe 7 79
9.3 Agents de sécurité et de prévention 79
9.4 Manutentionnaires 79
9.5 Personnel d'entretien ménager 80
9.6 Registres 80
10 MESURES DE SÉCURITÉ 81
10.1 Contrôle des accès 81
10.1.1 Entreposage sous clé 81
10.1.2 Mesures particulières 81
10.2 Contrôle des substances nucléaires 81

10.2.1 Acquisition 81
10.2.2 Utilisation 81
10.2.3 Évacuation 81
10.3 Sécurité des sources scellées 81
11 PROCÉDURES D'URGENCE 83
11.1 Interventions d'urgence 83
11.2 Déversement 83
11.2.1 Déversement MINEUR 83
11.2.2 Déversement MAJEUR 84
11.3 Contamination personnelle 85
11.4 Surexposition 86
11.5 Incidents de transport 86
11.6 Incendies OU incident avec danger pour la vie 86
11.7 Intervention en cas d'accidents mettant en cause des jauges portatives 87
12 TYPE D'INCIDENTS 88
12.1 Événements à déclaration obligatoire à la CCSN 88
12.2 Rapport d'incident à la CCSN 89
ANNEXE 1 – FORMULAIRE DE DÉCLASSEMENT 90
ANNEXE 2 – FORMULAIRE DE TRANSFERT 91
ANNEXE 3 – TECHNIQUE POUR RETIRER DES GANTS CONTAMINÉS 92
ANNEXE 4 – UNITÉS DE MESURE DES RAYONNEMENTS – SYSTÈME INTERNATIONAL (SI) 93
ANNEXE 5 - CALCUL DE L'ACTIVITÉ EN Bq/cm² LORS D'ESSAIS PAR FROTTIS 94
ANNEXE 6 – AVIS AUX TRAVAILLEURS/TRAVAILLEUSES DU SECTEUR NUCLÉAIRE 95

1. INTRODUCTION

1.1 PRÉAMBULE

Le manuel de radioprotection est un document qui établit le programme de radioprotection de l'Université Laval (Université) et qui définit les responsabilités et obligations de l'Université en tant que titulaire d'un permis de la Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN). Ce manuel est requis par la CCSN et est annexé au permis de l'Université en tant que document contrôlé auprès de la CCSN.

Ce manuel est administré par la responsable de la radioprotection de l'Université à la demande du Comité de radioprotection de l'Université. Il s'appuie sur des politiques et procédures conformes aux lois et aux règlements de la CCSN.

Le manuel est disponible en ligne et il est mis à jour périodiquement par la responsable de la radioprotection. Une nouvelle version amendée est mise en ligne lorsque des changements y sont apportés, et les utilisateurs en sont informés.

1.2 PORTÉE

Ce manuel s'adresse à tous les titulaires d'autorisations internes et à toutes les personnes qui utilisent ou qui entrent en contact avec des substances nucléaires à l'Université. Il permet:

- D'évaluer les dangers associés aux rayonnements
- De mettre en œuvre des mesures de protection appropriées pour diminuer l'exposition aux rayonnements
- De répondre aux situations d'urgence mettant en cause des matières nucléaires
- De gérer l'utilisation des substances nucléaires conformément aux lois et règlements

1.3 RADIOPROTECTION

L'Université doit respecter les trois principes fondamentaux[1] de radioprotection suivants :

Le principe de justification

Les avantages qui découlent de l'utilisation du rayonnement ionisant doivent être supérieurs aux risques engendrés par ces derniers. Par exemple, son utilisation est justifiée lorsqu'elle produit un bénéfice net pour l'individu ou la société, et qu'aucune autre alternative à son utilisation n'est possible.

Le principe d'optimisation

L'exposition des personnes doit être maintenue au niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre, compte tenu des facteurs économiques et sociaux. La quantité de rayonnement utilisé ne doit donc pas dépasser la quantité nécessaire pour produire l'effet désiré, et les impacts dus à son utilisation doivent être réduits autant que possible. L'optimisation est également présentée sous le concept ALARA[2], dont il est question à la section 2.5.

Le principe de limitation

Les doses reçues par les personnes exposées aux substances nucléaires ne doivent pas dépasser les limites de dose réglementaires indiquées par la CCSN. Ces limites excluent le rayonnement de fond reçu naturellement et les doses reçues dans le cadre d'un diagnostic ou d'un traitement médical.

[1] ICRP, 1977. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 26.
[2] ALARA: acronyme anglais pour ''*As Low As Reasonably Achievable*''.

2 ORGANISATION

La mise en œuvre et le maintien d'un programme de radioprotection sont le résultat d'une organisation entre plusieurs acteurs.

2.1 COMMISSION CANADIENNE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

La Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) est l'organisme fédéral qui réglemente l'utilisation de l'énergie et des substances nucléaires au Canada. Elle le fait en vertu de la Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires afin de préserver la santé, la sûreté et la sécurité, de protéger l'environnement, de respecter les engagements internationaux du Canada à l'égard de l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire, et afin d'informer objectivement le public sur les plans scientifique ou technique ou en ce qui concerne la réglementation du domaine de l'énergie nucléaire.

La CCSN délivre les permis pour l'utilisation de substances nucléaires et d'appareils à rayonnement au Canada.

La CCSN est un organisme fédéral indépendant du gouvernement et qui rend des comptes au Parlement par l'entremise du ministre des Ressources naturelles.

2.2 UNIVERSITÉ LAVAL

L'Université Laval détient depuis 1982 un permis de la CCSN. Il s'agit d'un permis de type ''Utilisation globale de substances nucléaires (815)'', qui doit être renouvelé tous les cinq ans. Ce permis autorise l'Université, par l'entremise de son Comité de radioprotection, à délivrer des autorisations internes à des chercheurs qui œuvrent dans différents pavillons universitaires.

Les autorisations internes sont délivrées pour l'utilisation de sources ouvertes, de sources scellées et d'appareils à rayonnement.

2.3 COMITÉ DE RADIOPROTECTION

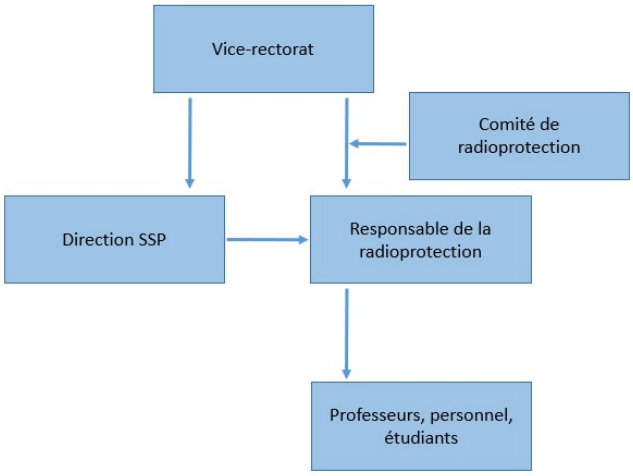
Le Comité de radioprotection, sous l'autorité directe du vice-rectorat, est composé de professeurs et de professionnels. La composition du comité est décrite plus loin.

Le mandat du comité consiste à voir au contrôle de toutes les sources de rayonnement ionisant et non ionisant que l'Université est habilitée à posséder, à l'exclusion du rayonnement laser et des sources optiques dangereuses. Il est également responsable du développement, de l'implantation et du maintien des politiques, des règles et des protocoles pour leur utilisation sécuritaire et sans danger.

Les situations problématiques d'importance concernant les sources de rayonnement sont acheminées par la responsable de la radioprotection au président du Comité de radioprotection. Si un problème nécessite une étude plus exhaustive, le président du comité peut convoquer une réunion spéciale du Comité de radioprotection.

Une réunion du comité se tient généralement une fois l'an.

Organigramme Radioprotection Université Laval



2.3.1 Description des fonctions

Le vice-rectorat est le représentant du titulaire du permis, c'est-à-dire le représentant de l'Université. Le vice-rectorat rend compte au rectorat de l'Université : il porte les dossiers de radioprotection au sein du rectorat, et fait en sorte que des ressources suffisantes soient allouées pour l'application du programme de radioprotection. Il a confié au Service de sécurité et de prévention (SSP) le mandat de supporter l'application du programme de radioprotection pour les questions matérielles et administratives.

Le Comité de radioprotection est formé de professeurs, de représentants de l'administration universitaire, d'experts externes et d'un agent d'exécution (la responsable de la radioprotection). Il est l'organisme chargé d'assurer le contrôle de l'utilisation de substances nucléaires à l'Université. Il est responsable de traduire en mesures concrètes les lois et les règlements en matière de radioprotection et les conditions du permis. Le comité est le supérieur fonctionnel de la responsable de la radioprotection.

Le président du Comité de radioprotection délivre les autorisations internes pour l'utilisation des substances nucléaires. Il est la personne en autorité auprès de la haute direction en ce qui a trait à la radioprotection. Il porte auprès de la haute direction les dossiers concernant la radioprotection.

La direction du Service de sécurité et de prévention (SSP) est le supérieur hiérarchique de la responsable de la radioprotection pour les questions matérielles et administratives. Le directeur de ce service rend compte au vice-rectorat. Le SSP assure la gestion et la coordination des ressources nécessaires à la protection des personnes, des biens et de l'environnement à l'Université. Il assure la gestion matérielle du programme de radioprotection, dont il gère le budget et auquel il fournit les ressources matérielles nécessaires.

La responsable de la radioprotection relève de la direction du SSP pour les questions matérielles et administratives et se rapporte au président du comité en matière de radioprotection. Elle a autorité sur les chercheurs, les étudiants et les employés de l'Université pour faire respecter la réglementation de la CCSN et les exigences du Comité de radioprotection.

Les titulaires d'autorisations internes sont des professeurs qui ont l'autorité pour faire respecter la réglementation de la CCSN, les exigences du Comité de radioprotection et les directives de la responsable de la radioprotection. Quand ils ne sont pas présents, l'autorité est déléguée aux **utilisateurs autorisés**, qui sont généralement des étudiants de deuxième et troisième cycles ou des professionnels de recherche.

2.3.2 Membres du comité

- Président du comité de radioprotection
- Directeur/directrice Service de sécurité et de prévention de l'Université (d'office)

- Directeur/directrice Santé et mieux-être au travail (d'office)
- Responsable de la radioprotection (d'office)
- Représentant externe ayant une expertise en radioprotection
- Physicien ou ingénieur en physique ayant une expertise avec le rayonnement non ionisant
- Représentant de la Faculté de médecine dentaire pour l'utilisation des appareils à rayons X
- Titulaire d'une autorisation interne – sources scellées et appareils à rayonnement
- Titulaire d'une autorisation interne – sources ouvertes

2.4 DESCRIPTION DE POSTE DU RESPONSABLE DE LA RADIOPROTECTION (RRP)

La description de poste de responsable de la radioprotection doit être décrite dans le manuel de radioprotection.

2.4.1 Description des ressources humaines

La description de poste telle que retrouvée sur le site des ressources humaines de l'Université Laval :

Spécialiste des risques spécifiques

Classe : 8

Sommaire de la fonction
Est responsable de l'application des lois et règlements en vigueur dans son domaine de spécialisation. Assure la mise en application, le respect des normes et l'application des décisions des comités des risques spécifiques.

Tâches et responsabilités principales

1. Coordonne le processus d'évaluation et d'émission des différents certificats de déontologie concernant la recherche dans son champ de spécialisation.
2. Conseille les personnes usagères et leur fournit toute information pertinente à l'utilisation, la manipulation, au stockage et à l'élimination sécuritaire des matières dangereuses.
3. Lors d'accidents impliquant des produits à risque, coordonne l'intervention, applique les mesures de sécurité et de protection des personnes et des biens de l'Université.
4. Établit, maintient et assure les liaisons nécessaires auprès des divers organismes ayant juridiction dans le domaine relié à son champ de spécialisation.
5. Veille au respect des normes concernant l'installation, la modification et le fonctionnement des équipements reliés à son champ de spécialisation.
6. Effectue selon les lois en vigueur les inspections réglementaires des locaux, laboratoires, appareils, et soumet aux comités concernés, toute recommandation visant à améliorer la protection des personnes et des biens de l'Université contre toute forme de danger relié aux matières dangereuses. Peut coordonner un programme d'inspection.
7. Élabore et assure la formation appropriée aux personnes exposées à des matières dangereuses.
8. Est responsable de l'organisation et de l'exécution de tout travail relatif à la collecte, l'expédition et l'élimination sécuritaire des déchets contenant des matières dangereuses.
9. Constitue et tient à jour un inventaire des projets de recherche ainsi que les locaux qui comportent des risques spécifiques.
10. Accomplit temporairement des tâches d'un poste connexe ou inférieur lorsque requis.

Note
La liste des tâches et responsabilités principales ci-dessus énumérées est sommaire et indicative. Il ne s'agit pas d'une liste complète et détaillée des tâches et responsabilités susceptibles d'être effectuées par le personnel professionnel. Cependant, les tâches et responsabilités non énumérées ne doivent pas avoir d'effet sur la classification de la présente fonction.

Exigences normales
Sous réserve de l'appréciation des compétences, toute combinaison de scolarité et d'expérience jugée équivalente et pertinente pourra être considérée.

Scolarité et expérience
Grade universitaire de 2e cycle dans une discipline appropriée et deux (2) années d'expérience pertinente.

Mise à jour le 02-05-2022

2.4.2 Rôle, responsabilités et pouvoirs du RRP

La RRP respecte chacun des points 1 à 15 décrits à l'annexe C du REGDOC-1.6.1 et résumés ici :

a. Surveiller les enjeux liés à la manipulation des substances nucléaires et des appareils à rayonnement. Communiquer avec tous les travailleurs et avec la direction.
b. Examiner les demandes concernant l'autorisation d'acheter ou d'utiliser des substances nucléaires.
c. Évaluer les qualifications des travailleurs.
d. Veiller à ce que les travailleurs chargés d'utiliser des substances nucléaires et des appareils à rayonnement soient correctement formés en radioprotection.
e. Aviser les travailleurs du secteur nucléaire.
f. Élaborer et mettre en œuvre des programmes visant à inspecter et examiner des activités autorisées.
g. Apporter, le cas échéant, toute modification visant les procédures, l'équipement, les installations et les permis pour s'assurer que les titulaires de permis demeurent conformes aux exigences réglementaires.
h. Concevoir et mettre en œuvre des programmes appropriés de surveillance du personnel.
i. Contrôler l'utilisation et l'entretien de l'équipement de surveillance radiologique.
j. Surveiller l'exposition professionnelle au rayonnement des travailleurs.
k. Mener des enquêtes sur les cas de surexposition au rayonnement ionisant, de pertes et d'accidents mettant en cause des substances nucléaires et des appareils à rayonnement.
l. Évaluer la pertinence des programmes de contrôle radiologique conçus pour mesurer ou circonscrire les champs de rayonnement et la contamination radioactive au cours d'activités autorisées.
m. S'assurer que les sources scellées ont fait l'objet d'épreuves d'étanchéité.
n. Coordonner les interventions d'urgence en cas d'accidents et d'incidents.
o. Veiller à ce que les documents et les rapports soient préparés et tenus à jour.
p. S'assure que la CCSN est informée dans les 15 jours suivants un changement de responsable de la radioprotection ou de responsable de la demande.

Pour accomplir ces tâches, la RPP travaille à temps complet. Environ 50 % de son temps est consacré à la gestion des substances nucléaires et des appareils à rayonnement. Le reste du temps est dédié aux appareils émetteurs de rayons X et de rayonnements non ionisants.

Les autorisations internes sont délivrées par le comité de radioprotection et renouvelées tous les 2 ans. Elles sont délivrées à des professeurs de l'Université, afin de s'assurer de l'imputabilité des titulaires en ce qui concerne la sécurité des travailleurs autorisés, dont plusieurs sont des étudiants.

2.4.3 Ressources du RRP

La RRP dispose du personnel suivant :

- Deux membres techniciens en travaux d'enseignement et de recherche

Les locaux et équipements à la disposition du RRP comprennent :

- Deux salles d'entreposage, d'une salle d'analyse avec un compteur à scintillation liquide et d'un laboratoire pour la gestion des substances nucléaires. Chaque salle est à accès contrôlé et est située au pavillon Centre de gestion des matières dangereuses, sur le campus.
- Un véhicule pour les collectes de matières résiduelles radioactives et pour les interventions diverses sur le campus.
- Des équipements portatifs de mesure du rayonnement (radiamètres et contaminamètres).
- D'une salle de bureaux dédiée au secteur de la radioprotection.

2.5 TITULAIRES D'AUTORISATIONS INTERNES

Les autorisations internes sont délivrées par le comité de radioprotection et renouvelées tous les 2 ans. Elles sont

délivrées à des professeurs de l'Université, afin de s'assurer de l'imputabilité des titulaires en ce qui concerne la sécurité des travailleurs autorisés, dont plusieurs sont des étudiants.

La responsabilité du titulaire d'une autorisation interne est de s'assurer que les conditions énoncées dans son autorisation sont respectées et que les règles exposées dans les documents suivants sont observées :

- La Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires et la réglementation associée de la CCSN
- Les conditions du permis de l'Université[3]
- Le manuel de radioprotection[4]

Le titulaire doit veiller à ce que toutes les personnes qui utilisent des substances nucléaires dans les locaux qui sont sous sa responsabilité ont été autorisées à le faire, qu'elles sont enregistrées auprès du secteur de la radioprotection, et qu'elles possèdent les connaissances nécessaires pour manipuler des substances nucléaires sans danger.

2.6 PROGRAMME ALARA

Le titulaire de permis applique le principe ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*) en mettant en œuvre un programme de radioprotection. Par ALARA, on entend le maintien du degré d'exposition au niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre, compte tenu des facteurs économiques et sociaux.

Cette section décrit les moyens utilisés pour respecter le principe ALARA.

Gestion et suivi des méthodes de travail

La **responsable de la radioprotection** conseille les usagers et leur fournit toute information pertinente à l'utilisation et au stockage des substances nucléaires et des matières résiduelles produites, s'il y a lieu. Le secteur de la radioprotection vérifie lors d'inspections internes si les méthodes de travail sécuritaires sont appliquées.

Les **titulaires d'autorisations internes** tiennent à jour les registres d'utilisation des substances nucléaires et de contrôle hebdomadaire de la contamination, s'il y a lieu. Ils contrôlent, à leur réception, les colis comportant des substances nucléaires afin de déterminer si l'emballage ou le contenant est contaminé. Ils avisent le secteur de la radioprotection de l'intention d'effectuer des transferts de substances nucléaires.

Les **utilisateurs autorisés** observent les conditions d'utilisation énumérées sur l'autorisation interne et les règles de sécurité présentées dans la formation en radioprotection de l'Université.

2.6.1 Qualification et formation du personnel

Le **secteur de la radioprotection** dispense une formation en radioprotection à tous les utilisateurs autorisés.

Les **titulaires d'autorisations internes** veillent à ce que toute personne qui utilise des substances nucléaires soit âgée d'au moins 18 ans, qu'elle soit enregistrée auprès du secteur de la radioprotection et qu'elle possède les connaissances nécessaires à la manipulation des substances nucléaires. Ils s'assurent que les personnes qui utilisent des substances nucléaires ont reçu une formation en radioprotection. De plus, les titulaires d'autorisations internes sont responsables de fournir aux utilisateurs la formation spécifique nécessaire pour l'utilisation sécuritaire des substances nucléaires dans le cadre de leurs travaux.

2.6.2 Contrôle de l'exposition des personnes

Secteur de la radioprotection

Le secteur de la radioprotection :

- s'assure que chacune des autorisations internes est modifiée à la suite de tout changement apporté (installations ou matériel, substances nucléaires utilisées, procédures ou conditions d'utilisation,

[3] Affiché pour consultation au Centre de gestion des Matières dangereuses et archivé dans le bureau de la responsable en radioprotection.

[4] Accessible sur le site Internet du Service de sécurité et de prévention de l'Université https://www.ssp.ulaval.ca/matieres-dangereuses/radioprotection/substances-nucleaires/

personnel, etc.)

- tient à jour un inventaire de toutes les substances nucléaires et des appareils à rayonnements utilisés ou entreposés dans les locaux de l'Université
- s'assure que des appareils de mesure du rayonnement sont étalonnés et disponibles en nombre suffisant et que les sources scellées de 50 MBq et plus font l'objet d'épreuves d'étanchéité
- organise ou voit à l'exécution de tout travail relatif à la collecte, l'emballage, l'expédition et l'élimination des déchets radioactifs
- assure la gestion des dosimètres individuels

Titulaires d'autorisations internes et personnes autorisées

Les titulaires d'une autorisation interne :

- consultent la responsable de la radioprotection pour toute modification apportée au protocole expérimental qui pourrait faire augmenter l'exposition aux rayonnements ionisants
- lorsque nécessaire, veillent à ce que tout utilisateur autorisé ait reçu et porte un dosimètre et/ou qu'il participe à un programme de biodosage, le cas échéant
- s'assurent que les substances nucléaires sont utilisées seulement dans les locaux énumérés sur leur autorisation interne
- désignent des aires de travail et de stockage précises pour les substances radioactives et s'assurent que ces aires sont non contaminées, identifiées par les panneaux de mise en garde contre les rayonnements ionisants qui sont requis et qu'elles sont ventilées
- s'assurent que les substances nucléaires sont entreposées dans un endroit sûr, sous clé lorsque laissées sans surveillance et blindé, si nécessaire

Les personnes autorisées :

- se protègent et protègent leurs collègues contre toute contamination ou exposition
- travaillent de manière à maintenir les doses de rayonnements ionisants au niveau le plus faible qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre
- avisent le titulaire de l'autorisation interne et la responsable de la radioprotection de toute situation qui pourrait mener à une contamination ou une exposition.

2.6.3 Préparation aux situations inhabituelles

La **responsable de la radioprotection** conseille et assiste les personnes impliquées dans un incident impliquant des substances nucléaires ou lorsqu'il y a raison de croire que des personnes ou des locaux ont pu être contaminés. Elle coordonne les plans de décontamination et elle fait enquête à la suite de toute surexposition au rayonnement des substances nucléaires, de toute perte de substances nucléaires et de tout accident mettant en cause de telles substances. Elle en fait rapport à la CCSN.

Les **titulaires d'autorisations internes** rapportent à la responsable de la radioprotection tous les incidents mettant en cause des substances nucléaires.

Les **personnes autorisées** avisent le titulaire de l'autorisation interne et la responsable de radioprotection de tout incident mettant en cause des substances nucléaires.

2.7 POLITIQUE SUR LES MATIERES DANGEREUSES ET RAYONNEMENTS DANGEREUX

La Politique sur les matières dangereuses et les rayonnements dangereux de l'Université Laval offre un cadre de gouvernance qui regroupe les risques spécifiques (biologiques, chimiques, laser, radioprotection) institutionnels.

La Politique d'adresse à tous les membres de l'Université (les personnes étudiantes, le personnel enseignant, les administratrices et les administrateurs et le personnel administratif).

Il est important de noter la section 4.2 de la Politique :

Toute non-conformité, irrégularité ou situation potentiellement dangereuse, qui n'est pas en voie d'être résolue, doit être rapportée sans délai au Spécialiste des risques spécifiques du SSP qui est responsable du secteur d'activité visé, qui assurera le suivi avec les autorités compétentes, en fonction de la nature et de la gravité de la situation.

Tout manquement à une obligation légale ou procédurale peut mener à un processus disciplinaire et/ou à l'application de sanctions ou de mesures, tel que prévu aux termes des lois et règlements applicables, du Règlement disciplinaire à l'intention des étudiants et des étudiantes, des conventions collectives et des ententes contractuelles.

3 RADIOPROTECTION

3.1 ÉLÉMENTS DE PHYSIQUE

3.1.1 L'atome

L'atome est le plus petit constituant d'une matière comportant des propriétés chimiques. Les atomes sont les constituants élémentaires de toutes les matières solides, liquides ou gazeuses.

L'atome comporte un noyau, constitué de protons et de neutrons, ainsi que des électrons, présents sur des orbitales atomiques (figure 1).

- Le proton possède une charge électrique positive et est une particule très dense, en comparaison de l'électron
- Le neutron est de masse à peu près équivalente au proton, et est électriquement neutre
- L'électron est une particule petite et légère, dont la charge négative est égale en valeur absolue à celle du proton

C'est la "force forte'' entre les neutrons et les protons qui assure la cohésion des particules présentes dans le noyau. Sans cette force, les protons se repousseraient compte tenu de la répulsion électrostatique entre particules de même charge.

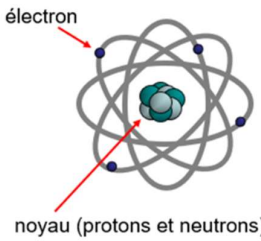
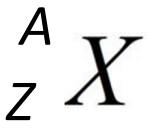


Figure 1 : Représentation d'un atome

Les atomes sont caractérisés par :

- Leur numéro atomique, soit le nombre de protons (Z) présents dans le noyau. Le numéro atomique définit la nature chimique de l'élément.
- Leur nombre de masse, soit la somme du nombre de protons (Z) et de neutrons (N) présents dans le noyau (symbole : A).

Les éléments chimiques sont souvent décrits de la façon suivante (figure 2) :



X: Symbole chimique de l'élément

Z: Numéro atomique (nombre de protons) A: Nombre de masse (nombre de nucléons)

Figure 2 : Description d'un élément chimique

3.1.2 Les isotopes

Les isotopes sont des atomes d'un même élément. Ils ont le même nombre de protons (**Z**), mais un nombre différent de neutrons (**N**). Par exemple, l'élément Hydrogène possède trois isotopes (figure 3). Le noyau de l'isotope 1 de l'hydrogène possède un seul proton, celui de l'isotope 2 un proton et un neutron, et l'isotope 3 possèdent un proton et deux neutrons.

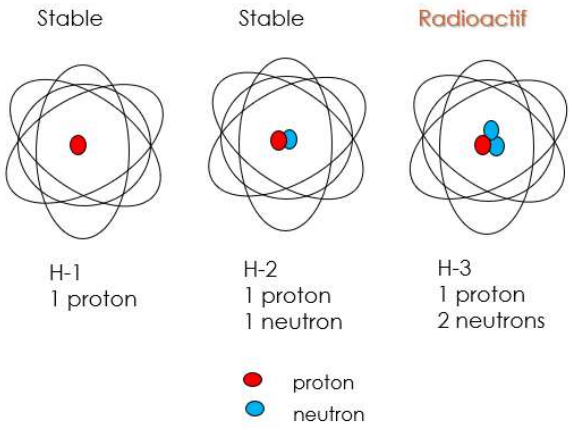


Figure 3 : Les 3 isotopes de l'hydrogène

Les trois isotopes de l'hydrogène ont les mêmes propriétés chimiques, mais possèdent des propriétés physiques différentes, dont leur stabilité nucléaire : l'hydrogène-1 et l'hydrogène-2 (le deutérium) sont stables, alors que l'hydrogène-3 (le tritium) est radioactif.

Les isotopes radioactifs subissent une désintégration en émettant des rayonnements ionisants, et ce, jusqu'à ce qu'ils aient atteint une forme stable.

Les isotopes radioactifs sont aussi appelés radionucléides ou radio-isotopes.

3.1.3 La radioactivité

La radioactivité est un phénomène de désintégration spontanée qui a lieu dans le noyau de l'atome et qui engendre l'émission de rayonnement ionisant, c'est-à-dire l'émission de particules chargées (particules alpha, bêta, etc.) ou de photons (rayons gamma) qui possèdent suffisamment d'énergie pour ioniser[5] les atomes qu'ils rencontrent.

Les noyaux instables se désintègrent afin d'atteindre un état plus stable.

À titre d'exemple, la figure 4 montre la désintégration d'un atome d'uranium-238 qui, par émission d'une particule alpha, se transforme en thorium-234. Le nouvel élément formé est parfois également radioactif, ce qui est le cas du thorium-234.

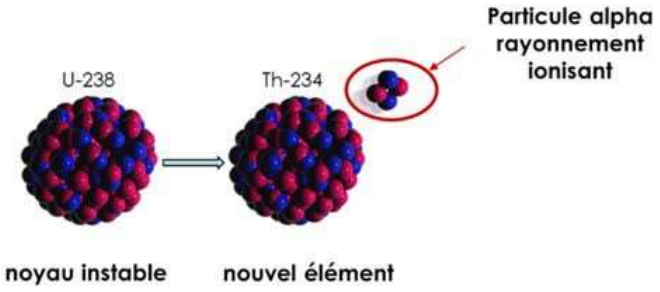


Figure 4 : Désintégration de l'uranium-238[6]

La stabilité nucléaire dépend de plusieurs facteurs, dont :

[5] C'est-à-dire extraire des électrons de la structure atomique.
[6] Adaptée de : http://bergeron.christophe.free.fr/RadioPro/Definitions.php

- **Le volume du noyau**: Dans les noyaux lourds qui possèdent une grande quantité de protons et de neutrons, la force nucléaire forte (responsable de l'attraction entre les protons et les neutrons) ne compense plus la force de répulsion entre les protons. Afin d'atteindre un état de plus grande stabilité, les noyaux expulsent des « paquets » de particules comportant deux protons et deux neutrons, appelés particules alpha (α).
- **La proportion entre les neutrons et les protons**: Différentes combinaisons de neutrons et de protons vont mener à des différences dans les forces de cohésion présentes dans les noyaux. Les noyaux instables sont le résultat de combinaisons qui sont non optimales et ces noyaux chercheront à se réarranger afin d'atteindre un niveau de stabilité plus grande.

  Par exemple, les noyaux instables qui possèdent un nombre trop important de neutrons peuvent se désintégrer en émettant des particules bêta négatives (β-), afin d'augmenter la charge positive du noyau.

  Les noyaux instables avec un nombre trop important de protons peuvent quant à eux se désintégrer en émettant des particules bêta positives (positrons β+), ou en absorbant des électrons (capture électronique), afin de diminuer la charge positive du noyau.
- **Émission gamma** : À la suite d'une désintégration, les nouveaux noyaux contiennent parfois un excédent d'énergie. Ils émettent alors cet excédent sous la forme d'un rayonnement électromagnétique gamma (γ).

3.1.4 Types de rayonnement

Plusieurs types de rayonnements existent, les plus communs sont présentés dans cette section. Un exemple de la capacité de pénétration dans la matière de divers rayonnements est donné à la figure 5.

Alpha

Les particules alpha sont des particules lourdes, constituées de deux protons et deux neutrons, et sont ainsi semblables à des noyaux d'hélium. L'énergie de ces particules se situe généralement entre 4 MeV et 10 MeV.

Ces particules vont pénétrer la matière jusqu'à ce que leur énergie se soit complètement dissipée à travers des processus d'ionisation.

En raison de l'énergie qu'elles possèdent et de leur masse élevée, ces particules sont très ionisantes. En effet, elles produisent une grande quantité d'ions sur de très petites distances, en transférant toute leur énergie aux premiers atomes qu'elles croisent sur leur chemin. Elles voyagent donc très peu à travers la matière et on dit qu'elles sont *peu pénétrantes*.

Les distances varient en fonction des énergies, mais de façon générale, les particules alpha sont arrêtées par :

- Une feuille de papier
- 2 à 7 cm d'air
- L'épiderme (la couche superficielle de la peau)

Les particules alpha sont particulièrement dommageables lorsqu'elles sont émises à partir de l'intérieur du corps. Il est donc très important de se protéger devant l'incorporation de ces particules à l'intérieur de l'organisme (voir la section 3.4.1).

Bêta négative

Les particules bêta négatives s'apparentent à des électrons. Leurs énergies sont généralement très inférieures aux énergies des particules alpha et elles varient beaucoup d'un radionucléide à l'autre. Par exemple, l'énergie des particules bêta émises par le tritium est de 18 keV, alors que le chlore-38 émet des particules bêta de 4810 keV.

Ces particules vont pénétrer la matière jusqu'à ce que leur énergie se soit complètement dissipée à travers des processus d'ionisation, d'excitation électronique ou de rayonnement de freinage.

Les électrons étant des particules légères, les particules bêta négatives sont *plus pénétrantes* que les particules alpha : à énergie semblable, elles vont produire moins d'ions par unité de distances que les particules alpha et vont ainsi transférer leur énergie sur une plus grande distance.

Les distances varient en fonction des énergies, mais les particules bêta de plus haute énergie :

- Peuvent traverser 200 cm d'air
- Peuvent traverser 0,2 cm de tissus
- Peuvent pénétrer l'épiderme (la couche superficielle de la peau)

Des écrans de polyméthylmétacrylate (acrylique - plexiglas) arrêtent la plupart des particules bêta.

Bêta positive

La désintégration d'un noyau peut mener à l'émission d'une particule bêta positive (positon), qui possède la même masse que l'électron, mais qui est de charge positive. Ces particules dissipent leur énergie comme les autres particules, c'est-à-dire par ionisation, à la différence près qu'elles produiront, à la fin de leur parcours, deux photons gamma de 511 keV par un processus d'annihilation.

Gamma

Le rayonnement gamma est composé de photons très énergétiques. Les photons étant des particules élémentaires sans masse ni charge, ils ionisent moins densément la matière que les particules alpha et bêta. Ils peuvent ainsi voyager plus en profondeur dans les tissus organiques, l'eau, l'air, etc., et on dit qu'ils sont *très pénétrants*.

L'intensité des photons gamma est atténuée par les matériaux denses composés d'atomes avec un numéro atomique élevé, comme le plomb.

Neutrons

Le rayonnement neutronique est provoqué par l'expulsion de neutrons à partir d'un noyau. Les neutrons sont classés selon leur énergie, par exemple:

Neutrons rapides 1 – 20 MeV

Neutrons lents 1 – 10 eV

Neutrons thermiques ~0,025 eV

Le pouvoir de pénétration des neutrons dans la matière dépend de leur énergie, mais dans l'ensemble, les neutrons sont absorbés ou ralentis par des matériaux riches en atomes d'hydrogène, comme l'eau ou la paraffine.

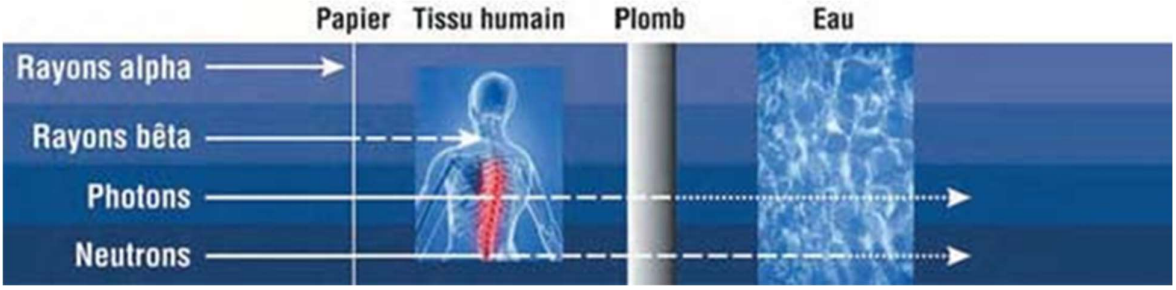


Figure 5 : Exemple de pénétration de rayonnements ionisants dans la matière[7].

Après 10 demi-vies, l'activité d'une substance est réduite au millième de sa valeur initiale.

3.1.5 Énergie

L'énergie des radiations est mesurée en **électron-volt** (eV).

[7] https://nuclearsafety.gc.ca/fra/resources/radiation/introduction-to-radiation/types-and-sources-of-radiation.cfm

Un électron-volt (1 eV) correspond à l'énergie acquise par un électron accéléré par une différence de potentiel de 1 Volt.

1 eV = 1,6 x 10^{-19} J

À titre d'exemple :

- Énergie de la particule **bêta** émise par le tritium : 19 keV
- Énergie de la particule **bêta** émise par le phosphore-32 : 1710 keV
- Énergie de la particule **alpha** émise par le polonium-210 : 4502 keV
- Énergie du rayon **gamma** émis par césium-137/barium-137m : 662 keV

3.1.6 Activité

L'activité précise la quantité de rayonnement qui sera produite par une substance nucléaire par unité detemps.

L'unité internationale de l'activité est le **Becquere**l (Bq), qui donne le nombre de désintégrations ayant lieu par seconde.

1 Bq = 1 désintégration / seconde

L'ancienne unité Curie (Ci) est encore couramment utilisée dans certains contextes. Voir l'annexe 4 pour la conversion des unités.

3.1.7 Période radioactive (demi-vie)

Chaque fois qu'un noyau se transforme par l'émission de rayonnement, il se désintègre et disparait. Ainsi, l'activité d'une substance décroit constamment en fonction du temps.

La demi-vie est la période qui est nécessaire pour que l'activité d'une substance soit réduite de moitié. Elle diffère d'un radionucléide à l'autre, allant de la milliseconde à plusieurs milliards d'années. L'équation suivante montre que la demie d'un radionucléide est utilisée pour calculer son activité en tout temps.

$$A = A_o \exp(-(\ln 2/t_{1/2})T)$$

où

A_o = Activité initiale au temps t = 0

T = temps écoulé depuis A_0

$t_{1/2}$ = demi-vie du radionucléide

3.2 DOSES

Les individus sont exposés au rayonnement d'origine naturelle dans le cadre de leur vie quotidienne et à la radioactivité artificielle au cours d'examens ou traitements médicaux ou dans le cadre de leur travail. Pour prévoir les effets biologiques associés à l'exposition au rayonnement, il faut évaluer la quantité d'énergie qui a été absorbée par un organe ou tissus, c'est-à-dire évaluer la dose reçue.

Les concepts de dose suivants sont utilisés pour quantifier l'énergie déposée dans les tissus ou organes ou pour évaluer les risques associés.

3.2.1 Dose absorbée

La dose absorbée représente la quantité d'énergie de rayonnement absorbée par unité de masse du tissu irradié. Dans le système international (SI), son unité est le GRAY (Gy).

- 1 Gray ≡ 1 J/Kg = 100 rads

Il est important de noter que la valeur de la dose absorbée se base uniquement sur l'énergie du rayonnement. Elle ne tient pas compte du type de rayonnement ni des organes exposés.

3.2.2 Dose équivalente

L'absorption d'une dose de rayonnement par une substance vivante peut provoquer un effet biologique dont l'ampleur dépend du type de rayonnement en cause (alpha, bêta, gamma, neutrons, etc.). Afin de tenir compte de cette influence, un facteur de pondération est attribué à chaque type de rayonnement, en fonction de sa capacité à causer des dommages biologiques (tableau 1). En multipliant la dose absorbée par le facteur de pondération, on obtient la **dose équivalente**, exprimée en Sievert (Sv) (ou plus souvent en millisievert ou microsievert (mSv ou µSv)).

Tableau 1 : Facteurs de pondération pour le calcul de la dose équivalente.

Rayonnement	Facteur
Photons gamma et X	1
Particules bêta	1
Neutrons < 10 keV	5
Neutrons 10 - 100 keV	10
Neutrons > 100 keV – 2 MeV	20
Neutrons > 2 MeV – 20 MeV	10
Neutrons > 20 MeV	5
Protons	5
Particules alpha	20

Les limites de dose équivalente pour les mains, les pieds et la peau ont été choisies pour limiter les effets biologiques à court terme (effets déterministes – voir section 3.3.1), comme par exemple, l'érythème à la peau.

3.2.3 Dose efficace

Le concept de dose efficace est utilisé afin d'évaluer le risque de développer des effets à long terme (effet stochastiques, voir la section 3.3.2) et pour ce, la dose efficace tient compte des tissus ou des organes qui sont exposés.

Car, certains tissus ou organes sont plus sensibles au rayonnement ionisant que d'autres. Par exemple, les cellules à division rapide, comme celles présentes dans les organes reproducteurs, sont plus sensibles au rayonnement ionisant que les cellules à division lente, comme celles qui composent la surface des os.

Par conséquent, le risque associé au rayonnement ionisant n'est pas le même d'un organe à l'autre. La dose efficace est calculée en multipliant la dose équivalente avec un *facteur de pondération tissulaire* (tableau 2). Ce facteur dépend non seulement de la radiosensibilité de chaque organe, mais aussi de la gravité des cancers radio induits.

Le Sievert (Sv), ou plus souvent le millisievert ou microsievert (mSv ou µSv), est utilisé pour exprimer la dose efficace.

Tableau 2 : Facteur de pondération tissulaire[8] **.**

Organe ou tissu	Facteur	Organe ou tissu	Facteur
Organes reproducteurs	0,12	Foie	0,05
Moelle osseuse	0,12	Œsophage	0,05
Côlon	0,12	Thyroïde	0,04
Poumon	0,12	Peau	0,01
Estomac	0,12	Surface des os	0,01
Vessie	0,05	Autres	0,01
Sein	0,05	CORPS ENTIER	1

La dose efficace permet de comparer les risques dits ‘‘au corps entier’’ entre des personnes qui n’ont pas été exposées de la même manière au rayonnement ionisant.

Les limites pour les doses efficaces (voir la section 3.2.4) ont été choisies pour prévenir les effets biologiques à long terme (effets stochastiques), comme par exemple, le développement d’un cancer.

3.2.4 Limites de doses (public et travailleurs)

Le tableau 3 présente les limites de doses efficaces et équivalentes définies par la CCSN. Le respect des limites de doses efficaces permet d’éviter les effets stochastiques (voir la section 3.3.2). Les limites de doses équivalentes, qui permettent d’éviter les effets déterministes (voir la section 3.3.1), sont définies pour le cristallin, la peau et les extrémités.

À l’Université, la limite de dose qui s’applique en tout temps est celle du **public** sauf pour les personnes désignées ‘‘travailleur ou travailleuse du secteur nucléaire’’ compte tenu de la nature des travaux effectués et du niveau plus élevé d’exposition aux rayonnements (voir la section 7.2.3).

Tableau 3 : Limites de doses efficaces et équivalentes, par année en mSv[9].

Type de dose	Travailleur/travailleuse du secteur nucléaire (TSN)	Membre du public
Dose efficace	50 (max. 100 mSv/5 ans)	**1**
Dose efficace - personne enceinte	4 (reste de la grossesse)	**1**
Dose équivalente - cristallin	50	**15**
Dose équivalente – peau et extrémités	500	**50**

[8] https://nuclearsafety.gc.ca/fra/resources/radiation/introduction-to-radiation/radiation-doses.cfm
[9] CIPR, 2007. Recommandations 2007 de la Commission internationale de protection radiologique, Publication 103.

3.2.5 Exposition au rayonnement

Le rayonnement ionisant a toujours été présent dans l'univers. Il fait partie des conditions physiques dans lesquelles la vie a évolué sur la Terre.

L'humain est exposé au rayonnement cosmique (rayonnement en provenance du soleil, de notre galaxie ou de l'extérieur de cette dernière) et au rayonnement terrestre (rayonnement émis par des radionucléides naturels comme l'uranium et le thorium présents dans le sol). L'ingestion de radionucléides, comme le potassium-40 présent dans plusieurs aliments (bananes, noix, pommes de terre, etc.), et l'inhalation de radionucléides naturellement présents dans l'air (radon, etc.), constituent également des sources d'exposition à la radioactivité.

La dose annuelle due au rayonnement naturel d'environ 1,7 mSv par individu au Canada (figure 6). Notons que cette dose varie considérablement selon le lieu que l'on habite.

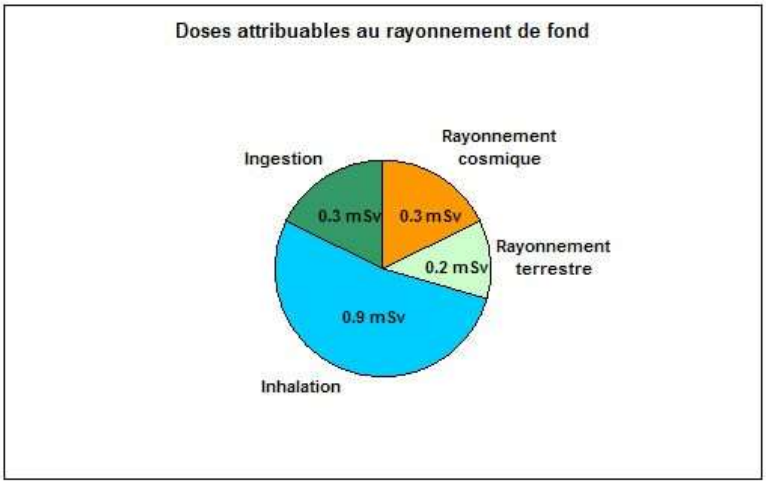


Figure 6 : Formes d'exposition au rayonnement naturel[10].

Depuis un peu plus d'un siècle, l'exposition à des sources de rayonnement ionisant d'origine artificielle (principalement médicale), s'est ajoutée à l'exposition naturelle.

Ainsi, notre exposition personnelle totale, due aux sources naturelles et artificielles, totalise environ 3,5 millisieverts par année (figure 7).

Le rayonnement dû à des causes artificielles vient en très grande partie des expositions médicales, radiographies et autres techniques diagnostiques ou thérapeutiques. Un pourcentage plus modeste vient des autres types d'activités industrielles (par exemple, les activités liées aux centrales nucléaires), militaires ou de recherche.

[10] https://nuclearsafety.gc.ca/fra/resources/fact-sheets/natural-background-radiation.cfm

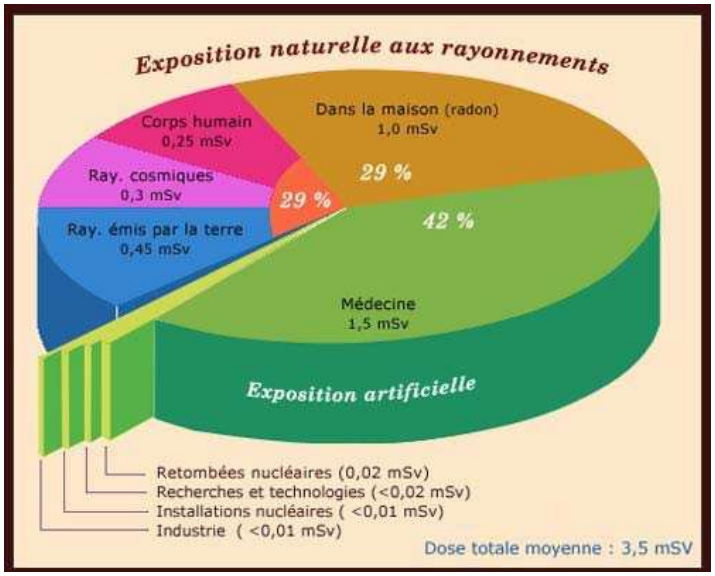


Figure 7 : Formes d'exposition au rayonnement naturel et artificiel[11].

[11] http://www.laradioactivite.com/site/pages/lesexpositionsnaturelles.htm

3.3 EFFETS BIOLOGIQUES

Les effets dus à l'exposition d'un organisme vivant au rayonnement ionisant sont variables et dépendent de la dose reçue. Il est toutefois démontré que, suite à l'exposition des cellules biologiques au rayonnement, des lésions dans l'ADN (acide désoxyribonucléique), des macromolécules présentes dans le noyau des cellules et qui constituent le matériel génétique, peuvent survenir.

Suite à une lésion de l'ADN, les trois conséquences suivantes sont possibles :

- La réparation de l'ADN est exacte :

  La cellule survie, continue d'assurer ses fonctions et il n'y a pas d'effet sur l'organisme.

- Des effets **déterministes** sont observés :

  La cellule ne réussit pas à réparer l'ADN et la cellule meurt. Si plusieurs cellules sont détruites, une pathologie tissulaire est observée (ex. nécrose des tissus).

- Des effets **stochastiques** sont observés :

  La réparation est incorrecte et mène à une mutation dans l'ADN. La cellule portant cette mutation, si elle n'est pas éliminée par le système immunitaire, peut se diviser et mener au développement d'un cancer, ou encore causer une anomalie héréditaire.

3.3.1 Effets déterministes

Les effets déterministes sont des effets qui apparaissent à court terme (quelques heures ou jours) suite à une exposition aiguë à des doses élevées de rayonnements, par exemple à la suite d'un incident nucléaire ou médical d'importance). Ces effets résultent d'une trop grande perte de cellules dans un tissu.

Exemples d'effets:

- érythèmes
- vomissements
- perte des cheveux
- etc.

Les effets déterministes apparaissent seulement lorsqu'un seuil limite pour un tissu donné est atteint. Pour une exposition à la peau, ce seuil est d'environ 1 Sv.

L'importance et la gravité des effets observés augmentent avec la dose reçue.

3.3.2 Effets stochastiques

Les effets stochastiques sont des effets qui apparaissent de façon aléatoire, à long terme et suivant une exposition à de faibles et moyennes doses rayonnements. Ces effets résultent de l'altération de l'ADN de cellules qui deviennent non fonctionnelles, mais qui restent en mesure de se reproduire. Elles pourront éventuellement former un cancer, des années, voire des dizaines d'années, plus tard.

La probabilité de voir apparaitre ces effets augmente de façon linéaire avec la dose de. À ce jour, on considère qu'il n'y a pas de seuil minimal en dessous duquel les effets stochastiques ne peuvent pas apparaitre.

3.3.3 Les personnes en état de grossesse

Membres du public

La déclaration de grossesse n'est pas obligatoire pour les utilisateurs et utilisatrices de substances nucléaires. Toutefois, il est recommandé que la personne qui porte un dosimètre dans le cadre de ses fonctions avise la responsable de la radioprotection de sa situation de grossesse : le secteur de la radioprotection lui fournira un dosimètre supplémentaire qui devra être porté sur l'abdomen. Contrairement aux dosimètres torse qui sont changés tous les trois mois, ce second dosimètre sera changé aux deux semaines.

Travailleuse et travailleur du secteur nucléaire

Il est recommandé que la personne TSN en état de grossesse ou qui allaite **avise, dès que possible et par écrit**, le titulaire de permis de sa situation.

Après avoir été avisé par écrit de la grossesse :

- Le titulaire de permis doit prendre toutes les mesures d'accommodement, qui n'entraînent pas de contraintes financières ou commerciales excessives, afin de respecter la limite de dose de 4 mSv pour le reste de sa grossesse à compter de la date à laquelle le titulaire de permis a été avisé de la grossesse.

Après avoir été avisé par écrit d'une situation d'allaitement :

- Le titulaire de permis doit prendre toutes les mesures d'accommodement, qui n'entraînent pas de contraintes financières ou commerciales excessives, afin de limiter l'incorporation de substances nucléaires par la personne qui allaite.

3.4 ÉLÉMENTS DE RADIOPROTECTION

La radioprotection est l'ensemble des principes et des moyens à mettre en œuvre afin de protéger les personnes et l'environnement lors d'activités impliquant du rayonnement ionisant. Il n'existe pas de modèle de protection unique et comme on ignore s'il existe un seuil d'exposition complètement sécuritaire, il faut s'adapter à chaque situation en visant à réduire l'exposition au niveau le plus bas possible.

Dans ce contexte, le secteur de la radioprotection s'assure que les trois principes fondamentaux de radioprotection (section 1.3) sont respectés.

Pour ce faire, il met en œuvre un programme de radioprotection. Ce programme comprend des éléments obligatoires permettant de minimiser les risques d'exposition des utilisateurs et du public, de sécuriser les substances nucléaires et de conserver un niveau élevé de conformité avec les lois et les règlements.

3.4.1 Exposition interne

L'exposition interne (figure 8) résulte de l'incorporation de radionucléides à l'intérieur du corps, de façon naturelle (par l'alimentation par exemple), ou à la suite d'une incorporation pour des raisons médicales ou dans le cadre du travail.

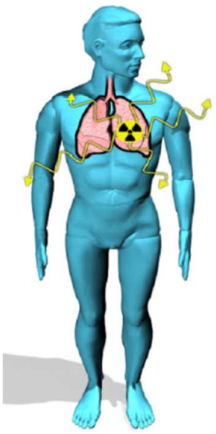


Figure 8 : Exposition interne
(réf. Office of Radiation Safety at 900 Atlantic Dr. Atlanta GA)

Les radionucléides pénètrent dans le corps par des mécanismes d'inhalation (aérosols et gaz radioactifs), par ingestion ou par absorption par la peau. Une fois incorporée, une partie des radionucléides est évacuée plus ou moins rapidement par l'organisme, tout dépendant de l'espèce chimique absorbée et de sa forme (solide, gaz, etc.). L'autre partie peut se déposer dans des organes cibles, et y rester jusqu'à la décroissance complète.

Les particules alpha représentent le plus grand danger lorsqu'il est question d'exposition interne et, à un degré moindre, les particules bêta. En effet, ces deux types de particules déposent leur énergie dans le voisinage immédiat du point d'émission. Plus particulièrement les particules alpha, qui déposent leur énergie de manière très concentrée, sur une distance inférieure à des fractions de millimètres. Ces dépôts concentrés d'énergie causent des dommages importants aux cellules et diminuent les chances de réparation.

Il convient donc de porter une attention très spéciale au contrôle de ce type d'exposition (voir la section 7.2.1).

Contrôle de l'exposition interne

L'exposition interne se contrôle en respectant les points suivants :

- Ne pas manger, boire ou conserver de la nourriture dans le laboratoire.
- Porter un sarrau fermé ainsi que des gants de protection lors de la manipulation de substances nucléaires.
- Il est important de retirer les gants selon la technique appropriée (voir l'annexe 3)
- Travailler sous une hotte.
- Délimiter les surfaces de travail servant à la manipulation des substances nucléaires.
- Une mesure de protection supplémentaire efficace consiste à installer des matériaux absorbants sur les comptoirs de manipulation (figure 8B).

Figure 8B : Matériaux absorbants sur les comptoirs.

Biodosage

Lorsque l'on soupçonne que l'incorporation d'un radionucléide à l'intérieur du corps a eu lieu, par exemple lors d'un incident, le secteur de la radioprotection peut demander un biodosage. Le cas échéant, le biodosage est effectué dans un centre hospitalier dont les procédures d'essais biologiques sont approuvées par la CCSN, par exemple au CHU de Québec.

3.4.2 Exposition externe

L'exposition externe résulte de l'exposition au rayonnement d'une source présente à l'extérieur du corps (figure 9). Les rayons gamma et les particules bêta de hautes énergies sont des radiations pénétrantes qui présentent un danger d'exposition externe.

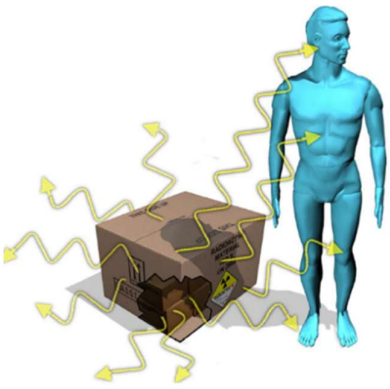


Figure 9 : Exposition externe (réf. Office of Radiation Safety at 900 Atlantic Dr. Atlanta GA)

Les particules alpha représentent un faible danger d'exposition externe, car elles sont arrêtées par la couche superficielle de la peau formée de cellules mortes (épiderme).

La diminution de la durée de présence, l'augmentation de la distance et le blindage sont trois éléments de radioprotection qui permettent de réduire les risques d'exposition externe. Les utilisateurs de sources radioactives scellées doivent appliquer ces éléments de protection de façon rigoureuse. Ils permettent de maintenir au minimum les doses reçues (voir également dosimétrie en section 7.2.2).

La durée

Le fait de diminuer la durée d'exposition entraîne directement une diminution de la dose de rayonnement reçue. Il faut diminuer au maximum la durée de son exposition aux rayonnements.

Dose = débit de dose en (µSv/h) x durée (h)

La distance

L'intensité des rayonnements gamma diminue en fonction du carré de la distance[12]. Elle diminue de façon encore plus abrupte pour les particules bêta. Il est important de maintenir un maximum de distance avec les sources de rayonnement (utiliser une pince, éloigner les contenants de déchets, etc.).

Pour visualiser l'effet de la distance, il suffit de mesurer le débit de dose à partir d'un point fixe, puis à différentes distances en reculant : on remarque alors très bien que le rayonnement diminue rapidement en s'éloignant de la source.

Le blindage

Lorsque la diminution du temps d'exposition et une augmentation de la distance ne suffisent pas à diminuer suffisamment l'exposition, il faut mettre en place un ou plusieurs écrans protecteurs appropriés entre la source et les personnes.

Les matériaux de polyméthylmétacrylate (acrylique - plexiglas) sont souvent utilisés pour arrêter les particules bêta, et les matériaux denses comme le plomb sont utilisés pour atténuer le rayonnement gamma.

Attention : il ne faut pas utiliser des matériaux composés d'atomes avec des numéros atomiques élevés (Z > 13) pour le blindage des particules bêta. Ces particules produisent, en présence de matériaux denses (Z élevé), des rayons X par un mécanisme de rayonnement de freinage, et augmentent ainsi l'exposition.

Pour l'utilisation de radionucléides émetteurs bêta de hautes énergies ET gamma, on installera deux blindages : d'abord un blindage d'acrylique pour absorber les particules bêta, ensuite un blindage de plomb, qui atténuera les rayons gamma qui auront traversé le premier blindage d'acrylique.

Les matériaux qui peuvent être utilisés et une estimation de leur épaisseur, qui varie en fonction de l'énergie des rayonnements gamma, sont établis pour chaque protocole nécessitant du blindage (voir la section 6.1.1 pour plus de détails).

3.4.3 Dosimétrie

Dans certains cas, la dosimétrie est utilisée afin de s'assurer qu'un individu qui travaille avec des sources de rayonnement n'atteigne pas les limites de dose prescrites par la commission.

Les dosimètres mesurent la dose totale reçue pendant une période donnée. Le port d'un dosimètre ne protège pas la personne du rayonnement, mais permet de déceler, s'il y a lieu, des défaillances dans la technique de travail et d'y apporter des améliorations.

Voir la section la section 7.2.2 – Dosimétrie pour de plus amples détails.

3.4.4 Programme de radioprotection

Les éléments suivants sont des exemples d'éléments d'un programme de radioprotection :

- Gestion des permis et autorisations internes
- Formations
- Classement et déclassement des locaux autorisés

[12] Ceci est vrai pour les sources ponctuelles. Une source est considérée ponctuelle si son plus grand diamètre est inférieur au cinquième de la distance qui sépare l'utilisateur et la source.

- Contrôle de la contamination
- Vérification de l'étanchéité des sources scellées
- Vérification des inventaires de sources scellées et d'appareils à rayonnement
- Étalonnage annuel des instruments de détection
- Inspections des laboratoires
- Rapport annuel à la CCSN
- Vérification des alarmes et des plans de sécurité
- Gestion des achats
- Gestion des déchets
- Gestion de la dosimétrie
- Transport de marchandises dangereuses de classe 7

3.4.5 Conservation des documents

Le secteur de la radioprotection conserve tous les documents importants reliés au programme de radioprotection dans leurs locaux, sous forme papier ou numérique, selon les prescriptions de temps de la CCSN[13].

[13] https://nuclearsafety.gc.ca/pubs_catalogue/uploads_fre/record-retention-period-summary-2016-fra.pdf

4 AUTORISATIONS INTERNES ET LABORATOIRES

Toute personne voulant utiliser des substances nucléaires ou des appareils à rayonnement sur le campus de l'Université doit détenir une autorisation interne, délivrée par le Comité de radioprotection. La politique du comité est de restreindre l'octroi d'autorisations à des professeurs de l'Université, pour s'assurer de l'imputabilité des titulaires par rapport à l'Université, surtout en ce qui concerne la sécurité des travailleurs autorisés, dont plusieurs sont des étudiants.

Les locaux autorisés sont classés, déclassés et inspectés annuellement par le secteur de la radioprotection.

Les prochaines sections présentent les conditions qui entourent la délivrance des autorisations internes.

4.1 RESPONSABILITÉS DU TITULAIRE D'UNE AUTORISATION

Chaque titulaire d'une autorisation interne a la responsabilité de :

- S'assurer que les conditions énoncées dans l'autorisation interne, exposées dans la Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires et dans les règlements associés soient respectées.
- Aviser les personnes qui doivent être considérées comme des travailleurs du secteur nucléaire en vertu de la Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires.
- Veiller à ce que toute personne qui utilise des substances nucléaires ait été autorisée à le faire, qu'elle soit enregistrée auprès de la responsable de la radioprotection et qu'elle possède les connaissances nécessaires sur la manipulation des substances nucléaires et les méthodes de protection.
- S'assurer que l'établissement a fourni à tous les employés qui utilisent des substances nucléaires une formation appropriée en radioprotection et les a informés des risques liés à l'irradiation par des rayonnements ionisants. De plus, les titulaires d'autorisations internes sont responsables de fournir la formation précise en manipulation des substances nucléaires afin d'assurer leur utilisation en toute sécurité.
- Veiller à ce que les doses de rayonnements ionisants soient maintenues au niveau le plus faible qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre.
- Consulter la responsable de la radioprotection pour toute modification apportée au protocole expérimental qui peut augmenter l'exposition aux rayonnements ionisants.
- Veiller à ce que tout utilisateur de substances nucléaires qui pourrait recevoir une dose de rayonnement ait reçu et porte un dosimètre à luminescence stimulé optiquement (torse) ou thermoluminescent (extrémité) et qu'il participe à des programmes de biodosage, si nécessaire.
- Désigner des aires de travail et de stockage précises pour les substances nucléaires et s'assurer que ces aires sont propres, identifiées si requis par des panneaux de mise en garde contre les rayonnements ionisants, ventilées et munies d'un blindage approprié.
- S'assurer que les substances nucléaires sont utilisées seulement dans les locaux énumérés sur son autorisation interne.
- Afficher dans chacun des locaux énumérés sur l'autorisation interne, une copie de celui-ci.
- En cas d'utilisation de substances nucléaires à l'extérieur des lieux prescrits par le permis de l'Université Laval, la responsable de la radioprotection doit être avisée par écrit au moins un mois à l'avance et les protocoles de manipulation doivent lui être soumis pour approbation.
- S'assurer que les substances nucléaires sont entreposées dans un endroit sûr, sous clé quand ils ne sont pas sous la surveillance directe des travailleurs autorisés, et blindé si nécessaire.
- Tenir à jour les fiches d'inventaire et d'utilisation des substances nucléaires.
- Tenir tous les registres de contrôle et d'épreuve hebdomadaire de contamination par frottis des aires.
- Contrôler, dès leur réception, les colis contenant des substances nucléaires pour déterminer si l'emballage et/ou le contenant sont contaminés.
- S'assurer que toutes les procédures administratives sont suivies.
- Désigner une personne qui peut agir, en son absence, comme interlocuteur auprès de la responsable de la radioprotection.

- Rapporter tous les incidents mettant en cause des substances nucléaires à la responsable de la radioprotection.
- Aviser la responsable de la radioprotection avant d'effectuer tout transfert ou échange de substances nucléaires.

4.1.1 Absence prolongée de la personne titulaire d'une autorisation interne

Si la personne titulaire doit s'absenter du laboratoire pour une période prolongée, elle doit en informer la responsable de la radioprotection et nommer une ou un remplaçant. Cette personne remplaçante devra connaitre les mesures de radioprotection, les activités du laboratoire et être en position d'autorité sur l'ensemble des personnes autorisées à manipuler sous l'autorisation de la personne titulaire.

4.2 AUTORISATIONS INTERNES

4.2.1 Demande

Le professeur doit soumettre par courriel une demande d'autorisation interne à la responsable de la radioprotection à l'adresse générique radioprotection@ssp.ulaval.ca, tel que décrit sur le site du SSP : https://www.ssp.ulaval.ca/matieres-dangereuses/radioprotection/autorisation-interne/.

Le courriel doit contenir les renseignements nécessaires à l'étude de la demande, incluant les renseignements suivants qui permettront le classement des zones, salles ou enceintes demandées :

- Les caractéristiques des substances nucléaires qui seront stockées ou utilisées (radionucléide, forme chimique et physique)
- Les quantités totales qui seront possédées (afin de respecter les limites du permis) et les quantités maximales qui seront manipulées en une fois (afin de respecter les limites du niveau de laboratoire)
- Le numéro des locaux où auront lieu les activités demandées
- Les types de manipulation qui seront effectués

4.2.2 Acceptation

La demande est évaluée par la responsable de la radioprotection qui la soumet ensuite au président du Comité de radioprotection pour discussion et décision. Tout point peut être soumis aux autres membres du comité, selon les champs d'expertise des membres.

Lorsqu'une demande est acceptée, les conditions de l'autorisation sont élaborées par le président du comité et la responsable de la radioprotection.

4.2.3 Délivrance

Procédure de délivrance d'une autorisation interne :

1. L'autorisation interne est rédigée par la responsable de la radioprotection et est ensuite signée par le président du Comité de radioprotection
2. Le titulaire est informé de ses obligations (voir la section 4.1)
3. Une copie de l'autorisation est envoyée au titulaire et les locaux sont classés par les membres du secteur de la radioprotection

La responsable de la radioprotection :

- Supervise l'acquisition, l'utilisation et l'évacuation des substances nucléaires
- Veille à ce que les installations soient conformes et sécuritaires
- S'assure du respect des conditions de l'autorisation interne
- Donne une formation en radioprotection aux travailleurs qui doivent être autorisés

4.2.4 Contenu

L'autorisation interne comporte 4 pages numérotées.

Sur la page 1 figurent les informations suivantes :

- Nom et coordonnées du titulaire de l'autorisation interne

- Type d'autorisation (sources ouvertes, sources scellées ou appareil à rayonnements)
- Utilisations approuvées
- Liste des locaux autorisés
- Radionucléides et limites de possession et de manipulation
- Période de validité du permis
- Nom des utilisateurs autorisés
- Avis de permis (voir la section 4.2.6)
- Signature du président du comité de radioprotection

Sur les pages 2 et 3 figurent les informations suivantes :

- Les conditions à respecter

Sur la page 4 figurent les informations suivantes :

- Le suivi des versions, qui donnent suite aux modifications des permis

4.2.5 Modifications

Toute demande de modification ou d'abrogation doit être acheminée à la responsable de la radioprotection pour approbation. Le titulaire de l'autorisation interne doit, entre autres, faire des demandes de modifications au fur et à mesure que changent les paramètres de l'autorisation (radionucléides, activités limites autorisées, travailleurs autorisés, locaux autorisés, etc.).

4.2.6 Avis de permis

Le permis d'utilisation de l'Université, sans les annexes, est affiché pour consultation au Centre de gestion des matières dangereuses.

Chaque autorisation interne comporte l'avis suivant, indiquant l'endroit où le permis et les documents annexés peuvent être consultés :

> *« Le permis consolidé délivré à l'Université Laval par la Commission canadienne de sûreté nucléaire, ses annexes et les documents qui y sont rattachés peuvent être consultés sur demande. SVP prendre rendez-vous auprès du secteur de la radioprotection à cette adresse : radioprotection@ssp.ulaval.ca »*

4.2.7 Période de validité

La période de validité est déterminée par la responsable de la radioprotection en fonction de l'état du dossier de l'autorisation interne. Elle ne peut toutefois pas excéder vingt-quatre (24) mois.

Dans tous les cas, le Comité de radioprotection doit s'assurer qu'une visite de contrôle et un rapport de visite sont effectués aux douze (12) mois pour chaque local couvert par un permis.

4.2.8 Renouvellement

Les autorisations internes sont valides pour une période de **deux ans** et sont affichées dans les locaux autorisés.

Procédure de renouvellement :

1. Le titulaire qui souhaite renouveler son autorisation interne doit confirmer au secteur de la radioprotection que les informations présentes sur la dernière version de son autorisation interne sont toujours exactes et que la situation n'a pas changé.
2. À la suite de sa confirmation, l'autorisation interne est reconduite pour une autre période de deux ans, aux mêmes conditions.
3. La nouvelle autorisation interne est signée le président du Comité.
4. L'autorisation interne est délivrée : une copie est envoyée au titulaire et des copies sont affichées dans les locaux autorisés.

4.3 CLASSEMENT ET DÉCLASSEMENT

4.3.1 Quantité d'exemption (QE)

La quantité d'exemption (QE) est une activité en Bq. Il s'agit de l'activité sous laquelle un permis n'est pas automatiquement requis. La quantité d'exemption est différente pour chaque radionucléide, d'après ses caractéristiques de rayonnement, sa demi-vie et sa radiotoxicité.

Chaque laboratoire où on utilise plus d'une quantité d'exemption d'une substance nucléaire à un moment donné est désigné comme laboratoire de radioactivité et doit être classé selon les critères de classement de la CCSN. Les laboratoires qui utilisent moins d'une quantité d'exemption sont classés selon les critères internes de l'Université.

Les QE pour chaque radionucléide figurent à l'annexe 1 du Règlement sur les substances nucléaires et les appareils à rayonnement.

4.3.2 Limite annuelle d'incorporation (LAI)

La LAI correspond à l'activité d'un radionucléide qui, si ingérée ou l'inhalée, transmet une dose efficace de 20 mSv durant les 50 années suivant l'incorporation du radionucléide dans le corps d'une personne de 18 ans ou plus.

La valeur de LAI pour un radionucléide sert à établir la limite supérieure des niveaux de laboratoire. Cette limite est rapportée dans la section ''*quantité maximale manipulée*'' de l'autorisation interne.

Les LAI sont propres à chaque radionucléide et dépendent de la voie d'incorporation (inhalation ou ingestion).

Les valeurs de LAI pour chaque radionucléide figurent à l'annexe A du document Guide de conception des laboratoires de substances nucléaires et des salles de médecine nucléaire (GD- 52).

4.3.3 Classement

Les substances nucléaires doivent être stockées uniquement dans les lieux autorisés sur le permis de l'Université Laval et dans les zones, pièces ou enceintes autorisées et indiquées sur les autorisations internes.

Procédure de classement des substances nucléaires

1. Toute personne qui désire stocker ou utiliser des substances nucléaires à l'Université Laval doit présenter auparavant une demande d'autorisation interne au Comité de radioprotection de l'Université (voir la section 4.2 pour la procédure d'émission d'une autorisation interne).
2. Pour les sources non scellées, le Comité classe chaque zone, pièce et enceinte selon les critères suivants :
    a. de niveau exempté si la quantité ne dépasse pas la quantité d'exemption (norme interne de classification à l'Université)
    b. de niveau élémentaire si la quantité ne dépasse pas 5 LAI
    c. de niveau intermédiaire si la quantité utilisée ne dépasse pas 50 LAI

    Note :

    Chaque nouvelle zone, pièce ou enceinte de niveau intermédiaire devra respecter le document de la CCSN REGDOC-2.5.6 - Conception des salles où sont utilisées des substances nucléaires non scellées.

    L'Université Laval ne prévoit pas classer des salles de niveau supérieur, de confinement ou à vocation spéciale pour le moment. Si la situation venait à changer, la présente procédure serait modifiée.
3. Si l'activité demandée par le professeur le nécessite, une demande d'amendement du permis de l'Université à la CCSN est effectuée.
4. Les personnes autorisées reçoivent une formation en radioprotection.
5. Une autorisation interne est émise selon le type de substances nucléaires autorisées et une copie de cette autorisation est affichée dans chaque zone, pièce et enceinte autorisées :
    a. Laboratoire de sources non scellées
    b. Laboratoire de sources scellées (classification en vigueur à l'université)
    c. Laboratoire d'appareils à rayonnement (classification en vigueur à l'université)
6. Pour les sources non scellées, l'affiche de niveau de la CCSN correspondant au niveau de classement est affichée dans chaque zone, pièce et enceinte autorisées.
7. Tout autre affichage réglementaire est mis en place (affiche de mise en garde, affiche pour les déversements, etc.).

8. Pour les laboratoire de sources non scellées :
    a. un plan de frottis est établi
    b. le fonctionnement et le débit des hottes sont vérifiés.
9. Dans le cas de substances nucléaires émettrices de rayonnement gamma, des mesures du débit de dose ambiant avant l'arrivée des substances nucléaires, ainsi qu'au moment de leur entreposage, sont effectuées.
10. Les dispositifs de sécurité (laboratoire ou enceinte verrouillés, etc.) sont vérifiés.
11. Une nouvelle évaluation du statut de l'autorisation interne est effectuée **tous les deux ans**, lors du renouvellement des autorisations internes de l'Université Laval.

4.3.4 Déclassement

Le titulaire de l'autorisation interne doit aviser le secteur de la radioprotection quand il désire cesser l'utilisation ou l'entreposage des substances nucléaires ou d'appareils à rayonnement dans une salle inscrite sur son autorisation interne.

La salle en question ne peut pas servir à un autre usage avant que le processus de déclassement n'ait été effectué en respect avec la réglementation en vigueur.

La responsable de la radioprotection, ou des membres du secteur de la radioprotection désignée par elle, procède au déclassement du local ou laboratoire suivant la procédure suivante.

Procédure de déclassement

1. Les substances nucléaires ou les appareils à rayonnement, ce qui inclut les matières résiduelles, sont retirés du local.
2. Le transfert réglementaire des substances nucléaires ou des appareils à rayonnement vers d'autres locaux autorisés est effectué.
3. Pour les locaux qui comportaient des sources non scellées :
    a. Des frottis en nombre suffisamment élevé pour confirmer l'absence de contamination sont effectués (des frottis additionnels au plan de frottis sont effectués).
4. Un balayage au contaminamètre dans toutes les zones est effectué.
5. L'affichage (panneaux, affiches, étiquettes, emballages) indiquant la présence de substances nucléaires ou d'appareils à rayonnement est retiré.
6. Un formulaire de déclassement « Déclassement et destination ultime des substances nucléaires » (voir l'annexe 1) est rédigé. Il comporte en annexe le plan de frottis et les résultats du contrôle radiologique final effectué sur le lieu de stockage des substances nucléaires non scellées.

Dans le cas de l'arrêt des activités dans un lieu autorisé, une demande de retrait de ce lieu est effectuée auprès de la CCSN.

Contamination fixée

Dans le cas des activités de déclassement, les limites suivantes doivent être respectées, pour une moyenne établie pour une surface de 100 cm^2 :

- Radionucléide de classe A = 0,3 Bq/cm2
- Radionucléide de classe B = 3 Bq/cm2
- Radionucléide de classe C = 30 Bq/cm2

La mise en disponibilité de toute zone contenant une contamination fixée doit être approuvée par la CCSN : une autorisation doit ainsi être reçue avant le déclassement d'un local contenant une contamination fixée.

4.4 POLITIQUES D'AFFICHAGE

Le titulaire de l'autorisation interne veille à ce que seules les personnes autorisées aient accès aux substances nucléaires ou aux appareils à rayonnement. Pour respecter cette obligation, l'utilisation et l'entreposage doivent se faire uniquement dans les lieux désignés sur les autorisations internes.

Des affiches réglementaires, produites par la CCSN, doivent être apposées selon le type de laboratoire et les substances utilisées. Les affiches à apposer selon le type de laboratoire sont décrites dans les sections suivantes.

Avis de consultation du permis : comme indiqué sur les autorisations internes affichées dans les locaux classés, le permis délivré par la Commission à l'Université Laval, ainsi que les documents qui s'y rattachent, peut être consulté sur demande. Prendre rendez-vous à l'adresse Radioprotection@ssp.ulaval.ca.

4.4.1 Laboratoire sources ouvertes

Laboratoire exempté

Description : Toute zone, pièce ou enceinte où on utilise moins d'une quantité d'exemption d'une substance nucléaire non scellée à un moment donné.

Affichage:

- Autorisation interne
- Affiche de sûreté de la CCSN : Procédure en cas de déversement
- Affiche de sûreté de la CCSN : Utilisation et entretien des dosimètres individuels, s'il y a lieu
- Inventaire (accès à l'inventaire informatisé SYGEMAR à proximité)
- Aucune affiche de mise en garde comportant le symbole trifolié

Laboratoire élémentaire

Description : Toute zone, pièce ou enceinte où on manipule plus d'une quantité d'exemption d'une substance nucléaire non scellée, mais moins que 5 LAI, à un moment donné.

Affichage :

- Autorisation interne
- Affiche de sûreté de la CCSN : Niveau élémentaire
- Affiche de sûreté de la CCSN : Procédure en cas de déversement
- Affiche de sûreté de la CCSN : Utilisation et entretien des dosimètres individuels, s'il y a lieu
- Inventaire (accès à l'inventaire informatisé SYGEMAR à proximité)
- S'il y a des substances radioactives en quantité supérieure à 100 fois la quantité d'exemption ou un risque d'un débit de dose supérieur à 25 µSv/h :
    - Aux limites de travail et à chaque point d'accès, apposer un panneau durable et lisible portant :
        - Le symbole de mise en garde contre les rayonnements
        - Les mots RAYONNEMENT — DANGER – RADIATION
        - Les coordonnées d'un responsable qui peut être contacté jour et nuit

Laboratoire intermédiaire

Description : Toute zone, pièce ou enceinte où on manipule plus de 5 LAI d'une substance nucléaire non scellée, mais moins de 50 LAI, à un moment donné.

Affichage:

- Autorisation interne
- Affiche de sûreté de la CCSN : Niveau intermédiaire
- Affiche de sûreté de la CCSN : Procédure en cas de déversement
- Affiche de sûreté de la CCSN : Utilisation et entretien des dosimètres individuels, s'il y a lieu

- Inventaire (accès à l'inventaire informatisé SYGEMAR à proximité)
- S'il y a des substances radioactives en quantité supérieure à 100 fois la quantité d'exemption ou un risque d'un débit de dose supérieur à 25 µSv/h :
    - Aux limites de travail et à chaque point d'accès, apposer un panneau durable et lisible portant:
        - Le symbole de mise en garde contre les rayonnements
        - Les mots RAYONNEMENT — DANGER – RADIATION
        - Les coordonnées d'un responsable qui peut être contacté jour et nuit

Laboratoire d'entreposage

Description : Toute zone, pièce ou enceinte où on stocke une substance nucléaire non scellée, mais qui ne sera pas utilisée (aucun contenant n'est ouvert).

Affichage:

- Autorisation interne
- Affiche de sûreté de la CCSN : Procédure en cas de déversement
- Affiche de sûreté de la CCSN : Utilisation et entretien des dosimètres individuels, s'il y a lieu
- Inventaire (accès à l'inventaire informatisé SYGEMAR à proximité)
- S'il y a des substances radioactives en quantité supérieure à 100 fois la quantité d'exemption ou un risque d'un débit de dose supérieur à 25 µSv/h :
    - Aux limites de travail et à chaque point d'accès, apposer un panneau durable et lisible portant:
        - Le symbole de mise en garde contre les rayonnements
        - Les mots RAYONNEMENT — DANGER – RADIATION
        - Les coordonnées d'un responsable qui peut être contacté jour et nuit

Contenants

Description : Récipient contenant des substances nucléaires (contenant du fabricant, échantillons expérimentaux, contenants de déchets, etc.).

Affichage:

- Sur tous les contenants : une étiquette portant le numéro d'identification pour l'inventaire informatisé SYGEMAR[14].
- S'il contient plus d'une quantité d'exemption :
    - Une étiquette sur laquelle figure :
        - Le symbole de mise en garde contre les rayonnements
        - Les mots RAYONNEMENT — DANGER – RADIATION
        - Le nom du radionucléide, l'activité, la date de référence et la forme de la substance nucléaire (si possible)

4.4.2 Laboratoire sources scellées

Laboratoire de sources scellées

Description : Toute zone, pièce ou enceinte où on utilise ou stocke toute quantité d'une substance nucléaire scellée.

Affichage:

- Autorisation interne
- Affiche de sûreté de la CCSN : Utilisation et entretien des dosimètres individuels, s'il y a lieu
- Inventaire des stocks
- S'il y a des substances radioactives en quantité supérieure à 100 fois la quantité d'exemption ou un risque un débit de dose supérieur à 25 µSv/h :
    - Aux limites de travail et à chaque point d'accès, apposer un panneau durable et lisible portant :
        - Le symbole de mise en garde contre les rayonnements
        - Les mots RAYONNEMENT — DANGER – RADIATION

[14] Les étiquettes sont fournies par le secteur de la radioprotection.

- Les coordonnées d'un responsable qui peut être contacté jour et nuit

Sources scellées

Description : Substances nucléaires contenues dans des enveloppes scellées et non dispersables dans les conditions normales d'utilisation.

Affichage:

- Si elle contient plus d'une quantité d'exemption :
  - Une étiquette sur laquelle figure :
    - Le symbole de mise en garde contre les rayonnements
    - Les mots RAYONNEMENT — DANGER – RADIATION
    - Le nom du radionucléide, l'activité, la date de référence et la forme de la substance nucléaire (si possible)

4.4.3 Laboratoire appareil à rayonnement

Laboratoire d'appareil à rayonnement

Description : Toute zone, pièce ou enceinte où on utilise ou stocke un appareil à rayonnement.

Affichage:

- Autorisation interne
- Affiche de sûreté de la CCSN : Utilisation et entretien des dosimètres individuels, s'il y a lieu
- Inventaire des appareils à rayonnement
- S'il y a des substances radioactives en quantité supérieure à 100 fois la quantité d'exemption ou un risque un débit de dose supérieur à 25 µSv/h :
  - Aux limites de travail et à chaque point d'accès, apposer un panneau durable et lisible portant :
    - Le symbole de mise en garde contre les rayonnements
    - Les mots RAYONNEMENT — DANGER – RADIATION
    - Les coordonnées d'un responsable qui peut être contacté jour et nuit

Appareil à rayonnement

Description : Appareil contenant une source scellée confinée.

Affichage:

- Si l'appareil contient plus de 10 quantités d'exemption :
  - Une étiquette sur laquelle figure :
    - Le symbole de mise en garde contre les rayonnements
    - Les mots RAYONNEMENT — DANGER – RADIATION
    - Le nom du radionucléide, l'activité, la date de référence et la forme de la substance nucléaire
    - Les coordonnées d'un responsable qui peut être contacté jour et nuit

Détecteurs à capture d'électrons (ECD)

Les ECD contenant 555 MBq de nickel-63 sont exemptés par la CCSN. À l'Université Laval, seuls les éléments de radioprotection en lien avec la mise au rebut de ces appareils ont été maintenus via le programme de radioprotection. Ces éléments sont les suivants :

- Avertissement sur l'appareil
- Vérification annuelle de l'étanchéité

- Mise au rebut par le secteur de la radioprotection
- Inventaire des appareils (liste à l'interne)

4.4.4 Laboratoire inactif

Lorsque les activités de recherche d'un titulaire de permis sont suspendues pour une période prolongée (excédant plusieurs mois), mais que l'arrêt est considéré comme temporaire par le titulaire, le secteur de la radioprotection donne au laboratoire le statut ''temporairement inactif''. Ceci permet au titulaire, le cas échéant, d'utiliser à nouveau des substances nucléaires dans ses laboratoires, sans refaire le processus complet de classement.

Procédure pour rendre un laboratoire temporairement inactif :

1. Une évaluation est faite par la responsable de la radioprotection, selon les critères suivants :
    a. L'intérêt démontré par le chercheur
    b. Les projets de recherche dont il est question
    c. La période d'inactivité estimée
2. Si les critères sont satisfaisants, l'autorisation est désignée par le statut « temporairement inactif » et les étapes suivantes sont effectuées par le secteur de la radioprotection :
    a. Toutes les sources (ouvertes ou scellées) et les appareils à rayonnement sont retirés des laboratoires et sont relocalisés dans des locaux autorisés
    b. Dans le cas de sources ouvertes, la vérification de la contamination est effectuée par frottis
    c. Des mesures de débits de dose ambiants sont effectuées, selon les radionucléides impliqués
    d. La mention « permis temporairement inactif » est inscrite sur l'autorisation du titulaire qui est affichée dans le laboratoire
    e. Tout autre affichage réglementaire est retiré (affiche de niveau, symbole radioactif, etc.)

Une nouvelle évaluation du statut de l'autorisation interne est effectuée tous les deux ans, lors du renouvellement des autorisations internes de l'Université.

4.5 PROJETS SPÉCIAUX (PLUS DE 10000 QE)

Pour des projets impliquant l'utilisation de 10000 quantités d'exemption ou plus, une autorisation doit d'abord être reçue par la CCSN.

4.6 INSPECTION

La responsable de la radioprotection s'assure qu'au moins une inspection annuelle de conformité est faite dans chaque local où l'on utilise ou entrepose des substances nucléaires ou des appareils à rayonnement. L'inspection est faite par les membres du secteur de la radioprotection.

Procédure d'inspection

1. Les membres du secteur de la radioprotection procèdent à l'inspection des locaux en utilisant une grille d'inspection basée sur les éléments de vérification de la CCSN.
2. Suite à l'inspection, la responsable de la radioprotection envoie au titulaire de l'autorisation interne un rapport d'inspection, dans lequel sont énumérés les points de non-conformité et les mesures correctives nécessaires, ainsi que le délai accordé pour mettre les corrections en place.
    a. Une copie conforme est aussi envoyée, s'il y a lieu, à la personne responsable du laboratoire, nommée par le titulaire de permis. Cette personne est généralement celle qui travaille le plus avec les substances nucléaires et qui en fait la gestion dans le laboratoire (commandes, manipulation, frottis, gestion des déchets, etc.). Cette personne interagit avec les travailleurs et étudiants et peut leur communiquer les points de non-conformité à corriger.
3. Le titulaire de l'autorisation interne, ou la personne responsable désignée fait les corrections demandées et en informe la responsable de la radioprotection.
4. La responsable de la radioprotection vérifie le retour à la conformité et tient à jour un registre.

5 ACQUISITION ET TRANSPORT

Toute acquisition (achat de matériel neuf ou usagé, transferts, dons, etc.) et transport de substances nucléaires font l'objet d'un contrôle strict. L'acquisition et le transport doivent être approuvés par le secteur de la radioprotection et être conformes aux limites de l'autorisation internes du titulaire.

5.1 ACQUISITION

5.1.1 Le secteur de la radioprotection autorise les commandes de substances nucléaires auprès du Service des finances de l'Université.

5.1.2 Exigences à respecter par le requérant chargé de la saisie des commandes

- Acheter uniquement les radionucléides et les quantités approuvées sur l'autorisation interne.
- Identifier le chercheur responsable (titulaire d'autorisation interne) sur la demande d'achat.
- Identifier la demande d'achat comme étant une demande de produit radioactif en utilisant la catégorie PRRAD (pour PRoduit RADioactif).

5.1.3 Procédure de demandes d'achat

1. La demande est effectuée par le titulaire d'autorisation interne, ou un professionnel de recherche de son groupe, dans le système informatique de gestion financière *People Soft* de l'Université.
2. La demande doit être identifiée dans la catégorie PRRAD « Produits radioactifs ».
3. La demande d'achat est ensuite approuvée par le secteur de la radioprotection sur le système de gestion financière People Soft. Cette approbation est inhérente à l'émission du bon de commande et à sa transmission aux fournisseurs.
    a. L'approbation est donnée après validation, par le secteur de la radioprotection, du respect de la quantité maximale totale permise des substances nucléaires, telle qu'inscrite dans le permis de l'Université et sur l'autorisation interne du titulaire.
    b. Pour les sources ouvertes, une validation est faite postérieurement lorsque le produit commandé a été inscrit dans la base de données SYGEMAR.

5.1.4 Importations et exportations

Les activités de recherche qui ont lieu à l'Université peuvent nécessiter la commande des substances nucléaires chez des fournisseurs étrangers, principalement aux États-Unis, ou des substances nucléaires pourraient être prêtées entre les groupes de recherche dans le cadre de collaborations internationales.

En vertu du *Règlement sur le contrôle de l'importation et de l'exportation aux fins de la non-prolifération nucléaire*, un permis d'importation ou d'exportation doit être délivré par la Commission AVANT :

a. une commande de produits provenant de fournisseurs étrangers
b. un prêt de substances nucléaires entre des groupes de recherche dans le cadre de collaborations internationales
c. etc.

Note importante : **il faut compter au minimum 15 jours ouvrables avant l'obtention du permis**.

5.1.5 Autres acquisitions

Les acquisitions résultant d'un transfert en provenance d'un titulaire de permis de la CCSN ou d'un titulaire d'une autorisation interne, font aussi l'objet d'une approbation de la responsable de la radioprotection avant leur entrée en stock, toujours en conformité avec les conditions du permis et des autorisations internes.

5.2 TRANSPORT

Le transport des substances nucléaires se fait en conformité des lois et des règlements suivants :

- Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) : Règlement de transport des matières radioactives, Édition de 2018 (AIEA, 2018)
- CCSN : Règlement sur l'emballage et le transport des substances nucléaires, 2015 (RETSN, 2015)

- Transports Canada : Règlement sur le transport des marchandises dangereuses (RTMD)

5.2.1 Généralités

La direction de l'Université et le Comité de radioprotection voient à ce que seules les personnes qui possèdent un certificat valide de transport des marchandises dangereuses (TMD) classe 7, peuvent exercer les activités qui sont autorisées en vertu de leur certificat.

Le secteur de la radioprotection;

- Forme ou fait former les travailleurs sur les aspects du transport des substances radioactives qui leur sont délégués.
    - Formation TMD classe 7 pour la manutention de colis (personnel de la réception des marchandises)
    - Formation TMD classe 7 pour la manutention et la réception de colis (utilisateurs autorisés)
    - Formation TMD classe 7 pour l'ensemble des activités (secteur de la radioprotection)
- Approuve et prépare les demandes de transport de substances nucléaires (documentation et emballage) ou les supervise directement.
- Transporte des substances nucléaires ou les fait transporter par une personne ou une entreprise autorisée.
- Assure le maintien des dossiers, incluant des copies des documents de transport ou de transfert.
- Assure le maintien des dossiers de formation incluant des copies des certificats de formation décernés aux travailleurs et la description du matériel didactique utilisé pour la formation.

Le titulaire de l'autorisation interne et le travailleur autorisé

- Participent aux activités de formation en transport des substances nucléaires à la demande de la responsable de la radioprotection.
- Exercent uniquement les activités pour lesquelles ils ont été formés, comme la réception de colis radioactifs.
- Obtiennent de la responsable de la radioprotection l'autorisation pour toute demande de transport. Tout transport de substances nucléaires doit être fait sous la direction du secteur
- de la radioprotection.
- Consultent le secteur de la radioprotection pour tous les dossiers se référant aux autres aspects du transport des matières radioactives, tel le transport lui-même.

5.2.2 Expéditeur

L'expéditeur est responsable de classer la marchandise (classe 7), d'emballer et d'identifier les colis. Il est également responsable de préparer et fournir les documents d'expédition, ainsi que des plaques, lorsque requises.

5.2.3 Classification

Les substances nucléaires à transporter sont classées selon l'activité, le radionucléide, l'état physique de la substance (solide, liquide ou gazeux) et la forme de la matière.

5.2.4 Identification du type de colis et emballage

Les colis les plus fréquemment rencontrés à l'Université sont les colis : exemptés, exceptés, les colis industriels de type IP-1 et de type A. Le type de colis dépend du type et de l'activité de la substance nucléaire, de son état physique (solide, liquide ou gazeux) et du degré de résistance qu'offre le support qui contient la matière. (matière radioactive sous forme spéciale versus autre forme). Les exigences d'emballage sont différentes selon le type de colis.

Suremballage (Overpack)

Plusieurs colis peuvent être transportés ensemble dans un suremballage afin de faciliter le transport. Les mêmes indications (marquage, étiquetage, etc.) que celles présentes sur chacun des colis doivent figurer sur le suremballage. Le mot « SUREMBALLAGE » doit figurer sur la surface externe du suremballage.

5.2.5 Colis exemptés

Les colis exemptés contiennent des substances nucléaires dont l'activité est inférieure à la limite pour un envoi

exempté, aussi nommée quantité d'exemption[15].

Les colis exemptés:

- Ne sont pas réglementés par le règlement sur le TMD classe 7
- Aucun document de transport ne doit être produit
- Aucun emballage ni étiquetage particulier n'est requis. Seules les précautions normales de transport doivent être prises
- S'ils contiennent d'autres risques (chimiques, biologiques, etc.) : restent soumis au TMD pour les autres classes de marchandises dangereuses.

5.2.6 Colis exceptés

Les colis exceptés contiennent des substances nucléaires dont l'activité est supérieure aux limites du colis exempté, mais inférieure aux limites du colis excepté. Il existe plusieurs limites en fonction des points suivants :

- Type de substances : Objets manufacturés ou appareils[16]
- État physique : matières gazeuses, liquides ou solides
- Forme : forme spéciale ou autre forme

L'emballage de ce type de colis n'est pas normalisé ou homologué. Les colis doivent toutefois être conçus pour satisfaire aux prescriptions énoncées aux paragraphes 607-618 (et aux prescriptions énoncées aux paragraphes 619-621 s'ils sont transportés par la voie aérienne) du règlement de l'AIEA, 2018.

Pour l'envoi d'un colis excepté, les points suivants, résumés au tableau 4, doivent être respectés.

Contamination de surface du colis

Un frottis doit être effectué sur le colis. La contamination de surface doit être inférieure à :

- 4 Bq/cm2 pour les émetteurs bêta, gamma et alpha de faible toxicité17
- 0,4 Bq/cm^2 pour les autres émetteurs alpha

Débit de dose

L'intensité de rayonnement en tout point de la surface externe d'un colis excepté ne doit pas dépasser 5 µSv/h.

Classification, marquage et étiquetage du colis (figures 10 et 11)

- Les renseignements du destinataire et de l'expéditeur (nom et adresse complète) doivent être inscrits sur le colis (sur une étiquette).
- Le symbole trifolié doit être absent des surfaces externes du colis, mais le mot « RADIOACTIF » doit être placé à l'intérieur du colis et visible dès l'ouverture du colis.
- Un code UN suivi de quatre chiffres doit être présent sur une face du colis. Les numéros UN les plus utilisés à l'Université sont 2910 et 2911.
- Autres mentions, s'il y a lieu (suremballage (*overpack*), la masse si > 50 kg, symboles de flèches si liquides, etc.)
- Pour les envois aériens, la désignation exacte :
    - Les colis UN 2910 contiennent des matières radioactives scellées ou non, qui ne se trouvent pas dans un appareil ou dans un objet. La désignation exacte est « MATIÈRES RADIOACTIVES,

[15] Attention : il ne s'agit pas nécessairement des quantités d'exemption décrites à l'annexe 1 du Règlement sur les substances nucléaires et les appareils à rayonnement de la CCSN.

[16] Matières radioactives enfermées dans des composants inactifs situés dans des appareils ou objets manufacturés. Note : Un dispositif ayant pour seule fonction de contenir une matière radioactive **n'est pas considéré comme un appareil ou un objet manufacturé** (ex. une source scellée de type « check source »).

[17] Faible toxicité : uranium naturel, uranium appauvri, thorium naturel, uranium 235, uranium 238, thorium 232, thorium 228 et thorium 230 lorsqu'ils sont contenus dans des minerais ou des concentrés physiques et chimiques ; émetteurs alpha dont la période est inférieure à dix jours.

QUANTITÉS LIMITÉES EN COLIS EXCEPTÉS ».

- Les colis UN 2911 contiennent des matières radioactives enfermées dans des composants inactifs dans un appareil ou dans un objet manufacturé. La désignation exacte est « MATIÈRES RADIOACTIVES, APPAREILS ou OBJET EN COLIS EXCEPTÉS ».

Attention
Dans le cas du numéro UN 2911, seule la désignation applicable doit être utilisée.
Par exemple, s'il s'agit d'un appareil, on inscrira « MATIÈRES RADIOACTIVES, APPAREILS EN COLIS EXCEPTÉS ».
S'il s'agit plutôt d'un objet, on inscrira « MATIÈRES RADIOACTIVES, OBJET EN COLIS EXCEPTÉS ».

N° ONU	DÉSIGNATION OFFICIELLE DE TRANSPORT et description[a]
Colis excepté	
2908	MATIÈRES RADIOACTIVES, EMBALLAGES VIDES COMME COLIS EXCEPTÉS
2909	MATIÈRES RADIOACTIVES, OBJETS MANUFACTURÉS EN URANIUM NATUREL ou EN URANIUM APPAUVRI ou EN THORIUM NATUREL, COMME COLIS EXCEPTÉS
2910	MATIÈRES RADIOACTIVES, QUANTITÉS LIMITÉES EN COLIS EXCEPTÉS
2911	MATIÈRES RADIOACTIVES, APPAREILS ou OBJETS EN COLIS EXCEPTÉS
3507	HEXAFLUORURE D'URANIUM, MATIÈRES RADIOACTIVES, moins de 0,1 kg par colis, EN COLIS EXCEPTÉ, non fissiles ou fissiles exceptées[b]

Figure 10 : Appellations réglementaires et numéros UN des colis exceptés (AIEA, 2018 ; extrait du tableau 1)

Tableau 4 : Classification des colis exceptés UN 2910 et UN 2911 (AIEA, 2018 ; paragraphes 423 et 424).

Numéro UN	Contenu autorisé	Forme	Limite	Intensité maximale de rayonnement en tout point de la surface externe du colis	Marquage	Désignation exacte (ne pas l'inscrire sur le colis)
UN 2910	Matières radioactives scellées ou non, qui ne se trouvent pas dans un appareil ou dans un objet	Forme spéciale ou autre forme	Limite par colis à respecter	5 µSv/h	Le mot « RADIOACTIVE » sur une surface interne (ou externe si le colis ne le permet pas) afin qu'il soit visible quand on ouvre le colis	MATIÈRES RADIOACTIVES, QUANTITÉS LIMITÉES EN COLIS EXCEPTÉS
UN 2911	Matières radioactives enfermées dans des composants inactifs dans un **appareil** ou dans un **objet**	Forme spéciale ou autre forme	Limite par article et par colis à respecter, respectivement	5 µSv/h*	Le mot « RADIOACTIVE » sur la surface interne de chaque appareil ou objet, ou sur la surface interne du colis.	MATIÈRES RADIOACTIVES, APPAREILS ou OBJET EN COLIS EXCEPTÉS

*Noter que l'intensité de rayonnement à 10 cm de la surface externe (en tout point) d'un appareil ou d'un objet non emballé ne doit pas être supérieure à 100 µSv/h.

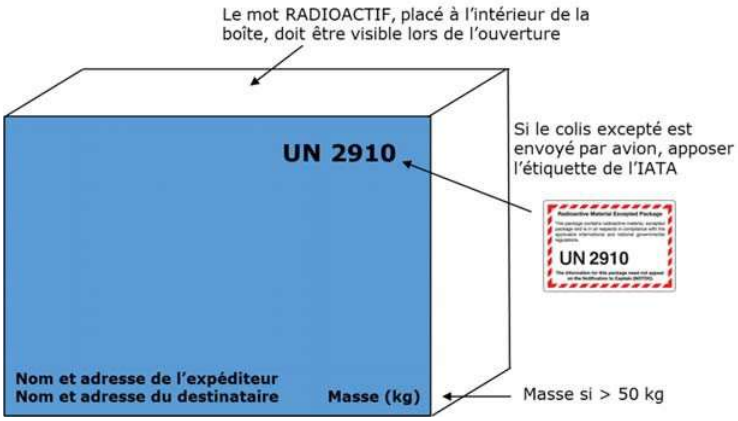


Figure 11 : Exemple d'un colis excepté.

Documents (bordereau) d'expédition

Les documents complets d'expédition ne sont pas requis pour les colis exceptés. Toutefois, un bordereau du transporteur doit être complété, sur lequel figurent les renseignements ci-après :

- Les noms et adresses de l'expéditeur et du destinataire
- Le numéro UN
- L'indication qu'il s'agit d'une marchandise dangereuse
- La désignation officielle de transport (appellation réglementaire)
- Pour les envois en suremballage, les informations doivent être fournies pour chaque colis

Trois copies des documents doivent être produites (expéditeur, transporteur et destinataire). Un document doit accompagner le colis pendant le transport et une copie est remise au destinataire par le conducteur.

5.2.7 Colis industriels IP-1

Les colis industriels de type IP-1 contiennent des matières de faible activité spécifique ou des objets contaminés superficiellement.

Matières de faible activité spécifique (*LSA - Low specific activity material*) :

On entend des matières radioactives qui par nature ont une activité spécifique limitée, ou des matières radioactives pour lesquelles des limites d'activité spécifique moyenne estimée s'appliquent (SSR-6, AIEA, 2018, par. 226) tel que :

- Minerais d'uranium et de thorium et concentrés de ces minerais, et autres minerais contenant des radionucléides naturels.
- Uranium naturel, uranium appauvri, thorium naturel ou leurs composés ou mélanges, qui ne sont pas irradiés et qui sont sous forme solide ou liquide.
- Matières radioactives pour lesquelles la valeur de A2 n'est pas limitée.

Les matières fissiles ne s'appliquent pas à l'Université

Objets manufacturés ou appareils (*SCO - Surface contaminated object*) :

On entend un objet solide qui n'est pas lui-même radioactif, mais sur les surfaces duquel est répartie une matière radioactive (SSR-6, AIEA, 2018, par. 241)

L'emballage de ce type de colis n'est pas normalisé ou homologué. Ils doivent toutefois être conçus pour satisfaire aux prescriptions énoncées aux paragraphes 607-618 et 636 (et aux prescriptions énoncées aux paragraphes 619-621 s'ils sont transportés par la voie aérienne) du règlement de l'AIEA, 2018).

Leur dimension externe doit être d'au moins 10 cm.

Les colis IP-I présentent un étiquetage conforme aux modèles de la figure 12, selon le rayonnement.

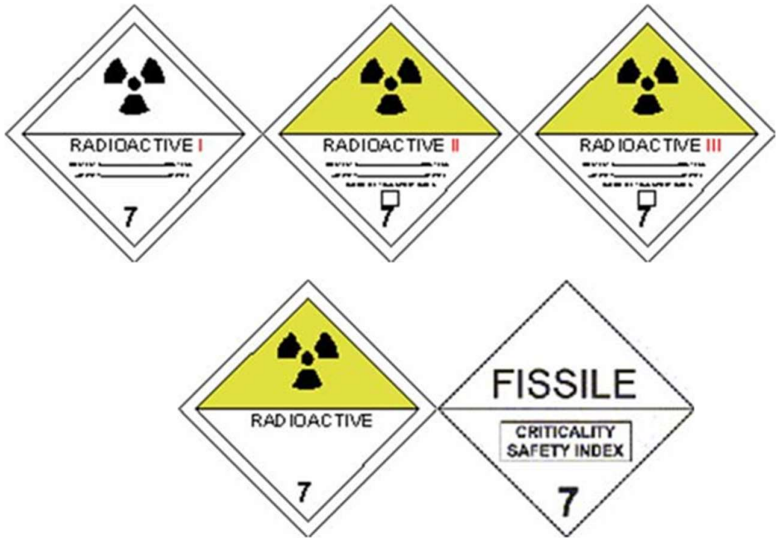


Figure 12 : Étiquettes de la classe 7[18].

Contamination de surface du colis

Un frottis doit être effectué sur le colis (voir la section 7.1.1). La contamination de surface doit être inférieure à:

- 4 Bq/cm^2 pour les émetteurs bêta, gamma et alpha de faible toxicité[19]
- 0,4 Bq/cm^2 pour les autres émetteurs alpha

Débit de dose

Le débit de dose maximal en tout point des six surfaces du colis doit être :

- Débit ≤ 5 µSv/h pour les étiquettes de catégorie I-BLANCHE
- µSv/h < débit ≤ 500 µSv/h pour les étiquettes de catégorie II-JAUNE
- 500 µSv/h < débit ≤ 2 mSv/h pour les étiquettes de catégorie III-JAUNE

ET

Le débit de dose maximal à 3 mètres du colis (ou de la matière non emballée) doit être :

- ≤ 10 mSv/h

Indice de transport

L'indice de transport doit figurer sur les étiquettes de catégorie II — JAUNE ou III — JAUNE.

Par définition, l'indice de transport représente la valeur du débit de dose maximal, mesuré en mrem/h, à 1 mètre de chacune des six surfaces du colis. Comme les mesures sont généralement effectuées en µSv/h (unités du système international), la valeur obtenue doit être divisée par 10 (figure 13).

L'indice de transport:

- Ne s'applique pas pour les étiquettes de catégorie I-BLANCHE

[18] Les étiquettes illustrées réfèrent à la partie 4 du *Règlement sur le Transport des Matières Dangereuses* telles que requises par le RETSN, 2015 article 28(1)(i).

[19] Faible toxicité : uranium naturel, uranium appauvri, thorium naturel, uranium 235, uranium 238, thorium 232, thorium 228 et thorium 230 lorsqu'ils sont contenus dans des minerais ou des concentrés physiques et chimiques ; émetteurs alpha dont la période est inférieure à dix jours.

- Supérieur à 0 et inférieur à 1 pour les étiquettes de catégorie II-JAUNE
- Supérieur à 1 et inférieur à 10 pour les étiquettes de catégorie III-JAUNE
- En forme exclusive[20] : Supérieur à 10 pour les étiquettes de catégorie III-JAUNE

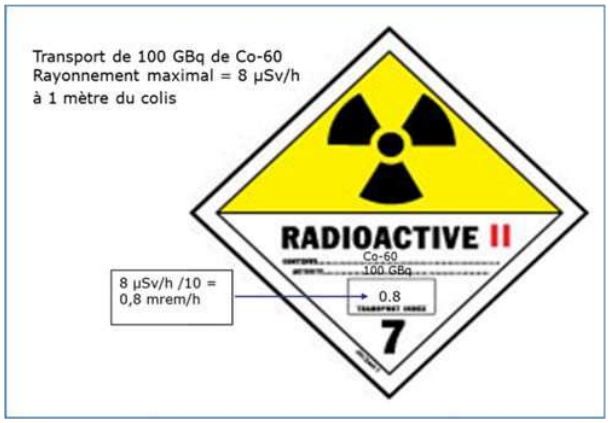


Figure 13 : Exemple d'étiquette.

Marquage et étiquetage du colis (figures 14 et 15)

- Les renseignements du destinataire et de l'expéditeur (nom et adresse complète) doivent être inscrits sur le colis
- Les étiquettes de classe 7 (I-BLANCHE, II-JAUNE, III-JAUNE) doivent être apposées sur deux côtés opposés
- Le code UN suivi de quatre chiffres et sa désignation officielle de transport (appellation réglementaire) doit être présent sur deux faces du colis, à côté de l'étiquette
- Autres mentions, s'il y a lieu (suremballage (*overpack*), la masse si > 50 kg, symboles de flèches si liquides, etc.)

[20] On entend l'utilisation par un seul expéditeur d'un moyen de transport ou d'un grand conteneur de fret, pour laquelle toutes les opérations initiales, intermédiaires et finales de chargement et de déchargement se font conformément aux instructions de l'expéditeur ou du destinataire (par. 221 du Règlement de transport des matières radioactives, AIEA 2018).

TABLEAU 1. EXTRAITS DE LA LISTE DES NUMÉROS ONU, DÉSIGNATIONS OFFICIELLES DE TRANSPORT ET DESCRIPTIONS (suite)

N° ONU	DÉSIGNATION OFFICIELLE DE TRANSPORT et description[a]
Matières de faible activité spécifique	
2912	MATIÈRES RADIOACTIVES DE FAIBLE ACTIVITÉ SPÉCIFIQUE (LSA-I), non fissiles ou fissiles exceptées[b]
3321	MATIÈRES RADIOACTIVES DE FAIBLE ACTIVITÉ SPÉCIFIQUE (LSA-II), non fissiles ou fissiles exceptées[b]
3322	MATIÈRES RADIOACTIVES DE FAIBLE ACTIVITÉ SPÉCIFIQUE (LSA-III), non fissiles ou fissiles exceptées[b]
3324	MATIÈRES RADIOACTIVES DE FAIBLE ACTIVITÉ SPÉCIFIQUE (LSA-II), FISSILES
3325	MATIÈRES RADIOACTIVES DE FAIBLE ACTIVITÉ SPÉCIFIQUE (LSA-III), FISSILES
Objets contaminés superficiellement	
2913	MATIÈRES RADIOACTIVES, OBJETS CONTAMINÉS SUPERFICIELLEMENT (SCO-I ou SCO-II), non fissiles ou fissiles exceptées[b]
3326	MATIÈRES RADIOACTIVES, OBJETS CONTAMINÉS SUPERFICIELLEMENT (SCO-I ou SCO-II), FISSILES

Figure 14 : Appellations réglementaires et numéros UN des colis du IP-1 (AIEA, 2018 ; extrait du tableau 1).

Figure 15 : Informations apparaissant sur les colis IP-1

Document d'expédition

L'expéditeur doit faire figurer dans les documents d'expédition de chaque envoi l'identification de l'*expéditeur* et du *destinataire*, y compris leurs noms et adresses, ainsi que les renseignements ci- après, selon ce qu'il convient, dans l'ordre indiqué :

- Le numéro UN
- La désignation officielle de transport
- La classe (7)
- Les numéros de la classe ou de la division des dangers subsidiaires (c.-à-d. qui correspondent aux étiquettes pour les risques subsidiaires devant être apposées sur les colis), doivent être inscrits conformément à la principale classe ou division de danger et doivent être mis entre parenthèses
- Le radionucléide et la forme
- L'activité maximale du contenu radioactif
- La catégorie de colis (étiquette I, II ou III)
- L'indice de transport
- Le numéro de chaque certificat d'approbation ou d'agrément d'une autorité compétente (cote d'homologation). Par exemple, un Certificat sous forme spéciale, ou le certificat d'homologation d'un modèle de colis
- Le nombre de petits contenants (c'est-à-dire une capacité de 450 L ou moins)
- La déclaration de l'expéditeur
- Le numéro d'urgence 24 heures (Canutec)[21]
- Pour les envois comportant plus d'un colis, les informations doivent être fournies pour chaque colis.
- Pour les colis dans un suremballage, une déclaration du contenu de chaque colis se trouvant dans le suremballage
- Pour les envois aériens, la déclaration de l'expéditeur doit être conforme à la partie 12 du règlement sur le TMD et contenir les renseignements exigés par les instructions techniques de l'OACI concernant les marchandises dangereuses sur un document qui porte, dans les marges de gauche et de droite, des hachures rouges qui sont orientées vers la droite ou la gauche

Trois copies des documents doivent être produites (expéditeur, transporteur et destinataire). Un document doit accompagner le colis pendant le transport et une copie est remise au destinataire par le conducteur

5.2.8 Colis de type A

Les colis du type A sont conçus pour transporter des substances nucléaires dont l'activité est supérieure à celle des colis exceptés, mais est inférieure :

- aux limites A1 lorsqu'elles sont présentes sous forme spéciale[22]
- aux limites A2 lorsqu'elles sont sous une autre forme[23]

L'emballage des colis du type A ne sont pas homologués, mais ils sont normalisés : ils doivent respecter des exigences de conception plus sévères que celles des colis excepté (tests de simulation de chutes, aspersion d'eau, gerbage, etc.), de façon à maintenir leur intégrité dans des conditions normales de transport ou lors d'accidents mineurs.

Les colis du type A doivent être conçus pour satisfaire aux prescriptions énoncées aux paragraphes 607 à 618 et, en outre, aux prescriptions énoncées aux paragraphes 619 à 621 s'ils sont transportés par voie aérienne, et aux

[21] Le secteur de la radioprotection est enregistré auprès de CANUTEC pour l'utilisation du numéro 24 h.
[22] Forme spéciale : une matière radioactive non dispersable qui répond à des exigences particulières et qui a été soumise à des épreuves spécifiques, telles que des épreuves thermiques ou de résistance aux chocs (AIEA, 2018, paragraphes 602 à 604, et 802). Le transport d'une matière sous forme spéciale requiert un Certificat de forme spéciale, émis par les autorités compétentes.
[23] Autre forme : toute autre matière qui n'est pas sous forme spéciale.

paragraphes 636 à 651 (AIEA, 2018 ; paragraphe 635).

Leur dimension externe doit être d'au moins 10 cm.

Les colis du type A présentent un étiquetage conforme aux modèles de la figure 16, selon le rayonnement.

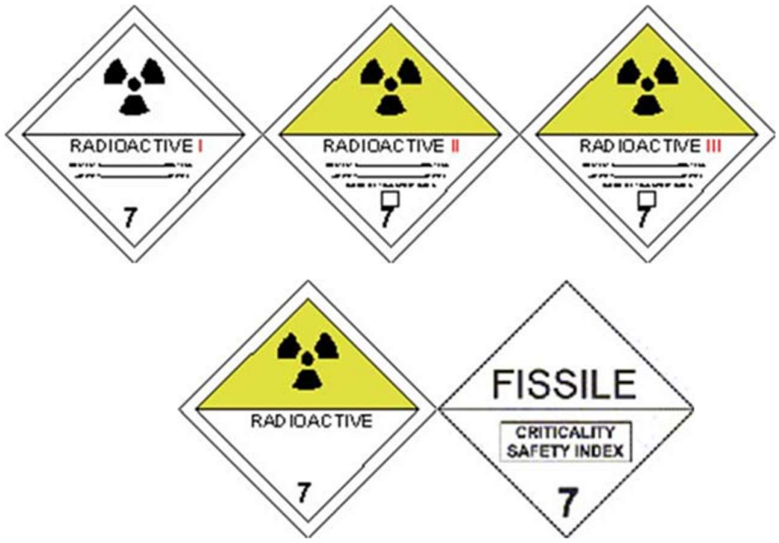


Figure 16 : Étiquettes de la classe 7[24].

Contamination de surface du colis

Un frottis doit être effectué sur le colis (voir la section 7.1.1). La contamination de surface doit être inférieure à:

- 4 Bq/cm^2 pour les émetteurs bêta, gamma et alpha de faible toxicité[25]
- 0,4 Bq/cm^2 pour les autres émetteurs alpha

Débit de dose

Le débit de dose maximal en tout point des six surfaces du colis doit être :

- Débit ≤ 5 µSv/h pour les étiquettes de catégorie I-BLANCHE
- µSv/h < débit ≤ 500 µSv/h pour les étiquettes de catégorie II-JAUNE
- 500 µSv/h < débit ≤ 2 mSv/h pour les étiquettes de catégorie III-JAUNE

Indice de transport

L'indice de transport doit figurer sur les étiquettes de catégorie II — JAUNE ou III — JAUNE.

Par définition, l'indice de transport représente la valeur du débit de dose maximal, mesuré en mrem/h, à 1 mètre de chacune des six surfaces du colis. Comme les mesures sont généralement effectuées en µSv/h (unités du système international), la valeur obtenue doit être divisée par 10 (figure 17).

L'indice de transport:

[24] Les étiquettes illustrées réfèrent à la partie 4 du *Règlement sur le Transport des Matières Dangereuses* telles que requises par le RETSN, 2015 article 28(1)(i).

[25] Faible toxicité : uranium naturel, uranium appauvri, thorium naturel, uranium 235, uranium 238, thorium 232, thorium 228 et thorium 230 lorsqu'ils sont contenus dans des minerais ou des concentrés physiques et chimiques ; émetteurs alpha dont la période est inférieure à dix jours.

- Ne s'applique pas pour les étiquettes de catégorie I-BLANCHE
- Supérieur à 0 et inférieur à 1 pour les étiquettes de catégorie II-JAUNE
- Supérieur à 1 et inférieur à 10 pour les étiquettes de catégorie III-JAUNE
- En forme exclusive[26] : Supérieur à 10 pour les étiquettes de catégorie III-JAUNE

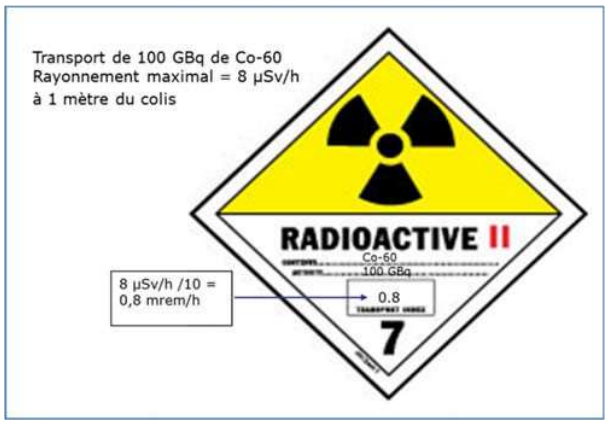


Figure 17 : Exemple d'étiquette.

Marquage et étiquetage du colis (figures 18 et 19)

- Les étiquettes de classe 7 (I-BLANCHE, II-JAUNE, III-JAUNE) doivent être apposées sur deux côtés opposés
- Le code UN suivi de quatre chiffres et sa désignation officielle de transport (appellation réglementaire) doit être présent sur deux faces du colis, à côté de l'étiquette
- Les renseignements du destinataire et de l'expéditeur (nom et adresse complète) doivent être inscrits sur le colis
- Mention « Type A »
- Indicatif du pays (exemple: Canada = CDN)
- Autres mentions, s'il y a lieu (numéro de conception du colis du type A, suremballage (*overpack*), la masse si > 50 kg, symboles de flèches si liquides, etc.)

[26] On entend l'utilisation par un seul expéditeur d'un moyen de transport ou d'un grand conteneur de fret, pour laquelle toutes les opérations initiales, intermédiaires et finales de chargement et de déchargement se font conformément aux instructions de l'expéditeur ou du destinataire (par. 221 du Règlement de transport des matières radioactives, AIEA 2018).

TABLEAU 1. EXTRAITS DE LA LISTE DES NUMÉROS ONU, DÉSIGNATIONS OFFICIELLES DE TRANSPORT ET DESCRIPTIONS (suite)

N° ONU	DÉSIGNATION OFFICIELLE DE TRANSPORT et description[a]
Colis du type A	
2915	MATIÈRES RADIOACTIVES EN COLIS DE TYPE A, qui ne sont pas ous forme spéciale, non fissiles ou fissiles exceptées
3327	MATIÈRES RADIOACTIVES EN COLIS DE TYPE A, FISSILES qui ne sont pas sous forme spéciale
3332	MATIÈRES RADIOACTIVES EN COLIS DE TYPE A, SOUS FORME SPÉCIALE, non fissiles ou fissiles exceptées
3333	MATIÈRES RADIOACTIVES EN COLIS DE TYPE A, SOUS FORME SPÉCIALE, FISSILES

Figure 18 : Appellations réglementaires et numéros UN des colis du type A (AIEA, 2018 ; extrait du tableau 1).

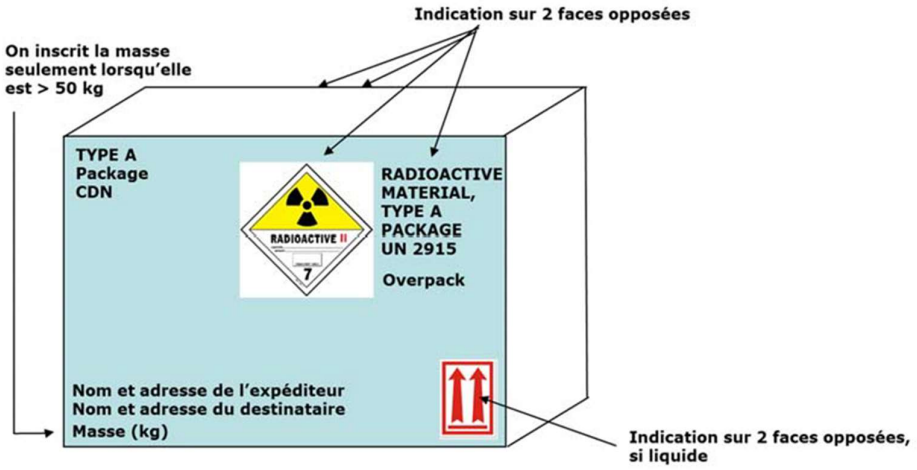


Figure 19 : Informations apparaissant sur les colis de type A.

Document d'expédition

L'expéditeur doit faire figurer dans les documents d'expédition **de chaque envoi** l'identification de l'*expéditeur* et du *destinataire*, y compris leurs noms et adresses, ainsi que les renseignements ci- après, selon œ qu'il convient, dans l'ordre indiqué :

- Le numéro UN
- La désignation officielle de transport
- La classe (7)
- Les numéros de la classe ou de la division des dangers subsidiaires (c.-à-d. qui correspondent aux étiquettes pour les risques subsidiaires devant être apposées sur les colis), doivent être inscrits conformément à la principale classe ou division de danger et doivent être mis entre parenthèses
- Le radionucléide et la forme
- L'activité maximale du contenu radioactif

- La catégorie de colis (étiquette I, II ou III)
- L'indice de transport
- Le numéro de chaque certificat d'approbation ou d'agrément d'une autorité compétente (cote d'homologation). Par exemple, un Certificat sous forme spéciale, ou le certificat d'homologation d'un modèle de colis
- Le nombre de petits contenants (c'est-à-dire une capacité de 450 L ou moins)
- La déclaration de l'expéditeur
- Le numéro d'urgence 24 heures (Canutec)[27]
- Pour les envois comportant plus d'un colis, les informations doivent être fournies pour chaque colis.
- Pour les colis dans un suremballage, une déclaration du contenu de chaque colis se trouvant dans le suremballage
- Pour les envois aériens, la déclaration de l'expéditeur doit être conforme à la partie 12 du règlement sur le TMD et contenir les renseignements exigés par les instructions techniques de l'OACI concernant les marchandises dangereuses sur un document qui porte, dans les marges de gauche et de droite, des hachures rouges qui sont orientées vers la droite ou la gauche

Trois copies des documents doivent être produites (expéditeur, transporteur et destinataire). Un document doit accompagner le colis pendant le transport et une copie est remise au destinataire par le conducteur

Note : À l'Université Laval, lors du transport de colis du type A, un cartable comportant les documents suivants est préparé et accompagne le transport :

- Les documents de transport ci-haut décrits
- Une copie du permis de l'Université
- Une procédure d'urgence en cas d'incident
- Le certificat d'étanchéité de la source s'il s'agit d'une source scellée
- Dans le cas du transport d'une jauge portable, l'affiche de la CCSN « Intervention en cas d'accident mettant en cause des jauges portatives »

5.2.9 Responsabilités des transporteurs

Les transporteurs ont la responsabilité :

- De s'assurer que le document d'expédition se trouve à portée de main du conducteur, ou dans une pochette placée dans la portière du côté du conducteur
- D'obtenir les permis spéciaux, si requis
- De vérifier le document d'expédition
- De vérifier l'étiquetage et le marquage du colis
- De s'assurer que les plaques requises soient apposées (transport de colis III-JAUNE, masse du colis > 500 kg,). Lors de l'utilisation des plaques, il est interdit de passer dans certains tunnels (Code de la sécurité routière - Transport des matières dangereuses, chapitre C-24.2, r. 43, article 43, point 1)
- D'arrimer les colis de façon sûre
- De ne pas transporter les colis de catégorie II-JAUNE et III-JAUNE dans des compartiments occupés par des voyageurs

5.2.10 Contrôle de l'exposition

Le contrôle de l'exposition se fait par le respect des paragraphes 508 et 509 de l'AIEA, 2018 :

> ***508.*** *La contamination non fixée sur les surfaces externes de tout colis doit être maintenue*

[27] Le secteur de la radioprotection est enregistré auprès de CANUTEC pour l'utilisation du numéro 24 h.

au niveau le plus bas possible et dans les conditions de transport de routine, ne doit pas dépasser les limites suivantes :

4 Bq/cm² pour les émetteurs bêta, gamma et alpha de faible toxicité[28]

0,4 Bq/cm² pour les autres émetteurs alpha

***509.** Sous réserve des dispositions du paragraphe 514, le niveau de contamination non fixée sur les surfaces externes et internes des suremballages, des conteneurs de fret, des citernes et des grands récipients pour vrac ne doit pas dépasser les limites spécifiées au paragraphe 508.*

Ces limites sont les limites moyennes applicables pour toute aire de 300 cm² de toute partie de la surface.

5.2.11 Avis et confirmation de l'expédition

Le destinataire est informé aux moments suivants :

- Lorsque l'expéditeur confirme qu'un colis sera envoyé.
- Lorsque le colis est physiquement expédié.

5.2.12 Envois non livrables

Les préposés à la réception des marchandises contactent le secteur de la radioprotection si un colis radioactif n'est pas livrable.

Les personnes autorisées contactent également le secteur de la radioprotection si un colis radioactif leur a été livré par erreur, s'il n'est pas conforme à la commande ou s'il présente un dommage ou une fuite.

Le secteur de la radioprotection peut être joint pendant les heures ouvrables en communiquant avec le Service de sécurité et de prévention (poste 555 ou téléphones rouges). La responsable de la radioprotection contacte l'expéditeur du colis et veille à sa réexpédition ou à son élimination, en suivant toutes les prescriptions applicables.

5.2.13 Indications de danger trompeuses

Après la réception d'un colis radioactif, le titulaire de l'autorisation interne et le travailleur autorisé doivent enlever ou rendre illisibles toutes les indications de danger dès que les matières radioactives ont été retirées (indications trompeuses).

5.2.14 Réception de colis

Seul le personnel titulaire d'un certificat valide TMD classe 7 peut exercer les activités reliées à la réception et à la manutention de colis radioactifs autorisées sur le certificat.

Toutes les autres activités reliées au transport des matières radioactives doivent être effectuées ou supervisées directement par le secteur de la radioprotection.

Le travailleur autorisé conserve le certificat de formation en transport délivré par la responsable de la radioprotection et le présente à l'inspecteur qui lui en fait la demande.

Réception des marchandises

Les colis qui contiennent des substances nucléaires sont livrés par les fournisseurs directement à la réception des marchandises des différents pavillons du campus. Les préposés à la réception vérifient visuellement les colis. Après la vérification, ils contactent les responsables des laboratoires concernés, généralement le même jour, afin qu'une personne autorisée du laboratoire vienne chercher le colis.

Tout dommage ou fuite doit être communiqué au secteur de la radioprotection.

Réception par l'utilisateur autorisé

L'utilisateur autorisé transporte le colis en le déposant sur un chariot et en empruntant l'ascenseur dédié aux matières dangereuses.

[28] Faible toxicité : uranium naturel, uranium appauvri, thorium naturel, uranium 235, uranium 238, thorium 232, thorium 228 et thorium 230 lorsqu'ils sont contenus dans des minerais ou des concentrés physiques et chimiques ; émetteurs alpha dont la période est inférieure à dix jours.

Il effectue la réception du colis en appliquant la procédure décrite sur le document Lignes directrices pour la manutention des colis renfermant des substances nucléaires de la CCSN, ainsi que les étapes suivantes :

1. le contrôle de la contamination
2. la mesure des indices de transports, s'il y a lieu
3. le confinement du colis et le contrôle de la dispersion, s'il y a lieu

L'utilisateur autorisé complète finalement le registre des réceptions.

6 UTILISATION, INVENTAIRE ET ÉVACUATION DES SUBSTANCES NUCLÉAIRES

L'utilisation, l'entreposage et l'évacuation de substances nucléaires font l'objet de contrôles stricts à l'Université. Leur entreposage doit être sécuritaire et le secteur de la radioprotection doit connaitre les activités des substances nucléaires et leurs lieux d'entreposage en tout temps.

Ceci est rendu possible avec l'utilisation de diverses bases de données et inventaires, qui sont utilisés quotidiennement pour le suivi des sources ouvertes, des sources scellées et des appareils à rayonnement, utilisés en recherche et en enseignement.

Les prochaines sections décrivent les conditions entourant leur utilisation.

6.1 UTILISATION

6.1.1 Écrans de protection

La manipulation de certains radionucléides peut nécessiter l'utilisation d'un écran de protection (blindage) afin d'éviter l'exposition externe. Pour la protection devant l'exposition interne, voir la section 3.4.1.

Le type d'écran à utiliser et son épaisseur vont dépendre du rayonnement et de l'énergie associée.

Protection contre le rayonnement alpha

Les émetteurs alpha ne nécessitent pas de blindage pour l'exposition externe. Ces particules traversent peu la matière et surtout, elles ne traversent pas l'épiderme de notre peau (couche de cellules kératinocytes mortes).

Attention : l'exposition interne est possible s'il y a des lésions sur la peau. Il faut toujours vêtir une paire de gants lors de la manipulation d'émetteurs alpha sous la forme de source ouverte (voir la section 6.1.2).

Exemples d'émetteurs alpha :

Am-241, Po-210, Ra-226

Protection contre le rayonnement bêta

L'utilisation d'émetteurs bêta de faibles énergies, comme le tritium, ne nécessite pas de blindage, car les particules sont complètement arrêtées par les parois des contenants, par les gants, etc.

Pour les émetteurs bêta de plus haute énergie, il est toutefois important de mettre en place un écran de protection, car les particules bêta peuvent parcourir environ 5 mm/MeV dans les tissus biologiques. Une particule bêta de 500 keV parcourra donc près de 2,5 mm et une particule bêta de 2 MeV parcourra près de 1 cm.

L'écran idéal est constitué de matériau de faible numéro atomique, par exemple des plastiques (plexiglas), d'au moins 1 cm d'épaisseur. Bien que d'autres matériaux puissent être utilisés (bois, aluminium), les plastiques transparents permettent l'observation du travail en cours.

Exemples d'émetteurs bêta :

Émetteurs de faibles énergies **ne nécessitant pas de blindage** : Tritium, C-14

Émetteurs de hautes énergies **nécessitant un blindage** : P-32, Cl-36

Protection contre le rayonnement gamma

Les émetteurs gamma nécessitent généralement un blindage constitué de matériaux denses aux numéros atomiques élevés, comme le plomb.

Le choix d'utiliser ou non un écran, et l'épaisseur correspondante vont dépendre de l'énergie du rayonnement et de l'activité du radionucléide. Afin d'établir une protection adéquate, des calculs d'épaisseur et des mesures directes avec des détecteurs, qui confirment le degré de protection, doivent être effectués.

Protection contre le rayonnement neutronique

Les émetteurs de neutrons nécessitent un blindage constitué de matériaux riches en hydrogène, comme la paraffine ou l'eau.

Exemples d'émetteurs de neutrons :

Émetteur **nécessitant un blindage** : source Am-241/Béryllium

Autres mesures

D'autres mesures de sécurité doivent être prises en compte lors de l'utilisation de substances nucléaire, par exemple :

- Calcul d'estimation de dose (afin de ne pas dépasser la limite annuelle de 1 mSv) et port d'un dosimètre d'extrémité lors de la manipulation d'une source de 50 MBq et plus (voir la section 7.2.2)
- Contrôle strict des accès des locaux et des enceintes (voir la section 10.1)

6.1.2 Sources ouvertes

Une source ouverte est une matrice qui contient une substance nucléaire dispersable (solution liquide, solide poudreux, gaz, etc.). À l'Université, le contenant comportant une source ouverte est nommé ''bouteille source''.

Le risque principal associé à l'utilisation des sources ouvertes est la contamination (de soi-même, des surfaces de travail, etc.). La contamination peut mener à une exposition interne (voir la section 7.2.1).

6.1.3 Sources scellées

Une source scellée contient une substance nucléaire encapsulée dans un matériau inerte et non dispersable, qui diminue, voire élimine les risques de contaminations dans les conditions normales d'utilisation. Le risque principal associé à l'utilisation de ces sources est l'exposition externe.

Certaines sources possèdent des activités élevées et émettent du rayonnement de haute énergie. Il est important de porter une attention particulière à leur manipulation : consulter le document INFO-0754-3 de la CCSN qui résume les éléments de radioprotection à considérer lors de l'utilisation des sources scellées.

6.1.4 Appareils à rayonnement

Un appareil à rayonnement est un appareil dans lequel une source scellée est présente. Les appareils dont l'activité du radionucléide est inférieure à 10 fois sa quantité d'exemption sont exemptés par la CCSN.

Les appareils non exemptés (activité > 10 quantité d'exemption) doivent quant à eux être homologués. Il est interdit d'utiliser ou de transférer un appareil à rayonnement qui n'est pas homologué.

L'utilisation des appareils à rayonnement doit se faire conformément aux spécifications du fabricant. Une formation spécifique à l'appareil doit être reçue avant de pouvoir l'utiliser.

6.2 INVENTAIRES

Sources ouvertes

Pour gérer les inventaires des sources ouvertes (utilisation, entreposage et évacuation), la base de données SYGEMAR est utilisée (section 6.2.1).

Sources scellées et appareils à rayonnement

Un inventaire physique de chaque source et appareil est effectué tous les 3 mois par le secteur de la radioprotection.

Les inventaires permettent de confirmer que les limites de possession inscrites sur l'autorisation interne sont respectées et que toutes les sources sont présentes.

6.2.1 Base de données SYGEMAR

SYGEMAR (pour Système de gestion des matières radioactives) est un système informatisé et interactif de gestion des matières radioactives. L'objectif de cet outil accessible en ligne est de gérer l'inventaire des substances radioactives non scellées de chaque laboratoire, depuis l'arrivée des substances dans le laboratoire, jusqu'à leur élimination sous forme de déchets.

Accès et identification

Le secteur de la radioprotection est responsable de donner l'accès aux utilisateurs de substances nucléaires. Lorsque l'accès est obtenu, peuvent accéder à SYGEMAR en ligne avec un IDUL et un mot de passe.

Fonctions principales

SYGEMAR permet les actions suivantes :

- Inscrire dans l'inventaire le contenant reçu, dès son arrivée dans le laboratoire, et lui assigner un numéro. Dans la majorité des cas, le numéro assigné est le numéro de la commande d'achat.

- Consulter l'inventaire, qui indique l'historique d'utilisation de chaque bouteille et la quantité restante. Le système calcule la décroissance radioactive en temps réel.
- Inscrire des prélèvements.
- Faire une demande de cueillette de déchets.
- Commander des contenants à déchets.

6.2.2 Accès aux inventaires

Un inventaire de toutes les substances nucléaires doit être disponible en tout temps dans le laboratoire (sous forme papier ou numérique).

Sources ouvertes : les inventaires des titulaires se trouvent en général sur des fichiers Excel ou dans la base de données SYGEMAR accessibles aux utilisateurs.

Sources scellées et appareils à rayonnement : les inventaires sont affichés dans les locaux où les substances nucléaires et les appareils à rayonnement sont utilisés ou entreposés.

6.3 ÉVACUATION OU TRANSFERT

Sauf exception, le secteur de la radioprotection récupère toutes les substances nucléaires et appareils à rayonnement qui sont devenus des matières résiduelles, afin de déterminer leur voie d'évacuation.

L'évacuation des matières résiduelles s'effectue en conformité avec les limites d'évacuation autorisées en annexe au permis de l'Université.

En ce qui concerne les transferts de substances nucléaires ou d'appareil à rayonnement à un autre titulaire de permis de la CCSN : le transfert doit se faire dans le respect des conditions des permis et un document de transfert doit être produit (voir l'annexe 2).

6.3.1 Sources ouvertes

Les chercheurs qui utilisent les substances nucléaires doivent demander dans SYGEMAR des contenants de déchets à usage unique, prévus pour chacun des types de déchets. Un numéro et une étiquette sont générés pour chaque contenant demandé.

Il est interdit d'utiliser d'autres contenants que ceux distribués par le secteur de la radioprotection.

Demande de contenants de déchets

Les contenants utilisés sont les suivants :

- A : chaudière en métal 20 L (vials à scintillation)
- B: boîte en carton (solides non coupants)
- C: 4 L à goulot large (solides coupants)
- D: 4 L en plastique (liquides)
- E: 10 L en plastique (liquides)
- F: transparent 1 L (solides hautement contaminés)
- G: 1 L (bouteilles sources)
- H: 4 L (bouteilles sources)

Chaque contenant est doté d'une étiquette, apposée par le secteur de radioprotection, sur laquelle se trouvent les informations suivantes :

- numéro d'identification pour l'inventaire informatisé SYGEMAR
- nom du radionucléide
- type de contenant
- symbole de mise en garde contre les rayonnements (si le contenant contient plus d'une quantité d'exemption)
- avertissement RAYONNEMENT — DANGER – RADIATION (si le contenant contient plus d'une quantité d'exemption)

Inscription des déchets dans SYGEMAR

Les utilisateurs inscrivent dans la base de données SYGEMAR les déchets produits en fournissant les informations suivantes :

- radionucléide
- activité totale dans le contenant
- état (solide, liquide, gazeux)
- toute autre information pertinente (nature du solvant, pH, autres risques, etc.)

Cueillette de déchets et évaluation de l'activité par le secteur de la radioprotection

À la suite d'une demande de cueillette dans SYGEMAR, le secteur de la radioprotection effectue la cueillette et :

- inscrit la masse ou le volume du déchet dans la base de données SYGEMAR
- inscrit l'activité mesurée et cette dernière est comparée avec l'activité déclarée par le chercheur

Élimination par le secteur de la radioprotection

L'élimination des substances nucléaires se fait à partir du Centre de gestion des matières dangereuses en accord avec les limites d'évacuation du permis de l'Université. La méthode d'évacuation dépend :

- du radionucléide
- de sa forme (solide, liquide, gaz)
- de son activité
- du volume de déchet

Les matières résiduelles dont l'activité se situe sous les normes d'évacuation à l'environnement autorisées sur le permis de l'université et qui ne présentent aucun autre risque sont évacuées aux déchets domestiques, aux égouts municipaux ou à l'atmosphère.

Si leur activité se situe au-dessus des normes d'évacuation à l'environnement, les matières sont transférées à des entreprises spécialisées.

Si les matières résiduelles présentent un risque chimique et que leur activité se situe sous les quantités d'exemption de la CCSN, elles sont transférées au service de cueillette des secteurs des risques chimiques du Service de sécurité et de prévention.

Le secteur de la radioprotection vérifie la contamination des contenants à éliminer :

- En effectuant des frottis sur les contenants qui seront transférés vers les secteurs des autres risques (principalement des contenants comportant des solutions chimiques)
- En effectuant une vérification avec un contaminamètre portatif sur les contenants qui seront évacués à l'environnement

Si les mesures se situent en dessous des limites prescrites par le programme de radioprotection (≤ deux fois le bruit de fond), les contenants sont libérés de toute marque ou indication de contenu radioactif.

6.3.2 Sources scellées et appareils à rayonnement

Les sources scellées, dont celles présentes dans les appareils à rayonnement, sont récupérées par le secteur de la radioprotection. Outre les détecteurs de fumée à l'américium-241[29], ces matières sont transférées à un titulaire de permis de la CCSN.

Le transfert ou l'évacuation d'un appareil à rayonnement se fait conformément aux procédures approuvées en annexe du permis de l'Université (s'il y a lieu).

6.3.3 Transfert et évacuation

Des dossiers de tout transfert, évacuation ou transport de substances nucléaires ou d'appareils à rayonnement sont produits et sauvegardés.

[29] Exemptés par la CCSN, Règlement sur les substances nucléaires et les appareils à rayonnement, article 6.

Précisions pour les transferts :

Transfert vers un autre titulaire de permis

- Avant le transfert de substances nucléaires ou d'appareils à rayonnement vers un autre titulaire de permis, une copie du permis du destinataire est demandée afin de vérifier qu'il est autorisé à recevoir les sources. La substance nucléaire ou l'appareil à rayonnement (marque et le modèle) doit figurer au permis.
- Un document de transfert (annexe 2) est rédigé.

Transfert en provenance d'un autre titulaire de permis

- Avant le transfert de substances nucléaires ou d'appareils à rayonnement vers l'université Laval, la responsable de la radioprotection vérifie que l'acquisition n'entraîne pas un dépassement de la quantité maximale totale permise, telle qu'inscrite dans le permis de l'Université et telle qu'inscrite sur l'autorisation interne du titulaire de l'autorisation interne.
- Pour les appareils à rayonnement, la responsable de la radioprotection vérifie que l'appareil est dûment homologué.

Lors de tout transfert, les inventaires sont modifiés dans la base de données SYGEMAR et dans les fichiers Excel, accessibles sur le réseau informatique sécurisé.

Tous les documents sont conservés dans les registres du secteur de la radioprotection.

Signalement d'un transfert à la CCSN

En respect de la condition 2406 du permis de l'Université la responsable de la radioprotection signalera par écrit à la CCSN le transfert, la réception, l'exportation ou l'importation d'une source scellée visée par la condition, au moins 7 jours avant le transfert ou l'exportation et dans les 48 heures suivant la réception d'une source transférée ou importée.

Document accompagnant un transfert

Selon l'article 19 du Règlement sur les substances nucléaires et les appareils à rayonnement, les documents qui doivent accompagner un appareil à rayonnement lors d'un transfert et qui doivent être fournis au destinataire sont :

- Une procédure à suivre en cas d'accidents, y compris les incendies et les déversements, et les procédures mentionnées dans l'homologation
- Les épreuves d'étanchéité les plus récentes
- Le cas échéant, le certificat de forme spéciale de la source
- Le cas échéant, le certificat d'homologation de colis

Les documents qui doivent accompagner une source scellée lors d'un transfert et qui doivent être fournis au destinataire sont :

- Les épreuves d'étanchéité les plus récentes
- Le cas échéant, le certificat de forme spéciale de la source

7 CONTRÔLE DE LA CONTAMINATION ET SURVEILLANCE DE L'EXPOSITION

Le contrôle de la contamination et la surveillance de l'exposition sont des éléments importants d'un programme de radioprotection. Le contrôle peut se faire de plusieurs manières, avec différents types d'appareil. Il convient d'établir une procédure adaptée aux besoins de chaque laboratoire et qui est conforme avec les règlements en vigueur.

7.1 CONTRÔLE DE LA CONTAMINATION

7.1.1 Contamination non fixée par contrôle indirect (par frottis)

La contamination non fixée de surface fait l'objet d'un suivi strict à l'Université.[30]

La surveillance se fait par l'échantillonnage de zones par frottis (procédure à la section 7.1.7). Ces derniers sont mesurés par comptage à scintillation liquide. Chaque utilisateur autorisé a accès à un compteur à scintillation pour le comptage des frottis.

Si un résultat dépasse la limite, les utilisateurs doivent décontaminer la zone. Après décontamination, les mesures doivent être refaites.

Tous les résultats sont conservés dans un registre.

Limites de la CCSN

Les critères de contamination appliqués, selon une moyenne établie pour une surface ne dépassant pas 100 cm2, sont :

Zones autorisées – stockage ou utilisation :

- Radionucléide de classe A = 3 Bq/cm^2
- Radionucléide de classe B = 30 Bq/cm^2
- Radionucléide de classe C = 300 Bq/cm^2

Autres zones - endroits publics (par exemple, poignée de porte d'un bureau adjacent) :

- Radionucléide de classe A = 0,3 Bq/cm^2
- Radionucléide de classe B = 3 Bq/cm^2
- Radionucléide de classe C = 30 Bq/cm^2

Un exemple d'efficacité est donné au tableau 5 pour quelques radionucléides communs, analysés sur le compteur Hidex 300 SL du secteur de la radioprotection. L'activité minimale détectable d'un compteur à scintillation doit être inférieure aux limites de la CCSN.

Important : les efficacités du tableau 5 sont déterminées par la mesure de **standards d'activité connue** (dpm). Comme l'efficacité est affectée par divers phénomènes de « quenching », les utilisateurs doivent calculer l'efficacité en utilisant leurs conditions de recherche expérimentales.

Bonne pratique laboratoire

Étant donné que l'efficacité des instruments utilisés varie en fonction du radionucléide analysé (énergie et nature des rayonnements), de sa forme (solide, en solution liquide limpide, liquide opaque, etc.) et des paramètres de mesure, le contrôle peut s'avérer parfois complexe compte tenu de la diversité des substances utilisées à l'Université. Ainsi, dans le respect du principe ALARA et afin de simplifier le contrôle, les limites de l'Université sont inférieures aux critères de contamination de la CCSN.

- Le double du bruit de fond mesuré sur un frottis témoin (« blanc »)

Il faut que le frottis témoin soit mesuré sur le compteur à scintillation utilisé pour tous les frottis, dans les mêmes conditions de comptage. Le bruit de fond doit correspondre aux spécifications de l'appareil ou aux valeurs normalement attendues.

[30] Les limites imposées aux titulaires d'autorisations internes sont inférieures aux critères énumérés à la condition numéro 2642 du permis actuel de l'Université.

7.1.2 Contamination non fixée par contrôle direct (avec un appareil portatif)

La surveillance se fait principalement avec des détecteurs Geiger-Müller à fenêtres minces portatifs (voir la description des types de détecteurs utilisés au secteur de la radioprotection et les procédures d'utilisation à la section 8).[31]

Dans les cas où le rayonnement émis peut être détecté par des appareils portatifs (ex. le rayonnement émis par le phospohore-32), les mesures directes possèdent l'avantage de pouvoir détecter une contamination fixée qui serait autrement non détectée par frottis. Les mesures directes permettent également de balayer directement des surfaces larges (> 100 cm^2).

Si un résultat dépasse la limite, les utilisateurs doivent décontaminer la zone. Si possible, après décontamination, une vérification doit être refaite à l'aide de frottis analysés par scintillation liquide, qui constitue une technique d'analyse plus sensible.

Tous les résultats sont conservés dans un registre.

Limites de la CCSN

Les critères de contamination appliqués, selon une moyenne établie pour une surface ne dépassant pas 100 cm2, sont :

Zones autorisées – stockage ou utilisation :

- Radionucléide de classe A = 3 Bq/cm2
- Radionucléide de classe B = 30 Bq/cm2
- Radionucléide de classe C = 300 Bq/cm2

Autres zones - endroits publics (par exemple, poignée de porte d'un bureau adjacent) :

- Radionucléide de classe A = 0,3 Bq/cm2
- Radionucléide de classe B = 3 Bq/cm2
- Radionucléide de classe C = 30 Bq/cm2

Bonne pratique laboratoire

- Le double du bruit de fond mesuré dans les mêmes conditions de comptage

7.1.3 Fréquence de la surveillance

Contamination non fixée

Dans les laboratoires de substances non scellées, un contrôle est fait :

- Laboratoires élémentaires ou exemptés :
  - chaque semaine

Si les manipulations n'ont pas lieu toutes les semaines, les frottis sont alors effectués après chaque manipulation. Les périodes d'absence de manipulation doivent toutefois être indiquées dans le registre. Par exemple, et ce pour chaque semaine sans manipulation : ''aucune manipulation pendant la semaine du 26 au 30 mai 2025''

- Laboratoires intermédiaires :
  - après toute manipulation de substances nucléaires de niveau intermédiaire
  - chaque semaine après toute manipulation de substances nucléaires de niveau élémentaire ou exempté

Contamination fixée

Le contrôle de la contamination fixée est fait :

- Lors des inspections internes annuelles

[31] Les détecteurs Geiger-Müller ne conviennent pas pour la détection des particules bêta de faibles énergies qui pénètrent peu ou pas à l'intérieur de l'enceinte de détection (exemple : tritium, carbone-14), ni pour la détection de certains rayonnements gamma, qui interagissent plus faiblement avec les gaz (exemple : iode-125).

- Lorsque requis

7.1.4 Zones de surveillance par frottis

Les utilisateurs définissent sur un plan les zones d'échantillonnage par frottis. Les emplacements et le nombre de ces zones échantillonnées font l'objet d'un examen lors des inspections internes. S'ils sont jugés insatisfaisants, d'autres zones peuvent être ajoutées.

7.1.5 Registre et calcul de l'activité

Les registres des contrôles de la contamination sont conservés dans les laboratoires par les titulaires d'autorisations internes jusqu'à ce que le secteur de la radioprotection autorise leur élimination. Ils sont conservés sous forme papier ou sur des serveurs informatiques.

Tant que les limites de l'Université (ci-haut) sont respectées, les utilisateurs ne sont pas dans l'obligation de transposer leurs résultats de mesure, obtenus en coups par minute (CPM) par exemple, en becquerels par centimètre carré (Bq/cm^2).

L'activité en Bq/cm^2 est calculée avec la formule suivante (voir l'annexe 5 pour plus de détails) :

$$A = \frac{CPM(net)}{E(compteur) \times 60\ sec/min \times E(frottis) \times Surface}$$

A = activité surfacique en Bq/cm^2
CPM(net) = CPM échantillon – CPM(blanc)
E(compteur) = pourcentage d'efficacité du compteur
E(frottis) = pourcentage de rétention sur le frottis, soit 10%
Surface = surface en cm^2

Note : Le pourcentage de rétention d'une substance sur un frottis varie en fonction de plusieurs paramètres (type de papier et solution utilisée pour le mouiller, forme chimique du radionucléide et matrice, type de surface à contrôler, etc.) et devrait idéalement être déterminé expérimentalement. Comme ceci est difficilement applicable, le pourcentage largement utilisé de 10% est retenu pour l'ensemble des calculs.

Note : Dans le cas d'un mélange de radionucléides, l'évaluation doit être faite en considérant le radionucléide présentant *la plus faible efficacité typique de détection*.

7.1.6 Procédure de frottis

Matériel nécessaire

- Équipement de protection individuelle (sarraus, lunette de protection, gants jetables)
- Carrés de papier d'environ 2,5 cm^2 (exemple : papier de chromatographie Whatman™ de grade 3 MM Chr)
- Solution pour mouiller le papier filtre, au besoin. Choisir en fonction de la matière qui doit adhérer au papier.
    - Exemple pour des radionucléides peu hydrosolubles: mélange 50 % eau/50 % éthanol
- Vials à scintillation liquide
- Cocktail à scintillation (Cytoscint, Ecolume, etc.)
- Crayon permanent

Procédure

1. Vêtir l'équipement de protection individuelle nécessaire.
2. Repérer les endroits à échantillonner et identifier les vials à scintillation sur leur bouchon (et non directement sur le vial) :
    a. Les plans de frottis sont disponibles sur le réseau interne du groupe de recherche.
    b. Ajouter des endroits qui pourraient potentiellement être contaminés et qui devraient également être évalués.
3. Préparer le blanc :

a. Placer un papier filtre non utilisé (légèrement mouillé avec la solution, s'il y s lieu) dans le vial identifié « blanc ».

4. Procéder aux frottis :

   a. Pour empêcher la contamination des papiers filtres, retirer les papiers de leur sac d'une main et faire le frottis de l'autre.

   b. Mouiller légèrement le papier, s'il y a lieu.

   c. Passer le papier à pression constante sur une surface de 100 cm^2.

      i. Cette surface n'a pas besoin d'être carrée (ex : 10 cm × 10 cm) ou rectangulaire. Elle peut être un tracé continu et irrégulier dont la longueur multipliée par la largeur du frottis correspond à environ 100 cm^2 (ex : 40 cm × 2,5 cm).

      ii. Sur les très grandes surfaces (planchers ou grands comptoirs), le tracé peut être discontinu, c'est-à-dire que le frottis est effectué à plus d'un endroit avec le même papier (ex : frotter 10 cm × 2,5 cm à quatre endroits du plancher).

      iii. Dans les cas où la surface à contrôler ne fait pas au moins 100 cm^2, par exemple pour certaines pièces d'équipement ou les interrupteurs d'éclairage, prendre en note les dimensions de la zone de frottis et s'assurer d'utiliser le bon facteur de conversion.

   d. Insérer le frottis dans le vial à scintillation identifié.

   e. Changer les gants après le frottis d'une zone d'apparence plus sale ou contaminée (ex. : plancher).

5. Lorsque les frottis sont terminés, ajouter 10 mL de scintillant dans chaque vial (incluant le blanc).

6. Installer les vials dans les supports du compteur à scintillation.

7. Débuter le comptage, d'une durée de 5 minutes par échantillon.

7.1.7 Procédures de décontamination

Important : s'il s'agit d'un déversement, voir la section 11.2.

Matériel nécessaire

- Équipement de protection individuelle (sarraus, lunette de protection, gants jetables, pantoufles jetables au besoin, etc.)
- Matériel de décontamination
- Décontaminant (exemple: No Count, Décasol, ou encore une solution de savon, etc.). Noter que si une utilisation importante de décontaminant sous la forme d'aérosol est nécessaire, un masque respiratoire avec cartouches devrait être porté afin d'éviter son inhalation.
- Papier absorbant
- Sac et/ou contenant de récupération identifié
- Matériel de frottis

Décontamination de surface : Objet ou petite surface

1. Vêtir l'équipement de protection individuelle nécessaire.
2. Identifier les sacs ou les contenants qui seront nécessaires pour la récupération du matériel utilisé.
3. Marquer le contour de la zone contaminée au besoin.
4. Décontaminer en appliquant le décontaminant l sur la surface contaminée.
5. Nettoyer la zone avec du papier absorbant, en balayant de l'extérieur vers l'intérieur.
6. Changer de gants régulièrement.
7. Vérifier la contamination résiduelle en effectuant des frottis ou des mesures directes sur la zone nettoyée.

8. Répéter la procédure de décontamination jusqu'à ce que l'activité mesurée se situe en dessous des limites prescrites.

Décontamination de surface : Plancher

1. Diluer du décontaminant liquide dans un seau d'eau chaude.
2. Vêtir l'équipement de protection individuelle nécessaire. Vêtir des pantoufles jetables au besoin.
3. Marquer le contour de la zone contaminée au besoin.
4. Nettoyer le plancher par petites zones, en changeant l'eau de lavage selon la surface à nettoyer.
5. Vérifier la contamination résiduelle en effectuant des frottis ou des mesures directes sur les zones nettoyées.
6. Répéter la procédure de décontamination jusqu'à ce que l'activité mesurée se situe en dessous des limites prescrites.
7. Avant le rejet de l'eau de lavage aux égouts, une évaluation du niveau de contamination doit être effectuée.

Matière en suspension redéposée (zone d'accumulation de poussières, etc.)

1. Ce type de décontamination devrait être effectuée par le secteur de la radioprotection. Pour ce type de contamination, il faut s'assurer de :
2. Se vêtir d'habits de type Tyvek jetables et de gants longs.
3. Se munir de masques respiratoires, avec cartouches 3M, idéalement de masques faciaux complets.
4. Procéder à la décontamination et à la vérification en effectuant les étapes des sections précédentes.

Tableau 5 : Mesure indirecte de contamination non fixée et équivalences pour des radionucléides communs.

Radionucléide	Catégorie (A, B ou C)	Efficacité du compteur à scintillation[32] (%)	Activité minimale détectable (AMD) (Bq/cm²)	Limite CCSN Zones contrôlées (Bq/cm²)	Limite CCSN Autres zones (Bq/cm²)
H-3	C	56	0,03	300	30
C- 14	C	84	0,03	300	30
S-35	C	84	0,03	300	30
Fe-55	C	10	0,23	300	30
Co-60	A	50	0,05	3	0,3
Sr-90	B	50	0,05	30	3
Ba-133	B	50	0,05	30	3
Cs-137	A	50	0,05	3	0,3
Émetteurs alpha	A	84	0,03	3	0,3

Notes :

- Les valeurs de blancs utilisées pour le calcul des AMD sont de 20 CPM à 40 CPM.
- Les pourcentages d'efficacité sont déterminés directement par mesure de standards lorsque possible. Pour les émetteurs alpha, un standard de radium-226 a été utilisé. Lorsque les standards ne sont pas disponibles, un pourcentage provenant de la littérature est utilisé. Dans le cas où aucune donnée n'est disponible dans la littérature, le pourcentage restrictif de 50% est appliqué.
- Le pourcentage de rétention du frottis a été établi à 10 %.
- L'activité minimale de détection (AMD) est calculée de la façon suivante :

$$AMD = \frac{3 + (4{,}65 * \sqrt{(BF\ cpm * \frac{300}{60})})}{eff\% * 300\ s * 100cm^2 * 0{,}10}$$

7.1.8 Épreuves d'étanchéité des sources scellées

Les sources scellées sont des substances nucléaires contenues dans des enveloppes scellées et qui sont non dispersables dans les conditions normales d'utilisation. Elles sont utilisées à l'Université pour procéder à la vérification d'appareils portatifs et pour l'enseignement et pour la recherche. Elles peuvent également être intégrées à l'intérieur d'appareils à rayonnement.

Les sources scellées dont l'activité est de 50 MBq et plus[33] doivent être soumises à des épreuves d'étanchéité au moyen d'instruments et de procédures qui permettent de détecter des fuites ≥ 200 Bq.

Si une fuite de 200 Bq de substance nucléaire est détectée, toute utilisation de la source scellée ou de l'appareil à rayonnement dans lequel se trouve la source scellée doit cesser. Des mesures immédiates pour limiter la propagation de la contamination radioactive en provenance de la source scellée doivent être prises et la CCSN doit **immédiatement** être avisée par le secteur de la radioprotection (événement à déclaration immédiate et obligatoire).

Méthode d'analyse

L'Université utilise les services d'une firme externe spécialisée, dont les méthodes d'analyse sont en accord avec les normes de la CCSN. La firme externe fait parvenir au secteur de la radioprotection des trousses pour l'échantillonnage, incluant un certificat d'échantillonnage à compléter. Le secteur de la radioprotection effectue

[32] Les valeurs présentées sont basées sur la mesure de standards avec l'appareil du secteur de la radioprotection, Hidex 300 SL.
[33] Sauf les sources de Nickel-63 de 555 MBq ou moins comprises dans des détecteurs à capture d'électrons.

l'échantillonnage par frottis des sources scellées à l'aide d'une procédure documentée, et retourne ensuite les trousses au fournisseur de service. Après analyse, ce dernier transmet les certificats de mesures avec les résultats au secteur de radioprotection.

Fréquence réglementaire des épreuves d'étanchéité

- Source scellée en utilisation (ne se trouvant pas dans un appareil à rayonnement) : Tous les six mois
- Source scellée qui se trouve dans un appareil à rayonnement : Tous les douze mois
- Source scellée entreposée pour une période prolongée : Tous les vingt-quatre mois
- Source scellée utilisée après avoir été entreposée pendant 12 mois ou plus : Immédiatement avant son utilisation
- Source scellée susceptible d'avoir été endommagée : Immédiatement

Épreuve d'étanchéité à la suite d'un incident

Le titulaire de l'autorisation interne et le travailleur autorisé avisent immédiatement le secteur de la radioprotection de tout événement susceptible d'avoir endommagé une source scellée ou son blindage.

Le secteur de la radioprotection entamera le processus d'épreuve d'étanchéité sur la source scellée ou sur l'appareil à rayonnement dès qu'il aura pris connaissance d'un événement susceptible d'avoir endommagé la source scellée.

Épreuve d'étanchéité échouée

La responsable de la radioprotection avise immédiatement le titulaire de l'autorisation interne et les travailleurs autorisés quand une épreuve a échoué. Elle prend les mesures nécessaires pour éviter la propagation de la contamination et avise la CCSN de la détection de la fuite.

Le titulaire de l'autorisation interne et le travailleur autorisé cessent toute utilisation de la source ou de l'appareil sur avis de la responsable de la radioprotection. Ils collaborent avec la responsable de la radioprotection à toute mesure nécessaire pour limiter la propagation de la contamination, y compris l'élimination de la source ou de l'appareil, si nécessaire.

Tenue de dossiers et présentation d'un document en cas de transfert d'une source

La responsable de la radioprotection conserve des dossiers concernant les résultats des épreuves et un document sur la plus récente épreuve d'étanchéité est fourni en cas de transfert d'une source ou d'un appareil à rayonnement à un autre titulaire de permis.

7.2 SURVEILLANCE DE L'EXPOSITION

7.2.1 Exposition interne

Les travailleurs qui doivent se soumettre à une surveillance interne sont identifiés lors de la soumission des protocoles expérimentaux au Comité de radioprotection. L'obligation de participer à un programme de surveillance interne fait partie des conditions particulières des autorisations internes concernées.

Il est prévu d'appliquer un programme de surveillance à tous les travailleurs qui manipulent des quantités d'eau tritiée supérieures à deux fois la limite annuelle d'incorporation par inhalation de l'eau tritiée (2 GBq) sans aucun confinement ou 200 fois cette limite dans une hotte (200 GBq).

7.2.2 Exposition externe

7.2.2.1 Dosimétrie

Plusieurs utilisateurs de substances nucléaires portent des dosimètres torse (dosimètre à luminescence stimulée optiquement pour la détection bêta et gamma) ou d'extrémités (dosimètres thermoluminescents pour la détection bêta et gamma) pour les raisons suivantes :

- Comme mesure concrète d'application du principe ALARA, afin de détecter les situations qui provoquent des doses de rayonnement, même minimes, et les corriger aussitôt.
- En tant qu'institution d'enseignement, l'Université désire éduquer tout son personnel, dont les étudiants de deuxième et troisième cycles, au contrôle des doses de rayonnement pouvant être reçues lors de la manipulation des substances nucléaires.

Ces dosimètres mesurent la dose totale reçue pendant une période donnée. Le port d'un dosimètre ne protège

pas la personne du rayonnement, mais permet de déceler, s'il y a lieu, des défaillances dans la technique de travail et d'y apporter des améliorations.

Critères

Les critères appliqués à l'Université pour enrôler une personne dans un programme de dosimétrie externe sont les suivants :

- Toute personne qui peut être exposée, dans le cadre de son travail, au phosphore 32 ou à un autre émetteur bêta de haute activité, reçoit un dosimètre torse.
- Toute personne qui peut être exposée, dans le cadre de son travail, à un champ de rayonnement détectable provenant de sources scellées ou d'appareils à rayonnement, reçoit un dosimètre torse.
- Toute personne qui utilise un irradiateur gamma reçoit un dosimètre torse.
- Toute personne qui utilise une source à neutrons reçoit un dosimètre torse pour la détection bêta et gamma ET un dosimètre à neutrons.
- Toute personne qui manipule plus de 50 MBq d'une substance nucléaire spécifique reçoit un dosimètre d'extrémités.

Un registre des personnes assignées au programme de dosimétrie est maintenu.

Fournisseur et fréquences d'analyse

Les dosimètres sont fournis en location et analysés par les Services nationaux de dosimétrie de Santé Canada. Santé Canada conserve les données de dosimétrie dans le Registre national de dosimétrie.

Les dosimètres sont changés :

- aux trois mois pour les dosimètres torse à luminescence stimulée optiquement (LSO)
- aux deux semaines pour les dosimètres torse à luminescence stimulée optiquement portés par les personnes en état de grossesse
- aux quatre semaines pour les dosimètres d'extrémités thermoluminescents
- aux 3 mois pour les dosimètres torse à neutrons

Affichage et entreposage

L'affiche ''Utilisation et entretien des dosimètres individuels'' de la CCSN est fournie à tous les laboratoires dont le personnel est soumis au programme de surveillance.

Cette affiche décrit la façon correcte de porter et d'entreposer les dosimètres individuels, et sa procédure est suivie à l'Université.

- il est important de ranger les dosimètres à l'abri de toute source de rayonnement lorsqu'ils ne sont pas utilisés
- si un tablier de plomb est porté, le dosimètre doit être porté en dessous du tablier

Limites et seuils

Le SRP reçoit les rapports d'exposition produits par Santé Canada.

La responsable de la radioprotection communique avec toute personne dont l'exposition trimestrielle dépasse 0,15 mSv au corps (tableau 6). Un effort est déployé pour trouver l'origine de cette dose et pour corriger la situation lorsque la dose est supérieure à 0,30 mSv.

Tableau 6 : Limites de doses réglementaires et les seuils appliqués à l'Université

Limite ou seuil (mSv)		**Actions lorsque la limite ou le seuil est atteint**
Seuil de déclaration – corps entier	0,15	La responsable de la radioprotection envoie un courriel aux utilisateurs et une confirmation par retour de courriel est demandée.
Seuil d'intervention – corps entier	0,30	Un effort est déployé pour trouver l'origine de la dose et corriger la situation.

Seuil d'intervention – extrémité ou peau	Toute dose supérieure à la LD de Santé Canada	La responsable de la radioprotection communique avec les utilisateurs et un effort est déployé pour trouver l'origine de la dose et corriger la situation.
Limite de dose efficace – corps entier	1	La personne qui porte un dosimètre doit cesser de travailler avec le rayonnement ionisant pour le reste de l'année en cours. La situation doit être immédiatement déclarée à la CCSN.
Limite de dose équivalente - peau	50	
Limite de dose équivalente - mains	50	

7.2.2.2 Vérification des débits de dose

Le titulaire de permis veille à ce le débit de dose provenant des substances ou appareils stockés ne dépasse pas 2,5 µSv/h à tout endroit occupé à l'extérieur d'une zone, d'une salle ou d'une enceinte de stockage.

Le secteur de la radioprotection fait des mesures de débit de doses aux endroits appropriés lors :

- Des inspections annuelles des laboratoires
- Des inspections ou visites sporadiques
- Des inventaires trimestriels lorsque de nouvelles sources ont été ajoutées

Le titulaire d'une autorisation interne et les travailleurs autorisés doivent aviser le secteur de la radioprotection de toute modification dans les conditions d'entreposage de substances ou d'appareils qui pourrait être susceptible de mener à une augmentation du débit de dose dans les endroits adjacents, soit :

- Un changement dans la configuration des locaux
- Une nouvelle construction dans les locaux
- Un changement dans les inventaires
- Un changement dans les distances de travail des travailleurs autorisés
- Un changement dans l'occupation des salles adjacentes aux locaux d'entreposage

Pour les postes de travail permanents adjacents à une salle d'entreposage à l'Université : le secteur de la radioprotection s'assure que la dose reçue par tout travailleur ou membre du public ne dépasse pas 1 mSv par année.

7.2.3 Classification des travailleurs et travailleuses du secteur nucléaires (TSN)

Toute personne qui risque vraisemblablement de recevoir une dose de rayonnement supérieure à la limite fixée pour la population en général, soit 1 mSv au corps entier, doit être identifiée comme travailleur ou travailleuse du secteur nucléaire (TSN).

Le titulaire de permis doit aviser les TSN par écrit de leur statut, des risques associés, des doses attendues, des limites de dose à respecter, de leurs droits (TSN enceintes ou allaitantes) et de leurs obligations (responsabilités en situation d'urgence).

Procédure

1. Lorsqu'une personne doit être désignée TSN, la responsable de la radioprotection lui envoi par courriel le document ''Informations à transmettre aux travailleurs du secteur nucléaire'' (annexe 6).
2. Le TSN doit remplir et signer la partie ''Avis aux travailleurs du secteur nucléaire'' (annexe 6) et transmettre la copie numérisée à la responsable de la radioprotection.
3. La responsable de la radioprotection tient informé les TSN, de façon formelle et sur une base annuelle, des doses qui sont rapportées par Santé Canada.

Contenu de l'avis

1. Risques associés aux rayonnements

   La description des risques associés au rayonnement auxquels une personne TSN peut être exposée

dans l'exécution de son travail est décrite à la section 3.3 du présent manuel.

2. Limites de doses applicables

Les limites de doses efficaces et de doses équivalentes applicables pour les personnes TSN sont présentées au tableau 7. Prendre note que ces limites ne s'appliquent pas aux personnes participant à la maîtrise d'une situation d'urgence (voir point 4 plus bas).

Tableau 7 : Limites de doses pour les TSN

Type de dose	Travailleur/travailleuse du secteur nucléaire (TSN)
Dose efficace au corps entier pour les TSN et pour les TSN qui allaitent	50 mSv / an ou 100 mSv / 5 ans
Dose efficace au corps entier pour les TSN en état de grossesse	4 mSv pour le reste de sa grossesse à compter de la date à laquelle le titulaire de permis a été avisé de la grossesse
Dose équivalente pour les TSN - cristallin	50 mSv / an
Dose équivalente pour les TSN – peau, pieds et mains	500 mSv / an

3. Niveau de doses reçues annuellement par les TSN

Le titulaire de permis doit tenir informé les TSN, de façon formelle et sur une base annuelle, des doses qui sont rapportées par Santé Canada.

Ceci inclut les doses qui sont inférieures à la limite de déclaration des dosimètres (c.-à-d. les doses rapportées comme étant nulles).

4. Niveaux de doses estimées en lien avec le projet

Cette section est à compléter en fonction de chaque projet

5. Responsabilités des TSN en situation d'urgence / risques associés pendant la maîtrise de l'urgence

Le titulaire de permis peut demander à une personne de participer à la maîtrise d'une situation d'urgence. Dans une telle situation, il devra veiller à ce que la dose efficace ne dépasse pas 50 mSv et que la dose équivalente à la peau ne dépasse pas 500 mSv.

Si toutefois il s'agit d'une situation d'urgence visée au tableau 8, le titulaire de permis doit veiller à ce que les doses efficaces et équivalentes ne dépassent pas celles présentées au tableau 8.

Tableau 8 : Limites de doses pour les TSN en situation d'urgence

Mesure	Dose efficace (mSv)	Dose équivalente (mSv)
Mesure visant à réduire, pour les membres du public, les conséquences qui sont liées au rejet de matériel radioactif	100	1000
Mesure visant à prévenir les effets qui seraient fatals, qui mettraient la vie en danger ou entraîneraient une blessure permanente	500	5000
Mesure visant à prévenir le développement de conditions qui pourraient sérieusement affecter les personnes et l'environnement	500	5000

De plus :

- Si, à la demande du titulaire de permis, la personne prend des mesures visées à plus d'un article du tableau 8, le titulaire de permis veille à ce que la dose efficace ne dépasse pas 500 mSv et que la dose équivalente à la peau ne dépasse pas 5 000 mSv.
- Le titulaire de permis limite au niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre, compte tenu des facteurs économiques et sociaux, la dose efficace et la dose équivalente que la personne participant à la maîtrise d'une situation d'urgence reçoit et qui sont engagées à son égard.
- Le titulaire de permis qui apprend qu'une dose de rayonnement reçue par une personne peut avoir dépassé une des limites de dose applicable en avise dès que possible la personne et la Commission.
- Le titulaire de permis ne peut demander à une femme enceinte de participer à la maîtrise d'une situation d'urgence.
- Lorsqu'une personne agit de son propre chef pour sauver ou protéger une vie humaine, les limites de dose applicable peuvent être dépassées à son égard.

Les risques associés au rayonnement pendant la maîtrise d'une urgence sont les mêmes que ceux décrits point 1 plus haut. Il faut toutefois noter que plus la dose augmente, plus la probabilité de voir apparaitre des effets stochastiques augmente. Également, plus la dose augmente, plus la sévérité des effets déterministes, s'il y a lieu, augmente.

6. Risques associés à la reproduction et risque d'incorporation pendant l'allaitement

Ce point décrit les risques associés à l'exposition des personnes au rayonnement avant la conception ainsi que ceux associés à l'exposition des embryons et des fœtus. Il décrit également les risques associés à l'incorporation de substances nucléaires chez les bébés allaités.

Des effets liés à ces expositions ne surviennent en principe qu'au-delà d'une certaine dose de rayonnements[34]. Des effets peuvent survenir à la suite d'une exposition à de faibles doses, mais le risque de les voir se produire est faible et est considéré comme négligeable en comparaison à d'autres risques (ex. : accident de circulation, exposition chronique à des produits chimiques, etc.).

Risques d'exposition avant la conception

Des risques peuvent être associés à l'exposition externe ou interne des personnes avant la conception. Des effets génétiques, dus à des dommages causés aux cellules reproductrices de

[34] Selon la CIPR 84, le risque induit par une dose fœtale < 100 mGy ne justifie pas une interruption de grossesse. Pour des doses > 200 mGy, les dommages au fœtus peuvent être significatifs, leur nature et leur importance dépendant de la dose et du stade de la grossesse.

personnes exposées à de hauts niveaux de rayonnements ionisants, pourraient être observés. Ces effets pourraient être observables chez les individus des générations futures.

Risques d'exposition des embryons et des fœtus

À partir d'un certain niveau, des effets néfastes découlant de l'exposition interne ou externe d'un embryon ou d'un fœtus aux rayonnements ionisants pourraient être observés. Ces effets sont de type :

- Déterministes, c'est-à-dire directement et rapidement observables chez l'embryon ou le fœtus (ex. : retard de croissance ou malformation). La sévérité des effets augmente avec la dose reçue.
- Stochastiques, c'est-à-dire différés (ex. : cancer développé plus tard chez l'enfant). La probabilité d'observer les effets augmente avec la dose reçue.

Pour que l'embryon ou le fœtus soit exposé, le rayonnement doit traverser l'abdomen et le liquide amniotique (exposition externe), ou la substance nucléaire doit être incorporée à l'intérieur du corps de la personne en état de grossesse (exposition interne par incorporation, ingestion, inhalation ou absorption à travers la peau).

Risques d'incorporation de substances nucléaires pendant l'allaitement

Des risques sont associés l'incorporation des substances nucléaires pour les bébés allaités. À partir d'un certain niveau, des effets néfastes découlant de l'exposition interne des bébés pourraient être observés. Ces effets pourraient être de type :

- Déterministes, c'est-à-dire directement et rapidement observables chez le bébé. La sévérité des effets augmente avec la dose reçue.
- Stochastiques, c'est-à-dire différés. La probabilité d'observer les effets augmente avec la dose reçue.

7. Personnes en état de grossesse ou allaitantes

Il est recommandé que la personne en état de grossesse ou qui allaite **avise, dès que possible et par écrit**, le titulaire de permis de sa situation.

Après avoir été avisé par écrit de la **grossesse** :

- Le titulaire de permis doit prendre toutes les mesures d'accommodement, qui n'entraînent pas de contraintes financières ou commerciales excessives, qui seront nécessaires afin de **respecter la limite de dose de 4 mSv** pour le reste de sa grossesse à compter de la date à laquelle le titulaire de permis a été avisé de la grossesse.
- Après avoir été avisé par écrit d'une **situation d'allaitement** : Le titulaire de permis doit prendre toutes les mesures d'accommodement, qui n'entraînent pas de contraintes financières ou commerciales excessives, qui seront nécessaires afin de **limiter l'incorporation de substances nucléaires** par la personne qui allaite.

8 INSTRUMENTS DE DÉTECTION ET DE MESURE

Les types de détecteurs les plus utilisés à l'Université sont les détecteurs à ionisation de gaz, plus précisément le Geiger-Müller, et les détecteurs à scintillation.

Geiger-Müller - Principe de détection

Le détecteur Geiger-Müller (G-M) est composé d'une sonde métallique, dont la paroi interne constitue la cathode, ainsi que d'un fil métallique, traversant l'intérieur de la sonde, et qui constitue l'anode. La sonde est remplie d'un mélange de gaz et le rayonnement ionisant qui pénètre dans la sonde arrache des électrons aux molécules de gaz. Les électrons libres sont accélérés par la tension appliquée dans la sonde, créant un signal électrique qui se traduit par une indication visuelle ou sonore.

Le détecteur G-M ne peut pas identifier les types de rayonnement ou les radionucléides présents : il compte uniquement la quantité de rayonnement qui pénètre dans la sonde et qui interagit avec le gaz. Chaque interaction donne un signal, traduit en coups par unité de temps, ou en débit de dose (µSv/h), selon le type d'appareil (contaminamètres ou radiamètres).

Ce type d'appareil est très populaire, car il est robuste, simple à utiliser et peu coûteux. Il a cependant le désavantage d'être peu efficace pour la détection du rayonnement bêta de faible énergie (ex. tritium, carbone-14) et gamma de faible énergie (ex. iode-125).

Détecteurs à scintillation - Principe de détection

Ce type de détecteur est composé d'un scintillant solide (ex. un polymère ou un cristal solide comme un cristal d'iodure de sodium dopé au thallium) ou d'un scintillant liquide (mélange de solvants et de molécules scintillantes). Pour chaque rayonnement qui entre en contact avec le scintillant, des électrons du scintillant sont éjectés de leur position, laissant des espaces non occupés. Lorsque les électrons, par désexcitation, retournent à leurs positions initiales, ils émettent des photons visibles (principe de scintillation). Ces photons sont détectés et amplifiés par un tube photomultiplicateur, qui convertit la détection en signal électrique.

Une relation existe entre l'énergie des rayonnements qui frappent le scintillant et la quantité de photons visibles produits. Ainsi, ce type de détection peut permettre, contrairement au Geiger-Müller, de déterminer l'énergie du rayonnement détecté et d'identifier le radionucléide émetteur.

Les détecteurs à scintillation sont efficaces avec les rayonnements bêta et gamma de faibles énergies.

Les sections suivantes décrivent les types de sondes et de détecteurs, et présentent les grandes lignes à suivre lors de l'utilisation des appareils.

Détecteurs portatifs

Plusieurs radiamètres et contaminamètres portatifs sont utilisés à l'Université.

Les radiamètres et contaminamètres sont souvent présents sous forme de sondes que l'on doit connecter à un débitmètre (*ratemeter*), qui est le dispositif qui traduit les coups comptés au détecteur en signal électrique.

Certaines sondes sont directement intégrées à l'intérieur du débitmètre, pour donner de petits appareils de poche facilement transportables.

8.1.1 Contaminamètres

Les contaminamètres permettent de détecter une contamination de surface, fixée ou non. La sonde à utiliser doit toutefois être choisie en fonction du radionucléide à détecter.

Le contaminamètre est une sonde qui mesure des coups, soit le nombre d'interactions qui ont lieu au détecteur. La réponse est donnée en coups par minute (CPM) ou en coups par seconde (CPS).

Exemples de contaminamètres (figures 20, 21 et 22 C) :

Sonde à scintillateur plastique (Ludlum 44-116)

La sonde à scintillateur plastique est une sonde qui permet, compte tenu de sa géométrie, d'être utilisée pour vérifier la contamination de surface due à des émetteurs bêta.

Sonde à scintillateur NaI et plastique (Ludlum 44-21)

La sonde NaI est une sonde utilisée pour la détection d'émetteurs gamma de faible énergie, ainsi que pour la détection d'émetteurs bêta. Cette sonde est utilisée comme alternative à la sonde 44- 9, qui est moins efficace pour la

détection du rayonnement gamma de faible énergie, par exemple pour la détection de l'iode-125.

Sonde Geiger-Müller de type pancake (Ludlum 44-9)

La sonde à fenêtre mica (pancake) est une sonde qui permet la détection des rayonnements alpha, bêta et gamma. Compte tenu de sa géométrie, elle est utilisée pour vérifier la contamination de surface.

Contaminamètre Geiger-Müller (Ludlum 2401-EW)

La sonde du contaminamètre est interne et il s'agit d'une fenêtre mica qui permet la détection des rayonnements alpha, bêta et gamma.

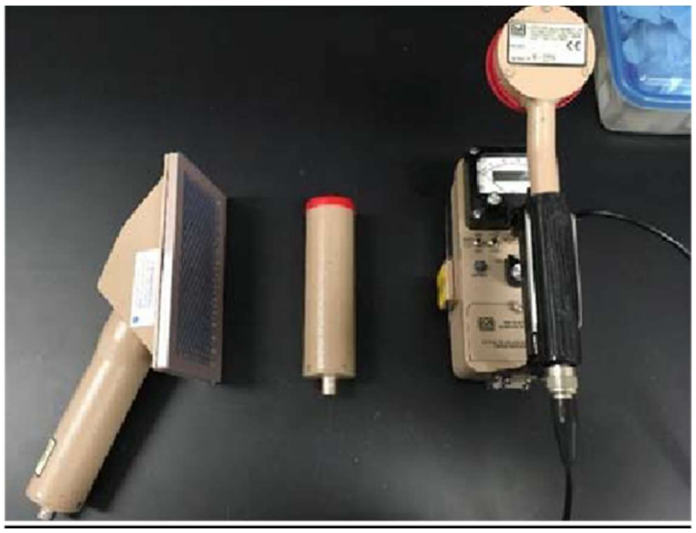


Figure 20 : Débitmètre (Ludlum 3), et trois sondes. De gauche à droite : contaminamètre à scintillateur plastique (44-116) ; contaminamètre à l'iodure de sodium (44-21) ; contaminamètre de type pancake (44-9).

8.1.2 Radiamètres

On entend par radiamètre un appareil ou une sonde qui a été étalonné pour rapporter les coups mesurés (CPM, CPS) en débits de dose, en µSv/h. Ces sondes permettent ainsi de mesurer un débit de dose ambiant.

Exemples de radiamètre (figures 21 et 22 A et B) :

Tube Geiger-Müller gamma avec fenêtre bêta (Ludlum modèle 44-38)

Cette sonde est utilisée pour la mesure du débit de dose gamma ambiant, et pour la détection d'émetteurs bêta de haute énergie lorsque la fenêtre bêta est ouverte (faire attention lorsque la sonde est en position ouverte : l'intérieur est fragile et il faut éviter toute contamination).

Geiger-Müller gamma (Ludlum 2401-ECA)

Cette sonde est utilisée pour la mesure du débit de dose gamma ambiant.

Spectromètre gamma (Radeye SPRD-SN)

Cet appareil est utilisé pour la mesure du débit de dose gamma ambiant comme il s'agit d'un spectromètre, il peut aussi faire l'identification des radionucléides présents, dans certains cas (nombre restreint de radionucléides et activité suffisamment importante). Ce modèle permet également la détection de neutrons.

Figure 21 : Radiamètre (Ludlum 44-38) avec fenêtre bêta, en position fermée et ouverte, respectivement.

Figure 22 : Détecteurs portatifs avec sondes intégrées. Spectromètre gamma (Radeye SPRD-SN) (A), radiamètre Geiger Müller à énergie compensée pour le débit de dose gamma en µSv/h (Ludlum 2401-ECA) (B), contaminamètre Geiger Müller alpha, bêta et gamma en CPM (Ludlum 2401-EW) (C).

8.2 CONTEXTES D'UTILISATION DES DÉTECTEURS PORTATIFS À L'UNIVERSITÉ

Cette section décrit les contextes dans lesquels les détecteurs portatifs sont utilisés par le secteur de la radioprotection et donne des exemples des détecteurs utilisés.

Prendre note que plusieurs autres types de détecteurs, non décrits dans cette section, peuvent être utilisés.

Vérification de la contamination

Le choix du détecteur doit se faire en fonction des radionucléides manipulés. Ce contrôle s'effectue sur toutes sortes de surfaces (comptoirs, hottes, pieds, mains, etc.).

> *Exemple : Vérification de la contamination d'un comptoir avec une sonde Geiger-Müller de type « pancake » pour le rayonnement alpha, bêta de haute énergie et gamma.*

Élimination des déchets par le secteur de la radioprotection

Lors de l'élimination des déchets solides, une vérification de l'extérieur des contenants (barils, sacs, chaudières, etc.) est effectuée avec un contaminamètre.

> *Exemple : Vérification d'un contenant de déchets émetteurs alpha, bêta et gamma avec une sonde Geiger-Müller de type « pancake ».*

Évaluation du débit de dose ambiant

Afin de respecter les limites réglementaires de débits de dose, on utilise un détecteur compensé en énergie dans les endroits où des sources émettrices de rayonnement sont entreposées. Le débit de dose dans les zones occupées à l'extérieur des zones d'entreposage ne doit pas dépasser 2,5 µSv/h.

> *Exemple : Vérification du débit de dose dans les zones occupées avec une sonde Geiger-Müller compensée en énergie pour les rayonnements gamma, avec fenêtre pour le rayonnement bêta de haute énergie.*

Évaluation de la dose possible au travailleur et dosimétrie

Lors d'un nouveau protocole de manipulation, une évaluation de la dose à l'utilisateur peut être effectuée en utilisant un instrument de détection compensé en énergie et étalonné pour la mesure du débit de dose en µSv/h. La dose peut ainsi être estimée en conformité avec les limites annuelles en vigueur. Des dosimètres pourront être assignés à l'utilisateur, en fonction de cette évaluation.

> *Exemple : Évaluation d'une dose à un utilisateur en tenant compte du débit de dose de rayonnement, du temps passé dans la zone de rayonnement selon le protocole, de la distance par rapport à la source émettrice, du blindage présent ou non, etc. ; avec une sonde Geiger-Müller compensée en énergie pour les rayonnements gamma, avec fenêtre pour le rayonnement bêta de haute énergie.*

Évaluation de la nécessité de placer une affiche réglementaire

Des mesures de débit de dose doivent être effectuées afin de valider la présence d'affiches réglementaires.

> *Exemple : Affichage d'un symbole de mise en garde contre les rayonnements lorsque le débit de dose est supérieur à 25 µSv/h ; mesure avec une sonde Geiger-Müller compensée en énergie pour les rayonnements gamma.*

Respect des normes de TMD classe 7

Afin de respecter les normes de transport des colis de classe 7, un instrument de détection compensé en énergie sera utilisé pour l'identification du type d'étiquette à apposer sur les colis et à établir la valeur de l'indice de transport.

> *Exemple : La sonde Geiger-Müller compensée en énergie pour les rayonnements gamma sera utilisée pour vérifier que le débit de dose au contact d'un colis excepté ne dépasse pas 5 µSv/h.*

Localisation de source

Des instruments de détection peuvent être utilisés afin de localiser une source radioactive lors de diverses situations, comme lors de la vérification positive d'une source qui n'est pas directement accessible, dans le but de confirmer sa présence.

> *Exemple : Localisation d'une source comme le Ra-226 lors du démantèlement d'un appareil à rayonnement avec une sonde Geiger-Müller de type pancake, ou compensée en énergie pour les rayonnements gamma.*

Situations d'urgence

Des instruments de détection peuvent être utilisés lors de situations d'urgence afin de vérifier la contamination, mesurer des débits de dose ou identifier des radionucléides. Ils font partie des trousses d'urgence du secteur de la

radioprotection.

Exemple : Une évaluation de l'étendue de la contamination à la suite d'un déversement de Si-32/P-32 est effectuée avec une sonde Geiger-Müller de type « pancake ».

8.3 PROCÉDURES D'UTILISATION D'APPAREILS PORTATIFS

Pour les procédures détaillées, se référer au manuel du fabricant ou communiquer avec le secteur de la radioprotection pour du support.

Note sur les détecteurs Geiger-Müller

Des débits de dose très élevés provoquent une paralysie temporaire chez les détecteurs G-M. Dans un environnement de rayonnement trop élevé, ces détecteurs n'arrivent plus à effectuer leurs analyses et donnent la fausse indication que le débit de dose ambiant **est à zéro**. Par conséquent, il est impératif que ces compteurs soient allumés **avant** leur introduction dans une zone à contrôler, au cas où le champ de rayonnement serait très intense.

Note sur les débitmètres

Certains débitmètres permettent d'intégrer la mesure sur une période définie, par exemple pour une minute. Lorsque le débitmètre ne possède pas cette option, il faut attendre que la lecture maximale soit atteinte (souvent environ 20 secondes) avant de noter l'intervalle de lecture observé (exemple : 47-50 CPM).

1. Vérification du fonctionnement

a. Vérifier que la date d'étalonnage de la sonde et du débitmètre est valide

b. Mettre une nouvelle paire de gants pour ne pas contaminer la sonde

c. Connecter la sonde au débitmètre

d. Vérifier l'état des piles

e. Vérifier l'appareil avec une source de contrôle (une *check source* - figures 23 et 24). La valeur doit se situer à ± 20 % de la valeur attendue.

Figure 23 : Source de contrôle de Cs-137 installée sur un débitmètre Ludlum.

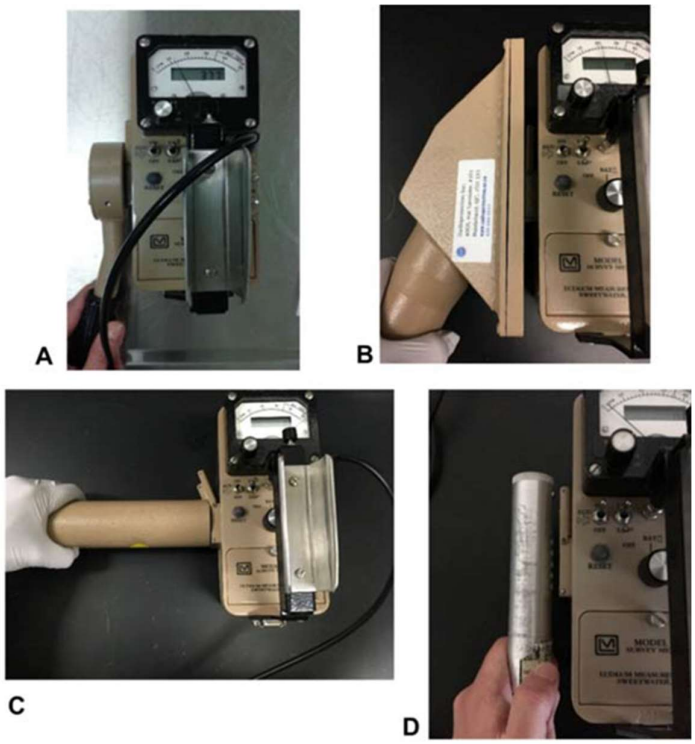


Figure 24 : Vérification des sondes avec la source de contrôle. Sondes pancake (A), scintillateur plastique (B), NaI (C) et tube Geiger-Müller (D).

2. Mesure du rayonnement de fond

a. Placer le débitmètre dans un endroit éloigné de toute source (hors du laboratoire si nécessaire) et faire la mesure.

b. Si une source de contrôle est installée sur le débitmètre, fermer son couvercle et tenir la sonde le plus loin possible de la source de contrôle.

3. Mesures du rayonnement

Sonde de type pancake:

- **Balayage de surfaces**

a. Placer la sonde à environ 1 cm de la surface ou de l'objet. Effectuer un balayage d'environ quelques cm par seconde sur la surface à vérifier.

b. Attention : la sonde ne doit pas entrer en contact avec la surface (éviter la contamination de la sonde).

Tube Geiger-Müller pour le rayonnement gamma avec fenêtre bêta :

- **Mesure du débit de dose ambiant**

a. Tenir la sonde à environ 1 mètre du sol (± hauteur de ceinture) et effectuer un comptage aux endroits identifiés.

b. Recherche d'un point chaud

c. Effectuer un balayage lent de la pièce ou de la surface d'un objet, par exemple d'un colis (balayage d'environ quelques cm par seconde).

- **Mesure un débit de dose à endroit fixe**

a. Tenir la sonde à l'endroit d'intérêt pour une mesure d'au moins une minute. Par exemple, pour la mesure d'un indice de transport à 1 mètre d'un colis.

8.4 COMPTEURS À SCINTILLATION

Le compteur à scintillation liquide est un appareil de haute sensibilité, qui peut détecter tous les types de rayonnement (alpha, bêta ou gamma). Il est entre autres utilisé à l'université pour les contrôles hebdomadaires de contamination.

Pour l'analyse, un cocktail à scintillation (ex. Cytoscint, Ecolume, etc.) est ajouté à un vial comportant une solution du radionucléide ou un frottis. Le cocktail à scintillation est composé de solvants aromatiques et de composés scintillants qui, comme les cristaux à scintillation solides, transforment les rayonnements émis par les radionucléides en photons visibles, qui sont détectés par des tubes photomultiplicateurs. La quantité de photons visibles émis étant proportionnelle à l'énergie du rayonnement incident, il est possible dans certains cas d'identifier l'énergie des rayonnements émis, donc d'identifier les radionucléides émetteurs.

L'appareil donne une réponse en coups par minute (CPM), ou en désintégration par minute (DPM) lorsque le radionucléide est identifié. Pour obtenir des DPM, il est important de déterminer l'efficacité de comptage de l'appareil avec des standards dont les caractéristiques sont semblables à celles des échantillons.

Efficacité de comptage

L'efficacité d'un comptage, qui est une mesure du nombre de coups mesurés par le détecteur par rapport au nombre de coups réellement émis par la source, peut varier en fonction de plusieurs paramètres dont:

- Les particularités du radionucléide, c.-à-d. la nature du rayonnement et son énergie.
- La présence de substances qui peuvent altérer l'efficacité, par exemple :
    - Des substances qui absorbent les radiations, mais qui n'émettent pas de photons visibles détectables (atténuation ou extinction du signal, *quench*).
    - Des molécules en solution qui ont des propriétés de luminescence et qui ainsi émettent des photons visibles interférents. Prendre note que la luminescence peut être grandement atténuée en laissant reposer l'échantillon dans l'appareil pendant plusieurs heures avant de débuter le comptage.

Pour déterminer expérimentalement un pourcentage d'efficacité, il est nécessaire d'avoir un standard dont on connait l'activité. À la suite d'une mesure de ce standard par le compteur à scintillation, on pourra déterminer le pourcentage d'efficacité de comptage, selon la formule suivante :

$$\%.\ \boldsymbol{Efficacité} = \frac{activité\ mesurée\ (CPM)}{activité\ réelle\ (DPM)} * 100\%$$

Les pourcentages d'efficacité varient d'un radionucléide à l'autre, et selon la matrice de l'échantillon analysé. Par exemple, le pourcentage d'efficacité à la suite d'une mesure d'une solution d'eau distillée comportant un seul radionucléide ne sera pas le même que celui obtenu à la suite de l'analyse du même radionucléide dissout dans une matrice acide, en présence d'autres molécules. Ainsi, il faut autant que possible reproduire les conditions de travail, comme la matrice des échantillons, lors de la détermination des pourcentages d'efficacité.

Utilisation et maintenance

Le compteur à scintillation doit être utilisé conformément au manuel du fabricant. Certains fabricants offrent des contrats de service pour des maintenances préventives et la réparation et le changement de pièces défectueuses. Il peut être avantageux de souscrire à ces contrats, car les coûts de réparation de ces appareils sont généralement élevés.

8.5 ÉTALONNAGE ET VÉRIFICATION

Comme indiqué à l'article 20 du Règlement sur les substances nucléaires et les appareils à rayonnement, il est interdit d'utiliser, pour l'application de la réglementation, un radiamètre qui n'a pas été étalonné au cours des douze mois précédant son utilisation.

À l'Université, les contaminamètres, radiamètres et sondes utilisés dans un contexte réglementaire sont étalonnés (radiamètres) ou vérifiés (contaminamètres) annuellement par une firme externe qui effectue les opérations selon les attentes de la CCSN. La date d'étalonnage/vérification est indiquée sur l'instrument.

Pour les compteurs à scintillation, des calibrations internes et des mesures d'efficacité peuvent être effectuées avec des standards, selon les spécifications du fabricant.

Un registre de suivi des étalonnages des appareils est tenu à jour et sauvegardé dans les dossiers du secteur de la radioprotection.

9 FORMATION

Toute personne qui utilise ou qui travaille en présence de radionucléides doit avoir reçu une formation en radioprotection, dont le contenu est adapté aux fonctions des personnes.

Le secteur de la radioprotection forme les utilisateurs et les travailleurs de l'Université, de l'Institut universitaire de cardiologie et de pneumologie de Québec (IUCPQ) et du Centre de recherche CERVO.

La formation donnée aux utilisateurs comprend les éléments suivants :

- Rayonnement et radioactivité
- Propriétés des radio-isotopes
- Ionisation et doses
- Effets biologiques
- Les personnes en état de grossesse et la radioactivité
- Cadre réglementaire
- Classification des laboratoires et affichage
- La radioprotection
- Achat, réception et élimination
- Les prochaines sections présentent les types de formations données

9.1 RESPONSABLE DE LA RADIOPROTECTION

La personne responsable de la radioprotection ainsi que les responsables de la radioprotection suppléantes doivent suivre une formation en radioprotection complète à l'externe, d'une durée de 3 à 5 jours, par une firme reconnue dans le domaine. Une mise à jour de la formation est effectuée environ tous les 5 ans.

9.2 UTILISATEURS ET UTILISATRICES

9.2.1 Radioprotection

Toute personne qui désire être inscrite comme utilisateur ou utilisatrice de substances nucléaires sur une autorisation interne doit au préalable suivre la formation en radioprotection, d'une durée de 4 heures, incluant un questionnaire d'évaluation.

Cette formation donne droit à une certification valide pour 3 ans et est offerte trois fois par année à l'Université.

Les formations sont annoncées par l'envoi d'un courriel à tous les titulaires d'autorisations internes et à leur responsable de laboratoire. Des formations sont également offertes en anglais.

9.2.2 Réception et manutention de colis classe 7

Cette formation est incluse dans la formation donnée aux utilisateurs et utilisatrices. Cette formation décrit le contexte réglementaire entourant la réception et la manutention de colis de classe 7 (matières radioactives). Cette formation permet aux utilisateurs et utilisatrices de faire la réception des colis de classe 7 ainsi que leur manutention.

9.3 AGENTS DE SÉCURITÉ ET DE PRÉVENTION

Les agents de sécurité et de prévention reçoivent une formation en radioprotection d'une durée d'une heure avec un questionnaire d'évaluation. Cette formation donne droit à une certification valide pour 3 ans. Elle permet aux agents de sécurité et de prévention d'acquérir des connaissances de base en radioactivité, de reconnaître les produits radioactifs et les endroits associés, d'être au fait des mesures de sécurité qui doivent être mises en place et, en cas d'intervention, d'être en mesure d'évaluer le niveau de danger et de poser les actions appropriées.

9.4 MANUTENTIONNAIRES

Le personnel de la réception des marchandises des pavillons reçoit une formation sur la radioprotection de base d'une durée d'une heure avec un questionnaire d'évaluation. Cette formation donne droit à une certification valide pour 3 ans.

Cette formation permet au personnel de la réception des marchandises des pavillons d'acquérir des connaissances de base en radioactivité, de reconnaître le symbole de la radioactivité et l'étiquetage des colis. La formation permet

également au personnel de reconnaître une situation anormale et d'identifier les personnes à contacter selon les situations.

9.5 PERSONNEL D'ENTRETIEN MÉNAGER

Ayant accès à certains locaux d'utilisation ou d'entreposage de substances nucléaires, ce personnel reçoit une formation d'une durée de 30 minutes avec un questionnaire d'évaluation. Des efforts sont investis afin que des formations de rappel soient données tous les trois ans.

Lorsque la formation en radioprotection ne peut pas être reçue (remplacement de dernière minute, etc.), les personnes doivent lire le document de formation qui est inclus dans le cahier de formation du nouveau personnel. Ce document décrit les actions importantes à poser (ex. : port de gants, lavage de main, etc.) et à ne pas poser (ex. ne pas toucher les contenants portant le symbole trifolié) en laboratoire.

La formation et le document de formation permettent au personnel de l'entretien ménager d'acquérir des connaissances de base en radioactivité, de reconnaître les produits radioactifs et de travailler de façon sécuritaire dans les locaux où se trouvent des substances radioactives. Cette formation permet également au personnel de reconnaître une situation anormale et d'identifier les personnes à contacter en cas d'urgence.

9.6 REGISTRES

Des registres sont constitués et tenus à jour par le secteur de la radioprotection pour toutes les personnes qui ont reçu une formation en radioprotection.

10 MESURES DE SÉCURITÉ

Cette section décrit les mesures qui doivent être mises en place a afin d'assurer la sécurité des substances nucléaires.

10.1 CONTRÔLE DES ACCÈS

Les locaux et les enceintes où sont utilisés ou entreposées des substances nucléaires doivent être en tout temps restreints aux personnes autorisées.

Des mesures doivent être mises en place afin de contrôler l'accès aux substances nucléaires et de s'assurer que toute tentative de sabotage ou de vol puisse être détectée rapidement.

10.1.1 Entreposage sous clé

Les locaux comportant des substances nucléaires doivent être verrouillés lorsque les personnes autorisées en sont absentes. Les enceintes d'entreposage doivent également être verrouillées lorsqu'elles ne sont pas sous la surveillance directe des personnes autorisées.

D'autres mesures peuvent mises en place, par exemple :

- contrôle des clés
- fixation des enceintes de stockage au mobilier

10.1.2 Mesures particulières

Locaux avec contrôles d'accès

Certains locaux sont munis de systèmes de contrôle d'accès par cartes magnétiques.

Locaux avec alarmes

Certains locaux sont munis d'alarmes (détecteurs de mouvements, porte forcée, porte ouverte trop longtemps). Les alarmes sont reliées à la centrale de traitement des appels du Service de sécurité et de prévention de l'Université, en fonction 24 heures par jour, 365 jours par année. Toute alarme est suivie d'une intervention immédiate par les agents de sécurité et de prévention de l'Université, qui font appel au Service de police de la Ville de Québec au besoin.

10.2 CONTRÔLE DES SUBSTANCES NUCLÉAIRES

10.2.1 Acquisition

Le secteur de la radioprotection autorise chaque nouvelle commande de substances nucléaires déclarée dans le système des demandes d'achat au Service des finances de l'Université.

Les colis qui contiennent des substances nucléaires commandées sont ensuite livrés par les fournisseurs directement à la réception des marchandises des différents pavillons du campus.

Les colis sont distribués dans les laboratoires généralement le même jour.

À la réception des marchandises ou en laboratoire, les colis sont toujours sous surveillance directe ou gardés sous clé.

10.2.2 Utilisation

Les substances nucléaires doivent être utilisées uniquement dans les locaux énumérés sur les autorisations internes.

Les sources non scellées et les déchets qui sont produits sont inscrits dans un inventaire informatisé (SYGEMAR) qui permet de maintenir à jour l'inventaire, de l'arrivée du contenant dans le laboratoire à l'élimination, par le secteur de la radioprotection, des matières produites.

La sécurité des sources scellées et des appareils à rayonnement est également maintenue par la tenue d'inventaires physiques trimestriels par le secteur de la radioprotection.

10.2.3 Évacuation

Toutes les substances nucléaires contenues dans des déchets liquides ou solides sont recueillies par le secteur de la radioprotection, quelle que soit leur activité. Elles sont ensuite entreposées sous clé jusqu'à leur élimination.

10.3 SÉCURITÉ DES SOURCES SCELLÉES

Des sources scellées de catégorie 2 à 5 sont entreposées dans divers locaux sur le campus. Leur classement est basé

sur l'activité du radionucléide présent dans la source. L'Université met en œuvre des mesures de sécurité décrites dans le REGDOC-2.12.3-La sécurité des substances nucléaires : sources scellées de la CCSN afin de prévenir la perte, le sabotage, l'utilisation illégale, la possession illégale ou l'enlèvement illégal.

11 PROCÉDURES D'URGENCE

Le Service de sécurité et de prévention (SSP) gère un centre de traitement des appels (CTA), opérationnel jour et nuit, ainsi qu'un service de patrouille et d'intervention.

11.1 INTERVENTIONS D'URGENCE

En cas d'incidents, d'accidents ou autres événements inhabituels, le secteur des opérations du SSP offre un appui logistique et opérationnel au secteur des risques spécifiques, auquel le secteur de la radioprotection est rattaché.

Numéros de téléphone d'urgence

- Service de sécurité et de prévention de l'Université :
    - Sur le campus : au poste 555 ou par les téléphones rouges
    - Avec un téléphone cellulaire : 418-656-5555
- Service d'urgence de la CCSN :

  CCSN - urgence 613-995-0479

Informations à fournir en cas d'urgence

- Pavillon et local
- Substance en cause
- Quantité approximative (activité et volume) du produit déversé
- Risque de contamination (contamination interne possible ou non)
- Nom des personnes impliquées et celui du professeur responsable
- Numéro de téléphone pour rejoindre une ou des personnes impliquées

11.2 DÉVERSEMENT

Lors d'un déversement dans un laboratoire, il faut suivre les instructions de l'affiche de sûreté de la CCSN Procédure en cas de déversement, affichée dans les laboratoires où se trouvent des sources ouvertes, ainsi que les procédures des sections suivantes.

Les personnes ne possédant pas les qualifications requises **ne doivent pas** procéder à la décontamination d'une surface ou d'un objet contaminé.

Matériel nécessaire

- Équipement de protection individuelle (sarrau, lunette de protection, gants jetables, pantoufles jetables au besoin, etc.)
- Matériaux absorbants pour contenir les déversements liquides
- Matériel de nettoyage
    - Décontaminant (exemple: No Count, Décasol, ou encore une solution de savon, etc.). Noter que si une utilisation importante de décontaminant sous la forme d'aérosol est nécessaire, un masque respiratoire avec cartouches devrait être porté afin d'éviter son inhalation.
    - Papier absorbant
    - Ramasse-poussière
- Sac et/ou contenant de récupération identifié
- Ruban adhésif coloré pour mettre en place un périmètre, au besoin
- Matériel de frottis

11.2.1 Déversement MINEUR

Définition

- Petits déversements, ≤ 100 fois la quantité d'exemption

- Absence de contamination (interne ou externe)
- Débit de dose ambiant ≤ 25 µSv/h

Actions

1. Mettre son équipement de protection individuelle.
2. Aviser les personnes présentes du déversement.
3. Contenir la substance déversée :
    - **Déversements liquides** : déposer un matériau absorbant sur la zone de déversement (papier absorbant, solide absorbant de type vermiculite, etc.).
    - **Déversements secs** : étendre des papiers mouillés sur la zone de déversement en s'assurant de ne pas étendre la contamination.
4. Marquer le contour de la zone contaminée si nécessaire.
5. Recueillir les matériaux absorbants puis :
    - Les jeter dans un sac en plastique ou dans un contenant identifiés.
6. Nettoyer la zone contaminée avec une solution de détergent ou un vaporisateur spécifique (« Decon », « Contrad 70 », etc.) et du papier absorbant :
    - Procéder à partir de la périphérie vers le centre.
    - Vérifier la contamination résiduelle (frottis ou radiamètre).
7. Évaluer le niveau de contamination par frottis ou avec un radiamètre (selon le radionucléide) :
    - Faire l'évaluation à l'intérieur, mais aussi à l'extérieur de la zone contaminée
8. Continuer le nettoyage jusqu'à ce que les résultats soient[35] :
    - ≤ 3 Bq/cm2 dans toutes les zones où des radionucléides non scellés sont utilisés ou stockés
    - ≤ 0,3 Bq/cm2 dans toutes les autres zones
9. Jeter tout matériau ou objet contaminé dans des contenants identifiés de substances nucléaires contaminées.
10. Contrôler la contamination des mains, des vêtements et des chaussures.
11. Communiquer avec la responsable de la radioprotection pour lui transmettre l'information préliminaire.
12. Consigner la chronologie des événements et les mesures du niveau de contamination, avant et après décontamination.
13. Inclure toutes les données dans votre rapport à la responsable de la radioprotection.

11.2.2 Déversement MAJEUR

Définition

- Déversement > 100 fois la quantité d'exemption
- Potentielle contamination (interne ou externe)
- Débit de dose ambiant > 25 µSv/h

Actions

1. Faire évacuer les personnes du local
    - Sortir de la pièce et fermer la porte au besoin
    - Empêcher l'accès à la zone jusqu'à l'arrivée de l'équipe d'intervention

[35] Selon une moyenne établie pour une surface ne dépassant pas 100 cm^2.

- Les personnes ayant pu être contaminées doivent rester sur place afin d'être examinées

2. Laisser toute ventilation fonctionner
    - si le laboratoire en est équipé, actionner la ventilation renforcée
3. Délimiter le secteur pour en protéger l'accès
4. Si possible et sans risques, recouvrir la substance déversée d'un matériau absorbant pour réduire au minimum la dispersion de la contamination
    - Le personnel non formé ne doit pas tenter de nettoyer le déversement
5. Aviser le Service de sécurité et de prévention au 555 ou téléphone rouge
6. Si des personnes ont été contaminées : voir la section 11.3 suivante en attendant l'arrivée de la responsable de la radioprotection
7. Consigner :
    - Le nom des personnes impliquées
    - La chronologie des événements

À son arrivée, la responsable de la radioprotection :

- Dirigera les activités de décontamination des personnes
- Suivra la procédure de déversement majeur ou désignera des experts
- Avisera la CCSN et produira un rapport pour la CCSN dans les 21 jours suivant l'incident

11.3 CONTAMINATION PERSONNELLE

Lors d'un incident, si des vêtements ont été contaminés, enlever les vêtements extérieurs et les placer dans un sac à déchets qui doit être identifié.

Contamination de la peau

1. Retirer les vêtements contaminés, s'il y a lieu.
2. Laver la zone affectée avec de l'eau tiède et un savon doux pour au moins 15 minutes.
    - Ne pas utiliser de brosse ou de nettoyant abrasif.

1. Contrôler la décontamination avec :
    - Un contaminamètre portatif (Geiger-Müller) si le radionucléide peut être détecté.
    - Des frottis sur différentes parties du corps.

Après évaluation, la responsable de la radioprotection pourra évaluer la dose reçue à la peau selon les instructions de la CCSN[36].

Lorsque des contrôles ne sont pas possibles, les personnes ayant pu être exposées doivent être considérées comme étant contaminées et doivent être dirigées vers un centre hospitalier. Les hôpitaux du CHU de Québec sont recommandés.

Inhalation de matières en suspension

Faire tousser et moucher la personne immédiatement. Conserver les expectorations aux fins d'examen.

Les personnes doivent être considérées comme étant contaminées et doivent être dirigées vers un centre hospitalier. Les hôpitaux du CHU de Québec sont recommandés.

Ingestion

[36] Exigences pour les événements entraînant une contamination de la peau.

Rincer immédiatement la bouche avec de l'eau.

Les personnes doivent être considérées comme étant contaminées et doivent être dirigées vers un centre hospitalier. Les hôpitaux du CHU de Québec sont recommandés.

11.4 SUREXPOSITION

En cas de surexposition (dépassement des limites de doses), la responsable la radioprotection :

1. Informe immédiatement la personne ayant reçu une surexposition et exige l'arrêt de tout travail susceptible de faire augmenter la dose
2. Informe immédiatement la CCSN de la situation
3. Procède à une enquête interne afin d'établir les causes de la surexposition et prends les moyens nécessaires pour éviter que la situation se produise à nouveau
4. Informe la CCSN, dans les 21 jours, des conclusions de l'enquête

Les limites de doses sont présentées au Tableau 3 de la section 3.2.4.

11.5 INCIDENTS DE TRANSPORT

La responsable de la radioprotection doit être avisée de tout incident de transport impliquant des substances nucléaires.

Exemple de situations dangereuses[37] :

- Un moyen de transport transportant des matières radioactives est impliqué dans un accident
- Un colis présente des signes d'endommagement, d'altération ou de fuite de contenu
- Une substance nucléaire est perdue, volée ou ne se trouve plus sous le contrôle de la personne qui est tenue d'en avoir le contrôle aux termes de la Loi
- Une substance nucléaire s'est échappée d'une enveloppe de confinement, d'un colis ou d'un moyen de transport durant le transport
- La contamination non fixée dépasse les limites applicables
- Une situation potentiellement dangereuse pour la santé ou l'environnement

Actions

Lors d'une situation dangereuse, l'expéditeur, le transporteur ou le destinataire d'un colis ou de toute substance nucléaire impliquée dans la situation dangereuse ou toute personne qui contrôle une zone touchée par la situation dangereuse :

1. Limite, dans la mesure du possible, la dispersion de toute substance nucléaire.
2. Installe des barrières ou des panneaux ou place des membres du personnel à chaque point d'entrée de la zone touchée pour en contrôler l'accès.
3. Prend en note les coordonnées des personnes qui ont pu être exposées ou contaminées à la substance nucléaire, et leur demande de demeurer disponibles afin d'être examinées par un expert en radioprotection.
4. Informe les autorités d'urgence.

11.6 INCENDIES OU INCIDENT AVEC DANGER POUR LA VIE

Dans ces cas, la sécurité des personnes est prioritaire et il faut suivre les mesures indiquées à l'adresse suivante :

https://www.ulaval.ca/mesures-durgence/incident-impliquant-des-sources-de-rayonnement-dangereux-ou-des-matieres-dangereuses

[37] RETSN, 2015, article 35.

Les risques associés à un incendie sont les risques d'inhalation de substances nucléaires (sous forme gazeuse ou en suspension) et de contamination étendue à d'autres locaux après le travail de combat de l'incendie.

Après l'incendie, la décontamination aura lieu sous la supervision de la responsable de la radioprotection ou sera effectuée par des firmes externes.

Les personnes ayant pu être contaminées doivent être examinées le plus tôt possible. Noter le nom et l'adresse de chacune.

11.7 INTERVENTION EN CAS D'ACCIDENTS METTANT EN CAUSE DES JAUGES PORTATIVES

En cas d'accidents ou de dommages présumés mettant en cause des sources ou leur blindage, il faut se référer à au document Intervention en cas d'accident mettant en cause des jauges portatives de la CCSN.

Signalement immédiat

La responsable de la radioprotection doit soumettre un rapport préliminaire, qui résume l'incident et les mesures prises ou à prendre, à la CCSN suite à la déclaration de l'incident.

L'Agent de service aura besoin des renseignements suivants:

- Emplacement et description de la situation
- Mesures prises ou proposées, état de la situation
- Numéro de permis de la CCSN
- Substances nucléaires en cause, activité, forme, marque, modèle, etc.
- Débit de dose s'il y a lieu
- Si incident de transport: type de colis, étiquette, information du document d'expédition, etc.

Rapport définitif

La responsable de la radioprotection soumet un rapport complet à la CCSN dans les 21 jours suivant l'incident.

Pour le contenu du rapport à soumettre:
Voir le règlement sur l'emballage et le transport des substances nucléaires (2015), articles 36 à 38.

Note: Un rapport doit être fait pour « toute quantité qui pourrait présenter un risque pour la santé publique ». C'est-à-dire « une quantité dont l'intensité de rayonnement excède celle prévue à l'article 39 du Règlement sur l'emballage et le transport des substances nucléaires».

12 TYPE D'INCIDENTS

La majorité des incidents impliquant des substances nucléaires sont à déclaration obligatoire. Le secteur de la radioprotection procède à un signalement immédiat à la CCSN, et un rapport complet doit être soumis à la CCSN dans les 21 jours suivant l'incident.

12.1 ÉVÉNEMENTS À DÉCLARATION OBLIGATOIRE À LA CCSN

Le secteur de la radioprotection avise **immédiatement** l'agent de service de la CCSN si une des situations suivantes se présente :

Incident de transport

- Le moyen de transport est impliqué dans l'incident (même si les colis restent intacts).
- Un colis présente des signes d'endommagement, altération ou fuite, ou son intégrité a été compromise de façon à affecter vraisemblablement sa conformité aux règlements (ou son homologation).
- De la matière radioactive s'est échappée d'une enveloppe de confinement, d'un colis ou du moyen de transport.
- De la matière fissile se trouve à l'extérieur du système d'isolement durant le transport.
- La moyenne du niveau de contamination non fixée pendant le transport dépasse les limites[38] applicables pour toute aire de 300 cm^2 de toute partie de la surface du colis ou du moyen de transport :
    - 4 Bq/cm^2 pour les émetteurs bêta et gamma et les émetteurs alpha de faible toxicité
    - 0,4 Bq/cm^2 pour tous les autres émetteurs alpha
- Il y a un manquement à la Loi ou aux règlements, à une licence ou à un permis ou à un document d'homologation visant un colis qui peut vraisemblablement donner lieu à une situation entraînant des effets négatifs sur l'environnement, la santé et la sécurité des personnes ou la sécurité nationale.

Vol ou perte

Le vol ou la perte d'une substance nucléaire ou d'un appareil à rayonnement doivent être déclarés à la CCSN.

Exposition des personnes

Tout événement susceptible d'entraîner l'exposition des personnes à des rayonnements dépassant les limites de dose appliquées à l'Université.

Entre autres, un événement entraînant une contamination à la peau et dont la dose calculée est supérieure à 5 mSv (sauf pour les travailleurs du secteur nucléaire, où la dose doit être supérieure à 50 mSv).

Rejet non autorisé

Un rejet non autorisé par le permis d'une quantité d'une substance nucléaire radioactive dans l'environnement doit être déclaré.

Déversement

Les déversements **MAJEURS** de sources ouvertes (plus de 100 QE) figurant à l'annexe 1 du RSNAR.

Pour les mesures d'urgence lors de déversements, voir la section 11.2.

Activation d'un plan d'urgence

Une situation ou un événement nécessitant l'activation d'un plan d'urgence doit être déclaré à la CCSN.

Manquement à la sécurité ou tentative de sabotage

Un manquement ou une tentative de manquement à la sécurité ou un acte ou une tentative de sabotage doivent être déclarés à la CCSN.

Incident ou défaillance d'un appareil à rayonnement

Tout renseignement sur un début de défaillance qui pourrait entraîner des effets négatifs graves sur

[38] AIEA, 2018

l'environnement, ou qui constitue un risque pour la santé et la sécurité des personnes ou pour le maintien de la sécurité. Par exemple :

- Une source scellée en dehors de l'appareil à rayonnement (sauf pendant son entretien).
- La source scellée ne revient pas à la position blindée à l'intérieur de l'appareil.

Arrêt de travail des travailleurs

Un arrêt de travail réel, planifié ou appréhendé, qui pourrait avoir une incidence sur la radioprotection doit être déclaré à la CCSN.

Maladie ou blessure grave

Une maladie ou une blessure grave qui a ou aurait été subie en raison de l'activité autorisée doit être déclarée.

Situation légale ou financière

Toute situation légale ou financière menaçant la poursuite normale des opérations de l'Université doit être déclarée à la CCSN.

12.2 RAPPORT D'INCIDENT À LA CCSN

La responsable de la radioprotection dépose auprès de la CCSN un rapport complet dans les **21 jours** après avoir pris connaissance de l'incident. Le rapport comprendra :

- La date, l'heure et le lieu de la survenance du fait.
- La date et l'heure auxquels la responsable de la radioprotection a pris connaissance du fait.
- Une description du fait et des circonstances.
- La cause probable du fait.
- La substance nucléaire (appareil à rayonnement : préciser marque, modèle, numéro de série).
- Les effets que le fait a entraînés ou est susceptible d'entraîner sur l'environnement, la santé et la sécurité des personnes ainsi que le maintien de la sécurité.
- L'estimation de la dose efficace et la dose équivalente de rayonnement reçues par toute personne en raison du fait.
- Les mesures prises ou prévues relativement au fait.

ANNEXE 1 – FORMULAIRE DE DÉCLASSEMENT

UNIVERSITÉ LAVAL

Service de sécurité et prévention
Division des risques spécifiques - radioprotection

Déclassement et destination ultime des substances nucléaires

Nom du titulaire d'autorisation interne	Numéros d'autorisation interne	Date
Pavillon(s)	**Local/Locaux déclassé(s)**	

Radionucléides qui ont été manipulés/entreposés dans ces locaux :

-

Contrôle de la contamination :

-

Toutes les activités autorisées par les autorisations internes ci-haut mentionnées ont cessé et les substances nucléaires et/ou les appareils à rayonnement ont été transférés ou éliminés de la manière suivante (cocher ce qui est applicable) :

- Transfert à un autre titulaire pour :
  Nom :
  Local :
  Numéro de permis :
  Date du transfert :
- Élimination selon les procédures du service de radioprotection pour :
- Entreposage en vue d'une élimination prochaine :
- Autre :

Après avoir effectué une évaluation de la contamination, le titulaire et le service de radioprotection confirment (cocher ce qui est applicable) :

Sources ouvertes

- Qu'il n'y a pas de contamination résiduelle (voir les résultats en annexe)
- Que la contamination résiduelle et/ou le débit de dose sont inférieurs aux limites indiquées dans le permis
- Que l'affichage règlementaire a été retiré (autorisation interne, affiches CCSN, etc.)

Sources scellées

- Qu'une mesure finale du débit de dose confirme l'absence de sources
- Que l'affichage règlementaire a été retiré (autorisation interne, affiches CCSN, etc.)

Déclassement effectué par :	Date :

ANNEXE 2 – FORMULAIRE DE TRANSFERT

UNIVERSITÉ LAVAL

Service de sécurité et prévention
Division des risques spécifiques - radioprotection

DOCUMENT DE TRANSFERT

DATE DE TRANSFERT :

DESCRIPTION DE LA SUBSTANCE NUCLÉAIRE OU DE L'APPAREIL À RAYONNEMENT TRANSFÉRÉS

Radionucléide :
Activité :
Forme :
Modèle et numéro de série (source scellée et appareil à rayonnement) :
Numéro homologation ou certificat source scellée, s'il y a lieu :
Date de l'épreuve d'étanchéité, s'il y a lieu :
Instructions à suivre en cas d'accident, s'il y a lieu (SNAR 19) :

TRANSFÉRÉE DE

Numéro de permis :
Responsable de la radioprotection :

Organisme :
Adresse :

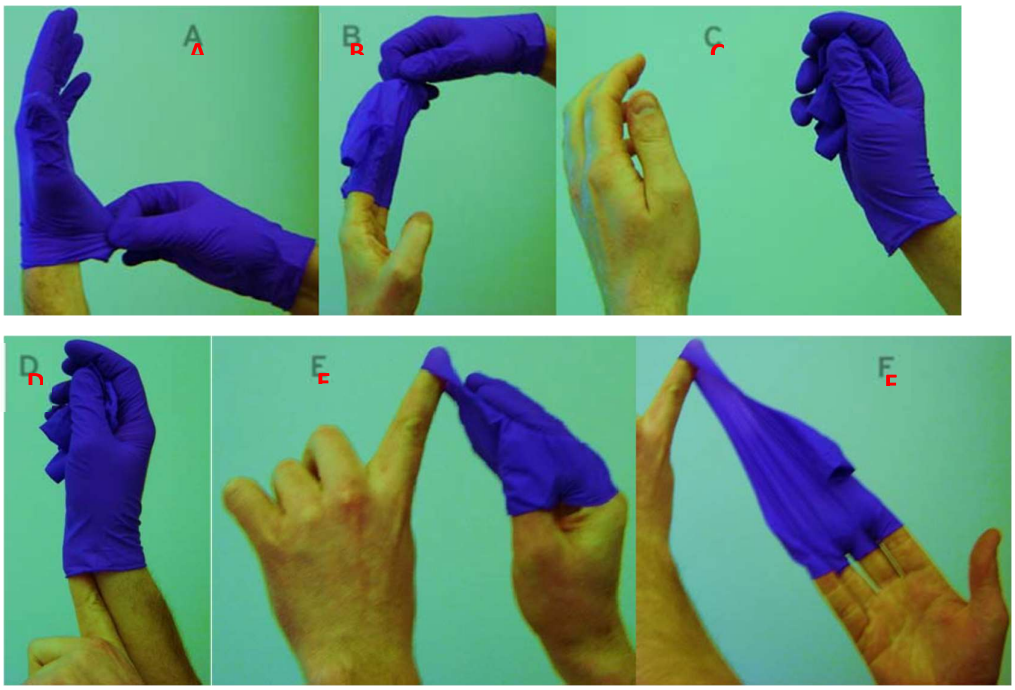
TRANSFÉRÉE VERS

Numéro de permis :
Responsable de la radioprotection :

Organisme :
Adresse :
Confirmation de la réception en bon état (oui ou non) :

En annexe – Certificat de calibration, épreuve d'étanchéité, etc.

ANNEXE 3 – TECHNIQUE POUR RETIRER DES GANTS CONTAMINÉS



Source :https://ehs.princeton.edu/laboratory-research/laboratory-safety/laboratory-safety- manual/sec6c#gloves

Étapes

A- Saisissez l'extérieur d'un gant avec l'autre main gantée.

B- Tirez doucement le gant avec votre main, en le retournant (la contamination est maintenant à l'intérieur).

C- Faites une boule avec le gant et tenez-le dans votre autre main gantée.

D- Faites glisser votre doigt non ganté dans l'ouverture de l'autre gant (évitez de toucher l'extérieur).

E- Tirez doucement le gant de votre main, le retournant à nouveau (toute contamination est contenue).

F- Jeter de façon appropriée.

ANNEXE 4 – UNITÉS DE MESURE DES RAYONNEMENTS – SYSTÈME INTERNATIONAL (SI)

Le Curie (Ci) est remplacé par le Becquerel (Bq)

1 kilocurie (kCi)	37 térabecquerels (TBq)
1 curie (Ci)	37 gigabecquerels (GBq)
1 millicurie (mCi)	37 mégabecquerels (MBq)
1 microcurie (µCi)	37 kilobecquerels (KBq)
1 nanocurie (nCi)	37 becquerels (Bq)
1 picocurie (pCi)	37 millibecquerels (mBq)

Le Becquerel (Bq) remplace le Curie(Ci)

1 térabecquerel (TBq)	37 curies (Ci)
1 gigabecquerel (GBq)	37 millicuries (mCi)
1 mégabecquerel (MBq)	37 microcuries (µCi)
1 kilobecquerel (KBq)	37 nanocuries (nCi)
1 becquerel (Bq)	37 picocuries (pCi)

Le rad (rad) est remplacé par le Gray (Gy)

1 kilorad (krad)	10 grays (Gy)
1 rad (rad)	10 milligrays (mGy)
1 millirad (mrad)	10 micrograys (µGy)
1 microrad (µrad)	10 nanograys (nGy)

Le Gray (Gy) remplace le rad (rad)

1 gray (Gy)	100 rads (rad)
1 milligray (1mGy)	100 millirads (mrad)
1 microgray (µGy)	100 microrads (µrad)
1 nanogray (nGy)	100 nanorads (nrad)

Le rem (rem) est remplacé par le Sievert (Sv)

1 kilorem (krem)	10 sieverts (Sv)
1 rem (rem)	10 millisieverts (mSv)
1 millirem (mrem)	10 microsieverts (µSv)
1 microrem (µrem)	10 nanosieverts (nSv)

Le Sievert (Sv) remplace le rem (rem)

1 Sievert (Sv)	100 rems (rem)
1 millisievert (mSv)	100 millirems (mrem)
1 microsievert (µSv)	100 microrems (µrem)
1 nanosievert (nSv)	100 nanorems (nrem)

ANNEXE 5 - CALCUL DE L'ACTIVITÉ EN Bq/cm^2 LORS D'ESSAIS PAR FROTTIS

Le niveau de contamination des surfaces des laboratoires doit être contrôlé régulièrement.

Les limites permises[39] sur une moyenne établie pour une surface ne dépassant pas 100 cm^2, sont les suivantes :

- **Zones autorisées – stockage ou utilisation :**
  - Radionucléide de classe A = 3 Bq/cm^2
  - Radionucléide de classe B = 30 Bq/cm^2
  - Radionucléide de classe C = 300 Bq/cm^2

- **Autres zones - endroits publics (par exemple, poignée de porte d'un bureau adjacent) :**
  - Radionucléide de classe A = 0,3 Bq/cm^2
  - Radionucléide de classe B = 3 Bq/cm^2
  - Radionucléide de classe C = 30 Bq/cm^2

Calcul des valeurs en Bq/cm^2 à partir des résultats en CPM obtenus par comptage à scintillation liquide :

$$Bq/_{cm^2} = CPM\ nets \Big/ \left(E \times \frac{60\ sec}{min} \times 0{,}1 \times 100\ cm^2\right)$$

- CPM net : on doit soustraire la valeur des blancs qui ont été comptés en même temps que les frottis. Un blanc est fait à un endroit où il n'y a pas de manipulations de radionucléides.
- L'efficacité de comptage (E) est exprimée en fraction décimale (par exemple, 63 % = 0,63); on obtient alors des DPM à partir des CPM. Pour évaluer l'efficacité d'un compteur à scintillation pour un radionucléide, il faut se référer au manuel d'instructions.
- La valeur 0,1 du dénominateur correspond au facteur de rétention du papier-filtre lors du frottis, on estime que le papier retient environ 10 % de la radioactivité présente sur une surface.
- 100 cm^2: correspond à la surface de 10 cm x 10 cm qui est balayée avec le papier filtre quand on fait le frottis.

Exemple :

Le compteur donne un résultat de 520 CPM pour un frottis, la valeur du blanc est de 53 CPM et l'efficacité de comptage est de 48 %.

Bq / cm^2 **= CPM nets / (E x 60 x 0,1 x 100 cm$^{2)}$**

= (520 - 53) / (0,48 x 60 x 0,1 x 100)

= 467 / 288

= 1,6 Bq/cm^2

Ce résultat est acceptable pour un radionucléide des catégories A, B ou C pour les surfaces de travail.

Il ne serait toutefois pas acceptable pour un radionucléide de la catégorie A pour toute autre zone en dehors des zones autorisées, car il est supérieur à 0,3 Bq/cm^2.

Les résultats des frottis doivent être consignés pour au moins trois ans.

[39] Limites indiquées dans les conditions du permis de l'Université.

ANNEXE 6 – AVIS AUX TRAVAILLEURS/TRAVAILLEUSES DU SECTEUR NUCLÉAIRE

Document « Informations à transmettre aux travailleurs du secteur nucléaire (TSN) »

Page 1

UNIVERSITÉ LAVAL

Service de sécurité et de prévention

Québec, le xxx 20xx

Objet : Travailleur et travailleuse du secteur nucléaire

Bonjour,

Conformément à la *Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires* (LSRN) et à la version du 16 novembre 2022 du *Règlement sur la radioprotection*, le présent avis a pour objet de vous informer de votre titre de travailleur ou travailleuse du secteur nucléaire (TSN). Aux termes de la LSRN, une personne TSN est une personne qui, du fait de sa profession ou de son occupation et des conditions dans lesquelles elle exerce ses activités, risque vraisemblablement de recevoir une dose de rayonnement supérieure à la limite fixée pour la population en général, qui est de 1 mSv au corps entier et de 50 mSv aux extrémités.

Les limites annuelles permises pour les TSN sont :

- 50 mSv au corps entier (pour un maximum de 100 mSv par période de 5 ans)
- 500 mSv aux extrémités

En conséquence, merci de lire les informations qui suivent cette lettre, de signer l'avis et de me le retourner sous forme numérisée ou par courrier interne.

N'hésitez pas à me contacter pour toute information supplémentaire.

Veuillez agréer, Madame, Monsieur, l'expression de mes sentiments distingués.

Annie Michaud

UNIVERSITÉ LAVAL

Service de sécurité et de prévention

Informations à transmettre aux travailleurs et travailleuses du secteur nucléaire (TSN)

1. Risques associés aux rayonnements

La description des risques associés au rayonnement auxquels une personne TSN peut être exposée dans l'exécution de son travail est décrite à la section 3.3 du Manuel de radioprotection[1] de l'Université Laval.

2. Limites de doses applicables

Les limites de doses efficaces et de doses équivalentes applicables pour les personnes TSN sont présentées au tableau 1. Prendre note que ces limites ne s'appliquent pas aux personnes participant à la maîtrise d'une situation d'urgence (voir point 4 plus bas).

Tableau 1 : Limites de dose pour les TSN

Type de dose	Travailleur/travailleuse du secteur nucléaire (TSN)
Dose efficace au corps entier pour les TSN et pour les TSN qui allaitent	50 mSv / an ou 100 mSv / 5 ans
Dose efficace au corps entier pour les TSN en état de grossesse	4 mSv pour le reste de sa grossesse à compter de la date à laquelle le titulaire de permis a été avisé de la grossesse
Dose équivalente pour les TSN - cristallin	50 mSv / an
Dose équivalente pour les TSN – peau, pieds et mains	500 mSv / an

3. Niveau de doses reçues annuellement par les TSN

Le titulaire de permis doit tenir informé les TSN, de façon formelle et sur une base annuelle, des doses qui sont rapportées par Santé Canada.

Ceci inclut les doses qui sont inférieures à la limite de déclaration des dosimètres (c.-à-d. les doses rapportées comme étant nulles).

4. Niveaux de doses estimés en lien avec le projet

- Section à compléter en fonction du projet.

[1] https://www.ssp.ulaval.ca/wp-content/uploads/2021/06/Manuel_subs_nucleaires.pdf

UNIVERSITÉ LAVAL

Service de sécurité et de prévention

5. Responsabilité des TSN en situation d'urgence/ risques associés au rayonnement pendant la maîtrise d'une urgence

Le titulaire de permis peut demander à une personne de participer à la maîtrise d'une situation d'urgence. Dans une telle situation, il devra veiller à ce que la dose efficace ne dépasse pas 50 mSv et que la dose équivalente à la peau ne dépasse pas 500 mSv.

Si toutefois il s'agit d'une situation d'urgence visée au tableau 2, le titulaire de permis doit veiller à ce que les doses efficaces et équivalentes ne dépassent pas celles présentées au tableau 2.

Tableau 2 : Limites de dose pour les TSN en situation d'urgence

Mesure	Dose efficace (mSv)	Dose équivalente (mSv)
Mesure visant à réduire, pour les membres du public, les conséquences qui sont liées au rejet de matériel radioactif	100	1000
Mesure visant à prévenir les effets qui seraient fatals, qui mettraient la vie en danger ou entraîneraient une blessure permanente	500	5000
Mesure visant à prévenir le développement de conditions qui pourraient sérieusement affecter les personnes et l'environnement	500	5000

De plus :

- Si, à la demande du titulaire de permis, la personne prend des mesures visées à plus d'un article du tableau 2, le titulaire de permis veille à ce que la dose efficace ne dépasse pas 500 mSv et que la dose équivalente à la peau ne dépasse pas 5 000 mSv.
- Le titulaire de permis limite au niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre, compte tenu des facteurs économiques et sociaux, la dose efficace et la dose équivalente que la personne participant à la maîtrise d'une situation d'urgence reçoit et qui sont engagées à son égard.
- Le titulaire de permis qui apprend qu'une dose de rayonnement reçue par une personne peut avoir dépassé une des limites de dose applicable en avise dès que possible la personne et la Commission.
- Le titulaire de permis ne peut demander à une femme enceinte de participer à la maîtrise d'une situation d'urgence.

Les risques associés au rayonnement pendant la maîtrise d'une urgence sont les mêmes que ceux décrits au point 1 plus haut. Il faut toutefois noter que plus la dose augmente, plus la probabilité de voir apparaître des effets stochastiques augmente. Également, plus la dose augmente, plus la sévérité des effets déterministes, s'il y a lieu, augmente.

UNIVERSITÉ LAVAL

Service de sécurité et de prévention

6. Risques d'exposition associés à la reproduction et risque d'incorporation pendant l'allaitement

Ce point décrit les risques associés à l'exposition des personnes au rayonnement avant la conception ainsi que ceux associés à l'exposition des embryons et des fœtus. Il décrit également les risques associés à l'incorporation de substances nucléaires chez les bébés allaités.

Des effets liés à ces expositions ne surviennent en principe qu'au-delà d'une certaine dose de rayonnements[2]. Des effets peuvent survenir à la suite d'une exposition à de faibles doses, mais le risque de les voir se produire est faible et est considéré comme négligeable en comparaison à d'autres risques (ex. : accident de circulation, exposition chronique à des produits chimiques, etc.).

Risques d'exposition avant la conception

Des risques peuvent être associés à l'exposition externe ou interne des personnes *avant* la conception. Des effets génétiques, dus à des dommages causés aux cellules reproductrices de personnes exposées à de hauts niveaux de rayonnements ionisants, pourraient être observés. Ces effets pourraient être observables chez les individus des générations futures.

Risques d'exposition des embryons et des fœtus

À partir d'un certain niveau, des effets néfastes découlant de l'exposition interne ou externe d'un embryon ou d'un fœtus aux rayonnements ionisants pourraient être observés. Ces effets sont de type :

- Déterministes, c'est-à-dire directement et rapidement observables chez l'embryon ou le fœtus (ex. : retard de croissance ou malformation). La sévérité des effets augmente avec la dose reçue.
- Stochastiques, c'est-à-dire différés (ex. : cancer développé plus tard chez l'enfant). La probabilité d'observer les effets augmente avec la dose reçue.

Pour que l'embryon ou le fœtus soit exposé, le rayonnement doit traverser l'abdomen et le liquide amniotique (exposition externe), ou la substance nucléaire doit être incorporée à l'intérieur du corps de la personne en état de grossesse (exposition interne par incorporation, ingestion, inhalation ou absorption à travers la peau).

Risques d'incorporation de substances nucléaires pendant l'allaitement

Des risques sont associés l'incorporation des substances nucléaires pour les bébés allaités. À partir d'un certain niveau, des effets néfastes découlant de l'exposition interne des bébés pourraient être observés. Ces effets pourraient être de type :

- Déterministes, c'est-à-dire directement et rapidement observables chez le bébé. La sévérité des effets augmente avec la dose reçue.
- Stochastiques, c'est-à-dire différés. La probabilité d'observer les effets augmente avec la dose reçue.

[2] Selon la CIPR 84, le risque induit par une dose fœtale < 100 mGy ne justifie pas une interruption de grossesse. Pour des doses > 200 mGy, les dommages au fœtus peuvent être significatifs, leur nature et leur importance dépendant de la dose et du stade de la grossesse.

UNIVERSITÉ LAVAL

Service de sécurité et de prévention

7. Personnes en état de grossesse ou allaitantes

Il est recommandé que la personne en état de grossesse ou qui allaite **avise, dès que possible et par écrit**, le titulaire de permis de sa situation.

Après avoir été avisé par écrit de la **grossesse** :

- Le titulaire de permis doit prendre toutes les mesures d'accommodement, qui n'entraînent pas de contraintes financières ou commerciales excessives, qui seront nécessaires afin de **respecter la limite de dose de 4 mSv** pour le reste de sa grossesse à compter de la date à laquelle le titulaire de permis a été avisé de la grossesse.

- Après avoir été avisé par écrit d'une **situation d'allaitement** : Le titulaire de permis doit prendre toutes les mesures d'accommodement, qui n'entraînent pas de contraintes financières ou commerciales excessives, qui seront nécessaires afin de **limiter l'incorporation de substances nucléaires** par la personne qui allaite.

Document « Avis aux travailleurs du secteur nucléaire (TSN) »

UNIVERSITÉ LAVAL

Service de sécurité et de prévention

Partie à retourner

AVIS AU TRAVAILLEUR DU SECTEUR NUCLÉAIRE

Tel que le stipule le *Règlement sur la radioprotection* j'ai été informé(e) par écrit :

- De mon statut de travailleur ou de travailleuse du secteur nucléaire
- Des risques associés au rayonnement auquel je peux être exposé(e) dans l'exécution de mon travail (y compris ceux associés à l'exposition d'un embryon ou d'un fœtus et ceux associés à l'incorporation de substances nucléaires chez les bébés allaités, s'il y a lieu)
- Des limites de dose applicables indiquées dans le *Règlement sur la radioprotection*
- De mes niveaux de dose de rayonnement reçus annuellement
- De mes niveaux de dose de rayonnement prévus dans le cadre du projet
- De mes responsabilités en situation d'urgence et des risques associés au rayonnement auquel je peux être exposé pendant la maîtrise d'une urgence
- Pour les personnes en état de grossesse ou qui allaitent : de mes droits et obligations

Je comprends les risques et les obligations rattachés à ma désignation à titre de TSN, ainsi que les niveaux et les limites de dose de rayonnement applicables.

Travailleur:

Signature du travailleur: _____

Signature de la personne responsable de la radioprotection:

_____

Date: _____