

Manuel de radioprotection

Comité de radioprotection
Université Laval

Janvier 2019



TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION	5
1.1 Préambule	5
1.2 Portée	5
1.3 Principes de radioprotection.....	5
2. ORGANISATION	7
2.1 Commission canadienne de sûreté nucléaire	7
2.2 Université Laval.....	7
2.3 Comité de radioprotection.....	7
2.3.1 Organigramme.....	7
2.3.2 Description des fonctions	8
2.3.3 Membres du comité.....	9
2.4 Titulaires d'autorisations internes.....	9
2.5 Programme ALARA.....	10
2.5.1 Gestion et suivi des méthodes de travail	10
2.5.2 Qualification et formation du personnel	10
2.5.3 Contrôle de l'exposition des travailleurs et du public au rayonnement.....	10
2.5.4 Préparation aux situations inhabituelles	11
3. RADIOPROTECTION	12
3.1 Éléments de physique	12
3.1.1 L'atome	12
3.1.2 Les isotopes.....	13
3.1.3 La radioactivité.....	13
3.1.4 Types de rayonnement	14
3.1.5 Période radioactive (demi-vie).....	16
3.1.6 Énergie.....	17
3.1.7 Activité.....	17
3.2 Doses.....	17
3.2.1 Dose absorbée	17
3.2.2 Dose équivalente	18
3.2.3 Dose efficace.....	18
3.2.4 Limites de doses (public et travailleurs)	19
3.2.5 Exposition au rayonnement	20
3.3 Effets biologiques	22
3.3.1 Effets déterministes	22
3.3.2 Effets stochastiques	22
3.3.3 Les femmes enceintes.....	22
3.4 Éléments de radioprotection.....	23
3.4.1 Exposition interne	23
3.4.2 Exposition externe	24
3.4.3 Dosimétrie.....	25
3.4.4 Programme de radioprotection.....	25
3.4.5 Conservation des documents	26
4. AUTORISATIONS INTERNES ET LABORATOIRES	27
4.1 Responsabilités des titulaires d'autorisations internes (professeurs)	27
4.1.1 Absence prolongée de la personne titulaire d'un permis	28
4.2 Autorisations internes.....	28

4.2.1	Demande.....	28
4.2.2	Acceptation	29
4.2.3	Délivrance	29
4.2.4	Contenu	29
4.2.5	Modifications.....	30
4.2.6	Avis de permis	30
4.2.7	Période de validité.....	30
4.2.8	Renouvellement	30
4.3	Classement et déclassement	31
4.3.1	Quantité d'exemption (QE).....	31
4.3.2	Limite annuelle d'incorporation (LAI)	31
4.3.3	Classement	31
4.3.4	Déclassement.....	32
4.4	Politiques d'affichage	33
4.4.1	Laboratoire sources ouvertes.....	33
4.4.2	Laboratoire sources scellées	35
4.4.3	Laboratoire appareil à rayonnement.....	36
4.4.4	Laboratoire temporairement inactif.....	36
4.5	Projets spéciaux (plus de 10000 QE)	37
4.6	Inspection	37
5.	ACQUISITION ET TRANSPORT	39
5.1	Acquisition	39
5.1.1	Exigences d'achat	39
5.1.2	Procédure de demandes d'achat	39
5.2	Transport	40
5.2.1	Généralités.....	40
5.2.2	Emballage et transport des matières radioactives.....	41
5.2.3	Identification du type de colis	41
5.2.4	Colis exemptés	41
5.2.5	Colis exceptés.....	41
5.2.6	Colis du type A.....	44
5.2.7	Responsabilités des transporteurs	49
5.2.8	Contrôle de l'exposition.....	49
5.2.9	Avis et confirmation de l'expédition.....	50
5.2.10	Transport, arrimage, séparation et entreposage en transit.....	50
5.2.11	Envois non livrables	51
5.2.12	Inspection et entretien des emballages	51
5.2.13	Réception de colis	51
6.	UTILISATION, INVENTAIRE ET ÉVACUATION	53
6.1	Utilisation	53
6.1.1	Écrans de protection	53
6.1.2	Sources ouvertes.....	54
6.1.3	Sources scellées.....	54
6.1.4	Appareils rayonnement	55
6.1.5	Base de données SYGEMAR.....	55
6.2	Respect des limites d'inventaire	55
6.3	Évacuation ou transfert	56
6.3.1	Sources ouvertes.....	56
6.3.2	Sources scellées et appareils à rayonnement.....	58

6.3.3	Politique et procédures de transfert et d'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 appareils portatifs).....	60
7.1.3	Contamination fixée.....	61
7.1.4	Fréquence de la surveillance.....	61
7.1.5	Zones de surveillance par frottis.....	62
7.1.6	Registre et calcul de l'activité.....	62
7.1.7	Procédure de frottis.....	62
7.1.8	Procédures de décontamination.....	63
7.1.9	Épreuves d'étanchéité des sources scellées.....	67
7.2	Surveillance de l'exposition.....	68
7.2.1	Exposition interne.....	68
7.2.2	Exposition externe.....	68
7.2.3	Vérification des débits de dose.....	69
7.2.4	Travailleurs du secteur nucléaires (TSN).....	70
8.	INSTRUMENTS DE DÉTECTION ET DE MESURE.....	71
8.1	Détecteurs portatifs.....	71
8.1.1	Contaminamètres.....	71
8.1.2	Radiamètres.....	72
8.2	Contextes d'utilisation des détecteurs portatifs à l'Université.....	74
8.3	Procédures d'utilisation d'appareils portatifs.....	75
8.4	Compteurs à scintillation.....	77
8.5	Étalonnage et vérification.....	78
9.	FORMATION.....	79
9.1	Utilisateurs.....	79
9.1.1	Radioprotection de base.....	80
9.1.2	Radioprotection de base - rappel.....	80
9.1.3	Réception et manutention de colis classe 7.....	80
9.2	Agents de sécurité et de prévention.....	80
9.3	Manutentionnaires.....	80
9.4	Personnel d'entretien ménager.....	81
9.5	Registres.....	81
10.	MESURES DE SÉCURITÉ.....	82
10.1	Contrôle des accès.....	82
10.1.1	Entreposage sous clé.....	82
10.1.2	Mesures particulières pour certains locaux.....	82
10.2	Contrôle des substances nucléaires.....	83
10.2.1	Acquisition.....	83
10.2.2	Utilisation.....	83
10.2.3	Évacuation.....	83
10.3	Sécurité des sources scellées.....	83
10.3.1	Plans de sécurité.....	83
11.	PROCÉDURES D'URGENCE.....	85
11.1	Interventions d'urgence (généralités).....	85

11.1.1	Rôles des intervenants	85
11.1.2	Numéros de téléphone d'urgence	86
11.1.3	Informations à fournir en cas d'urgence	86
11.2	Déversement	86
11.2.1	Déversement MINEUR	87
11.2.2	Déversement MAJEUR	88
11.3	Contamination personnelle	89
11.4	Surexposition	90
11.5	Incidents de transport	90
11.6	Incendies.....	91
11.7	Intervention en cas d'accidents mettant en cause des jauges portatives.....	91
12.	TYPE D'INCIDENTS.....	92
12.1	Événements à déclaration obligatoire à la CCSN	92
12.2	Rapport d'incident à la CCSN	93
13.	APPAREILS À RAYONS X.....	94
13.1	Appareils analytiques	94
13.1.1	Normes.....	94
13.1.2	Acquisition	94
13.1.3	Inventaire	94
13.1.4	Mise au rebut.....	94
13.1.5	Inspection.....	94
13.2	Appareils cliniques.....	95
13.2.1	Normes.....	95
13.2.2	Inspection.....	95
13.3	Dosimétrie	95
	ANNEXE 1 – FORMULAIRE DE DÉCLASSEMENT.....	96
	ANNEXE 2 – FORMULAIRE DE TRANSFERT	97
	ANNEXE 3 – TECHNIQUE POUR RETIRER DES GANTS CONTAMINÉS.....	98
	ANNEXE 4 – UNITÉS DE MESURE DES RAYONNEMENTS – SYSTÈME INTERNATIONAL (SI).....	99
	ANNEXE 5 – PRINCIPAUX RADIONUCLÉIDES TRANSPORTÉS À L'UNIVERSITÉ.....	100
	ANNEXE 6 - CALCUL DE L'ACTIVITÉ EN BECQUEREL/CM ² LORS D'ESSAIS PAR FROTTIS.....	101

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 programme de radioprotection de l'Université est également conforme aux lois et aux règlements de Santé Canada et de Transports Canada.

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 principalement 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 convenablement aux situations d'urgence mettant en cause des matières nucléaires;
- De gérer l'utilisation des substances nucléaires conformément aux normes et règlements.

1.3 Principes de radioprotection

Le principe de radioprotection représente les mesures mises en place afin d'assurer la protection de la santé humaine et de l'environnement devant les risques liés aux effets du rayonnement ionisant. L'Université doit respecter les trois principes fondamentaux¹ de radioprotection, soit :

- La 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.
- L'optimisation :

¹ ICRP, 1977. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 26.

L'exposition 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 ALARA², dont il est question à la section 2.5.

- Les limites de dose :
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.

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. Cette organisation assure la continuité et l'intégrité du mandat de la CCSN, soit la protection de la santé et de la sécurité des individus ainsi que de l'environnement.

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 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 et l'entreposage de substances nucléaires et appareils à rayonnement pour tout utilisateur 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 un permis pour les substances nucléaires et les appareils à rayonnement, délivré par la CCSN. Il s'agit d'un permis d'utilisation de type "Utilisation globale de substances nucléaires (815)", valide pour cinq ans. Ce permis autorise l'Université, par l'entremise de son Comité de radioprotection, à délivrer des autorisations internes à des chercheurs présents dans différents pavillons du campus universitaire. Les autorisations internes sont délivrées pour l'utilisation de sources ouvertes, de sources scellées et d'appareils à rayonnement.

2.3 Comité de radioprotection

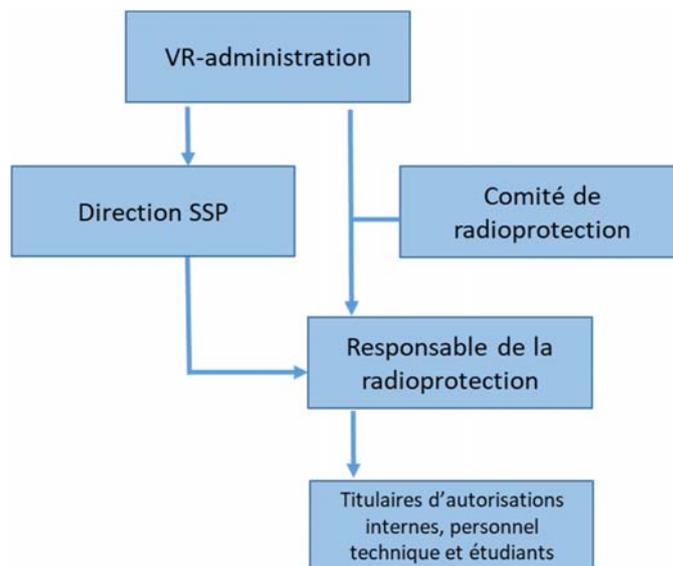
Le Comité de radioprotection, sous l'autorité directe du vice-recteur à l'administration, est composé de professeurs et de professionnels. La composition de ce comité est décrite plus loin.

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 à la direction du Service de sécurité et de prévention et 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.

2.3.1 Organigramme



2.3.2 Description des fonctions

Le vice-recteur administratif est le représentant du titulaire du permis, qui est l'Université. Le Service de sécurité et de prévention (SSP) de l'Université, le Comité de radioprotection et la responsable de la radioprotection sont aussi rattachés à son autorité. Le vice-recteur administratif rend compte à la rectrice de l'Université : il est la personne qui porte les dossiers de radioprotection au sein du rectorat, et qui fait en sorte que des ressources suffisantes soient allouées pour le programme de radioprotection. Il a confié au SSP l'administration de la radioprotection.

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 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. Conjointement avec le directeur du SSP, il porte auprès de la haute direction (vice-rectorat à l'administration) les dossiers concernant la radioprotection, dont les demandes de ressources. Il relève du vice-recteur administratif.

Le directeur adjoint du Service de sécurité et de prévention est le supérieur hiérarchique immédiat de la responsable de la radioprotection. Le directeur de ce service rend compte au vice-recteur à l'administration. 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 rend compte au directeur adjoint du SSP et se rapporte directement au responsable du permis (le vice-recteur administratif) en matière de

radioprotection. Elle a autorité sur les chercheurs, les étudiants et les employés de l'Université pour faire respecter les normes en provenance de la CCSN et du Comité de radioprotection.

Les titulaires d'autorisations internes, qui sont presque exclusivement des professeurs, ont l'autorité pour faire respecter les normes qui leur sont transmises par le comité, entre autres par l'autorisation interne, 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 leurs étudiants de deuxième et troisième cycles et professionnels de recherche. Ces derniers assument diverses tâches, comme la réception des colis classés radioactifs dans les laboratoires, l'utilisation de substances nucléaires et le maintien des inventaires, la gestion des déchets selon les directives, le respect des normes sécuritaires de manipulation et le contrôle de la contamination dans le laboratoire. Ils ont aussi la responsabilité d'aviser le titulaire et la responsable de la radioprotection en cas d'incident.

2.3.3 Membres du comité

- Président du comité de radioprotection
- Directeur du Service de sécurité et de prévention de l'Université (d'office)
- Directeur du Santé et mieux-être au travail de l'Université (d'office)
- Responsable de la radioprotection de l'Université (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 Titulaires d'autorisations internes

Les autorisations internes des titulaires de permis sont délivrées par le comité de radioprotection et renouvelées tous les 2 ans. De façon générale, elles sont délivrées à des professeurs de l'Université, afin de s'assurer de l'imputabilité des titulaires par rapport à l'Université, surtout en ce qui concerne la sécurité des travailleurs autorisés, dont la plupart 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 de sécurité 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'Université³
- Le manuel de radioprotection⁴

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

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.

auprès de la responsable en radioprotection, et qu'elles possèdent les connaissances nécessaires concernant la manipulation des substances nucléaires et les méthodes de radioprotection.

2.5 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'exposition⁵ au niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre, compte tenu des facteurs économiques et sociaux.

Le respect de ce principe est décrit dans les lignes suivantes.

2.5.1 Gestion et suivi des méthodes de travail

La **responsable de la radioprotection** conseille les usagers et leur fournit toute information pertinente à l'utilisation, à la manipulation et au stockage des substances nucléaires ainsi qu'à l'élimination des déchets produits, s'il y a lieu. Elle vérifie lors d'inspections internes si les méthodes de travail sécuritaires sont appliquées.

Les **détenteurs d'autorisations internes** tiennent à jour les dossiers d'inventaire et d'utilisation des substances nucléaires et tous les registres de contrôle et d'épreuve hebdomadaire de contamination par frottis. Ils contrôlent, dès leur réception, les colis contenant des substances nucléaires afin de déterminer si l'emballage ou le contenant est contaminé. Ils avisent la responsable de la radioprotection avant d'effectuer tout transfert de substances nucléaires.

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

2.5.2 Qualification et formation du personnel

La **responsable de la radioprotection** s'assure qu'une formation appropriée en radioprotection est donnée à tous les travailleurs autorisés.

Les **détenteurs 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 de la responsable de la radioprotection et qu'elle possède les connaissances nécessaires à la manipulation de substances nucléaires. Ils s'assurent que les employés qui utilisent des substances nucléaires aient reçu une formation appropriée en radioprotection. De plus, les détenteurs 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.

2.5.3 Contrôle de l'exposition des travailleurs et du public au rayonnement

Afin de contrôler l'exposition des personnes, la **responsable de la radioprotection** s'assure que chacune des autorisations internes est modifiée à la suite de tout changement apporté

⁵ Aux produits de filiation du radon ainsi que la dose efficace et la dose équivalente qui sont reçues par la personne, et engagées à son égard.

(installations ou matériel, substances nucléaires utilisées, procédures ou conditions d'utilisation, personnel, etc.).

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

Les **détenteurs d'autorisations internes** consultent la responsable de la radioprotection pour toute modification apportée au protocole expérimental qui pourrait faire augmenter l'exposition aux rayonnements ionisants et, lorsque nécessaire, veillent à ce que tout travailleur autorisé ait reçu et porte un dosimètre et/ou qu'il participe à un programme de biodosage, le cas échéant.

Ils s'assurent que les substances nucléaires sont utilisées seulement dans les locaux énumérés sur leur autorisation interne ; ils désignent dans ces locaux 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. Ils s'assurent aussi que les substances nucléaires sont entreposées dans un endroit sûr, sous clé lorsque laissé sans surveillance et blindé, si nécessaire.

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

2.5.4 Préparation aux situations inhabituelles

La **responsable de la radioprotection** conseille et assiste les personnes impliquées lors d'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, au besoin.

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

Les **travailleurs autorisés** avisent le détenteur de l'autorisation interne et la responsable de radioprotection dans le cas d'accident avec des substances nucléaires.

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 est composé d'un noyau central, constitué de nucléons (protons et neutrons) et d'électrons qui gravitent autour du noyau (Figure 1).

- Le proton est une particule très dense en comparaison de l'électron. C'est une particule qui possède une charge électrique positive.
- Le neutron est de masse à peu près équivalente au proton, et est électriquement neutre.
- L'électron est une particule très petite 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 entre ces particules du noyau, qui autrement se repousseraient compte tenu des forces de répulsion électrostatiques entre les protons.

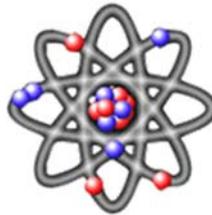


Figure 1 : Représentation d'un atome⁶

Les atomes sont caractérisés par :

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

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

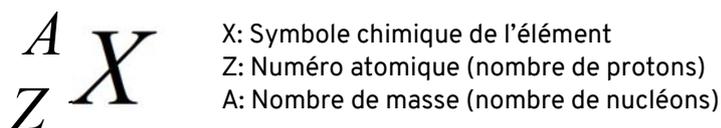


Figure 2 : Description d'un élément chimique

⁶<https://nuclearsafety.gc.ca/fra/resources/radiation/introduction-to-radiation/atoms-where-all-matter-begins.cfm>

3.1.2 Les isotopes

Les isotopes sont des atomes semblables ayant le même nombre de protons (**Z**) mais un nombre différent de neutrons (**N**). Les isotopes d'un même élément diffèrent uniquement par le nombre de neutrons du noyau. Par exemple, l'hydrogène a trois isotopes. Le noyau de l'isotope 1 de l'hydrogène possède un seul proton, et ceux de l'isotope 2 et 3 possèdent respectivement un proton et un neutron, et un proton et deux neutrons (Figure 3).

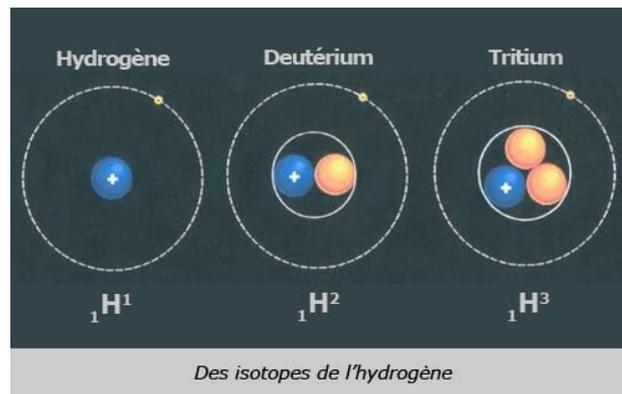


Figure 3 : Les 3 isotopes de l'hydrogène⁷

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 le deutérium sont stables, alors que le tritium est radioactif.

Les isotopes dits radioactifs subissent une désintégration en émettant des rayonnements ionisants (les types de rayonnement seront vus plus loin) et ce, jusqu'à ce qu'ils aient atteint une forme stable, c'est-à-dire sans émission de rayonnement.

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 des photons (rayons gamma ou X) qui possèdent suffisamment d'énergie pour ioniser⁸ 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.

⁷ http://www.reflexions.uliege.be/cms/c_11398/fr/isotope

⁸ C'est-à-dire extraire des électrons de la structure atomique.



Figure 4 : Désintégration de l'uranium-238⁹

La stabilité nucléaire dépend de plusieurs facteurs, dont :

- **Le volume du noyau:** Dans les noyaux lourds, l'attraction entre les protons et les neutrons ne compense plus la répulsion entre les protons, de charge positive. Les noyaux expulsent dans ce cas des « paquets » de particules comportant deux protons et deux neutrons, appelés particules alpha (α), pour atteindre un état plus stable.
- **La proportion entre les neutrons et les protons dans le noyau:** Différentes combinaisons de neutrons et de protons impliquent des différences dans les forces de cohésion des noyaux. Certaines combinaisons ne sont pas optimales et dans ce cas, les noyaux deviennent instables.

Les noyaux instables avec un nombre trop important de neutrons se désintégreront en émettant des neutrons ou des ou des particules bêta négatives (β^-).

Les noyaux instables avec un nombre trop important de protons se désintégreront en émettant des protons ou des particules bêta positives (positrons β^+), ou en absorbant des électrons (capture électronique).

L'excès de neutrons étant beaucoup plus fréquent parmi les noyaux radioactifs naturels que l'excès de protons qui est plus rare, la radioactivité bêta négative est la plus observée.

Émission gamma : Les noyaux se retrouvent souvent avec un excès d'énergie après une première émission de rayonnement. Ils émettent cet excédent d'énergie sous forme de rayonnement électromagnétique gamma (γ).

3.1.4 Types de rayonnement

Plusieurs types de rayonnements existent, mais seuls les rayonnements les plus communs à l'Université sont présentés dans cette section.

Alpha

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

⁹ Adaptée de : <http://bergeron.christophe.free.fr/RadioPro/Definitions.php>

Les particules alpha ne traversent pas facilement la matière (on dit qu'elles sont peu pénétrantes), car elles transfèrent rapidement toute leur énergie aux premiers atomes qu'elles croisent sur leur chemin.

Ces particules produisent ainsi une grande densité d'ions sur de très petites distances.

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

- Une feuille de papier
- 1 mm d'eau
- 2 cm d'air
- L'épiderme (la couche superficielle de la peau)

En raison de l'énergie qu'elle possède, de sa masse élevée et de sa double charge positive, les particules alpha sont très ionisantes et peuvent être 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 xx).

Bêta négative

L'énergie moyenne des particules bêta varie dans de grandes proportions, allant par exemple de 5,7 keV pour le tritium à 1710 keV pour un émetteur bêta comme le phosphore-32. Les énergies bêta sont toutefois généralement très inférieures aux énergies des particules alpha.

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, les particules bêta vont ainsi produire moins d'ions par unité de distances que les particules alpha (elles transfèrent leur énergie sur une plus grande distance).

Selon leur énergie, ces particules peuvent pénétrer jusqu'à 1 cm d'eau, parcourir 2 m dans l'air, et elles parcourent en moyenne moins de 5 mm/MeV. Une feuille d'aluminium de six millimètres d'épaisseur peut arrêter 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 particules bêta négatives, à la différence près qu'elles produiront vers la fin de leur parcours deux photons gamma (de 511 keV chacun) par des processus d'annihilation.

Gamma

Le rayonnement gamma est composé de photons, analogues aux photons visibles, mais qui sont beaucoup plus énergétiques. Les photons étant des particules sans masse ni charge, ils interagissent moins facilement avec la matière que les particules alpha et bêta. Ainsi, ils voyagent plus en profondeur dans la matière (tissus organiques, eau, air, etc.) : on dit qu'ils sont beaucoup plus pénétrants que les particules alpha ou bêta.

Contrairement aux particules alpha qui sont arrêtées par l'épiderme de notre peau ou aux particules bêta qui ne traverseront les autres couches de notre peau, les rayons gamma pourront entraîner une exposition des organes internes (notez toutefois que des rayons gamma peuvent traverser le corps humain de part en part sans qu'il n'y ait d'interaction).

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

Rayons X

Tout comme le rayonnement gamma, les rayons X sont constitués de photons de hautes énergies. Toutefois, ils ne sont pas produits par le noyau des atomes, mais par des transitions électroniques qui ont lieu au sein de l'atome, ou par du rayonnement de freinage.

Tout comme pour le rayonnement gamma, les matériaux denses sont utilisés pour diminuer l'exposition aux rayons X. Une feuille de plomb de plusieurs centimètres constitue un écran qui arrête presque tous les rayons X.

Neutrons

Le rayonnement neutronique est provoqué par l'expulsion de neutrons à partir du 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 grandement de leur énergie, mais dans l'ensemble, les neutrons sont absorbés ou ralentis par des matériaux riches en atomes d'hydrogène, comme l'eau, la paraffine et les matières plastiques.

Un exemple de la capacité de pénétration dans la matière de divers rayonnements est donné à la figure suivante.

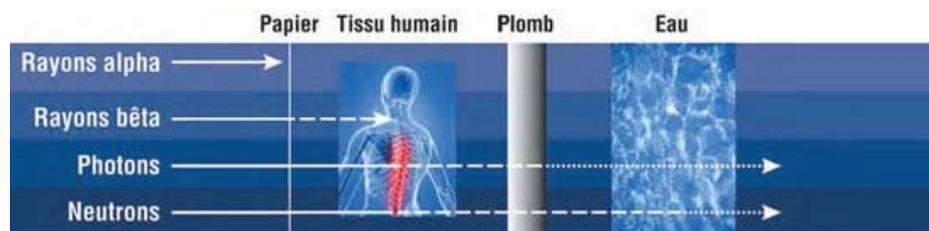


Figure 5 : Exemple de pénétration de rayonnements ionisants dans la matière¹⁰.

3.1.5 Période radioactive (demi-vie)

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

¹⁰<https://nuclearsafety.gc.ca/fra/resources/radiation/introduction-to-radiation/types-and-sources-of-radiation.cfm>

La demi-vie est le temps nécessaire pour que l'activité d'une substance se soit réduite de moitié. Elle diffère pour chaque noyau, 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, à la condition de connaître son activité à une date donnée (date de référence).

$$A = A_0 \exp(-(\ln 2/t_{1/2})T)$$

A_0 = Activité initiale au temps $t = 0$.

T = temps écoulé depuis A_0 .

$T_{1/2}$ = demi-vie du radionucléide

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

3.1.6 Énergie

L'énergie des radiations est mesurée en **électron-volt (eV)**, soit l'énergie acquise lors de l'accélération d'un électron par une différence de potentiel de 1 Volt.

- La particule bêta émise par le tritium possède une énergie maximale de 19 keV
- La particule bêta émise par le phosphore-32 possède une énergie maximale de 1710 keV

3.1.7 Activité

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

Son unité internationale est le Becquerel (Bq), qui équivaut à 1 désintégration par seconde.

$$1 \text{ Bq} = 1 \text{ désintégration / seconde}$$

En becquerel, l'activité correspond donc au nombre de désintégrations qui ont lieu à chaque seconde dans un contenant nouvellement reçu ou un échantillon en cours d'utilisation.

L'ancienne unité Curie (Ci) est encore couramment utilisée. Voir l'annexe 4 pour la conversion des anciennes unités en unités du système international (SI).

3.2 Doses

Les individus sont exposés au rayonnement d'origine naturelle dans le cadre de leur vie quotidienne, et peuvent aussi être exposés dans le cadre de leur travail, ou au cours d'exams de diagnostics ou de traitements médicaux. Pour prévoir les effets biologiques (et s'en protéger) qui peuvent découler de l'exposition au rayonnement, il faut évaluer la quantité d'énergie qui est déposée dans un organe ou tissus, c'est-à-dire évaluer la dose reçue.

Différents concepts de dose sont utilisés pour comprendre l'impact des rayonnements sur les divers types de tissus ou d'organes. Il s'agit des concepts de dose absorbée, de dose équivalente et de dose efficace, présentés dans les sections suivantes.

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 \equiv 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.

Le concept de dose absorbée n'est pas utilisé dans le programme de radioprotection de l'Université.

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 ceci, 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 un facteur de pondération, on obtient la **dose équivalente**, exprimée en millisievert (mSv).

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

Type de rayonnement	Facteur de pondération
Rayons X et gamma	1
particules bêta	
Particules alpha	20
Neutrons	5 à 20, selon leur énergie

Les limites de dose équivalente pour les mains, les pieds et la peau ont été choisies pour limiter les effets biologiques potentiels 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 les risques à long terme (effet stochastiques, voir la [section 3.3.2](#)), pour le corps entier.

Certains tissus ou organes sont plus sensibles aux rayonnements que d'autres. Par exemple, les cellules à division rapides, comme celles présentes dans les organes reproducteurs, sont plus sensibles au rayonnement ionisant que les cellules présentes sur la surface des os.

Par conséquent, le risque associé au rayonnement ionisant n'est pas le même d'un organe à l'autre, et la dose efficace tient compte des différentes sensibilités des tissus aux rayonnements. Pour l'obtenir, la dose équivalente est multipliée par 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 millisievert (mSv) est utilisé pour exprimer la dose efficace.

Tableau 2 : Facteur de pondération tissulaire¹¹ .

Organe ou tissu	Facteur	Organe ou tissu	Facteur
Organes reproducteurs	0,20	Foie	0,05
Moelle osseuse	0,12	Œsophage	0,05
Côlon	0,12	Thyroïde	0,05
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 aux corps entier entre des personnes qui n'ont pas été exposées de la même manière. Elle montre également qu'une dose reçue par une partie du corps uniquement présente un risque moindre que si la même dose était reçue uniformément au corps entier.

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, l'apparition de cancer.

3.2.4 Limites de doses (public et travailleurs)

Le tableau 3 présente les limites de doses efficaces et équivalentes telles que définies par la CCSN. Les limites de doses efficaces correspondent à l'exposition du corps entier qui sont mises en place pour éviter les effets stochastiques (voir la [section 3.3.2](#)). Les limites de doses équivalentes sont définies pour le cristallin, la peau et les extrémités afin d'éviter les effets déterministes (voir la [section 3.3.1](#)).

Aucun utilisateur de l'Université n'est considéré comme étant travailleur du secteur nucléaire¹². À l'Université, la limite de dose qui s'applique en tout temps est celle du **public**.

¹¹ <https://nuclearsafety.gc.ca/fra/resources/radiation/introduction-to-radiation/radiation-doses.cfm>.

¹² Un travailleur du secteur nucléaire est susceptible de recevoir une dose qui dépasse 1 mSv au corps entier par année ([Règlement sur la radioprotection](#)).

Tableau 3 : Limite de doses efficaces et équivalentes, par année en mSv¹³.

Type de dose	Travailleur du secteur nucléaire (TSN)	Membre du public
Dose efficace au corps entier	50	1
Dose efficace au corps entier - femme enceinte	4	1
Dose équivalente - cristallin	150	15
Dose équivalente - peau	500	50

La dose efficace au corps entier comprend l'exposition externe (exposition au rayonnement ambiant) et interne (incorporation des radionucléides à l'intérieur de l'organisme).

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, émis par des radionucléides comme l'uranium et le thorium présents naturellement dans le sol. L'ingestion de radionucléides, comme le potassium-40 présent dans plusieurs aliments (par exemple : bananes, noix, pommes de terre, etc.), et l'inhalation de radionucléides naturellement présents dans l'air, tel que le radon, sont également des sources d'exposition à la radioactivité.

Le rayonnement naturel donne une dose annuelle d'environ 1,8 mSv par individu au Canada (Figure 6), quoique cette dose varie considérablement selon le lieu que l'on habite.

¹³ CIPR, 2007. Recommandations 2007 de la Commission internationale de protection radiologique, Publication 103.

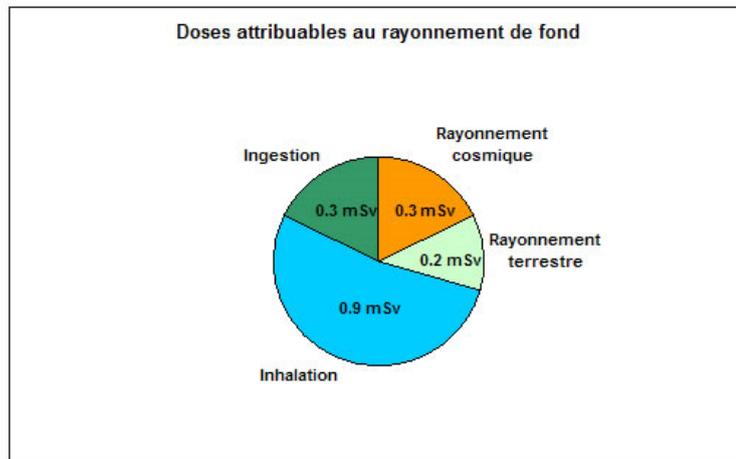


Figure 6 : Formes d'exposition au rayonnement naturel¹⁴.

Depuis un peu plus d'un siècle toutefois, une exposition à des sources de rayonnement ionisant d'origine artificielle (principalement médicale), s'est ajoutée à l'exposition naturelle. Notre exposition personnelle, due autant aux sources naturelles qu'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.

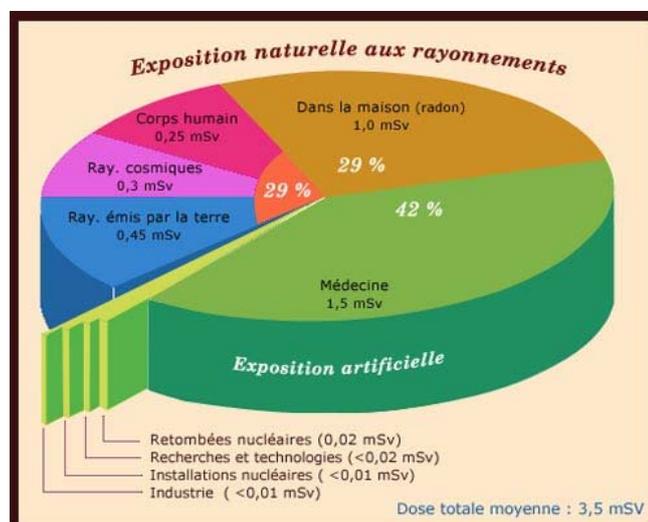


Figure 7 : Formes d'exposition au rayonnement naturel et artificiel¹⁵.

¹⁴ <https://nuclearsafety.gc.ca/fra/resources/fact-sheets/natural-background-radiation.cfm>

¹⁵ <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 leur matériel génétique, peuvent survenir.

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

- La réparation de l'ADN est exacte, ce qui a comme conséquence la survie de la cellule. Il n'y a donc pas d'effet sur l'organisme.
- L'ADN ne réussit pas à se réparer et la cellule meurt. Si cela affecte seulement quelques cellules, l'effet peut passer inaperçu. Si toutefois plusieurs cellules sont détruites, il en résultera une pathologie tissulaire (nécrose des tissus).
- La réparation a lieu, mais elle est incorrecte, ce qui peut mener à une mutation dans l'ADN. La cellule portant cette mutation, si elle n'est pas éliminée par le système immunitaire, peut mener à la formation d'un cancer ou causer une anomalie héréditaire, selon le type de cellules touchées.

3.3.1 Effets déterministes

Les effets déterministes sont des effets qui apparaissent à court terme (en général peu de temps après l'irradiation) suivant 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.

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

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

Exemples d'effets : érythèmes, vomissements, perte des cheveux, etc.

3.3.2 Effets stochastiques

Les effets stochastiques (c'est-à-dire aléatoires) sont des effets qui apparaissent à long terme suivant une exposition chronique ou aiguë à de faibles doses rayonnements. Ces effets résultent de l'altération génétique de cellules fonctionnelles qui, malgré leurs modifications (mutations), sont en mesure de se reproduire et éventuellement mener à l'apparition de cancers, des années, voire des dizaines d'années, plus tard.

La probabilité d'obtenir ces effets augmente de façon linéaire avec la dose de rayonnements à laquelle le sujet a été exposé. À ce jour, on considère qu'il n'y a pas de seuil minimal en dessous duquel les effets stochastiques ne peuvent pas apparaître.

3.3.3 Les femmes enceintes

Selon le règlement sur la radioprotection, la **travailleuse du secteur nucléaire** qui apprend qu'elle est enceinte doit aviser par écrit le titulaire du permis. Après avoir été avisé de la grossesse, le titulaire de permis prend les dispositions prévues dans le règlement pour limiter la dose.

Comme aucune utilisatrice n'est **travailleuse du secteur nucléaire** à l'Université, la déclaration de grossesse n'est pas obligatoire. Toutefois, il est recommandé que la travailleuse de l'Université Laval qui porte un dosimètre et qui apprend qu'elle est enceinte avise la responsable de la radioprotection : pour les femmes enceintes, un dosimètre supplémentaire est fourni. Il s'agit d'un dosimètre qui doit se porter sur l'abdomen et qui, contrairement aux dosimètres torse qui sont changés tous les trois mois, celui-ci est changé toutes les deux semaines.

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](#) sont respectés; soit la justification, l'optimisation et la limite de dose.

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 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 contamination. 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 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 pourra y rester jusqu'à la décroissance complète des radionucléides. Cette durée excède souvent la durée de vie de l'organisme dans le cas d'absorption de radionucléides à longue demi-vie.

Contrairement à l'exposition externe qui résulte uniquement de l'exposition au rayonnement bêta et gamma, 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 particules très énergétiques déposent leur énergie dans le voisinage immédiat de l'atome qui les a émis. Les particules alpha plus particulièrement, 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 exposées.

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

Contrôle de la contamination

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 (dont l'usage est strictement réservé au travail avec les radionucléides et laissé à l'endroit où il est utilisé), ainsi que des gants de protection lors de la manipulation de substances radioactives.
 - Il est important d'enlever 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 radioactives. Attention toutefois à l'utilisation « frivole » du symbole de la radioactivité.
- Une mesure de protection supplémentaire efficace consiste à installer des matériaux absorbants sur les comptoirs de manipulation.

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 interne résulte de la présence d'une source qui émet à partir de l'extérieur du corps. Les rayons X, les rayons gamma et les particules bêta de hautes énergies sont des radiations pénétrantes qui présentent un danger d'exposition externe.

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

Il existe trois grands éléments de radioprotection qui permettent de réduire les risques d'exposition des utilisateurs aux différents types de rayonnement. Il s'agit de la durée, de la distance et du blindage. Les utilisateurs de sources radioactives scellées doivent appliquer ces principes de façon rigoureuse. Ces éléments permettent de maintenir au minimum les doses reçues (voir la [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.

$$\text{Dose} = \text{débit de dose en } (\mu\text{Sv/h}) \times \text{durée (h)}$$

La distance

L'intensité des rayonnements gamma diminue en fonction du carré de la distance¹⁶. Le rayonnement diminue de façon encore plus abrupte pour les particules bêta. Il est important de maintenir un maximum de distance avec les sources de rayonnement (utilisation d'une pince, éloignement des contenants de déchets, etc.).

Pour visualiser l'effet de la distance, il suffit de mesurer le débit de dose à partir d'une source fixe, puis à différentes distances, pour voir que le rayonnement diminue rapidement en s'éloignant de la source.

¹⁶ 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.

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 travailleurs.

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, des rayons X (rayonnement de freinage) et augmentent ainsi l'exposition. Pour l'utilisation de radionucléides émetteurs bêta et gamma de hautes énergies, on installera deux blindages : d'abord un blindage d'acrylique pour absorber les particules bêta, puis ensuite un blindage plus dense comme le 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, on peut utiliser la dosimétrie afin de s'assurer qu'un individu qui travaille avec des sources de rayonnement n'atteigne pas la limite de dose de 1 mSv par année.

Il est important de ranger les dosimètres à l'abri de toute source de rayonnement lorsqu'ils ne sont pas utilisés. À noter que si un tablier de plomb est porté, le dosimètre doit être porté en dessous de celui-ci.

Mesure de la dose

À l'Université, on utilise des dosimètres à luminescence stimulée optiquement (LSO) pour mesurer la dose due aux rayonnements X, gamma et bêta durant une période donnée. Ces dosimètres peuvent estimer la dose reçue à la peau et au corps entier.

Pour estimer les doses reçues aux mains, on utilise des dosimètres thermoluminescents (DTL) en forme de bague.

Ces dosimètres mesurent la dose totale pour une période donnée. Le port d'un dosimètre permet donc de déceler les défaillances de la technique de travail et d'y apporter des améliorations pour éviter une exposition future.

La lecture des dosimètres est effectuée par le service de dosimétrie de Santé-Canada tous les trois mois (tous les mois pour les dosimètres bague), sauf celle des dosimètres des femmes enceintes, qui sont lus toutes les deux semaines. Santé Canada conserve les données de dosimétrie dans le Registre national de dosimétrie.

3.4.4 Programme de radioprotection

Les éléments suivants sont des exemples d'éléments d'un programme de radioprotection (sans s'y limiter) :

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

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 CCSN¹⁷.

¹⁷https://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 de façon générale 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 et une inspection annuelle est faite par le secteur de la radioprotection. Lorsqu'un local n'est plus utilisé, il est déclassé par le secteur de la radioprotection.

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

4.1 Responsabilités des titulaires d'autorisations internes (professeurs)

Chaque détenteur d'une autorisation interne pour l'acquisition et l'utilisation de substances nucléaires ou d'appareils à rayonnement délivrée par le Comité de radioprotection de l'Université a la responsabilité de :

- S'assurer du respect des conditions énoncées dans l'autorisation interne et exposées dans la Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires et dans les règlements associés.
- 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 requises pour la manipulation sécuritaire des substances nucléaires.
- 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'exposition aux rayonnements ionisants. De plus, les détenteurs d'autorisations internes sont responsables de fournir la formation spécifique à leur protocole de recherche, avec emphase sur la manipulation sécuritaire des substances nucléaires.
- 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, et qui pourrait augmenter l'exposition des personnes.
- 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 requis.
- Désigner des aires de travail et de stockage pour les substances nucléaires et s'assurer que ces aires sont propres, identifiées si requis par des panneaux de mise en garde, adéquatement ventilées et munies d'un blindage approprié si requis.
- S'assurer que les substances nucléaires sont utilisées seulement dans les locaux énumérés

sur l'autorisation interne.

- Afficher une copie de l'autorisation interne dans chaque local autorisé.
- En cas d'utilisation de substances nucléaires à l'extérieur des lieux prescrits par le permis de l'Université, 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 et sous clé quand ils ne sont pas sous la surveillance directe des travailleurs autorisés.
- Tenir à jour les fiches d'inventaire et d'utilisation des substances nucléaires.
- Tenir des registres de contrôle et d'épreuve hebdomadaire de vérification de la contamination par frottis.
- Contrôler, dès leur réception, les colis contenant des substances nucléaires pour déterminer si l'emballage, ou le contenant, est contaminé. Tenir un registre indiquant le fournisseur, le lot, la date et les mesures de contamination.
- 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 don ou échange de substances nucléaires.
- Désigner les personnes qui pourraient être considérées comme des travailleurs du secteur nucléaire en vertu de la Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires.

4.1.1 Absence prolongée de la personne titulaire d'un permis

Si la personne titulaire doit s'absenter du laboratoire pour une période prolongée comme lors d'un congé parental, un congé de perfectionnement ou un congé de maladie, elle doit en informer la responsable de la radioprotection et nommer une ou un remplaçant. Cette personne remplaçante devra connaître 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. Le choix de cette personne remplaçante doit être approuvé par la responsable de la radioprotection.

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 qui seront possédées et les quantités qui seront manipulées.
- 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 limite de possession et de manipulation
- Période de validité du permis
- Nom des utilisateurs autorisés
- Avis de permis (pour la consultation du permis délivré par la CCSN)
- Signature du président du comité de radioprotection

Sur les pages 2 et 3 figurent les informations suivantes :

- Les conditions générales 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, situé sur le campus universitaire.

Chaque autorisation interne, affichée dans les locaux autorisés, comporte l'avis suivant, indiquant l'endroit où tout document mentionné dans le permis peut être consulté:

« 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 au local 1532 du pavillon Ernest-Lemieux. SVP prendre rendez-vous au poste 402893 (responsable de la radioprotection). »

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 conservées dans les locaux supervisés par la personne responsable de la radioprotection.

La responsable de la radioprotection voit au renouvellement des permis à leur date d'échéance, suivant les conditions décrites.

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 non scellée 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)

C'est 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 qui a 18 ans ou plus.

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

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

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 Classement¹⁸

Lorsqu'une demande d'autorisation interne est acceptée, le comité de radioprotection classe chaque salle, zone et enceinte de la manière suivante :

- Laboratoire de sources ouvertes¹⁹ :
 - De niveau exempté si la quantité maximale manipulée ne dépasse pas la quantité d'exemption (classification en vigueur à l'Université)
 - De niveau élémentaire si la quantité maximale manipulée est supérieure à une quantité d'exemption, et inférieure à 5 LAI
 - De niveau intermédiaire si la quantité maximale manipulée est supérieure 5 LAI, et

¹⁸ Pour les sources ouvertes, chaque nouvelle salle, zone ou enceinte classée doit respecter le document de la CCSN [GD-52](#).

¹⁹ L'Université ne prévoit pas classer des salles de niveau supérieur, de confinement ou à vocation spéciale dans un avenir prévisible. Si la situation venait à changer, la présente procédure serait modifiée. Pour le niveau intermédiaire, le Comité de radioprotection n'autorisera pas l'utilisation de substances nucléaires non scellées dans des zones, pièces ou enceintes sans l'autorisation écrite de la CCSN ou d'une personne autorisée par celle-ci.

inférieure à 50 LAI

- Laboratoire de sources scellées (classification en vigueur à l'Université)
- Laboratoire d'appareils à rayonnement (classification en vigueur à l'Université)

La procédure de classement par le secteur de la radioprotection est la suivante :

1. Une autorisation interne est produite.
2. L'affichage est mis en place.
3. Pour les sources ouvertes, un plan de frottis est établi.
4. Dans le cas de substances nucléaires émettrices de rayonnement gamma, des mesures du débit de dose ambiant avant l'arrivée des substances nucléaires, ainsi que lors de leur entreposage, sont effectuées.
5. Pour les sources ouvertes, le secteur de la radioprotection vérifie que le fonctionnement et le débit des hottes ont été vérifiés.
6. Les dispositifs de sécurité (laboratoire ou enceinte verrouillés, etc.) sont vérifiés.

4.3.4 Déclassement

Le titulaire de l'autorisation interne doit aviser la responsable de la radioprotection quand il cesse 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 :

1. Les substances nucléaires ou les appareils à rayonnement, ce qui inclut les déchets solides ou liquides, 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. L'affichage (panneaux, affiches, étiquettes, emballages) indiquant la présence de substances nucléaires ou d'appareils à rayonnement est retiré.
5. Un rapport de déclassement qui contient les renseignements suivants est rédigé :

- a. Le compte rendu complet de l'évacuation.
- b. Le plan de déclassement qui tient compte de l'historique des activités du local.
- c. Le formulaire rempli et signé de « Déclassement et destination ultime des substances nucléaires » (voir l'annexe 1).
- d. 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 (c'est-à-dire un pavillon), le rapport de déclassement sera soumis à la CCSN avec la demande de retrait de ce lieu du permis de l'Université.

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 : tel qu'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, peuvent être consultés sur demande. Prendre rendez-vous à l'adresse Radioprotection@ssp.ulaval.ca.

4.4.1 Laboratoire sources ouvertes²⁰

Laboratoire exempté pour les sources ouvertes

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 :

²⁰ Noter qu'il n'y a pas de niveau supérieur de confinement ou à vocation spéciale à l'Université.

- 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 SYGEMAR²¹.
- 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
 - 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 :

²¹ Les étiquettes sont fournies aux laboratoires par le secteur de la radioprotection.

- 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 dans les chromatographes en phase gazeuse contenant 555 MBq de nickel-63 ont été exemptés par la CCSN. À l'Université, certains éléments de radioprotection ont été maintenus via le programme de radioprotection. Ces éléments sont les suivants :

- La délivrance d'une autorisation interne
- L'inventaire des appareils
- La formation donnée aux utilisateurs

4.4.4 Laboratoire temporairement 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 chercheur, la responsable de la radioprotection suggère au chercheur de rendre son laboratoire temporairement inactif afin de diminuer la charge réglementaire. Ceci permettra, le cas échéant, au chercheur d'utiliser à nouveau des substances nucléaires dans ses laboratoires, sans refaire le processus 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, le permis du chercheur est désigné « 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 d'autres 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 le personnel du secteur de la radioprotection (responsable de la radioprotection, technicienne et auxiliaires).

Procédure d'inspection

1. Les inspecteurs 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 une lettre de suivi, dans laquelle 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 à la personne responsable du laboratoire, nommée par le titulaire de permis, lorsque possible. 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 un membre du secteur de la radioprotection dûment formé, et être conformes aux limites de l'autorisation internes du titulaire.

5.1 Acquisition

La responsable de la radioprotection, ou la personne désignée en son absence, autorise les commandes de substances nucléaires auprès du Service des finances de l'Université. Ces commandes sont identifiées comme telles par les requérants qui utilisent le code « PRRAD » (pour PRoduit RADioactif) lors de leur demande d'achat.

5.1.1 Exigences d'achat

- Acheter uniquement les radionucléides et les quantités approuvées pour le laboratoire autorisé.
- 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 : utiliser la **catégorie PRRAD** (aviser le personnel chargé de la saisie des commandes).

5.1.2 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 la responsable de la radioprotection, ou par une personne qu'elle désigne, 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 que la responsable de la radioprotection se soit assurée que l'acquisition des substances nucléaires n'entraîne pas un dépassement de la quantité maximale totale permise, 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.

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 matières radioactives 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 2012](#) (AIEA, 2012).
- 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 uniquement (personnel de la réception des marchandises)
 - Formation TMD classe 7 pour la manutention et la réception de colis uniquement (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 matières radioactives 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 matières radioactives à la demande de la responsable de la radioprotection.
- Exercer 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 matières radioactives 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 Emballage et transport des matières radioactives

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 requis.

5.2.3 Identification du type de colis

Lorsque la matière a été classée (classe 7), la seconde étape consiste à identifier le type de colis.

Les colis les plus fréquemment rencontrés à l'Université sont les colis exemptés, les colis exceptés et les colis du type A. Le type de colis dépend 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, autre forme).

Les valeurs des limites réglementaires pour l'identification d'un type de colis pour les principaux radionucléides transportés à l'Université sont présentées, de façon non exhaustive, dans un tableau à l'annexe 5. Cette classification est basée sur le règlement de l'[AIEA, 2012](#).

5.2.4 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'exemption²².

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.
- Peuvent toutefois contenir d'autres risques (chimiques, biologiques, etc.).

5.2.5 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 de l'état de la substance et de sa forme, par exemple :

- Matières gazeuses, liquides ou solides sous forme scellée ou non scellée.
- Matières solides sous forme spéciale.

²² 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.

- Objets manufacturés ou appareils²³.

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 aux prescriptions énoncées aux paragraphes 619-621 s'ils sont transportés par la voie aérienne) du règlement de l'[AIEA, 2012](#). Pour l'envoi d'un colis excepté, les points suivants doivent être respectés et sont résumés au tableau 4.

Contamination de surface du colis

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

- 4 Bq/cm² pour les émetteurs bêta, gamma et alpha de faible toxicité.²⁴
- 0,4 Bq/cm² pour les autres émetteurs alpha.

Comme pour le contrôle de la contamination (voir la [section 7.1.1](#)).

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 8 et 9)

- 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 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.
- 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, 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

²³ 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 »).

²⁴ 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.

COLIS EXCEPTÉS ».

N° ONU	DÉSIGNATION OFFICIELLE DE TRANSPORT et description ^a
<i>Colis excepté</i>	
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 8 : Appellations réglementaires et numéros UN des colis exceptés (AIEA, 2012 ; extrait du tableau 1).

Tableau 4 : Classification des colis exceptés UN 2910 et UN 2911 (AIEA, 2012 ; 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.

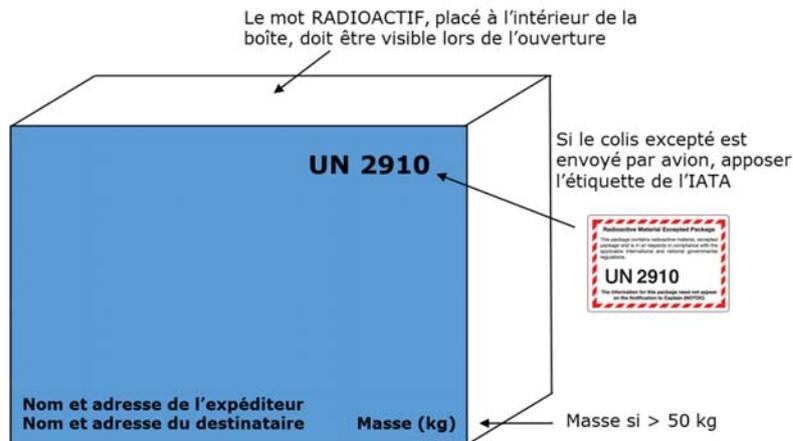


Figure 9 : Exemple d'un colis excepté.

Documents 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 qu'il convient, dans l'ordre indiqué :

- Le numéro UN
- La désignation officielle de transport (appellation réglementaire)
- La responsabilité de l'expéditeur
- Le numéro de chaque certificat d'approbation ou d'agrément d'une autorité compétente (cote d'homologation). Par exemple, un certificat sous forme spéciale
- Le nombre de petits contenants (c'est-à-dire une capacité de 450 L ou moins)
- 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

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.

Suremballage (*Overpack*)

- Plusieurs colis exceptés 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.

5.2.6 Colis du 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 spéciale²⁵
- aux limites A2 lorsqu'elles sont sous une autre forme²⁶

L'emballage des colis du type A ne sont pas homologués, mais 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 paragraphes 636 à 651 ([AIEA, 2012](#); 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 10, selon le rayonnement.

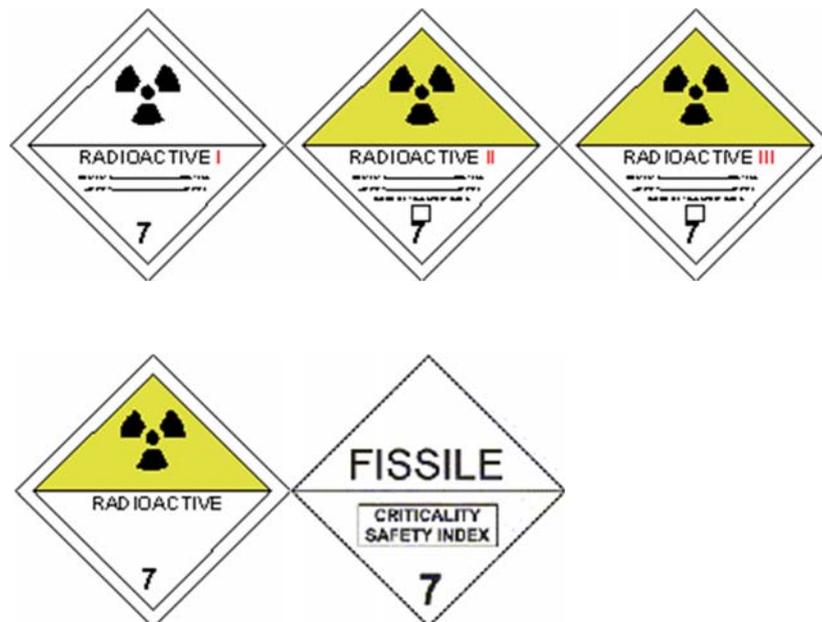


Figure 10 : Étiquettes de la classe 7²⁷.

²⁵ 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, 2012](#), 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.

²⁶ Autre forme : toute autre matière qui n'est pas sous forme spéciale.

²⁷ Les étiquettes illustrées réfèrent à la partie 4 du *Règlement sur le Transport des Matières Dangereuses* tel que requis par le [RETSN, 2015](#) article 28(1)(i).

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/cm² pour les émetteurs bêta, gamma et alpha de faible toxicité²⁸.
- 0,4 Bq/cm² pour les autres émetteurs alpha.

Débit de dose

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

- Débit $\leq 5 \mu\text{Sv/h}$ pour les étiquettes de catégorie I-BLANCHE.
- $5 \mu\text{Sv/h} < \text{débit} \leq 500 \mu\text{Sv/h}$ pour les étiquettes de catégorie II-JAUNE.
- $500 \mu\text{Sv/h} < \text{débit} \leq 2 \text{mSv/h}$ pour les étiquettes de catégorie III-JAUNE.

Mesure de l'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 **$\mu\text{Sv/h}$** (unités du système international), la valeur obtenue doit être divisée par 10 (Figure 11).

L'indice de transport :

- 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 seulement : Supérieur à 10 pour les étiquettes de catégorie III-JAUNE.

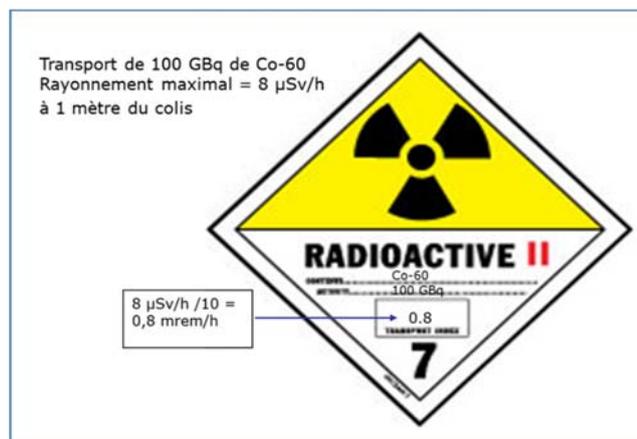


Figure 11 : Exemple d'étiquette.

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.

Classification, marquage et étiquetage du colis (Figures 12 et 13)

- 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.).

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
<i>Colis du type A</i>	
2915	MATIÈRES RADIOACTIVES EN COLIS DU TYPE A, qui ne sont pas sous forme spéciale, non fissiles ou fissiles exceptées ^b
3327	MATIÈRES RADIOACTIVES EN COLIS DU TYPE A, FISSILES qui ne sont pas sous forme spéciale
3332	MATIÈRES RADIOACTIVES EN COLIS DU TYPE A, SOUS FORME SPÉCIALE, non fissiles ou fissiles exceptées ^b
3333	MATIÈRES RADIOACTIVES EN COLIS DU TYPE A, SOUS FORME SPÉCIALE, FISSILES

Figure 12 : Appellations réglementaires et numéros UN des colis du type A ([AIEA, 2012](#) ; extrait du tableau 1).

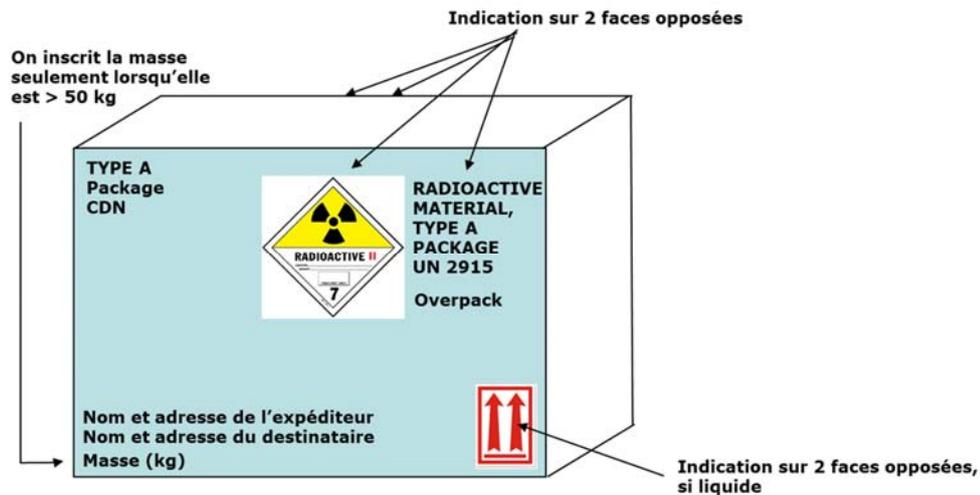


Figure 13 : Informations apparaissant sur les colis du type A.

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 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 appliquées 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)²⁹
- 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

²⁹ Le secteur de la radioprotection est enregistré auprès de CANUTEC pour l'utilisation du numéro 24 h.

- 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 \(exemple de document conforme à l'Organisation de l'aviation civile internationale\)](#) (OACI)
 - 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](#) »

5.2.7 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 sur la portière sur le 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.

5.2.8 Contrôle de l'exposition

Le contrôle de l'exposition se fait par le respect des paragraphes 508 et 509 du règlement de [l'AIEA, 2012](#) :

508. La contamination non fixée sur les surfaces externes de tout colis doit être maintenue 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 toxicité³⁰.

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.

5.2.9 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.

5.2.10 Transport, arrimage, séparation et entreposage en transit

Si le secteur de la radioprotection est également transporteur, les points suivants devront être respectés:

Séparation – Tout colis ou suremballage

Pendant le transport et l'entreposage en transit, les colis doivent être séparés des travailleurs et des membres du public. Selon le Règlement de transport des matières radioactives de l'[AIEA, 2012](#), au paragraphe 562, les colis doivent être séparés par des distances calculées en appliquant un critère de dose de 5 mSv en un an pour les travailleurs et de 1 mSv en un an pour les membres du public.

Séparation – Colis ou suremballage de catégories II-JAUNE ou III-JAUNE

Les colis ne doivent pas être transportés dans des compartiments occupés par des voyageurs, sauf s'il s'agit de compartiments exclusivement réservés aux convoyeurs spécialement chargés de veiller sur ces colis ou suremballages.

Arrimage

S'assurer que les colis sont arrimés de façon sûre afin que leur position soit maintenue pendant le transport.

Chargement et groupage de plusieurs colis

Le nombre total de colis devra être limité afin que la somme totale des indices de transport (IT) ne dépasse pas les valeurs indiquées dans le règlement de l'[AIEA, 2012](#).

³⁰ 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.

Note : Les colis ou suremballages ayant un IT supérieur à 10 ne doivent être transportés que sous utilisation exclusive.

5.2.11 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 travailleurs autorisés 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.

La responsable de la radioprotection peut être jointe en tout temps par la direction du Service de sécurité et de prévention de l'Université en composant le poste 5555 (ou par les téléphones rouges). La responsable de la radioprotection contacte l'expéditeur du colis et veille, soit à sa réexpédition ou à son élimination, en suivant toutes les prescriptions applicables.

5.2.12 Inspection et entretien des emballages

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).

Colis vide transporté comme colis excepté

Pour tout emballage vide transporté comme colis excepté, les étiquettes apposées lors de l'envoi initial (par exemple, s'il s'agissait d'un colis du type A) ne doivent pas être visibles. Elles doivent être retirées ou rendues illisibles avant le transport comme colis excepté.

5.2.13 Réception de colis

Seul le personnel ayant reçu la formation appropriée et qui est titulaire d'un certificat valide TMD classe 7³¹, peut exercer les activités reliées à la réception et à la manutention de colis radioactifs qui sont autorisées en vertu de son certificat. Toutes les autres activités reliées au transport des matières radioactives doivent être effectuées ou supervisées directement par la responsable de la radioprotection ou son équipe.

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.

³¹ Les utilisateurs autorisés ont reçu une formation sur la réception et la manutention de colis de classe 7. Cette formation inclut la réception des colis radioactifs et les mesures à appliquer pour limiter la dispersion de la contamination en cas de fuite.

Tout dommage ou toute fuite doit être communiquée au secteur de la radioprotection via le Service de sécurité et de prévention.

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.

Il effectue la réception du colis en appliquant la procédure retrouvée sur le document [INFO-0744](#) de la CCSN.

6. UTILISATION, INVENTAIRE ET ÉVACUATION

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, de l'acquisition à l'évacuation, le secteur de la radioprotection doit connaître 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, peu importe leur énergie. Ces particules traversent peu la matière et surtout, elles ne traversent pas l'épiderme de notre peau (couche de cellules mortes).

Attention toutefois à l'exposition interne rendue possible par la présence de lésions sur la peau : il faut par conséquent 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

Plusieurs émetteurs bêta de faibles énergies ne nécessitent pas de blindage car les particules sont complètement arrêtées par les parois de leurs contenants et/ou ne pénètrent pas la peau.

Il existe toutefois des radionucléides émetteurs de rayonnement bêta de haute énergie : pour ces derniers, il est important de mettre en place un écran de protection. En effet, dans les tissus biologiques, les particules bêta parcourent un peu moins de 5 mm/MeV : 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 peuvent 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, CI-36

Protection contre le rayonnement gamma/rayons X

Les émetteurs gamma ou X d'activités élevées ou de hautes énergies nécessitent 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 émise 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 rayonnement neutronique

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

Émetteur de neutrons **nécessitant un blindage** : Am-241/Béryllium

Autres mesures

D'autres mesures de sécurité doivent être prises en compte lors de l'utilisation de substances nucléaires, 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, les sources ouvertes sont reçues généralement sous forme de bouteilles sources commerciales contenant des solutions liquides.

Le risque principal associé à l'utilisation des sources ouvertes est la contamination, de soi ou des surfaces de travail, qui peut mener à une exposition interne (voir la [section 7.2.1](#)).

Pour gérer les inventaires, l'utilisation, l'entreposage et l'évacuation des sources ouvertes, la base de données SYGEMAR est utilisée. Les chercheurs qui utilisent les sources ouvertes doivent :

- Inscrire chaque nouvelle bouteille source reçue dans leur laboratoire, ainsi que les quantités utilisées au fur et à mesure (prélèvements).
- Le numéro assigné au contenant par les utilisateurs doit généralement correspondre au numéro du bon de commande.

6.1.3 Sources scellées

Une source scellée contient une substance nucléaire encapsulée dans un matériau non dispersable dans les conditions normales d'utilisation.

Certaines sources possèdent des activités élevées et émettent du rayonnement de haute énergie. Pour ces sources, le risque principal est l'exposition externe. 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 rayonnement

Un appareil à rayonnement est un appareil dans lequel une source scellée est présente. Elle fait partie intégrante du fonctionnement de l'appareil. Les appareils non exemptés par la CCSN (> 10 quantité d'exemption) doivent 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. Dans certains cas, l'utilisation d'un appareil demande d'avoir une formation spécifique, ce qui est le cas pour les jauges nucléaires.

6.1.5 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

Il est possible d'accéder à SYGEMAR en ligne sur le site du Service de sécurité et de prévention de l'Université avec un IDUL et le mot de passe correspondant.

Le secteur de la radioprotection est responsable de donner l'accès aux utilisateurs de substances nucléaires dans la base de données et de révoquer cet accès, s'il y a lieu.

Fonctions principales

SYGEMAR permet les actions suivantes :

- Inscrire dans l'inventaire le contenant reçu, dès son arrivée dans le laboratoire. Le numéro d'identification assigné au contenant est le numéro de commande.
- 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 au fur et à mesure qu'ils sont effectués.
- Faire une demande de cueillette de déchet.
- Commander des contenants à déchets.

6.2 Respect des limites d'inventaire

Un inventaire de toutes les substances nucléaires doit être disponible en tout temps dans le laboratoire (sous forme papier ou numérique). Les limites de possession inscrites sur l'autorisation interne doivent être respectées.

Pour les sources ouvertes, les inventaires des titulaires se trouvent sur des fichiers Excel ou dans des bases de données comme SYGEMAR accessibles aux utilisateurs.

En ce qui concerne les sources scellées et les 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

Toute matière (substance nucléaire ou appareil à rayonnement) devenue un déchet, et devant être transférée ou évacuée, transite par le secteur de la radioprotection.

Le transfert d'une matière à un autre titulaire de permis de la CCSN doit se faire dans le respect des conditions de leur permis. Un document de transfert doit être produit (voir l'annexe 2).

L'évacuation d'une matière s'effectue en conformité avec les limites d'évacuation autorisées en annexe au permis de l'Université.

6.3.1 Sources ouvertes

Les chercheurs qui utilisent les substances nucléaires doivent demander des contenants de déchets à usage unique, prévus pour chacun des types de déchets, dans SYGEMAR. 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 :

- Le numéro d'identification pour l'inventaire informatisé SYGEMAR.
- Le nom du radionucléide.
- Le type de contenant.
- S'il contient plus d'une quantité d'exemption :
 - Le symbole de mise en garde contre les rayonnements.
 - Les mots RAYONNEMENT – DANGER – RADIATION.

Inscription des déchets dans SYGEMAR

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

- Le radionucléide
- L'activité déclarée
- L'état (solide, liquide, gazeux)
- Toute autre information pertinente (nature du solvant, pH, autres risques, etc.)

Cueillette de déchets par le secteur de la radioprotection

À la suite d'une demande dans SYGEMAR, le secteur de la radioprotection planifie une cueillette. À la suite de la cueillette des déchets, le secteur de la radioprotection fournit les informations suivantes à la base de données SYGEMAR :

- La masse ou le volume du déchet
- L'activité estimée (mesurée à l'aide d'équipement approprié, par exemple un compteur à scintillation liquide)

Évaluation de l'activité par le secteur de la radioprotection

Avant l'élimination, le secteur de la radioprotection vérifie l'activité résiduelle des déchets contenus dans les contenants:

- Déchets liquides : par comptage au compteur à scintillation
- Déchets solides : par balayage avec un compteur portatif

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 proposée dépendra :

- 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 ou biologique, elles sont transférées au service de cueillette des secteurs des risques chimiques ou biologiques du Service de sécurité et de prévention, si leur activité se situe sous les quantités d'exemption de la CCSN.

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

- Pour les déchets comportant des radionucléides à courtes demi-vies, comme le phosphore-32, l'élimination sera d'abord précédée d'une période de décroissance de 10 demi-vies, afin d'atteindre une activité quasi nulle.

Contenants

En ce qui concerne les contenants des matières résiduelles, ces derniers font l'objet :

- D'un frottis pour les contenants qui seront transférés vers les secteurs des autres risques (chimiques ou biologique).
- D'une vérification avec un contaminamètre portatif (pour les contenants qui seront éliminés).

Si les mesures se situent en dessous des limites prescrites par le programme de radioprotection (\leq 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 et les appareils à rayonnement sont récupérées par le secteur de la radioprotection. Outre les détecteurs de fumée à l'américium-241³², ces matières sont transférées à un titulaire de permis de la CCSN.

Le retrait d'une source d'un appareil à rayonnement se fait conformément aux procédures approuvées en annexe du permis de l'Université (s'il y a lieu) et est effectué par la responsable de la radioprotection, ou sous sa supervision directe.

6.3.3 Politique et procédures de transfert et d'évacuation

Des dossiers complets de tous les transferts et de toutes les évacuations de substances nucléaires ou d'appareils à rayonnement sont constitués. Les transports, s'il y a lieu, sont conformes au [RETSN, 2015](#) de la CCSN et au [Règlement sur le transport des marchandises dangereuses](#) (RTMD) de Transports Canada.

1. Tout transfert en provenance d'un titulaire de permis de la CCSN ou d'un titulaire d'une autorisation interne doit d'abord être approuvé par la responsable de la radioprotection qui s'assure:
 - Que l'acquisition des substances nucléaires n'entraîne pas le dépassement des quantités permises;
 - Que, dans le cas d'un appareil à rayonnement, l'appareil soit dûment homologué.
2. Avant le transfert à un autre titulaire de permis, une copie du permis est demandée au destinataire afin de valider qu'il est autorisé à recevoir les sources.
3. Un document de transfert (voir l'annexe 2) est rédigé, signé par les responsables des deux institutions impliquées, puis conservé dans les registres du secteur de la radioprotection. Le document de transfert fournit les renseignements suivants :
 - Le nom, la quantité et la forme de la substance nucléaire.
 - Le modèle et le numéro de série de la source scellée.
 - Le modèle et le numéro de série de l'appareil à rayonnement.
 - L'activité.
 - La date du transfert.
 - Le nom et l'adresse du destinataire et le numéro du permis de la CCSN.

³² Exemptés par la CCSN, [Règlement sur les substances nucléaires et les appareils à rayonnement](#), article 6.

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 très importants d'un programme de radioprotection. Ils peuvent 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 lois et 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.³³

La surveillance se fait par l'échantillonnage de zones par frottis, qui sont mesurés par comptage à scintillation liquide dans les appareils disponibles sur le campus. Chaque utilisateur autorisé a accès à un compteur à scintillation pour le comptage des frottis.

Critères

La valeur la plus restrictive entre les deux valeurs suivantes :

- Le double du bruit de fond mesuré sur un frottis témoin (« blanc ») par le compteur à scintillation utilisé pour tous les frottis, dans les mêmes conditions de comptage. Il faut toutefois faire attention à ce que le bruit de fond corresponde aux spécifications de l'appareil, ou qu'il soit à tout le moins dans les valeurs normalement attendues.
- 100 coups par minute (valeur brute)³⁴.

La correspondance entre ces limites de l'Université et celles établies par la CCSN est indiquée au tableau 5.³⁵

Si un résultat dépasse les limites ci-haut, les utilisateurs doivent décontaminer la zone. Après décontamination, les mesures doivent être refaites et les nouveaux résultats sont conservés dans un registre.

7.1.2 Contamination non fixée par contrôle direct (avec appareils portatifs)

La surveillance se fait principalement avec des détecteurs Geiger-Müller à fenêtres minces portatifs, disponibles sur le campus (voir la description des types de détecteurs utilisés au secteur de la radioprotection et les procédures d'utilisation à la [section 8](#)).³⁶

³³ Les limites imposées aux titulaires d'autorisations internes sont inférieures aux critères énumérés à la condition numéro 2642 du permis actuel de l'Université.

³⁴ Mesuré avec un compteur Beckman Coulter LS6500.

³⁵ 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. Dans le respect du principe ALARA et afin de simplifier le contrôle, les limites de l'Université sont en deçà des critères de contamination de la CCSN.

³⁶ Les détecteurs Geiger-Müller ne conviennent pas pour la détection des particules bêta de faibles énergies qui ne pénètrent pas, ou avec une faible efficacité, à l'intérieur de l'enceinte de détection, ainsi que pour la détection des rayonnements gamma, qui interagissent plus faiblement avec les gaz (exemple : tritium, carbone-14, iode-125).

Dans les cas où le rayonnement émis peut être détecté par les appareils portatifs utilisés, 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 des surfaces larges, autres que celles prédéterminées sur les plans de frottis.

Critères

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

Si un résultat dépasse les limites ci-haut, les utilisateurs doivent décontaminer la zone.

Important : Après décontamination, une vérification doit être refaite à l'aide de **frottis analysés par scintillation liquide**, qui constitue une technique d'analyse plus sensible.

Notes :

- Le contrôle de la contamination non fixée s'effectue par contrôle indirect (frottis) pour tous les radionucléides actuellement utilisés à l'Université.
- Le contrôle direct s'effectue principalement pour le suivi du P-32.
- Tous les résultats des mesures doivent être conservés dans un registre.

7.1.3 Contamination fixée

La surveillance se fait principalement avec des détecteurs Geiger-Müller à fenêtres minces portatifs, disponibles sur le campus³³ (voir la description des types de détecteurs utilisés au secteur de la radioprotection et les procédures d'utilisation à la [section 8](#)).

Critères

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

Lorsque les critères sont dépassés, les utilisateurs doivent identifier la surface contaminée par un autocollant « Matières radioactives » qui indique la substance présente et si possible, son activité estimée. Si nécessaire, un blindage est mis en place, ou la surface est isolée.

Noter que la mise en disponibilité de toute zone contenant une contamination fixée doit être approuvée par la CCSN³⁷ : une autorisation doit ainsi être reçue avant le déclassement d'un local contenant une contamination fixée.

7.1.4 Fréquence de la surveillance

Contamination non fixée

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

- Laboratoires élémentaires ou exemptés :
 - Chaque semaine durant les périodes durant lesquelles les manipulations ont lieu.
 - Après chaque manipulation si celles-ci sont moins fréquentes. Les périodes d'absence de manipulation doivent toutefois être indiquées dans le registre.
- Laboratoires intermédiaires :
 - Après toute manipulation de substances nucléaires.

³⁷ Condition de permis 2571.

Contamination fixée

Le contrôle de la contamination fixée est fait :

- Lors des inspections internes annuelles.
- Lorsque requis.

7.1.5 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 doivent être ajoutées.

Une série plus complète de frottis est faite par le secteur de la radioprotection lors des inspections internes, en cas de déclassement d'une salle ou lors de la présence de contamination.

7.1.6 Registre et calcul de l'activité

Les registres des contrôles de la contamination par frottis sont conservés dans les laboratoires par les détenteurs 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 minutes (CPM) par exemple, en becquerels par centimètre carré (Bq/cm²).

L'activité en Bq/cm² est calculée avec la formule suivante (voir l'annexe 6 pour plus de détails) :

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

A = activité surfacique en Bq/cm²

CPMnet = CPM échantillon - CPM blanc

Ecompteur = pourcentage d'efficacité du compteur

Efrottis = pourcentage de rétention sur le frottis, soit 10%³⁸

Surface = surface en cm²

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*.

7.1.7 Procédure de frottis

Note : Les procédures pour les contrôles avec les appareils portatifs sont décrites à la [section 8](#).

Matériel

- Carrés de papier d'environ 2,5 cm² (exemple : papier de chromatographie Whatman™ de grade 3 MM Chr)
- Solution aqueuse pour mouiller le papier filtre
 - Exemple : mélange 50 % eau/50 % éthanol (l'éthanol permettant l'absorption sur filtre de radionucléides peu hydrosolubles)
- Vials à scintillation liquide

³⁸ Le pourcentage de rétention d'une substance sur un frottis varie en fonction de plusieurs paramètres (type de papier et solution 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.

- Cocktail à scintillation (Cytoscint, Ecolume, etc.)
- Crayon permanent
- Gants jetables

Procédure

1. Se vêtir d'une paire de gants.
 - Attention à ne pas contaminer les papiers-filtres.
2. Repérez les endroits à échantillonner et identifiez les vials à scintillation sur leur bouchon (et non directement sur le vial) :
 - Les plans de frottis sont affichés dans chaque local et sont disponibles sur le réseau.
 - Ajoutez des endroits qui pourraient potentiellement être contaminés et qui devraient être évalués.
3. Préparez le blanc :
 - Placez un papier filtre qui a été légèrement mouillé avec la solution aqueuse, mais qui n'a été frotté sur aucune surface, dans le vial identifié « blanc ».
4. Procédez aux frottis (répétez la procédure pour chaque section) :
 - Pour empêcher la contamination des papiers filtres, retirez les papiers du sac d'une main et faire le frottis de l'autre.
 - Prendre un papier filtre et le mouiller légèrement avec la solution aqueuse.
 - Passez le papier à pression constante sur une surface de 100 cm².
 - Cette surface n'a pas besoin d'être carrée (ex : 10 cm × 10 cm) ou rectangulaire, mais peut être un tracé continu et irrégulier dont la longueur multipliée par la largeur du frottis correspond à environ 100 cm² (ex : 40 cm × 2,5 cm).
 - 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).
 - Dans les cas où la surface à contrôler ne fait pas au moins 100 cm², 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.
 - Insérez le frottis dans le vial à scintillation identifié.
 - Changez les gants après le frottis d'une zone d'apparence plus sale ou contaminée (ex. : plancher).
5. Lorsque les frottis sont dans leurs vials, ajoutez 10 mL de scintillant à chaque vial (incluant le blanc).
6. Installez les vials dans les supports du compteur à scintillation.
7. Débutez le comptage, d'une durée de 5 minutes par échantillon.

7.1.8 Procédures de décontamination

Important : s'il s'agit d'un déversement, voir la [section 11.2](#).

Matériel

- Équipement de protection individuelle (sarraus, lunette de protection, gants jetables, pantoufles jetables au besoin, etc.)
- Matériel de décontamination

- Décontaminant (exemple: No Count, Décasol, etc.). Notez que si une utilisation importante de décontaminant est nécessaire, un masque respiratoire avec cartouches peut être porté afin d'éviter l'inhalation des composés contenus dans le produit.
 - 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. Identifiez des sacs de poubelles ou contenants pour la récupération des papiers et gants utilisés.
3. Marquez le contour de la zone contaminée au besoin.
4. Appliquez le décontaminant en aérosol sur la surface contaminée.
5. Nettoyez la zone avec du papier absorbant, en balayant la surface de l'extérieur vers l'intérieur, sans repasser deux fois au même endroit avec le papier.
6. Jetez les papiers dans les sacs ou contenants identifiés.
7. Changez de gants régulièrement.
8. Vérifiez la contamination résiduelle en effectuant des frottis ou des mesures directes sur la zone nettoyée.
9. Répétez la procédure de décontamination jusqu'à ce que l'activité mesurée se situe en dessous des limites prescrites.

Contamination de surface : Plancher

1. Diluez du décontaminant liquide dans un seau d'eau chaude (le ratio est indiqué sur la bouteille).
2. Vêtir l'équipement de protection individuelle nécessaire. Vêtir des pantoufles jetables au besoin.
3. Marquez le contour de la zone contaminée au besoin.
4. Nettoyez le plancher par petites zones, en changeant l'eau de lavage selon la surface à nettoyer.
5. Vérifiez la contamination résiduelle en effectuant des frottis ou des mesures directes sur les zones nettoyées.
6. Répétez 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 de la contamination pourrait être effectuée au besoin.

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

Ce type de décontamination devrait être effectuée par le secteur de la radioprotection. Pour ce type de contamination, il faut s'assurer de :

1. Se vêtir d'habits de type Tyvek jetables et de gants longs.

2. Se munir de masques respiratoires, avec cartouches 3M, idéalement de masques faciaux complets.
3. Procédez à la décontamination et à la vérification en effectuant les étapes des sections précédentes.

Tableau 5 : Mesure indirecte de contamination non fixée et équivalences.

Radionucléide	Catégorie (A, B ou C)	Efficacité du compteur à scintillation (%)	Activité minimale détectable (AMD) (Bq/cm ²)	Équivalence (Bq/cm ²) pour 100 CPM brut	Limite CCSN Zones contrôlées (Bq/cm ²)	Limite CCSN Autres zones (Bq/cm ²)
H-3	C	60,7	0,038	0,16	300	30
C-14	C	96	0,024	0,1	300	30
Si-32	A*	50	0,046	0,2	3	0,3
P-32	C	96	0,024	0,1	300	30
P-33	C	96	0,024	0,1	300	30
S-35	C	96	0,024	0,1	300	30
Cl-36	C	50	0,046	0,2	300	30
Ca-45	C	50	0,046	0,2	300	30
Mn-54	A*	50	0,046	0,2	3	0,3
Fe-55	C	10	0,229	1	300	30
Co-57	C	50	0,046	0,2	300	30
Co-60	A	50	0,046	0,2	3	0,3
Zn-65	A	50	0,046	0,2	3	0,3
Sr-85	A*	50	0,046	0,2	3	0,3
Y-88	A*	50	0,046	0,2	3	0,3
Sr-90	B	50	0,046	0,2	30	3
Cd-109	C	50	0,046	0,2	300	30
Ba-133	B	50	0,046	0,2	30	3
Cs-137	A	50	0,046	0,2	3	0,3
Cs-139	A*	50	0,046	0,2	3	0,3
Ce-139	A*	50	0,046	0,2	3	0,3
Po-209	A*	50	0,046	0,2	3	0,3
Po-210	A	50	0,046	0,2	3	0,3
Pb-210	A*	50	0,046	0,2	3	0,3
Ra-226	A	50	0,046	0,2	3	0,3
Th-230	A*	50	0,046	0,2	3	0,3
Pa-231	A*	50	0,046	0,2	3	0,3
Th-232	A*	50	0,046	0,2	3	0,3
U-233	A*	60,7	0,038	0,16	3	0,3
U-234	A	60,7	0,038	0,16	3	0,3
U-235	A	60,7	0,038	0,16	3	0,3
U-236	A*	60,7	0,038	0,16	3	0,3
Np-237	A	50	0,046	0,2	3	0,3
U-238	A	60,7	0,038	0,16	3	0,3
Am-241	A	50	0,046	0,2	3	0,3
Pu-242	A	50	0,046	0,2	3	0,3
Np-242	A*	50	0,046	0,2	3	0,3
Am-243	A*	50	0,046	0,2	3	0,3
U naturel	A*	60,7	0,038	0,16	3	0,3
Actinides	A*	60,7	0,038	0,16	3	0,3
Matières activées	A*	50	0,046	0,2	3	0,3

* La catégorie de ces radionucléides n'étant pas indiquée dans le permis actuel, la catégorie la plus restrictive a été rapportée.

Notes :

- Les valeurs présentées sont basées sur les mesures obtenues avec les appareils du secteur de la radioprotection³⁹
 - La valeur moyenne du blanc utilisée pour le calcul des équivalences est de 40 CPM
 - Les pourcentages d'efficacité sont déterminés directement par mesures de standards lorsque possible. Si cela n'est pas possible, un pourcentage provenant de la littérature est utilisé. Dans le cas où aucune donnée n'est disponible, 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 :

$$AMD = \frac{2,71 + (4,66 * \sqrt{(BF \text{ cpm} * \frac{300}{60})})}{eff\% * 300 \text{ s} * 100\text{cm}^2 * 0,10}$$

7.1.9 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, pour l'enseignement et pour la recherche. Ces sources peuvent être intégrées à l'intérieur d'appareils à rayonnement.

Les sources scellées dont l'activité est de 50 MBq et plus⁴⁰ doivent être soumises à des épreuves d'étanchéité au moyen d'instruments et de procédures qui permettent de détecter des fuites de 200 Bq ou moins.

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 (événement à déclaration immédiate et obligatoire).

Les épreuves d'étanchéité sont effectuées selon une méthode approuvée par la CCSN, aux intervalles réglementaires.

Méthode

Pour les analyses, 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 trousseaux pour l'échantillonnage, incluant un certificat d'échantillonnage à compléter. Le secteur de la radioprotection effectue l'échantillonnage par frottis des sources scellées à l'aide d'une procédure documentée, et retourne ensuite les trousseaux au fournisseur de service. Après analyse, ce dernier transmet les certificats de mesures avec les résultats au secteur de radioprotection.

³⁹ Beckman Coulter LS6500

⁴⁰ Sauf les sources de Nickel-63 de 555 MBq ou moins comprises dans des détecteurs à capture d'électrons.

Fréquence 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 la responsable de la radioprotection de tout événement susceptible d'avoir endommagé une source scellée ou son blindage. La responsable de la radioprotection procède à l'essai de fuite sur la source scellée ou sur l'appareil à rayonnement dès qu'elle a 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 est échouée. 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 par les titulaires internes. 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 manipuleront éventuellement 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

Plusieurs utilisateurs de substances nucléaires portent des dosimètres torse ou d'extrémité pour les raisons suivantes :

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

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

- Toute personne qui travaille dans une salle où du phosphore 32 ou un autre émetteur bêta de haute activité sont utilisés reçoit un dosimètre à luminescence stimulée optiquement (LSO).
- Toute personne qui travaille dans une salle où se trouvent des sources scellées ou des appareils à rayonnement émettant un champ de rayonnement (gamma) détectable aux endroits habituellement occupés à l'aide d'un radiamètre approprié, ou qui travaille avec une jauge nucléaire, reçoit un dosimètre à luminescence stimulée optiquement (LSO).
- Toute personne qui utilise l'irradiateur gamma du pavillon Paul-Comtois reçoit un dosimètre à luminescence stimulée optiquement (LSO).
- Une personne qui travaille avec la source de neutrons du pavillon Vachon est munie d'un dosimètre sensible aux neutrons.
- Toute personne qui manipule plus de 50 MBq d'une substance nucléaire spécifique reçoit un dosimètre d'extrémités.
- Lorsque requis, des dosimètres sont distribués aux personnes travaillant avec un appareil à rayons X.

Le fournisseur de service de dosimétrie est Santé Canada. Les dosimètres à luminescence stimulée optiquement (LSO) sont changés tous les trois mois, sauf pour les femmes enceintes, dont le changement se fait aux deux semaines. Les dosimètres d'extrémité sont changés mensuellement.

L'affiche "Utilisation et entretien des dosimètres individuels" de la CCSN est fournie, avec recommandation d'afficher 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.

Un registre des personnes assignées au programme de dosimétrie est maintenu. La responsable de la radioprotection communique avec toute personne dont l'exposition trimestrielle dépasse 0,15 mSv au corps. Un effort est déployé pour trouver l'origine de cette dose et pour corriger la situation.

7.2.3 Vérification des débits de dose

Le titulaire de permis veille à ce que 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 la responsable 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 des 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.

7.2.4 Travailleurs du secteur nucléaires (TSN)

L'Université n'a pas de personnel qui possède le statut de travailleurs du secteur nucléaire. Ces derniers sont des travailleurs qui risquent vraisemblablement de recevoir une dose efficace supérieure à 1 mSv au cours d'une période de dosimétrie d'un an.

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

Le détecteur Geiger-Müller est composé d'un tube cylindrique comportant un fil métallique et rempli d'un mélange de gaz. Le rayonnement ionisant qui pénètre dans le tube arrache des électrons aux molécules de gaz. Ces derniers sont accélérés par la tension appliquée dans le tube, créant un signal électrique qui se traduit par une indication visuelle ou sonore au détecteur. Ce détecteur 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 ($\mu\text{Sv/h}$), 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 comme 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 portatifs à scintillation solide

Ce type de détecteur est composé d'un polymère ou d'un cristal solide, qui constitue le scintillant (ex. cristal d'iodure de sodium dopé au thallium). Pour chaque rayonnement qui entre en contact avec le scintillant, un électron du matériau est éjecté, laissant un trou libre. Lors de la recombinaison de l'électron et du trou, un rayonnement lumineux est émis par le matériau (principe de scintillation). Ces photons émis sont comptés et amplifiés par une tube photomultiplicateur, qui convertit les photons en signal électrique.

Une relation existe entre l'énergie de chacun des rayonnements gamma qui frappent le scintillant et la quantité de lumière qui est réémise (le signal produit). Ainsi, ce type de détection peut permettre, au contraire du Geiger-Müller, de déterminer le niveau d'énergie du rayonnement détecté et d'identifier le radionucléide émetteur.

Les détecteurs à scintillation solide sont efficaces avec le rayonnement gamma de faible énergie comme l'iodure-125.

Les sections suivantes décrivent les types de détection et présentent les grandes lignes à suivre lors de l'utilisation de divers appareils.

8.1 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 (la sonde) en signal électrique.

D'autres sondes peuvent être 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 14 et 16) :

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.

Sonde à scintillateur plastique (Ludlum 44-116)

La sonde à scintillateur plastique est une sonde qui permet la détection du rayonnement bêta et, compte tenu de sa géométrie, peut 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.

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 14 : 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 $\mu\text{Sv/h}$. Ces sondes permettent ainsi de mesurer un débit de dose ambiant.

Exemple de radiamètre (Figures 15 et 16) :

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

Cet appareil est utilisé pour la mesure du débit de dose gamma ambiant et la mesure d'un débit de neutrons. Il peut aussi faire l'identification des radionucléides présents dans certains cas.



Figure 15 : Radiamètre (Ludlum 44-38) avec fenêtre bêta, en position fermée et ouverte, respectivement.

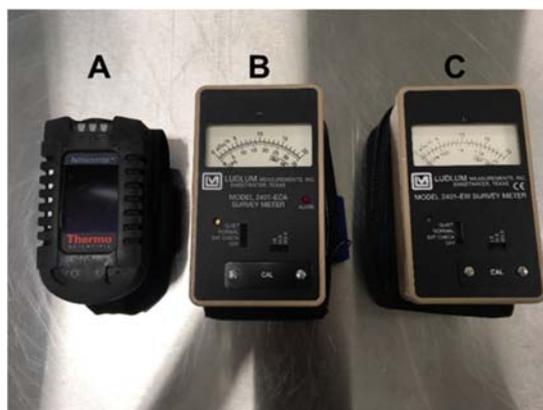


Figure 16 : Détecteurs portatifs avec sondes intégrées. Spectromètre gamma (Thermoscientific) (A), radiamètre Geiger Müller à énergie compensée pour le débit de dose gamma en $\mu\text{Sv/h}$ (Ludlum 2401-ECA) (B), contaminamètre Geiger Müller alpha, bêta et gamma en CPM (Ludlum 2401-EW) (C).

8.2 Contextes d'utilisation des détecteurs portatifs à l'Université

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

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

Vérification de la contamination

Pour le contrôle 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, ou avec un compteur à scintillation liquide pour les émetteurs bêta de faible énergie.

Élimination des déchets

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 émetteur 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 instrument de détection 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 $\mu\text{Sv/h}$.

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 $\mu\text{Sv/h}$. 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 peuvent être effectuées afin de valider la présence d'affiches réglementaires ([Règlement sur la radioprotection](#), article 21).

Exemple : Affichage d'un symbole de mise en garde contre les rayonnements lorsque le débit de dose de rayonnement peut être supérieur à 25 $\mu\text{Sv/h}$; 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 ([RETSN, 2015](#)), 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 $\mu\text{Sv/h}$.

Localisation de source (vérification positive)

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 trousse 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

Cette section décrit les grandes lignes à suivre lors de l'utilisation de ces appareils portatifs. Pour les procédures détaillées, se référer au manuel du fabricant ou communiquer avec le secteur de la radioprotection pour du support.

Débitmètres

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

Vérification du fonctionnement

- Vérifiez que la date d'étalonnage de la sonde et du débitmètre est valide.
- Revêtir une nouvelle paire de gants pour ne pas contaminer la sonde.
- Connectez la sonde au débitmètre.
- Vérifiez l'état des piles.

- Vérifiez l'appareil avec une source de contrôle (*check source*) (Figures 17 et 18). La valeur doit se situer à $\pm 20\%$ de la valeur attendue.

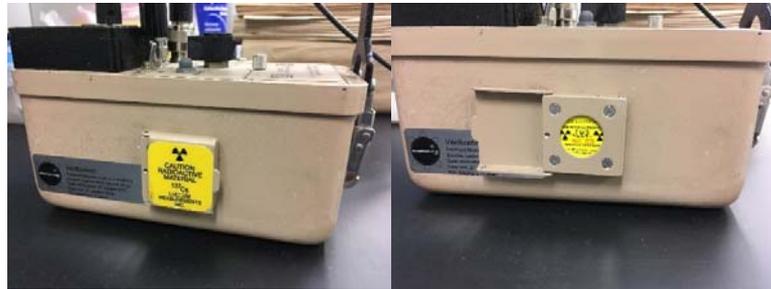


Figure 17 : Source de contrôle de Cs-137 installée sur un débitmètre Ludlum.

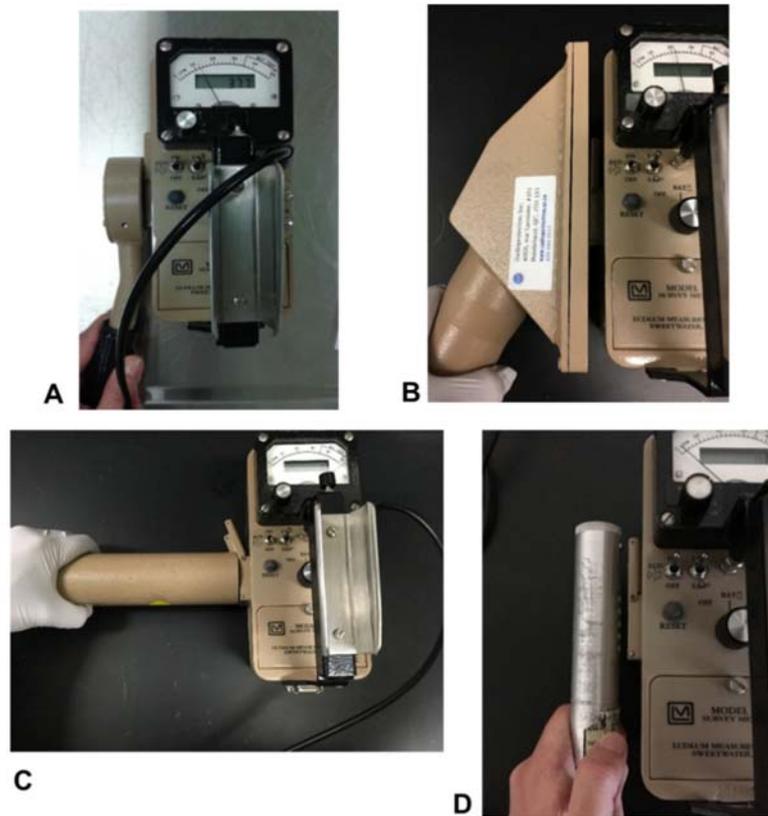


Figure 18 : Vérification des sondes avec la source de contrôle. Sondes pancake (A), scintillateur plastique (B), NaI (C) et tube Geiger-Müller (D).

Mesure

- Faire une mesure du rayonnement de fond :

- Placez le débitmètre dans un endroit éloigné de toute source (hors du laboratoire si nécessaire) et faire la mesure.
 - Si une source de contrôle est installée sur le débitmètre, fermer son couvercle et tenir la sonde le plus éloignée possible de la source.
- **Sonde de type pancake:**
 - **Balayage de surfaces**
Placez la sonde à environ 1 cm de la surface ou de l'objet. Attention : la sonde ne doit pas entrer en contact avec la surface (éviter la contamination de la sonde).
Effectuez un balayage à raison d'environ 5 cm/sec sur la surface à vérifier.
- **Tube Geiger-Müller pour le rayonnement gamma avec fenêtre bêta :**
 - **Mesure du débit de dose ambiant**
Tenir la sonde à environ 1 mètre du sol (\pm hauteur de ceinture) et effectuez un comptage aux endroits identifiés.
 - **Recherche d'un point chaud**
Effectuez un balayage lent de la pièce ou de la surface d'un objet, par exemple d'un colis (surface de colis : faire un balayage à environ 5 cm/sec).
 - **Mesure un débit de dose à endroit fixe**
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.

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).

Pour l'analyse, un cocktail à scintillation (Cytoscint, Ecolume, etc.) est ajouté à une solution comportant le radionucléide. 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 (TPM). La quantité de photons visibles émis étant proportionnelle à l'énergie du rayonnement incident, il est possible dans certains cas d'identifier le type de rayonnement émis.

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 les signaux mesurés, par exemple :
 - La présence de substances qui absorbent les radiations, mais qui en retour n'émettent pas de photons visibles détectables aux TPM (atténuation ou extinction du signal, *quench*).
 - La présence de molécules en solution qui ont des propriétés de luminescence et qui ainsi émettent des photons interférents (chimiluminescence).

- La chimiluminescence peut être grandement atténuée en laissant reposer l'échantillon dans l'appareil pendant plusieurs heures avant de débiter le comptage.

Pour déterminer expérimentalement un pourcentage d'efficacité, il est nécessaire d'avoir un standard dont on connaît 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 :

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

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 probablement pas le même que celui obtenu suite à l'analyse d'un radionucléide dissout dans une matrice acide, en présence d'autres molécules. Ainsi, il faut autant que possible reproduire les conditions de la matrice des échantillons pour 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 est souvent 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.

Les contaminamètres, radiamètres et sondes utilisés à l'Université 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 dans le cadre d'activités liées à l'enseignement ou à la recherche doit avoir reçu une formation de radioprotection au préalable. Les éléments de formation dépendront des fonctions de la personne.

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 de base comprend les éléments suivants. Pour les autres formations, le contenu est adapté aux besoins des travailleurs.

- Rayonnement et radioactivité
- Propriétés des radio-isotopes
- Ionisation et doses
- Effets biologiques
- Les femmes enceintes et la radioactivité
- Cadre réglementaire
- Classification des laboratoires et affichage
- La radioprotection
- Achat, réception et élimination

9.1 Responsable de la radioprotection

La personne responsable de la radioprotection ainsi que les personnes suppléantes doivent suivre une formation de radioprotection à l'externe, par une compagnie reconnue dans le domaine. Une mise à jour de la formation est effectuée tous les 5 ans.

Sommaire de la formation : Le contenu de la formation est défini par la firme donnant la formation et selon les besoins des participants.

Exemple de contenu de formation donnée à des responsables de la radioprotection du domaine médical et universitaire:

- Module 1 – Le facteur humain
- Module 2 - Le rôle du responsable de la radioprotection
- Module 3 – La physique : théorie et exercices
- Module 4- La mécanique : utilisation et application
- Module 5 – La radioprotection
- Module 6- Les effets biologiques
- Module 7 – Le programme de radioprotection
- Module 8 – Les mesures d'urgence
- Module 9 – La réglementation
- Module 10 – Le transport

9.2 Utilisateurs

Les prochaines sections présentent les types de formations données.

Les formations de base et de rappel sont offertes trois fois par année à l'Université, ou plus souvent lorsque la demande l'exige. Elles sont annoncées par l'envoi d'un courriel à tous les titulaires d'autorisations internes et à leur responsable de laboratoire, ou par l'envoi d'un courriel personnel pour les formations de rappel. Des mesures d'aide sont offertes pour les candidats anglophones.

9.2.1 Radioprotection de base

Toute personne qui désire être inscrite comme utilisateur de substances nucléaires sur une autorisation interne doit au préalable suivre une formation obligatoire de groupe, d'une durée de 4 heures, avec un questionnaire en fin de formation, et qui donne droit à une certification valide pour 3 ans.

Sommaire de la formation : Le contenu de cette formation de base comprend tous les éléments décrits plus haut.

9.2.2 Radioprotection de base – rappel

Des formations de rappel de 90 minutes doivent être suivies tous les 3 ans, lorsque les certificats arrivent à échéance.

9.2.3 Réception et manutention de colis classe 7

Cette formation est incluse dans la formation de base en radioprotection. Cette formation décrit le contexte réglementaire entourant la réception et la manutention de colis de classe 7 (matières radioactives). Cette formation permet au personnel de reconnaître les situations anormales et d'identifier les personnes à contacter en cas d'urgence.

Sommaire de la formation : Cette formation est incluse dans la formation de base. Elle permet aux utilisateurs 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 sur la radioprotection, d'une durée d'une heure avec un questionnaire. La formation comporte un chapitre sur la sécurité. Malgré l'important roulement d'employés dans ce secteur, des efforts sont investis afin que des formations de rappel soient données tous les trois ans.

Sommaire de la formation : Permettre 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. Des efforts sont investis afin que des formations de rappel soient données tous les trois ans.

Sommaire de la formation : 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 décrit également la manutention des colis contenant des substances radioactives, permet 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 lorsque possible une formation d'une durée de 30 minutes avec un questionnaire. Des efforts sont investis afin que des formations de rappel soient données tous les trois ans. Toutefois, compte tenu de l'important roulement de personnel dans ce secteur, un document de formation de base a été préparé et révisé par la responsable de la radioprotection. Ce document est inclus dans le cahier de formation des nouveaux employés qui n'ont pas reçu de formation en radioprotection : ils doivent lire le document qui décrit les actions importantes à poser (ex. : port de gants, lavage de main, etc.) ou à ne pas poser (ex. ne pas toucher les contenants portant le symbole trifolié), en laboratoire.

Sommaire de la formation : Permettre 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 dans la base de données Access pour toutes les personnes qui ont reçu une ou plusieurs des formations décrites plus haut.

10. MESURES DE SÉCURITÉ

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

10.1 Contrôle des accès

Les locaux et les enceintes de stockage autorisés 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 les 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 contenant des substances nucléaires doivent être verrouillés lorsque les travailleurs autorisés en sont absents. Un panneau portant la mention «VERROUILLEZ LES PORTES LORSQUE LE LABORATOIRE EST INOCCUPÉ» est apposé sur les portes des laboratoires contenant des substances nucléaires. Les enceintes d'entreposage doivent également être verrouillées lorsqu'elles ne sont pas sous la surveillance directe des travailleurs autorisés.

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

- La mise en place d'un contrôle des clés.
- La fixation des enceintes de stockage au mobilier.

10.1.2 Mesures particulières pour certains locaux

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.

Les alarmes sont vérifiées⁴¹ tous les six mois. Les secteurs impliqués lors des tests d'alarme sont :

- Secteur de la radioprotection du Service de sécurité et de prévention (SSP).
- Secteur de la gestion des systèmes de sécurité du SSP.
- Secteur des opérations de sécurité du SSP.
- Firme externe spécialisée dans les systèmes de sécurité (impliquée une fois par an).

Lors des vérifications, l'intervention faite par les agents du SSP est évaluée, ainsi que les éléments techniques et logiciels des alarmes. Après vérification, le secteur de la radioprotection produit et archive des rapports de vérification des alarmes.

⁴¹ Les alarmes vérifiées sont : alarme de porte forcée et de porte ouverte trop longtemps, code de contrainte et alarme de détecteur de mouvements.

10.2 Contrôle des substances nucléaires

10.2.1 Acquisition

La responsable de la radioprotection, ou la personne désignée en son absence, autorise chaque nouvelle commande de substances nucléaires 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 préposés à la réception distribuent le colis 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 à partir de celles-ci sont inscrits dans un inventaire informatisé (SYGEMAR) qui permet d'en suivre la trace depuis l'arrivée du contenant dans le laboratoire, jusqu'à son élimination par le secteur de la radioprotection, ainsi que celle des déchets produits.

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 gardées sous clé jusqu'à leur élimination.

Seules les substances gazeuses (par exemple $^{14}\text{CO}_2$) peuvent être rejetées dans l'atmosphère si leur activité sur une période de temps défini (volume déterminé) est en deçà des normes permises par le permis de l'Université.

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.

10.3.1 Plans de sécurité

Pour chaque source de catégories 1, 2 et 3, la CCSN demande qu'un plan de sécurité soit produit. Des plans de sécurité ont été soumis et acceptés par la Division de la sécurité nucléaire de la CCSN pour des sources de catégorie 2 et 3 à l'Université.

Dans ce contexte, les titulaires d'autorisations internes et les travailleurs concernés se conforment aux politiques du Comité de radioprotection et aux consignes de la responsable de la radioprotection. En outre, l'utilisation non autorisée, la perte, la disparition, le vol ou le sabotage de substances nucléaires ou d'appareils à rayonnement doit être rapporté immédiatement à la responsable de la radioprotection, qui avisera immédiatement la CCSN et, s'il y a lieu, les autorités locales (voir la [section 12.1](#)).

En cas d'incident, la responsable la radioprotection peut exiger du titulaire d'autorisation interne l'affectation de toutes ses ressources humaines à la résolution de la situation et tous les efforts raisonnables en ce sens doivent être entrepris.

11. PROCÉDURES D'URGENCE

Le SSP gère un centre de traitement des appels (CTA), opérationnel jour et nuit, et un service de patrouille et d'intervention couvrant tout le campus. En cas d'incidents, d'accidents ou autres événements inhabituels, le secteur des opérations du Service de sécurité et de prévention (SSP) de l'Université offre un appui logistique et opérationnel au secteur des risques spécifiques, auquel le secteur de la radioprotection est rattaché.

Lors de la vérification biannuelle des alarmes, les tests d'alarmes simulés montrent que les agents de sécurité et de prévention répondent généralement aux appels d'urgence dans un délai de moins de dix minutes.

11.1 Interventions d'urgence (généralités)

11.1.1 Rôles des intervenants

À la réception d'un appel d'urgence mettant en cause une substance nucléaire ou un appareil à rayonnement, le **répartiteur** du CTA demande à l'interlocuteur d'éloigner les personnes à proximité de l'incident et lui demande les renseignements sur la substance en cause. Il donne l'emplacement exact de l'alerte sur les ondes et demande l'assistance de la responsable de la radioprotection. Il vérifie dans une base de données informatisée (BD Urgence) les risques reliés à l'emplacement ainsi que les coordonnées des personnes responsables.

L'**agent de sécurité et de prévention** qui agit comme premier répondant se dirige sur les lieux, prend contact avec le demandeur et lui demande de rester disponible. Il demande les détails sur la substance ou l'appareil en cause et, au besoin, procède à l'évacuation des personnes dans le secteur touché. Il appose des rubans DANGER et érige un périmètre de sécurité qu'il surveille pour limiter l'accès aux personnes autorisées uniquement. Il dirige les personnes non touchées vers la sortie et les informe du lieu de rassemblement.

Le **chef d'équipe** se rend sur les lieux pour diriger l'intervention des agents. Si des recommandations de la responsable de la radioprotection sont reçues, ses recommandations sont appliquées (par exemple, faire ajuster le périmètre de sécurité et, si nécessaire, procéder à l'évacuation partielle du bâtiment). Il dirige ou fait diriger les pompiers ou autres ressources sur les lieux.

Si la situation le nécessite, un **superviseur** peut également se diriger sur place pour établir un poste de commandement et informer le(s) responsable(s) des lieux, s'il y a lieu. Selon les recommandations de la responsable de la radioprotection, il demande au répartiteur d'aviser tout le personnel nécessaire (Service des immeubles, pompiers, policiers et ambulanciers, etc.).

Un rapport d'événement est généré automatiquement par le CTA. On y retrouve les informations reliées à l'événement (endroits, heures, noms des intervenants, risques présents, etc.). Une copie de ce rapport est envoyée systématiquement à la responsable de la radioprotection par courriel.

La **responsable de la radioprotection** qui a été informée se dirige sur les lieux, évalue la situation et transmet les avis scientifiques au superviseur, au chef d'équipe ou aux agents de sécurité et de prévention présents. Elle demande au superviseur d'appeler une assistance externe si nécessaire. Elle effectue lorsque possible les manipulations nécessaires, comme l'absorption et la récupération des substances nucléaires ou la décontamination des surfaces.

- Elle fournit l'équipement d'urgence complet pour l'équipe de radioprotection (EPI, dosimètres, détecteurs portatifs, matériel de décontamination, etc).
- Elle consigne la chronologie des événements.
- Elle tient à jour une liste de personnes à contacter en cas d'urgence.
- Elle estime les doses reçues par les travailleurs et les membres de la population ayant pu être touchés par l'événement.
- Elle contacte au besoin les fabricants des substances ou appareils en cause ou des experts-conseils en radioprotection.
- Elle notifie la CCSN conformément aux conditions de permis ou aux dispositions réglementaires.

11.1.2 Numéros de téléphone d'urgence

- Service de sécurité et de prévention de l'Université :
 - Sur le campus : au poste 5555 ou par les téléphones rouges
 - Avec un téléphone cellulaire : 418-656-5555
- Responsable de la radioprotection de l'Université :
 - 418-656-2131 poste 402893 ou 418-654-8936
- Service d'urgence de la CCSN :
 - 613-995-0479

11.1.3 Informations à fournir en cas d'urgence

- L'endroit
- La substance en cause
- La quantité approximative (activité et volume) du produit déversé
- Le risque de contamination (contamination interne possible ou non)
- Le nom des personnes impliquées et celui du professeur responsable
- Le numéro de téléphone où on peut rejoindre la personne impliquée

11.2 Déversement

Lors du déversement d'un radionucléide dans un laboratoire, il faut suivre les instructions de l'affiche de sûreté de la CCSN [Procédure en cas de déversement](#) qui est affichée dans tous les laboratoires où se trouvent des sources ouvertes. Des procédures plus détaillées se trouvent aux 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 pour les déversements radioactifs

Toute salle où l'on utilise ou entrepose des substances nucléaires devrait avoir accès aux items suivants :

- Matériaux absorbants pour contenir les déversements liquides
- Gants jetables
- Produit décontaminant pour la peau et pour les surfaces
- Matériel de nettoyage : papier absorbant, brosse et détergent
- Ramasse-poussière
- Contenants appropriés pour les déchets générés durant la décontamination
- Ruban adhésif jaune, étiquettes, etc., pour mettre en place un périmètre de sécurité

11.2.1 Déversement MINEUR

Définition :

- Petit déversement (généralement ≤ 100 fois la quantité d'exemption)
- Absence d'exposition au rayonnement
- Absence de contamination (interne ou externe)
- Débit de dose ambiant $\leq 25 \mu\text{Sv/h}$
- Radionucléides en cause : émetteurs bêta faibles (tritium ou carbone 14)
- Absence d'un rejet dans l'AIR ou dans l'EAU (par exemple, sans s'y limiter, à la suite d'un incendie, d'un dégât d'eau, etc.)

Actions :

1. Mettre son sarrau et des gants jetables.
2. Avisez les personnes présentes dans l'environnement proche du déversement.
3. Contenir la substance déversée :
 - **Déversements liquides** : déposez un matériau absorbant (papier absorbant, solide absorbant de type vermiculite, etc.) sur la zone pour absorber le liquide.
 - **Déversements secs** : étendre des papiers mouillés sur la zone de déversement en s'assurant de ne pas étendre la contamination.
4. Marquez le contour de la zone contaminée si nécessaire.
5. Recueillir les matériaux absorbants, de l'extérieur vers l'intérieur puis :
 - Les jeter dans un sac en plastique identifié.
 - Déposez le sac dans un contenant identifié de substances nucléaires contaminées.
6. Évaluez 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 qui a été marquée ou évaluée visuellement.
7. Au besoin, nettoyez la zone contaminée avec une solution de détergent ou un vaporisateur spécifique (« Decon », « NoCount », etc.) et du papier absorbant :
 - Procédez à partir de la périphérie vers le centre.
 - Vérifiez la contamination résiduelle (frottis ou radiamètre).
 8. Continuez le nettoyage jusqu'à ce que les résultats soient⁴² :
 - $\leq 3 \text{ Bq/cm}^2$ dans toutes les zones où des radionucléides non scellés sont utilisés ou stockés.
 - $\leq 0,3 \text{ Bq/cm}^2$ dans toutes les autres zones.
 9. Jetez tout matériau ou objet contaminé dans des contenants identifiés de substances nucléaires contaminées.
 10. Contrôlez la contamination des mains, des vêtements et des chaussures.
 11. Communiquez avec la responsable de la radioprotection pour lui transmettre l'information préliminaire.
 12. Consignez la chronologie des événements et les mesures du niveau de contamination, avant et après décontamination, s'il y a lieu.
 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 exposition au rayonnement
- Potentielle contamination (interne ou externe)
- Débit de dose ambiant > 25 $\mu\text{Sv/h}$
- Rejet dans l'AIR ou dans l'EAU (par exemple, sans s'y limiter, à la suite d'un incendie, d'un dégât d'eau, d'une fuite de gaz, substances volatiles, etc.)

Actions :

1. Faire évacuer toutes les personnes non concernées par le déversement.
 - Les personnes ayant pu être contaminées doivent rester dans l'environnement proche afin d'être examinées.
2. Laissez toute ventilation fonctionner et si le laboratoire en est équipé, actionner la ventilation renforcée.

⁴² Selon une moyenne établie pour une surface ne dépassant pas 100 cm².

3. Le personnel non formé ne doit pas tenter de nettoyer le déversement.
4. Si possible et sans risques, recouvrir la substance déversée d'un matériau absorbant pour réduire au minimum la dispersion de la contamination après avoir mis un sarrau et des gants jetables.
5. Délimitez le secteur pour en protéger l'accès.
 - Sortir de la pièce au besoin.
 - i. Fermer la porte.
 - Empêchez l'accès à la zone jusqu'à l'arrivée de l'équipe d'intervention.
6. Aviser le Service de sécurité et de prévention.
 - Préciser que la **responsable de la radioprotection doit être avisée.**
7. Si des personnes ont été contaminées : voir la section suivante en attendant l'arrivée de la responsable de la radioprotection.
8. Consignez :
 - Le nom des personnes impliquées.
 - Le détail des contaminations personnelles.
 - La chronologie des événements.
9. 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. Lavez la zone affectée avec de l'eau tiède et un savon doux pour au moins 15 minutes.
 - N'utilisez pas de brosse ou de nettoyant abrasif.
2. Contrôlez 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 (Exigences imposées aux titulaires de permis dans le cas des événements entraînant une contamination de la peau – DRSN).

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 afin d'être prises en charge. Les hôpitaux du CHU de Québec sont recommandés.

Inhalation de matière en suspension

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

Ingestion

Rincer immédiatement la bouche avec de l'eau.

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. Met en place les mesures pour limiter ou mettre fin à l'exposition.
4. 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.
5. Informe la CCSN, dans les 21 jours, des conclusions de l'enquête.

Les limites de doses pour les membres du public et les travailleurs de l'Université, pour une année civile, sont les suivantes :

- Dose efficace au corps entier : 1 mSv
- Dose équivalente aux extrémités et à la peau : 50 mSv
- Dose au cristallin : 15 mSv

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 (sans s'y limiter)⁴³ :

- 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.

⁴³ [RETSN, 2015](#), article 35.

- Une situation potentiellement dangereuse pour la santé ou l'environnement.

Actions :

Sans délai après la survenance 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 dangereuse⁴⁴ :

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 noms, adresses postales et numéros de téléphone des personnes qui ont pu être exposées à la substance nucléaire ou contaminées par celle-ci, et leur demande de demeurer disponibles afin d'être examinées par un expert en radioprotection.

11.6 Incendies

En cas d'incendie, la sécurité des personnes est prioritaire. Dans ce cas, il faut suivre les mesures générales à appliquer en cas d'incendie (éviter les ascenseurs, se diriger vers la sortie la plus proche, rejoindre le lieu de rassemblement, etc.).

Pour la radioprotection, 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. Notez 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.

⁴⁴ [RETSN, 2015](#), article 36.

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

La direction de l'Université, le Comité de radioprotection ou la responsable de la radioprotection avisent **immédiatement** l'agent de service de la CCSN s'il se présente l'une des situations suivantes :

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 limites⁴⁵ applicables pour toute aire de 300 cm² de toute partie de la surface du colis ou du moyen de transport :
 - 4 Bq/cm² pour les émetteurs bêta et gamma et les émetteurs alpha de faible toxicité.
 - 0,4 Bq/cm² 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

Soit un 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.

⁴⁵ [AIEA, 2012](#)

Déversement

Pour les mesures d'urgence lors de déversements, voir la [section 11.2](#).

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

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 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, de la part des travailleurs, et 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.

13. APPAREILS À RAYONS X

Différents appareils produisant des rayons X sont utilisés sur le campus, pour l'enseignement ou pour la recherche. On distingue deux types d'appareils à rayons X selon leur utilisation, soit les appareils analytiques (appareils d'analyse aux rayons X) et les appareils cliniques (les appareils utilisés en radiographie).

13.1 Appareils analytiques

Les appareils analytiques sont des appareils émetteurs de rayons X surtout utilisés en recherche. Certains appareils présents sur le campus sont autobloqués, d'autres sont des prototypes expérimentaux.

Les appareils analytiques ne sont pas utilisés chez l'humain ou chez les animaux.

13.1.1 Normes

Les appareils à rayons X analytiques doivent satisfaire aux lois et règlements de Santé Canada qui suivent.

- [Loi sur les dispositifs émettant des radiations](#) (L.R.C.(1985), Ch-1)
- [Règlement sur les dispositifs émettant des radiations](#) (C.R.C.(1985), Ch. 1370)

En ce qui concerne la radioprotection, des lignes directrices sont décrites dans les documents de Santé Canada suivants :

- [Appareils d'analyse aux rayons X-exigences et recommandations en matière de sécurité - Code de sécurité 32](#) (1994)
- [Addenda au code de sécurité 32 : Appareils FRX portatifs manuels comprenant un tube à rayons X à faisceau ouvert](#) (2014)

13.1.2 Acquisition

Toute nouvelle acquisition, qu'il s'agisse d'un appareil neuf ou usagé, doit être rapportée au secteur de la radioprotection de l'Université.

13.1.3 Inventaire

Un inventaire des appareils à rayons X analytiques présents à l'Université est tenu par le secteur de la radioprotection.

13.1.4 Mise au rebut

Avant toute mise au rebut d'un appareil à rayons X, la responsable de la radioprotection doit être avisée afin qu'elle puisse s'assurer que l'appareil a été rendu inutilisable.

13.1.5 Inspection

Les appareils à rayons X analytiques sont inspectés tous les 3 ans par une firme externe, conjointement avec le secteur de radioprotection de l'Université.

13.2 Appareils cliniques

Les appareils à rayons X cliniques sont des appareils émetteurs de rayons X utilisés en radiologie. À l'université Laval, ces appareils sont utilisés à la Faculté de médecine dentaire ou en médecine vétérinaire.

13.2.1 Normes

Les appareils à rayons X cliniques doivent satisfaire aux lois et règlements qui suivent.

- [Règlement d'application de la Loi sur les laboratoires médicaux, la conservation des organes et des tissus et la disposition des cadavres](#) (R.R.Q., 1981, c. P-35, r. 1; L.Q. 2001, c. 60, a. 149)
- [Loi sur les dispositifs émettant des radiations](#) (L.R.C.(1985), Ch-1)
- [Règlement sur les dispositifs émettant des radiations](#) (C.R.C.(1985), Ch. 1370)

En ce qui concerne la radioprotection en dentisterie, des lignes directrices sont décrites dans le document de Santé Canada suivant :

- [Radioprotection dans l'exercice de la dentisterie – recommandations concernant l'utilisation des appareils de radiographie dentaire - Code de sécurité 30](#) (1999)

En ce qui concerne la radioprotection en médecine vétérinaire, des lignes directrices sont décrites dans le document de Santé Canada suivant :

- [Radioprotection en médecine vétérinaire - mesures de sécurité recommandées relativement à l'installation et à l'utilisation d'appareils à rayons x en médecine vétérinaire - Code de sécurité 28](#) (1991)

13.2.2 Inspection

L'inspection de ces appareils doit être effectuée tous les 3 ans par une firme externe. Pour ces appareils, l'inspection implique également la structure de la salle et du blindage.

L'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) demande ainsi une inspection en fonction de la date de mise en fonction de l'appareil, mais également lors de toute modification qui a lieu dans la salle de radiographie (ex. déplacement d'un appareil).

13.3 Dosimétrie

Lorsque requis, des dosimètres sont distribués aux personnes travaillant avec un appareil à rayons X, analytiques ou cliniques (voir la [section 3.4.3](#)).

ANNEXE 1 – FORMULAIRE DE DÉCLASSEMENT



Service de sécurité et prévention
Division des risques spécifiques - radioprotection

Déclassement et destination ultime des substances nucléaires

Nom du titulaire de permis	Numéro de permis	Date
Pavillon(s)	Local/Locaux déclassé(s)	

Toutes les activités autorisées par le permis ont cessé et toutes les substances nucléaires et/ou tous les appareils à rayonnement que possédait le titulaire de permis ont été transférés ou éliminés de la manière suivante (cocher ce qui est applicable) :

- Transfert à un autre titulaire
Nom :
Numéro de permis :
Date du transfert :
- Transfert dans un autre local autorisé du titulaire. Local : _____
- Retour au fournisseur
- Élimination selon les procédures du service de radioprotection
- Transfert à une entreprise autorisée pour l'élimination des déchets
- Entreposage en vue d'une élimination prochaine
- Sans objet (Le titulaire ne possédait aucune substance/appareil au moment du déclassement)

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

- Qu'il n'y a pas de contamination radioactive.
- Que toute contamination résiduelle est dans les limites indiquées dans le permis et qu'elle est la plus faible que l'on peut raisonnablement atteindre (en accord avec le principe ALARA).
- Sans objet (pas de contrôle de la contamination à faire car le titulaire ne possédait pas de substances nucléaires en source ouverte).

L'affichage suivant a été retiré (cocher ce qui est applicable) :

- Tous les panneaux de mise en garde contre les rayonnements.
- Toutes les affiches réglementaires (niveau, déversement de radio-isotopes, ligne directrice pour manutention des colis renfermant des substances nucléaires, etc.).
- L'autorisation interne du titulaire.

S'il y a lieu, joindre à ce document la liste des sources du titulaire et les résultats du contrôle de la contamination.

Nom et titre du responsable de l'attestation	Signature	Date
--	-----------	------

ANNEXE 2 - FORMULAIRE DE TRANSFERT



Service de sécurité et prévention
Division des risques spécifiques - radioprotection

DOCUMENT DE TRANSFERT DE SUBSTANCES NUCLÉAIRES

DESCRIPTION DE LA SUBSTANCE NUCLÉAIRE TRANSFÉRÉE

Isotope :
Activité :
Date de référence :
Forme chimique ou physique :
Remarque :

TRANSFÉRÉE DE

Numéro de permis :
Responsable de la radioprotection :

Organisme :
Adresse :

TRANSFÉRÉE VERS

Numéro de permis :
Responsable de la radioprotection :

Organisme :
Adresse :

SIGNATURES DES RESPONSABLES :

DATE :

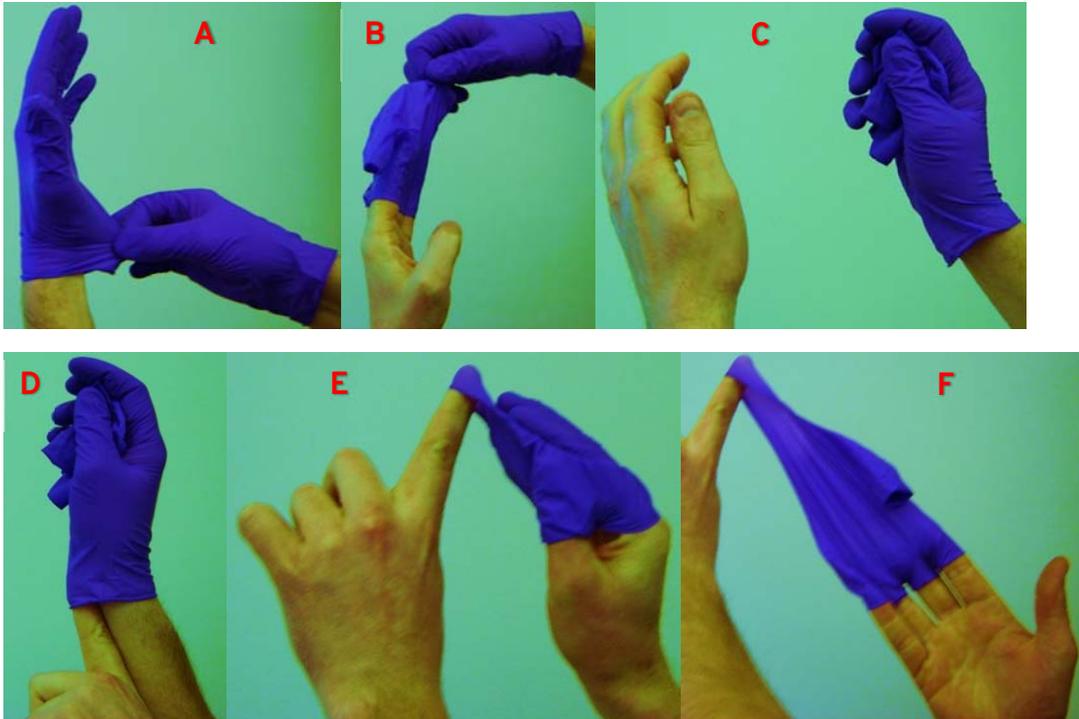
Nom

Nom

Pavillon Ernest-Lemieux
Bureau 1533
Québec QC G1V 0B1
Canada

Tel : (418) 656-2131 poste 2893
Télécopie : (418) 656-8617
Annie.Michaud@ssp.ulaval.ca
www.ssp.ulaval.ca/radioprotection.htm

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 (évitiez 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 (μ Ci)	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 (μ Ci)
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 (μ Gy)
1 microrad (μ rad)	10 nanograys (nGy)

Le Gray (Gy) remplace le rad (rad)

1 gray (Gy)	100 rads (rad)
1 milligray (1mGy)	100 millirads (mrad)
1 microgray (μ Gy)	100 microrads (μ rad)
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 (μ Sv)
1 microrem (μ rem)	10 nanosieverts (nSv)

Le Sievert (Sv) remplace le rem (rem)

1 Sievert (Sv)	100 rems (rem)
1 millisievert (mSv)	100 millirems (mrem)
1 microsievert (μ Sv)	100 microrems (μ rem)
1 nanosievert (nSv)	100 nanorems (nrem)

ANNEXE 5 - PRINCIPAUX RADIONUCLÉIDES TRANSPORTÉS À L'UNIVERSITÉ

Tableau 1 : Classification des principaux radionucléides transportés à l'Université, basée sur le Règlement de l'[AIEA, 2012](#).

Radionucléide	Limite colis exempté		Limite d'activité colis excepté			Limite Type A Forme spéciale	Limite Type A Autre forme
	Limite d'activité (MBq)	Limite d'activité massique (Bq/g)	Matière solide (MBq)	Matière solide Forme spéciale (MBq)	Matière liquide (MBq)	Valeur de A1 (GBq)	Valeur de A2 (GBq)
Am-241	0.01	1	1	10 000	0.1	10 000	1
Ba-133	1	100	3000	3000	300	3000	3000
C-14	10	10000	3000	40000	300	40000	3000
Co-60	0.1	10	400	400	40	400	400
Cs-137	0.01	10	600	2000	60	2000	600
H-3	1000	1000000	40000	40000	4000	40000	40000
Pb-210	0.01	10	50	1000	5	1000	50

Notes :

- Ce tableau ne s'applique pas lorsque la matière radioactive est enfermée dans des composants inactifs et située dans un appareil ou un objet manufacturé.
- 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, 2012](#), 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.

ANNEXE 6 - CALCUL DE L'ACTIVITÉ EN BECQUEREL/CM² LORS D'ESSAIS PAR FROTTIS

Le niveau de contamination radioactive des surfaces des laboratoires doit être contrôlé régulièrement. Les limites permises⁴⁶ pour les radionucléides de catégorie C⁴⁷ (³H, ¹⁴C, ³⁵S, ³²P, ³³P, ⁴⁵Ca) sont les suivantes :

- Surfaces de travail normalement accessibles : 300 Bq/cm²
- Autres surfaces (par exemple, les planchers) : 30 Bq/cm²

Voici comment calculer les valeurs en Bq/cm² à partir des résultats en CPM obtenus par comptage à scintillation liquide :

$$Bq/cm^2 = \frac{CPM \text{ nets}}{\left(E \times \frac{60 \text{ sec}}{\text{min}} \times 0,1 \times 100 \text{ cm}^2\right)}$$

- CPM net : on doit soustraire la valeur des blancs 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 cm²: correspond à la surface de 10 cm x 10 cm qui est balayée avec le papier filtre quand on fait le frottis.

Exemple :

Vous comptez un frottis. Le compteur donne un résultat de 520 CPM, les blancs donnent 53 CPM et l'efficacité de comptage est de 48 %.

$$\begin{aligned} Bq / cm^2 &= CPM \text{ nets} / (E \times 60 \times 0,1 \times 100 \text{ cm}^2) \\ &= (520 - 53) / (0,48 \times 60 \times 0,1 \times 100) \\ &= 467 / 288 = \underline{1,62 \text{ Bq} / \text{cm}^2} \end{aligned}$$

Ce résultat est acceptable pour un radionucléide de catégorie C. Cette valeur est inférieure aux normes, que ce soit dans un endroit contrôlé comme un comptoir de travail (norme : 300 Bq/cm²) ou dans un endroit public, comme une poignée de porte (norme : 30 Bq/cm²). Les résultats des frottis doivent être consignés pour au moins trois ans.

⁴⁶ Ces limites sont décrites dans une condition du permis de l'Université.

⁴⁷ Les catégories de radionucléides sont définies dans une annexe du permis de l'Université.