



International Safety Research Inc.



Guide sur les rayons X et la radioprotection



Troisième édition, août 2018

Préparé par

International Safety Research

Août 2018 (troisième édition)

Publié par

Administration canadienne de la sûreté du transport aérien,

Ottawa, Canada

K1P 6B9

Une version électronique de cette publication est disponible à www.catsa-acsta.gc.ca

Ce document a été publié grâce à une contribution de l'ACSTA. Le document a été rédigé d'abord en anglais et traduit en français.

© 2018, Administration canadienne de la sûreté du transport aérien.

Ce document peut être reproduit à des fins non commerciales à condition d'indiquer la source.



Administration canadienne de la sûreté du transport aérien

Guide sur les rayons X et la radioprotection

à l'intention des opérateurs des appareils de radioscopie des bagages

Table des matières

Avant-propos	7
Remerciements	7
Introduction au rayonnement	8
Qu'est-ce que le rayonnement?	8
Que sont les rayons X?	9
Que sont le rayonnement ionisant et le rayonnement non ionisant?	10
Comment un rayon X se déplace-t-il d'un endroit à l'autre?	11
Que signifient « exposition au rayonnement interne » et « exposition au rayonnement externe »?	12
À quelle quantité de rayonnement suis-je exposé de façon naturelle?	13
Est-ce que ce « rayonnement de fond naturel » sera nocif pour moi?	15
À quel point le rayonnement peut-il augmenter mon risque de développer un cancer?	16
L'exposition à long terme aux appareils de radioscopie des bagages représente-t-elle un risque pour la fertilité?	17
Quels sont les effets du rayonnement sur le fœtus?	17
Quelle est la dose maximale de rayonnement pour les travailleuses enceintes?	18
Radioprotection	18
Qu'est-ce qu'est la CIPR?	18
Qu'est-ce que le principe ALARA?	18
Quels sont les meilleurs moyens de me protéger du rayonnement?	19
Quel est l'effet de la durée sur l'irradiation?	19
Comment la distance agit-elle sur l'exposition à la radiation?	19
Comment le blindage agit-il sur l'irradiation?	20
Quel type de blindage protège le mieux contre le rayonnement?	21
Appareils de radioscopie des bagages	22
Qu'est-ce qu'un boîtier d'appareil de radioscopie des bagages?	22
Que signifie « énergie de faible à moyenne intensité en keV »?	24
Comment fonctionne un appareil de radioscopie?	24
Quelles sont les différences entre les appareils de radioscopie des bagages et les autres types d'appareils à rayons X? (p. ex., applications médicale, dentaire, contrôle de fret aérien)	25
Quelles sortes d'appareils de radioscopie des bagages l'ACSTA utilise-t-elle?	27
Les rayons X sont-ils toujours générés lorsqu'on utilise un appareil de radioscopie des bagages?	28
Quelle quantité de rayonnement les appareils de l'ACSTA produisent-ils chaque fois qu'ils	

inspectent un bagage?.....	29
Y a-t-il accumulation du rayonnement à un point de contrôle notamment à cause de la diffusion (c'est-à-dire plus il y a de machines, plus il y a de rayons X)?	29
Quel est le degré de blindage des appareils de radioscopie des bagages de l'ACSTA? Est-ce suffisant pour me protéger du rayonnement en tout temps?	30
Y a-t-il des fuites de rayonnement lorsque les techniciens d'entretien ouvrent les panneaux pour effectuer les travaux d'entretien?	30
En quoi l'endroit où je me tiens assis ou debout a-t-il un effet sur l'irradiation que je subis?	30
Comment les rideaux arrêtent-ils ou réduisent-ils le rayonnement?	31
Quel est le risque d'exposition causé par la séparation des rideaux lorsque les bagages se déplacent dans l'appareil de radioscopie, par rapport aux rideaux fermés?	31
Est-ce qu'un objet traversant l'appareil de radioscopie des bagages (p. ex., nourriture, vêtements, métal) peut devenir radioactif?	32
Combien recevrais-je de rayonnement si je travaillais 40 heures par semaine à une distance de 5 cm d'un appareil de radioscopie des bagages?	32

Règlement sur la radioscopie des bagages au Canada..... 34

Que fait le gouvernement pour me protéger contre un rayonnement excessif?	34
Qu'est-ce que le <i>Code de sécurité 29</i> ?	34
Qu'en est-il des autres codes de sécurité qui traitent des rayons X? S'appliquent-ils à mon milieu de travail?	35
Quelle est la dose maximale de rayonnement à laquelle une personne devrait se limiter selon Santé Canada?	35
Pourquoi les agents de contrôle ne sont-ils pas considérés comme des travailleurs sous irradiation?	35
Pourquoi permet-on au travailleur sous irradiation de s'exposer à 20 fois plus de rayonnement qu'aux gens du public, y compris les agents de contrôle?.....	36
Quelles mesures prennent l'ACSTA et mon employeur pour me garantir que je suis exposé à une dose de rayonnement inférieure à 1 mSv par année?	36
Qu'arrive-t-il si j'atteins la limite annuelle de 1 mSv?	37
Qu'est-ce qu'un essai de contrôle du rayonnement et comment est-il mené?	37
Qu'est-ce qu'un appareil de contrôle du rayonnement?.....	38
Quelle est la fréquence des contrôles du rayonnement?.....	39
Comment savoir si les essais ont été effectués correctement et si l'équipement est sûr?	39
Qu'est-ce qu'un dosimètre?.....	39
Devrais-je porter un dosimètre?	40
À titre d'opérateur d'appareil de radioscopie des bagages, quelles sont mes responsabilités à l'égard de ma sécurité et de celle d'autrui?	40
Quelles sont les responsabilités de l'ACSTA à titre de propriétaire d'appareils de radioscopie à l'égard de la sécurité des agents de contrôle?	41
Quel est le programme d'entretien des appareils de radioscopie de l'ACSTA?	41

Acronymes	43
Lexique	44
Références	46

Avant-propos

La troisième édition de ce manuscrit a été créée par l'International Safety Research à partir des éditions antérieures rédigées par l'Institut de radioprotection du Canada pour l'Administration canadienne de la sûreté du transport aérien (ACSTA). Il a été conçu pour répondre de façon claire aux questions fréquemment posées par le personnel aéroportuaire qui utilise les appareils de radioscopie des bagages, ou qui travaille à proximité de ceux-ci dans les aéroports.

Ce manuscrit porte sur les principes fondamentaux du rayonnement et de la radioprotection, et donne des explications sur les rayons X, les risques qui y sont associés, et les éléments clés du *Code de sécurité 29* de Santé Canada, lequel porte sur les dispositifs à rayons X pour l'inspection des bagages et les agents de contrôle qui les utilisent ou se trouvent à proximité.

Bien qu'un seul document ne puisse répondre à toutes les questions, nous espérons que ce manuel s'avérera un outil de référence utile et pratique.

Les politiques, processus et procédures spécifiques à l'ACSTA ne figurent pas dans ce guide, mais dans les Procédures normalisées d'exploitation (PNE) de l'ACSTA.

Les appareils radioscopiques dont il est fait mention dans ce manuscrit étaient utilisés par l'ACSTA au moment de la publication.

Remerciements

L'Administration canadienne de la sûreté du transport aérien exprime sa reconnaissance envers l'International Safety Research pour avoir compilé la troisième édition du présent Guide.

L'ACSTA reconnaît en outre les contributions de M^{me} Tara Hargeaves et de M. Reza Moridi pour l'élaboration de la version originale du présent guide.

Introduction au rayonnement

► Qu'est-ce que le rayonnement?

Le rayonnement est simplement une énergie émise sous la forme de particules ou d'ondes. Vous ne pouvez pas le détecter à l'aide de vos sens habituels tels que la vue, l'odorat ou le toucher, par exemple. Le rayonnement peut émaner de diverses sources, y compris la nourriture, le soleil et les roches. Même vous, vous êtes naturellement radioactif! Les objets émettant des rayonnements sont appelés *sources* de rayonnement.

Les sources de rayonnement sont des substances telles que des solides, des poussières, des gaz, des vapeurs ou, dans le cas des appareils de radioscopie des bagages, un générateur de rayons X. Habituellement, vous pouvez voir ou toucher une source de rayonnement. Le rayonnement peut provenir de sources naturelles (à savoir, le fond naturel de rayonnement) ou de sources d'origine humaine (par exemple, des appareils de radioscopie).

Lorsque le rayonnement pénètre un objet ou un organisme vivant sur sa trajectoire, une personne par exemple, une partie de l'énergie du rayonnement pourrait être absorbée. Cette énergie absorbée est appelée *dose* de rayonnement. La dose est l'effet physique ou la conséquence du rayonnement.

Pour bien comprendre l'*exposition au rayonnement*, il faut relier les trois concepts que nous venons de décrire – *source*, *rayonnement* et *dose* – en utilisant l'analogie « Arbre, pomme et coup sur la tête ». Dans cette analogie, la source est l'arbre (ce qui génère le rayonnement), la pomme est le rayonnement qui va de l'arbre au corps humain et la dose est le coup sur la tête qui représente l'effet que la pomme a sur la santé physique (rayonnement).

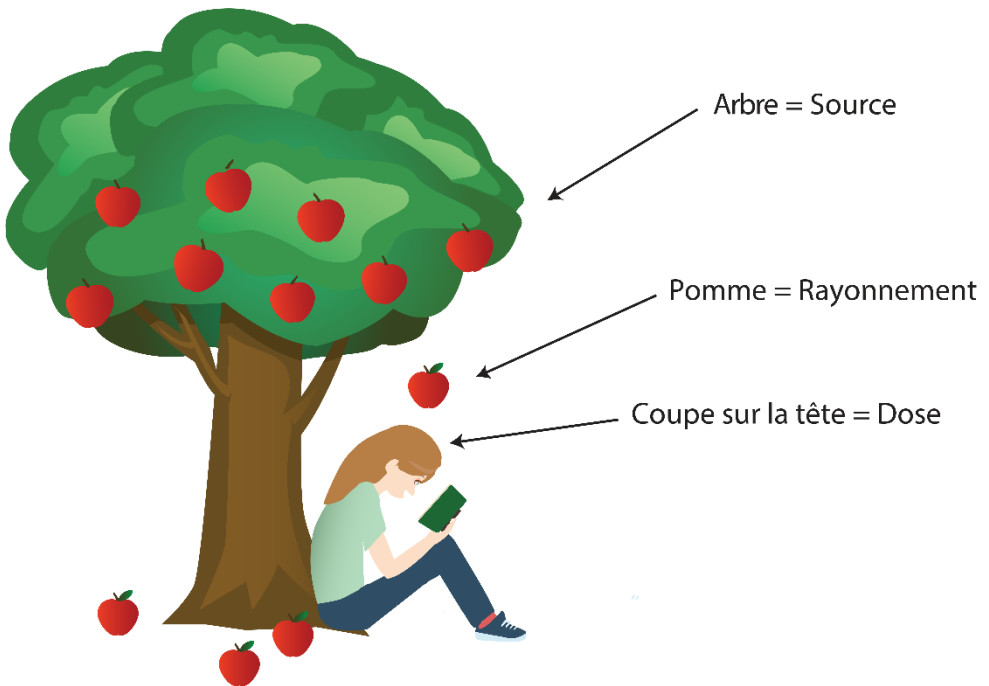


Figure 1 : Analogie de l'arbre, de la pomme et du coup sur la tête.

La dose de rayonnement est représentée en unités de Sieverts (Sv). Un (1) Sievert est une très grande dose. Par conséquent, pour parler des doses reçues par les gens, nous utilisons généralement les millisieverts (mSv). Un (1) mSv correspond à un millième (1/1 000) de Sv (c.-à-d. 1 Sv = 1 000 mSv).

Remarque : Vous trouverez les définitions des termes indispensables à la bonne compréhension du rayonnement dans le lexique à la fin du manuel.

► Que sont les rayons X?

Les rayons X sont des ondes électromagnétiques, semblables aux ondes radio et à la lumière, mais dont la fréquence de transmission et l'énergie sont plus élevées. Les rayons X peuvent pénétrer profondément dans la plupart des matériaux. Cependant, l'utilisation d'un matériau approprié comme le plomb fournit un blindage efficace. Ce point est abordé plus en détail plus loin dans le manuel.

Les rayons X sont le plus souvent produits par des appareils. Quand ces appareils de radioscopie sont sous tension, cela ne signifie pas nécessairement qu'ils produisent des rayons X. L'opérateur de l'appareil doit lui donner des instructions précises (appuyer sur un bouton particulier, pousser un commutateur) pour que des rayons X soient générés.

Contrairement aux autres types de rayonnement, les rayons X ne peuvent rendre les objets sur leur trajectoire radioactifs. Imaginez que les rayons X sont des faisceaux lumineux. Dès que la source lumineuse est éteinte, le faisceau lumineux disparaît et l'obscurité tombe. Les agents de contrôle ne risquent donc pas d'apporter accidentellement une contamination radioactive (p. ex., poussières radioactives) chez eux à la fin de leur journée de travail.

► Que sont le rayonnement ionisant et le rayonnement non ionisant?

Le rayonnement ionisant est un rayonnement doté d'une énergie suffisante pour déloger les électrons des atomes qu'il frappe. L'atome devient chargé ou ionisé à la suite de cette perte d'électrons. Les atomes ionisés sont très réactifs et peuvent endommager les cellules du corps, ce qui peut entraîner des effets néfastes sur la santé. Les rayons X sont un type de rayonnement ionisant.

Le rayonnement non ionisant tel que les ondes radio ou la lumière visible n'a pas assez d'énergie pour ioniser les atomes; la possibilité d'effets néfastes sur la santé est donc faible, voire nulle. Un exemple de source de rayonnement non ionisant d'origine humaine est un scanner corporel typique.

Le spectre électromagnétique, illustré à la **Figure 2**, montre certaines des formes les plus connues de rayonnement électromagnétique. Comme il est illustré, l'énergie du rayonnement augmente de gauche à droite, les rayons gamma étant le rayonnement électromagnétique le plus puissant.

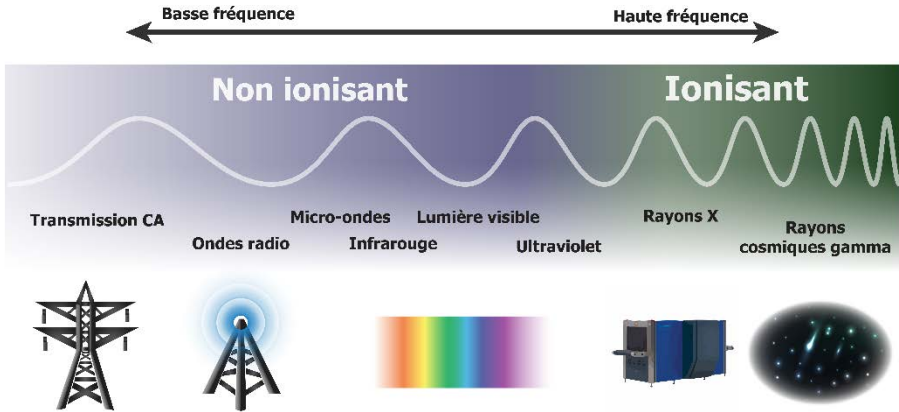


Figure 2 : Spectre électromagnétique

► Comment un rayon X se déplace-t-il d'un endroit à l'autre?

Tout comme la lumière, les rayons X se propagent en ligne droite. Lorsqu'ils rencontrent un objet, ils peuvent passer directement à travers l'objet, mais parfois ils rebondissent sur l'objet et peuvent finir par dévier dans de multiples directions; un phénomène appelé « diffusion » (*Figure 3*). Par ailleurs, certains rayons X perdront leur énergie en traversant un objet, et puisqu'un rayon X n'est rien d'autre que de l'énergie, lorsque l'énergie est dissipée, il en va également ainsi du rayon X. Ce processus s'appelle « atténuation » (*Figure 4*).

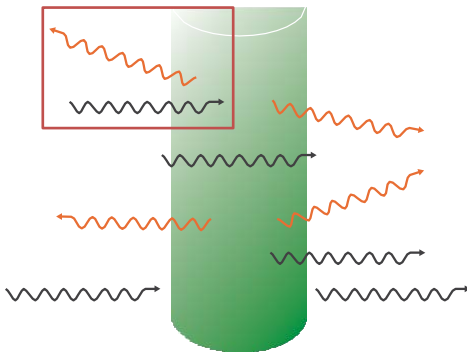


Figure 3 : Diffusion des rayons X. Lorsque les rayons X rencontrent un objet, certains d'entre eux interagissent et seront diffusés dans

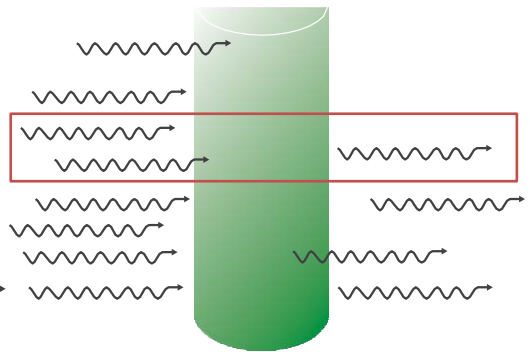


Figure 4 : Atténuation des rayons X. Lorsqu'un faisceau de rayons X rencontre un objet, quelques rayons X interagissent avec les atomes dans l'objet

différentes directions alors que d'autres traverseront l'objet librement. Dans le diagramme, les rayons rouges représentent les rayons X diffusés.

et perdront toute leur énergie. Il en résulte que moins de rayons X réussiront à arriver de l'autre côté de l'objet.

► Que signifient « exposition au rayonnement interne » et « exposition au rayonnement externe »?

La distinction entre l'exposition au rayonnement interne et au rayonnement externe réside dans l'emplacement de la source de rayonnement.

L'exposition au rayonnement est externe si la source du rayonnement se trouve à l'extérieur du corps (voir *Figure 5*). L'exposition aux rayons X est un exemple d'exposition au rayonnement externe. La source de rayonnement, les tubes à rayons X, est située à l'extérieur du corps. Par conséquent, elle n'exposera jamais une personne au rayonnement de l'intérieur du corps.



Figure 5 : Exposition au rayonnement externe. Un appareil de radioscopie des bagages est une source d'exposition au rayonnement externe.

L'exposition au rayonnement est interne si la source du rayonnement se trouve à l'intérieur du corps. Cette exposition peut se produire si des particules radioactives pénètrent dans le corps par la nourriture, la boisson, la respiration, ou par une blessure contaminée par des radiations. Le potassium 40, forme radioactive présente dans le potassium naturel tel qu'on le trouve dans les bananes et le lait, est un exemple courant d'une telle source d'exposition au rayonnement interne (voir *Figure 6*). Lorsqu'une personne mange une banane, une petite quantité de potassium radioactif se trouvant dans la banane est retenue dans le corps. Le potassium émet alors des radiations pendant qu'il est présent à l'intérieur du corps.

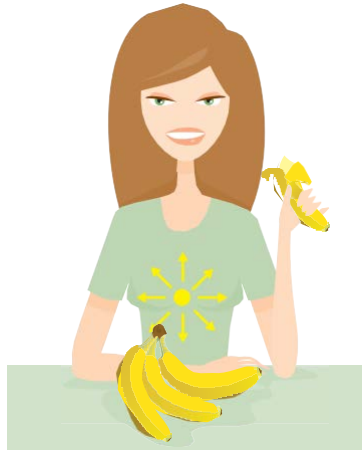


Figure 6 : Exposition au rayonnement interne. Nous sommes tous exposés au rayonnement interne à partir des aliments que nous mangeons. Quand nous mangeons, nous incorporons dans notre corps de petites quantités d'atomes radioactifs naturels.

► À quelle quantité de rayonnement suis-je exposé de façon naturelle?

Le rayonnement est inévitable, car les aliments que nous consommons, l'air que nous respirons, le sol qui nous soutient et les étoiles dans le ciel nous exposent tous au rayonnement. Ces sources de rayonnement sont ce qu'on appelle « rayonnement d'origine naturelle ». D'après la Commission canadienne de sûreté nucléaire, les Canadiens reçoivent une dose d'environ 1,77 millisievert (mSv) de rayonnement chaque année provenant de ce fond naturel de rayonnement, et la dose efficace totale moyenne à l'échelle mondiale est d'environ 2,4 mSv¹. Le terme *dose efficace* est utilisé pour indiquer que les propriétés dommageables de différents types de rayonnement ont été prises en compte lors de leur combinaison pour produire une estimation de la dose totale.

¹ Valeurs de dose provenant de la publication de la CCSN intitulée *Introduction au rayonnement*, 2012.

Doses moyennes au Canada provenant du rayonnement de fond naturel

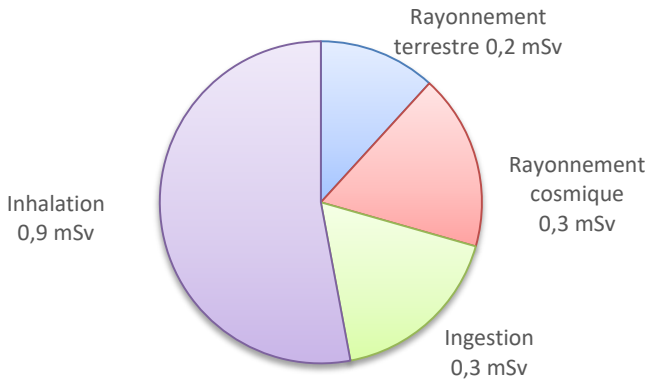


Figure 7 : Doses moyennes au Canada provenant du rayonnement de fond naturel ²

Explorons ensemble quelques-unes des principales sources de rayonnement naturel :

Rayonnement cosmique

L'espace intersidéral est une mer de rayonnement. Les étoiles et les supernovæ émettent plusieurs formes de rayonnement. Une grande part du rayonnement gamma est incapable de traverser notre atmosphère, mais une partie réussit à atteindre la surface de la Terre, et à nous atteindre.

Rayonnement terrestre

La Terre contient toutes sortes de matières radioactives. Le sol terrestre est composé de faibles quantités d'uranium et d'autres atomes radioactifs. Nous sommes exposés au rayonnement émis par ces atomes. Ainsi, lorsque l'uranium se désintègre, le cycle de transformation passe, entre autres, par un gaz radioactif, le radon, pour devenir finalement stable. Le radon émerge du sol et se mélange à l'air. Lorsqu'on respire, on inspire aussi le radon qui devient alors une source interne d'exposition au rayonnement.

Ingestion (p. ex., nourriture)

Les aliments provenant de la terre contiennent les nutriments et les minéraux du sol. Certains de ces nutriments et minéraux peuvent contenir des atomes

² Valeurs de dose provenant de la publication de la CCSN intitulée *Introduction au rayonnement*, 2012.

radioactifs qui se retrouvent dans les aliments. Quand nous mangeons ces aliments, nous consommons des atomes radioactifs qui deviennent une source interne de rayonnement. La consommation de bananes, par exemple, représente une exposition au rayonnement interne. Le carbone 14 qui se trouve dans les plantes et les animaux est un autre exemple d'atome radioactif présent dans les aliments. De plus, des traces de minéraux radioactifs sont naturellement présentes dans le contenu de l'eau potable.

Inhalation

La plus grande partie de notre dose provenant du rayonnement naturel résulte de l'inhalation de gaz radioactifs (par exemple le radon) dans l'air. Le radon est un gaz incolore et inodore qui est produit par la désintégration de l'uranium. Le radon se trouve généralement dans les roches ignées et le sol. Il peut s'infiltrer dans les maisons, auquel cas les occupants se retrouvent exposés.

Comme on l'a vu plus haut, la dose de rayonnement naturel reçue par une personne dépend de plusieurs facteurs. La **Figure 8** présente une dose efficace annuelle moyenne provenant de sources naturelles à travers le monde.

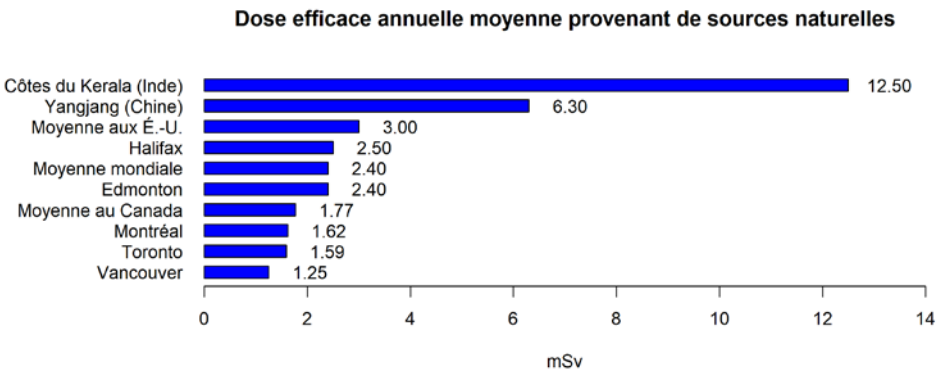


Figure 8 : Dose efficace annuelle moyenne provenant de sources naturelles³

► Est-ce que ce « rayonnement de fond naturel » sera nocif pour moi?

Tout rayonnement a le potentiel d'être nocif, et le rayonnement de fond naturel ne fait pas exception à la règle. À titre d'exemple, le radon, gaz radioactif qui se trouve naturellement dans l'air, a le potentiel de causer le cancer des poumons. On peut prendre des moyens pour réduire ce risque, mais il est impossible de l'éliminer, tout comme on ne peut pas éliminer les autres sources de rayonnement d'origine

³ Valeurs de dose provenant de la publication de la CCSN intitulée *Introduction au rayonnement*, 2012.

naturelle. En général, le degré d'exposition au rayonnement est si faible que nous n'avons pas à nous en préoccuper. En fait, Santé Canada déclare que « rien n'indique que les radiations qui existent normalement dans le milieu naturel augmentent les risques de cancer » dans son *Code de sécurité 29* (dont il sera question plus bas).

► À quel point le rayonnement peut-il augmenter mon risque de développer un cancer?

La Société canadienne du cancer estime que pour les Canadiens, la probabilité de mourir d'un cancer est d'environ 25 %. Pour illustrer l'importance des risques de cancer lié au rayonnement, imaginez un groupe de Canadiens qui exercent une profession ou une activité qui augmente leurs doses annuelles de rayonnement de 1 mSv. Pour chaque année où la dose est accrue, le risque de décès éventuel du cancer pour les membres de ce groupe augmente de 0,005 %. Le tableau ci-dessous montre l'effet de 10, 20, 30 et 40 ans des doses supplémentaires annuelles de 1 mSv sur les risques de cancer auxquels sont exposés les membres de ce groupe.

Nombre d'années d'exposition entraînant une dose annuelle de 1 mSv	Risque initial de décès lié au cancer pour les Canadiens	Risque supplémentaire de mourir du cancer en raison de la dose annuelle de 1 mSv	Nouveau risque global de mourir d'un cancer avec une dose d'exposition annuelle de 1 mSv
10	25 %	+0,05 %	25,05 %
20		+0,10 %	25,10 %
30		+0,15 %	25,15 %
40		+0,20 %	25,20 %

Tableau 1 : Risque de cancer associé à une dose d'exposition annuelle de 1 mSv

Le *Tableau 1* nous montre que si les doses annuelles sont augmentées de 1 mSv, le risque de développer un cancer mortel augmente de 25 % à 25,2 % après 40 ans d'exposition.

Contrairement aux membres du groupe hypothétique ci-dessus, les opérateurs d'appareils de radioscopie des bagages ne reçoivent pas plus de doses que celles

qu'ils recevraient s'ils étaient exposés au rayonnement de fond naturel en dehors du travail. La mise à l'essai des appareils de radioscopie de l'ACSTA (aTiX 6040, aTiX 7555, CTX 5800 et 620 DV) démontre que les débits de dose reçus par les opérateurs (attribuables à l'appareil de radioscopie et aux sources de rayonnement naturel combinées) ne peuvent être distingués des débits de dose attribuables au fond naturel de rayonnement seulement. En d'autres termes, le fonctionnement de l'appareil de radioscopie n'entraîne pas de dose supplémentaire pour les opérateurs au-delà de ce qu'ils reçoivent déjà de l'exposition au rayonnement naturel. L'exposition des agents de contrôle au rayonnement lors de l'utilisation d'appareils de radioscopie des bagages est négligeable.

► L'exposition à long terme aux appareils de radioscopie des bagages représente-t-elle un risque pour la fertilité?

L'exposition au rayonnement émanant des appareils de radioscopie des bagages est beaucoup trop faible pour avoir une incidence sur la fertilité. Seule l'exposition à des niveaux élevés de rayonnement ionisant (y compris les rayons X) peut avoir des effets sur la fertilité. La National Académie of Sciences des États-Unis estime que la dose suffisante pour entraîner une stérilité temporaire chez l'homme adulte est de 150 mSv et pour une stérilité permanente, une seule exposition de 3 500 mSv doit être reçue. Pour la stérilité permanente chez la femme adulte, la dose qui doit être reçue est de 2 500 à 6 000 mSv lors d'une seule exposition et de 6 000 mSv lorsqu'elle est reçue sur de longues périodes. Une exposition unique à de telles doses pourrait également entraîner la mort. Évidemment, ces doses sont nettement supérieures à celles que reçoivent les opérateurs d'appareils de radioscopie des bagages tout au long de leur carrière. Le risque de devenir stérile à cause des rayons X émis par les appareils de radioscopie des bagages est négligeable.

► Quels sont les effets du rayonnement sur le fœtus?

On décèle les effets de rayonnement sur le fœtus pour des doses supérieures à 100 mSv (par exemple un risque plus élevé de déficit des capacités cognitives et de leucémie infantile). Pour des doses d'environ 10 mSv, aucune corrélation avec une diminution des fonctions cognitives n'a été démontrée; toutefois, on estime que le risque de leucémie infantile augmente d'environ 0,06 %. En deçà de 1 mSv, il n'existe aucune corrélation entre la dose et les effets sur la santé.

► Quelle est la dose maximale de rayonnement pour les travailleuses enceintes?

Pour le public, qui comprend les agents de contrôle, la dose annuelle maximale recommandée par la CIPR pour les femmes enceintes demeure de 1 mSv. Les effets potentiels sur la santé de la mère ou du fœtus à des doses aussi faibles sont négligeables. Comme on l'a vu précédemment, les agents de contrôle reçoivent une dose en milieu de travail bien inférieure à la limite annuelle de 1 mSv. Il n'y a pas de risque supplémentaire pour les agentes de contrôle enceintes et aucune précaution particulière n'est requise.

Radioprotection

► Qu'est-ce qu'est la CIPR?

La CIPR désigne la « Commission internationale de protection radiologique ». La CIPR est la principale autorité internationale en matière d'effets sur la santé et d'utilisation sûre du rayonnement ionisant. Elle est composée d'un groupe d'experts dans les domaines liés à la radioprotection. Ces experts étudient l'information scientifique existante sur les effets de l'exposition au rayonnement sur la santé, et, s'appuyant sur les données, font des recommandations sur les limites de dose. La plupart des pays, dont le Canada, adoptent les recommandations de la CIPR.

► Qu'est-ce que le principe ALARA?

ALARA est un acronyme qui représente le principe selon lequel les expositions au rayonnement doivent être maintenues « à un niveau aussi faible qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre, en tenant compte des considérations économiques et sociales ». L'idée qui sous-tend le principe ALARA est qu'il faut toujours tenter de diminuer l'exposition par différents moyens.

Le principe ALARA exige des employeurs qu'ils prennent des mesures pour s'assurer que les doses de rayonnement auxquelles sont exposés les employés soient maintenues à un niveau aussi faible qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre. Il sert à rappeler que la dose limite n'est pas un objectif. L'objectif est plutôt de maintenir les doses au niveau le plus faible qu'il est raisonnablement possible d'atteindre sur les lieux de travail.

► Quels sont les meilleurs moyens de me protéger du rayonnement?

Pour être fidèle au principe ALARA où vous essayez toujours de réduire l'exposition potentielle au rayonnement au « niveau le plus faible qu'il est raisonnablement possible d'atteindre », les meilleurs moyens de réduire l'exposition au rayonnement sont d'appliquer les trois principes de radioprotection suivants : la durée, la distance et le blindage.



Figure 9 : Principes de la protection contre le rayonnement : durée, distance et blindage

► Quel est l'effet de la durée sur l'irradiation?

Plus longtemps une personne s'exposera au rayonnement, plus l'énergie que son corps absorbera du rayonnement sera grande.

Le principe est logique : moins vous passez de temps près d'une source de rayons X, moins vous serez exposé au rayonnement.

Le principe de la durée s'applique aux appareils de radioscopie, car les rayons X ne sont émis que durant l'inspection d'un bagage.

► Comment la distance agit-elle sur l'exposition à la radiation?

Ce principe est tout aussi simple : plus vous êtes éloigné d'une source de rayonnement, moins vous pouvez être exposé au rayonnement. Une source émettant des rayons X est représentée à la *Figure 10*. En se rapprochant de la

source de rayons X, la personne reçoit plus de rayons que lorsqu'elle est éloignée de la source de rayons X.

Ceci étant dit, augmenter votre distance ne veut pas dire se déplacer à des mètres de distance de la machine; même l'éloignement de quelques centimètres additionnels peut avoir un effet significatif — ce qui est certainement le cas avec les appareils de radioscopie.

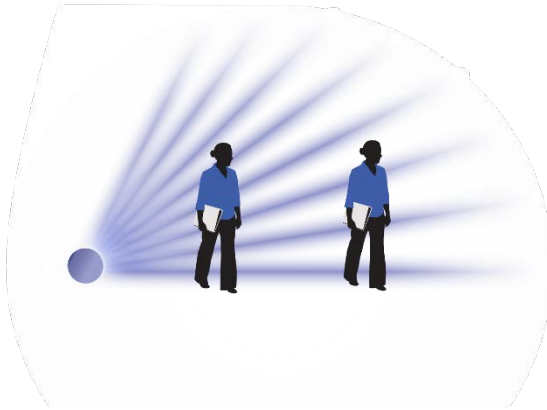


Figure 10 : Le principe de la distance de radioprotection

L'entrée et la sortie de l'appareil de radioscopie sont blindées au moyen de rideaux qui peuvent remuer. C'est donc autour de ces zones que le niveau de rayonnement risque d'être le plus élevé. On peut appliquer le principe de distance pour se protéger contre le rayonnement en évitant de se rapprocher de ces zones autant que possible, et en n'allant jamais au-delà de ces rideaux à l'intérieur de l'appareil de radioscopie. C'est une des raisons pour lesquelles les appareils de l'ACSTA sont équipés d'une barrière de plastique ou de métal à l'entrée et à la sortie. Ces barrières aident à empêcher qu'une partie du corps se trouve près des rideaux, ou même au-delà des rideaux, à l'intérieur de l'appareil de radioscopie.

► Comment le blindage agit-il sur l'irradiation?

Placer des matériaux entre vous et la source d'irradiation a pour effet de réduire la quantité de rayonnement qui peut vous atteindre puisqu'une partie de ce rayonnement sera atténué par le matériau. Le type de matériau utilisé pour le blindage influera sur l'efficacité du blindage. Plus le matériau est dense et épais, plus il est efficace pour atténuer les rayons X.

Lorsque le rayonnement traverse le blindage, l'intensité est diminuée. Cependant,

aucune épaisseur de blindage ne peut arrêter tous les rayons X. Les appareils de radioscopie sont donc conçus de sorte que le blindage incorporé suffise à réduire le nombre de rayons X s'échappant de l'appareil à un niveau négligeable.

Pour que l'effet de blindage des rideaux contre les rayons X soit optimal, ils ne doivent pas comporter de plis ni s'entortiller. Si l'appareil produit des rayons X pendant que les bagages y entrent ou en sortent (ce qui peut survenir au CPE), les rideaux blindés remueront à ces moments-là, permettant ainsi à plus de rayons X de s'échapper de l'appareil.

Pour démontrer l'application réelle des principes ALARA aux points de contrôle, tenez compte de ce qui suit :

Durée : Les rayons X sont uniquement générés lorsque cela est nécessaire.

Distance : Les écrans sont en place pour maintenir la distance.

Blindage : Présence de rideaux de plomb.

Les appareils de radioscopie au CPE produisent des rayons X seulement lorsque les bagages passent dans l'appareil de radioscopie (mise en pratique du principe de la durée) et les écrans à l'entrée et à la sortie des appareils empêchent tant le public que les agents de contrôle de trop s'approcher des rideaux en mouvement (mise en pratique du principe de distance).

► Quel type de blindage protège le mieux contre le rayonnement?

Les meilleurs matériaux de blindage contre les rayons X sont ceux qui sont denses.

Plus le matériau est dense, plus il est efficace pour bloquer les rayons X. Le plomb est un matériau de blindage efficace et couramment utilisé contre les rayons X.

Appareils de radioscopie des bagages

► Qu'est-ce qu'un boîtier d'appareil de radioscopie des bagages?

Le *Code de sécurité 29 de Santé Canada* définit ainsi le système d'inspection à rayons X des bagages : « Le dispositif à rayons X pour l'inspection des bagages est une machine conçue spécialement pour générer des rayons X dont l'intensité exprimée en keV, varie de faible à moyenne » qui « sert à l'examen des bagages à main, des effets personnels, du courrier scellé, etc. »

Ces appareils sont conçus pour produire des radiations dont le rayonnement est contrôlé par l'opérateur de l'appareil. L'électricité alimente l'appareil en énergie, de façon à créer du rayonnement sous forme de rayons X. Les rayons X sont le seul type de rayonnement produit par les appareils à rayons X (ils n'émettent pas de rayonnement nucléaire).

Les appareils de radioscopie des bagages, selon la définition du *Code de sécurité 29*, comprennent tous les dispositifs à rayons X pour l'inspection des bagages installés au Canada et à l'ACSTA. Ils comprennent notamment les appareils Hi-Scan (*Figure 11*), les appareils VIS/VDS (*Figure 12*), les appareils CTX (*Figure 13, Figure 14*) les appareils de radioscopie, l'appareil 620 DV (*Figure 15*) et les appareils aTix (*Figure 16*).



Figure 11 : L'appareil de radioscopie Hi-Scan (illustré sans rideaux) utilisé au contrôle préembarquement.



Figure 12 : Appareils de radioscopie VIS-108 et VDS-108. L'appareil VIS108 est illustré à gauche alors que l'appareil VDS108 utilisé pour l'enregistrement des bagages surdimensionnés est illustré à droite.

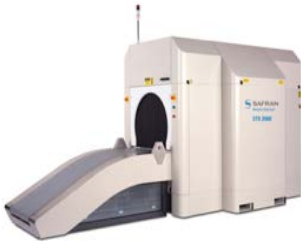


Figure 13 : L'appareil de radioscopie CTX 2500.



Figure 14 : L'appareil de radioscopie CTX 5800.



Figure 15 : L'appareil de radioscopie 620DV.



Figure 16 : L'appareil de radioscopie 6040/7555 aTiX.

► Que signifie « énergie de faible à moyenne intensité en keV »?

L'énergie du rayonnement se mesure en électronvolt (eV). Un électronvolt est une mesure d'énergie tout comme une calorie ou un joule, sauf qu'il est beaucoup plus petit que ces deux dernières unités, et on l'emploie pour mesurer l'énergie du rayonnement. Le rayonnement aura plus fréquemment une énergie située dans la gamme des kiloélectronvolts (keV) ou des mégaélectronvolts (MeV). Un keV est égal à 1 000 eV, et 1 MeV est égal à 1 000 000 eV.

« La valeur de faible à moyenne énergie » telle que citée dans le *Code de sécurité 29* de Santé Canada désigne les appareils qui émettent des rayons X dont l'énergie est de 350 keV ou moins. Les appareils de radioscopie des bagages, les appareils de radiothérapie pour les rayons X superficiels, les appareils de radiologie dentaire et plusieurs appareils de radiographie industriels font partie de cette catégorie. Certains appareils de radioscopie de cargaisons peuvent produire des rayons dont l'énergie se situe dans la gamme des MeV. Ce sont des appareils de très grande énergie qui sont soumis à des règlements plus contraignants.

Il faut souligner que l'énergie des rayons X n'est pas le seul facteur à prendre en compte dans la dose livrée par l'appareil. L'intensité du faisceau de rayons X (le nombre de rayons X qui est produit) et la durée de l'exposition aux rayons X sont aussi des facteurs importants de la quantité de rayonnement livré par l'appareil. Les appareils de radiologie dentaire utilisent souvent des rayons X dont l'énergie avoisine les 70 keV. Cependant, un examen radiologique dentaire peut conduire à une dose environ dix fois plus élevée que la dose livrée à un objet à l'intérieur d'un appareil de radioscopie des bagages à la suite d'une inspection unique.

► Comment fonctionne un appareil de radioscopie?

Un appareil de radioscopie des bagages ressemble à un grand boîtier muni d'une entrée et d'une sortie situées aux extrémités opposées de l'appareil. Une courroie de convoyeur entre par l'entrée, traverse l'appareil, puis sort par la sortie. Les bagages sont placés sur la courroie du convoyeur qui les transporte à l'intérieur de l'appareil où ils sont inspectés aux rayons X. Quand l'exposition aux rayons X est terminée, la courroie les transporte à l'extérieur de l'appareil par la sortie.

Les rayons X sont produits par un générateur de rayons X situé à l'intérieur du

boîtier de l'appareil.

Pendant l'inspection d'un bagage, l'appareil de radioscopie fonctionne comme suit :

- 1) un faisceau de rayons X est généré et dirigé vers le bagage;
- 2) le bagage et les objets qu'il contient atténuent le faisceau de rayons X, ce qui signifie qu'il y a plus de rayons X qui entrent dans le bagage et les autres objets qu'il y en a qui en sortent. Les matériaux plus épais et plus lourds à l'intérieur du bagage mèneront à une plus grande atténuation du faisceau de rayons X;
- 3) Une image est produite par un capteur (semblable à ceux d'un appareil photo) situé sur le côté opposé au générateur de rayons X. Cette image est produite en fonction de l'intensité des rayons X. Les articles causant une plus grande atténuation du faisceau de rayons X apparaissent plus foncés que les articles causant peu d'atténuation. On peut également ajuster l'image de sorte que différentes densités apparaissent dans diverses teintes (bleue et orange) afin d'aider l'opérateur à repérer rapidement les articles préoccupants.

► Quelles sont les différences entre les appareils de radioscopie des bagages et les autres types d'appareils à rayons X? (p. ex., applications médicale, dentaire, contrôle de fret aérien)

Beaucoup d'appareils à rayons X fonctionnent sur le même principe quoiqu'ils servent à des fins différentes. Les appareils d'applications médicale et dentaire, de contrôle de fret aérien et beaucoup d'appareils industriels sont utilisés pour voir à l'intérieur des objets, tout comme les appareils de radioscopie des bagages. Les différences résident dans la conception.

Les appareils de radiologie médicale et dentaire servent à regarder à l'intérieur du corps. Les rayons X, dans ces cas, ne sont pas confinés à l'intérieur d'un boîtier. En fait, la partie du corps du patient qui doit être examinée est placée directement dans le faisceau de rayons X. Cette méthode est très différente de celle employée avec les systèmes de radioscopie des bagages, à savoir que les personnes ne sont jamais exposées directement au faisceau de rayons X et sont protégées des rayons X de tous les côtés de l'appareil. En raison de ces différences, les appareils de radiologie médicale et dentaire sont visés par des exigences réglementaires et des

codes de sécurité distincts.

Les appareils de radioscopie de contrôle de fret aérien servent à des fins semblables à celles des appareils de radioscopie des bagages. Cependant, vu la taille imposante des objets que ces appareils inspectent, le faisceau de rayons X est doté d'une énergie beaucoup plus grande. Ces appareils existent tant sous forme de boîtier qu'en système à « faisceau ouvert ».

Les appareils de radiographie industriels ressemblent davantage à des boîtiers munis de portes. On place l'objet à l'intérieur de l'appareil, et on doit fermer la porte adéquatement pour que l'appareil puisse produire des rayons X.

Peu importe le type d'appareil qu'un travailleur utilise, on doit maintenir les doses de rayonnement à une valeur minimale. Le *Tableau 2* ci-dessous montre les doses moyennes annuelles pour divers types de travailleurs.

Profession	Dose de rayonnement moyenne annuelle en 2006 (mSv)
Membres d'équipage	0,50
Dentiste	0,01
Technologue en radiation médicale	0,09
Radiologue (diagnostique)	0,20
Radiologue (thérapeutique)	0,12

Tableau 2 : Dose de rayonnement annuelle pour diverses professions (valeurs provenant de Santé Canada)

La *Figure 17* ci-dessous montre les doses reçues pour certaines activités, selon l'information tirée du site Web de la Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN).

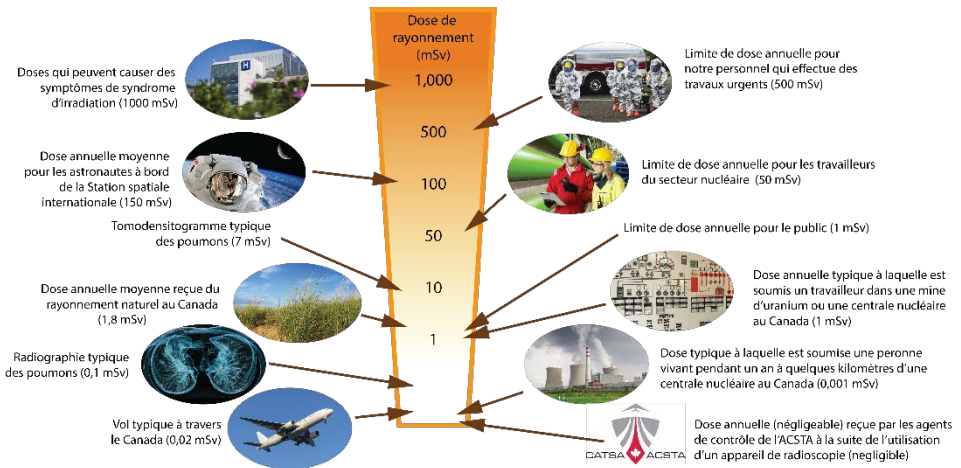


Figure 17 : Exemples de doses de rayonnement

► Quelles sortes d'appareils de radioscopie des bagages l'ACSTA utilise-t-elle?

L'ACSTA utilise plusieurs appareils à rayons X différents dans les aéroports du Canada. Les modèles actuellement utilisés comprennent les suivants :

- Hi-Scan 6040a, 6040i et 7555i de Smiths Detection
- aTiX 6040 et 7555 de Smiths Detection
- CTX 2500, 5800, 9000, 9400 et 9800 de Smiths Detection
- 620 DV de Rapiscan
- CT-80 et CT-80 DR de Leidos
- VIS 108/VDS 108 de L3
- eXaminer XLB de L3
- MVT-HR de L3
- 3DX de L3

Les appareils à rayons X Hi-Scan, aTiX et 620 DV sont principalement utilisés pour le contrôle préembarquement des bagages à main (le 620 DV est également utilisé pour le contrôle des non-passagers). Le VIS, le CTX 9000, le CTX 9400, le CTX 9800, le MVT-HR, le XLB et le 3DX sont utilisés pour le contrôle des bagages en soute. Les unités CTX-2500, CTX 5800, CTX et VDS sont utilisées pour examiner les bagages surdimensionnés.

L'ACSTA utilise également des appareils de radioscopie à tomодensitométrie, semblables à ceux utilisés dans les établissements de santé (sauf que ceux des établissements de santé n'ont pas de rideaux blindés à l'entrée fournissant une protection supplémentaire). Contrairement aux autres unités, le tube à rayons X se déplace autour des bagages et il prend beaucoup de clichés, sous divers angles, afin de fournir une image tridimensionnelle de l'objet et d'en faciliter l'identification.

Les modèles en usage sont le CTX 2500 et le CTX 9000 de Morpho Detection, le CT-80 de Reveal Imaging et l'Examiner de L3.

► Les rayons X sont-ils toujours générés lorsqu'on utilise un appareil de radioscopie des bagages?

La réponse est non. Les appareils de radioscopie au CPE peuvent être sous tension, mais cela ne signifie pas qu'il y ait production de rayons X. Lorsque l'appareil est sous tension, il se réchauffe et est prêt à produire des rayons X. Les rayons X ne sont produits que lorsque le générateur de rayons X est activé. Selon le modèle de l'appareil de radioscopie, c'est ce qui se passe pendant l'inspection d'un bagage, ou lorsqu'un opérateur active manuellement le générateur en utilisant un commutateur (par exemple, un bouton-poussoir ou une pédale). Les entrées et sorties des appareils sont dotées de voyants rouges. Lorsque ces voyants sont allumés, c'est qu'il y a production de rayons X. Quand ils sont éteints, l'appareil ne produit pas de rayons X.

Les appareils de radioscopie de l'ACSTA sont aussi munis de dispositifs à sécurité intrinsèque qui empêchent de générer des rayons X dans certaines conditions, surtout ceux qu'opèrent manuellement les agents de contrôle. Ces dispositifs à sécurité intrinsèque comprennent :

Tapis isolants ou pédales

Si l'opérateur n'est pas debout sur les tapis isolants ou n'appuie pas sur la pédale, les rayons X ne peuvent pas être produits. Ces fonctionnalités de l'appareil font en sorte que l'appareil de radioscopie ne puisse produire de rayons X que lorsqu'un opérateur est sur place pour le commander.

Dispositifs de verrouillage

Les dispositifs de verrouillage sont conçus de manière à ce qu'il ne puisse y avoir production de rayons X si les panneaux extérieurs sont ouverts. Cette

précaution n'inclut pas le mouvement des rideaux protecteurs à l'entrée et à la sortie de l'appareil.

Arrêts d'urgence

Si on appuie sur le bouton d'arrêt d'urgence, il ne peut y avoir production de rayons X que si l'on réactive l'appareil en appuyant de nouveau sur le bouton d'arrêt d'urgence.

Clé de contact

Si les clés de contact ne sont pas dans les trous de serrure ou si la clé est en position fermée, il ne peut y avoir production de rayons X.

Pour certains appareils (tous ceux aux points de contrôle de préembarquement et aux points de contrôle des bagages surdimensionnés), l'opérateur est debout juste à côté de l'appareil de radioscopie et il commande la production de rayons X. D'autres appareils (appareils des systèmes automatiques de transport au CBE) s'opèrent généralement à distance.

► Quelle quantité de rayonnement les appareils de l'ACSTA produisent-ils chaque fois qu'ils inspectent un bagage?

Selon les spécifications publiées par le fabricant, il a été établi que, pendant un balayage typique, un bagage recevra une dose de rayonnement d'environ 0,002 mSv produits par les appareils de radioscopie Heimann.

► Y a-t-il accumulation du rayonnement à un point de contrôle notamment à cause de la diffusion (c'est-à-dire plus il y a de machines, plus il y a de rayons X)?

En théorie, le rayonnement provenant de sources multiples s'additionne. Toutefois, aux postes occupés par les opérateurs, aucun rayonnement détectable au-dessus des taux de rayonnement naturel n'a été mesuré. Pour un opérateur, les expositions au rayonnement provenant d'autres appareils (par exemple des appareils se trouvant dans d'autres files d'attente qui sont exploités par d'autres agents de contrôle) ne seraient pas détectables puisque la distance entre ces appareils et l'opérateur est beaucoup plus grande. Le champ de rayonnement total de tous les appareils en fonctionnement au poste de travail d'un opérateur reste donc négligeable.

► **Quel est le degré de blindage des appareils de radioscopie des bagages de l'ACSTA? Est-ce suffisant pour me protéger du rayonnement en tout temps?**

Oui, le blindage des appareils de radioscopie des bagages de l'ACSTA est suffisant pour protéger en tout temps les agents de contrôle et les membres du public contre les rayons X. Selon le *Code de sécurité 29 de Santé Canada*, afin de se conformer aux règlements, à 5 cm de distance de la surface extérieure de l'appareil à rayons X, le débit de dose ne doit pas excéder 0,005 mSv/h. Un débit de dose à cette distance de l'appareil entraîne des doses négligeables pour les opérateurs ou les membres du public qui se trouvent à proximité de l'appareil. Les appareils de radioscopie utilisés par l'ACSTA sont conçus et fabriqués avec un blindage (plomb ou acier) suffisant pour satisfaire à ce critère.

Aussi, comme le stipule le *Code de sécurité 29*, les appareils de radioscopie doivent être vérifiés régulièrement par un personnel d'entretien formé afin de s'assurer que le débit de dose à 5 cm de tout point de la surface extérieure de l'appareil soit toujours en deçà de la limite de 0,005 mSv/h pendant toute la durée de vie de l'appareil.

► **Y a-t-il des fuites de rayonnement lorsque les techniciens d'entretien ouvrent les panneaux pour effectuer les travaux d'entretien?**

Non. Les procédures d'entretien exigent que les techniciens arrêtent les appareils de radioscopie avant d'ouvrir les panneaux. Il n'y a pas de fuite de rayonnement lorsque les appareils de radioscopie sont éteints. Si par erreur, le générateur fonctionne alors que le panneau est enlevé, l'effet sur les fuites de rayonnement serait négligeable puisque les panneaux ne sont pas considérés comme faisant partie du blindage des appareils de radioscopie.

► **En quoi l'endroit où je me tiens assis ou debout a-t-il un effet sur l'irradiation que je subis?**

Le principe de radioprotection de la distance s'applique, que vous soyez assis ou debout, lorsque vous êtes autour de l'appareil de radioscopie. Plus vous êtes loin de l'appareil, moins vous êtes exposé au rayonnement.

Vous devez aussi porter attention à l'entrée et à la sortie de l'appareil. Puisque les rideaux peuvent remuer, ces zones sont les plus vulnérables aux fuites de rayonnement. Il s'agit là d'une des principales raisons (outre la garde et la surveillance du bagage pendant le processus de contrôle) pour lesquelles les rideaux sont installés — soit pour empêcher les personnes de trop s'approcher de ces ouvertures.

Les appareils de radioscopie des bagages de l'ACSTA sont tous munis de rideaux d'au moins 0,5 mètre. Cela signifie que les agents de contrôle, de même que les personnes dont les bagages ou autres effets doivent être contrôlés, doivent se tenir à une distance d'au moins 0,5 m des ouvertures à l'entrée et à la sortie des appareils de radioscopie.

► **Comment les rideaux arrêtent-ils ou réduisent-ils le rayonnement?**

Comme pour tout blindage, les rideaux protecteurs à l'entrée et à la sortie de l'appareil de radioscopie ne peuvent pas arrêter tout le rayonnement qui s'échappe de l'appareil, mais réduisent, à coup sûr, la quantité de rayonnement qui en sort. Ils accomplissent cela de la même façon que le reste du blindage autour de l'appareil. Les rideaux sont composés de plomb et ils sont suffisamment épais pour offrir un blindage contre les rayons X produits par l'appareil.

► **Quel est le risque d'exposition causé par la séparation des rideaux lorsque les bagages se déplacent dans l'appareil de radioscopie, par rapport aux rideaux fermés?**

Les rideaux sont conçus pour se séparer lorsque les bagages passent dans l'appareil de radioscopie, et ils offrent un environnement sécuritaire aux agents de contrôle.

Les appareils de radioscopie sont testés dans des conditions réalistes, avec des bagages en mouvement et des rideaux qui se séparent pour permettre le passage des bagages. Lorsque les rideaux sont complètement fermés, ils assurent une atténuation maximale des rayons X. Lorsque les bagages qui passent dans l'appareil de radioscopie entraînent l'écartement des rideaux alors que l'appareil

est sous tension, il y a un plus grand risque que des rayons X diffusés de manière aléatoire s'échappent (fuite de rayons X). Des mesures effectuées sur une période de cinq minutes montrent qu'au-delà des écrans, on ne peut pas discerner les niveaux de rayonnement au poste d'opérateur du rayonnement naturel.

Les écrans sont là pour maintenir une distance de sécurité entre la source et les opérateurs et le public. Les opérateurs peuvent s'assurer que leurs doses d'exposition au rayonnement provenant des appareils de radioscopie restent négligeables en ne touchant pas les écrans.

► **Est-ce qu'un objet traversant l'appareil de radioscopie des bagages (p. ex., nourriture, vêtements, métal) peut devenir radioactif?**

La réponse à cette question est non, absolument pas, bien entendu. Un quelconque objet qui traverse l'appareil ne peut en aucun cas devenir radioactif. Tout ce qui est passé par l'appareil de radioscopie peut être manipulé en toute sécurité, et la nourriture est propre à la consommation.

L'appareil de radioscopie n'affectera pas non plus un médicament qui passe par lui. L'énergie des rayons X est beaucoup trop faible pour avoir le moindre effet sur les médicaments.

L'énergie du rayonnement des appareils de radioscopie de l'ACSTA est trop faible pour causer des effets perceptibles sur les pellicules non traitées des appareils photo, et ce, jusqu'à au moins 800 ASA. Cependant, des inspections multiples de la même pellicule non traitée pourraient finir par endommager ces pellicules.

► **Combien recevrais-je de rayonnement si je travaillais 40 heures par semaine à une distance de 5 cm d'un appareil de radioscopie des bagages?**

Selon les mesures du fabricant, le rayonnement qui s'échappe des appareils de radioscopie des bagages à une distance de 5 cm est normalement inférieur à 0,1 $\mu\text{Sv/h}$ après avoir pris en compte (en soustrayant) le rayonnement de fond naturel.

Si on calcule à partir du débit de 0,000 1 Sv/h, si vous travailliez 40 heures par semaine, tout en restant à 5 cm des rideaux, en fonction continue, vous pourriez recevoir une dose hebdomadaire de 0,004 mSv. Si vous travailliez dans ces conditions 50 semaines dans l'année, votre dose annuelle de rayons X serait de 0,2 mSv.

En réalité, les doses calculées ci-dessus sont une surestimation. En général, vous ne passerez pas votre quart de travail entier à travailler à 5 cm des rideaux. De plus, l'appareil ne générera pas constamment des rayons X pendant que vous travaillerez, puisque chaque bagage est exposé pendant seulement quelques secondes durant l'inspection. En réalité, votre dose annuelle de rayonnement devrait donc être bien inférieure à 0,2 mSv!

Règlement sur la radioscopie des bagages au Canada

► Que fait le gouvernement pour me protéger contre un rayonnement excessif?

Avant même que le système de radioscopie n'atteigne le lieu de travail, le gouvernement requiert qu'il soit conforme à la *Loi sur les dispositifs émettant des radiations (LDER)*. Cette loi et les règlements apparentés donnent les détails sur les dispositifs de sécurité qui doivent être en place sur l'appareil. Ils décrivent les normes que l'appareil doit respecter pour qu'on puisse l'opérer de manière sécuritaire. Un appareil ne peut légalement être utilisé au Canada s'il ne répond pas aux normes de la *LDER*.

Une fois que le système de radioscopie des bagages répond aux exigences de la *LDER* et qu'il est installé dans le milieu de travail, le *Code de sécurité 29 de Santé Canada* entre en vigueur.

Ce code de sécurité fournit en détail les responsabilités du propriétaire, de l'utilisateur et du personnel d'entretien, et il décrit les normes de sécurité auxquelles on doit se conformer par rapport à l'opération et à l'entretien sécuritaire de l'appareil.

► Qu'est-ce que le *Code de sécurité 29*?

Le *Code de sécurité 29* de Santé Canada présente les politiques et procédures et règlements fédéraux qui régissent l'utilisation sécuritaire des appareils de radioscopie pour les bagages. En ce qui concerne le système de radioscopie des bagages, le *Code de sécurité 29* établit les responsabilités du propriétaire du système, des opérateurs du système et du personnel d'entretien. Ce code de sécurité donne aussi en détail les normes réglementaires, les exigences d'installation, les responsabilités d'entretien et les exigences sur la surveillance de radioprotection telles qu'elles s'appliquent aux systèmes de radioscopie des bagages.

En plus, le *Code de sécurité 29* traite des questions soulevées en regard de la santé et de la sécurité pour le public en général, aussi bien que pour les opérateurs des appareils de radioscopie. Il indique la procédure à suivre afin de réduire au minimum la dose de rayons X pour quiconque se trouve dans le voisinage de l'appareil. L'utilisation de dosimètres et les limites de dose

annuelles sont également traitées dans le *Code de sécurité 29*.

► **Qu'en est-il des autres codes de sécurité qui traitent des rayons X? S'appliquent-ils à mon milieu de travail?**

Santé Canada a quelques codes de sécurité concernant les appareils de radioscopie dans divers milieux. Ils sont propres au type d'appareil à rayons X et aux fins auxquelles ils sont utilisés. Le *Code de sécurité 29* est le seul qui s'applique aux appareils de radioscopie des bagages; il s'applique également aux agents de contrôle de sûreté.

► **Quelle est la dose maximale de rayonnement à laquelle une personne devrait se limiter selon Santé Canada?**

Santé Canada suit la ligne directrice internationale établie par la CIPR qui stipule que le travailleur sous irradiation devrait s'exposer à une dose maximale de rayonnement de 20 mSv par année, calculée en moyenne sur une période de 5 ans (100 mSv sur 5 ans), avec la disposition supplémentaire selon laquelle la dose efficace ne doit pas dépasser 50 mSv par an. Cette ligne directrice internationale est suivie par de nombreux pays au monde. En réalité, l'objectif est de maintenir les doses de rayonnement bien en deçà de cette limite, c'est-à-dire à s'en tenir au principe d'ALARA. Pour les gens du public, y compris les travailleurs qui ne sont pas désignés comme étant des travailleurs sous irradiation, la dose limite annuelle est de 1 mSv. En ce qui a trait aux doses limites, les opérateurs d'appareils de radioscopie des bagages se classent dans la catégorie des gens du public.

► **Pourquoi les agents de contrôle ne sont-ils pas considérés comme des travailleurs sous irradiation?**

À des fins réglementaires, les employés ne sont, en général, pas désignés comme « travailleurs sous irradiation » à moins qu'il n'existe la probabilité, pour eux, de recevoir une dose de rayonnement annuelle supérieure à 1 mSv (la limite de dose pour le public). Des études ont démontré que les activités professionnelles des opérateurs d'appareils de radioscopie des bagages les exposent à une dose de rayonnement bien en deçà de 1 mSv par année.

► Pourquoi permet-on au travailleur sous irradiation de s'exposer à 20 fois plus de rayonnement qu'aux gens du public, y compris les agents de contrôle?

Lors de l'établissement des doses limites recommandées, la CIPR a pris en compte ce que la plupart des gens considéreraient comme étant un risque acceptable pour la santé. Les gens reconnaissent que toutes les professions comportent un certain nombre de risques pour la santé des employés et, en établissant des limites de dose, l'objectif est de limiter le risque des travailleurs sous irradiation à un niveau comparable à celui des travailleurs d'autres professions.

Le classement ou la désignation des travailleurs comme « travailleurs sous irradiation » sert aux fins de réglementation. Cette désignation exige que les employeurs décrivent les risques encourus aux personnes travaillant dans un milieu de rayonnement ionisant et que les travailleurs soient au courant de ce risque et qu'ils l'acceptent.

Parce que ces travailleurs sont susceptibles de s'exposer à des niveaux de rayonnement plus élevés que les gens de la catégorie « public », les contrôles sur les pratiques de travail et les procédures de sécurité pour les travailleurs sous irradiation sont plus stricts, et ce, afin de s'assurer que la dose de rayonnement à laquelle ces travailleurs s'exposent est maintenue dans les limites réglementaires.

► Quelles mesures prennent l'ACSTA et mon employeur pour me garantir que je suis exposé à une dose de rayonnement inférieure à 1 mSv par année?

Les exigences réglementaires établies garantissent que les opérateurs d'appareils de radioscopie des bagages sont exposés à une dose de rayonnement bien inférieure à 1 mSv par année. Pour garantir une dose de rayonnement inférieure à 1 mSv par année, l'ACSTA se conforme aux exigences réglementaires et met en œuvre des mesures de réduction de dose en :

- définissant les critères relatifs aux qualifications, à la formation et au rendement pour les agents de contrôle et le personnel d'entretien;
- veillant à ce que tout le personnel reçoive une formation appropriée sur les procédures de travail sécuritaires et les risques liés au rayonnement avant de travailler à proximité d'appareils de radioscopie ou de les utiliser;

- fournissant des procédures d'exploitation normalisées qui comprennent :
 - les dispositifs de sécurité et les exigences de fonctionnement des appareils de radioscopie;
 - les instructions pour les tâches de démarrage, le fonctionnement, les tâches d'arrêt et les procédures à suivre en fin de journée;
 - les interventions en cas de situations imprévues ou d'urgence;
 - les responsabilités liées au signalement des problèmes à la direction ou aux ressources humaines.
- mettant en œuvre un programme d'entretien, y compris des procédures pour effectuer des mesures du rayonnement et d'autres tests de vérification du système pour s'assurer que les appareils fonctionnent comme prévu et en conformité avec les règlements et les normes du Canada;
- fournissant des listes de contrôle quotidiennes comprenant des critères de réussite que les agents de contrôle doivent remplir pour vérifier que les appareils fonctionnent correctement;
- s'assurant que les commandes informatisées sont placées loin de l'entrée et de la sortie des appareils de radioscopie des bagages.

L'ACSTA autorise les fournisseurs de services de contrôle à assurer la prestation de services de contrôle dans les aéroports. En tant que fournisseur de services de contrôle autorisé, votre employeur est responsable de l'évaluation de vos qualifications, de la formation et du suivi de votre rendement pour s'assurer que vous respectez tous les critères établis par l'ACSTA.

► Qu'arrive-t-il si j'atteins la limite annuelle de 1 mSv?

Dans le cas très improbable où vous atteindriez cette limite, votre employeur serait tenu de s'assurer que vous ne travaillez plus dans aucune zone qui augmenterait davantage votre dose annuelle. Une enquête devra également être menée pour déterminer ce qui a conduit au dépassement de la dose limite établie et de prendre des mesures correctives pour s'assurer qu'un tel événement ne se reproduise pas.

► Qu'est-ce qu'un essai de contrôle du rayonnement et comment est-il mené?

Un contrôle du rayonnement est une procédure employée pour mesurer le

rayonnement ionisant externe ou ambiant dans une zone d'intérêt. Les contrôles effectués autour des appareils de radioscopie de l'ACSTA permettent à l'enquêteur de déterminer si les émissions de rayonnement des appareils de radioscopie sont inférieures aux limites réglementaires.

Pour contrôler le rayonnement d'un appareil de radioscopie, le contrôleur insère un matériau dense (par exemple du bois ou du plexiglas) à la place des bagages à l'intérieur de l'appareil pour maximiser la diffusion des rayons X. Le générateur de rayons X est mis sous tension à pleine puissance et, à l'aide d'un radiomètre étalonné, le rayonnement émis à 5 cm de chaque surface de l'appareil est mesuré. Dans le cadre de l'essai de contrôle du rayonnement, les mesures de rayonnement ne doivent pas dépasser la limite réglementaire de 0,005 mSv/h à 5 cm de toute surface externe de l'appareil de radioscopie.

► Qu'est-ce qu'un appareil de contrôle du rayonnement?

Un appareil de contrôle du rayonnement est un instrument capable de détecter le rayonnement ionisant tel que les rayons X. L'appareil est muni d'une « fenêtre » pour permettre au rayonnement d'entrer dans le détecteur ou d'une sonde externe qui détecte le rayonnement. Dans les deux cas, le niveau de rayonnement est enregistré par l'appareil. Le choix de l'appareil ou de la sonde dépend, entre autres facteurs, du type de rayonnement à mesurer et du niveau d'irradiation.

Un appareil de contrôle du rayonnement (*Figure 18*) mesure généralement le débit d'irradiation en mR/h (anciennes unités) ou donne une indication du débit d'irradiation en mSv/h. Souvenons-nous que 1 mR/h équivaut approximativement à 0,01 mSv/h.



Figure 18 : Exemple d'un appareil de contrôle du rayonnement type (Ludlum 9DP)

► Quelle est la fréquence des contrôles du rayonnement?

Les contrôles du rayonnement sont effectués annuellement pour les appareils de radioscopie en service au CPE. Des contrôles ont également lieu :

- lorsque le générateur de rayons X est remplacé;
- lorsque les rideaux de plomb sont remplacés;
- lorsque l'appareil de radioscopie a été déplacé sur une certaine distance;
- à tout autre moment où un problème susceptible d'avoir une incidence sur les fuites de rayonnement est relevé.

► Comment savoir si les essais ont été effectués correctement et si l'équipement est sûr?

Les contrôles du rayonnement sont toujours effectués par du personnel d'entretien formé et qualifié à l'aide d'outils et d'équipements correctement calibrés. De plus, toutes les mesures sont documentées et conservées. Si un appareil de radioscopie ne satisfait pas au contrôle du rayonnement, il est mis hors service et fait l'objet de mesures correctives. Une fois les mesures correctives apportées, un autre contrôle du rayonnement doit avoir lieu avant que l'appareil soit remis en service.

► Qu'est-ce qu'un dosimètre?

Un dosimètre est un instrument qui permet de mesurer la dose de rayonnement à

laquelle le travailleur est exposé quand il travaille. Il existe différents types de dosimètres selon le type de rayonnement auquel est exposée la personne et d'autres facteurs (p. ex. fonctionnement, environnement).

► Devrais-je porter un dosimètre?

Selon le *Code de sécurité 29 de Santé Canada*, les études démontrent que la quantité de rayonnement que reçoit un opérateur d'appareil de radioscopie des bagages est négligeable. En conséquence, on a établi que le port d'un dosimètre n'est « ni requis ni recommandé ».

► À titre d'opérateur d'appareil de radioscopie des bagages, quelles sont mes responsabilités à l'égard de ma sécurité et de celle d'autrui?

À titre d'opérateur, vous devez :

- suivre la formation sur le fonctionnement adéquat du système de radioscopie;
- démontrer que vous êtes capable d'opérer le système;
- lire et comprendre les responsabilités des opérateurs d'appareils de radioscopie des bagages qui sont décrites à la section 3.2 du *Code de sécurité 29*;
- lire et suivre les lignes directrices sur l'utilisation sécuritaire à la section 4.2.1 du *Code de sécurité 29*;
- cesser d'opérer le matériel dans l'éventualité d'une situation non sécuritaire ou en cas d'accident de rayonnement et aviser immédiatement l'autorité appropriée;
- assumer la responsabilité d'effectuer le travail de manière sécuritaire;
- opérer les appareils de radioscopie en conformité avec les procédures normalisées d'exploitation de l'ACSTA.

La liste ci-dessus n'est ni détaillée, ni exhaustive. Veuillez-vous reporter aux sections 3.2 et 4.2.1 du *Code de sécurité 29* pour de plus amples renseignements. Ces exigences seront abordées plus en profondeur durant votre formation.

► Quelles sont les responsabilités de l'ACSTA à titre de propriétaire d'appareils de radioscopie à l'égard de la sécurité des agents de contrôle?

À titre de propriétaire d'appareils de radioscopie, l'ACSTA a la responsabilité ultime de l'opération sécuritaire des appareils. Voici quelques responsabilités du propriétaire détenteur des appareils de radioscopie :

- s'assurer que, avant d'utiliser le système d'inspection aux rayons X, les opérateurs et le personnel d'entretien ont reçu une formation sur l'opération adéquate des appareils de radioscopie ainsi que sur les risques qui lui sont associés;
- établir des lignes directrices sur la radioprotection et sur les procédures d'utilisation et de sécurité sur le lieu de travail;
- rendre accessible aux opérateurs et au personnel d'entretien le *Code de sécurité 29* aux fins de référence;
- s'assurer que tous les opérateurs et le personnel d'entretien ont bien lu et compris les lignes directrices sur la radioprotection, les procédures d'utilisation appropriées ainsi que les parties pertinentes du *Code de sécurité 29* avant d'utiliser le système de radioscopie;
- établir un programme d'entretien pour l'équipement;
- réagir de façon appropriée dans l'éventualité d'un incident relatif au rayonnement ou d'une situation peu sûre ou à risque.

La liste ci-dessus n'est ni détaillée, ni exhaustive. Veuillez-vous reporter à la section 3.1 du *Code de sécurité 29* pour de plus amples renseignements.

► Quel est le programme d'entretien des appareils de radioscopie de l'ACSTA?

L'ACSTA met en œuvre un programme d'entretien préventif pour s'assurer que les appareils de radioscopie répondent à toutes les exigences de sécurité en matière de fonctionnement. Les activités d'entretien préventif sont basées sur les exigences réglementaires et les procédures d'entretien du fabricant.

Pour s'assurer que les directives d'entretien du *Code de sécurité 29* ont été suivies, des tests de vérification du système sont effectués. Ces tests garantissent que tous les critères de sécurité, les critères fonctionnels et les critères de rendement sont respectés pour les appareils de radioscopie des bagages. Les tests de vérification du système sont effectués avant la mise en service d'un

appareil, dans le cadre d'un entretien préventif et après un entretien correctif ou une réinstallation de l'équipement afin de s'assurer que chaque appareil de radioscopie est pleinement fonctionnel et fonctionne correctement avant d'être remis en service.

Les contrôles du rayonnement constituent un exemple de test de vérification du système. Les autres tests de vérification du système comprennent la vérification du blindage (absence de dommages structuraux), l'inspection des rideaux en plomb pour assurer l'intégrité et l'espacement approprié, la fonctionnalité des voyants lumineux (qui indiquent que l'appareil fonctionne), et les tests qui garantissent que le générateur de rayons X fonctionne correctement.

L'entretien des dispositifs à rayons X pour l'inspection des bagages de l'ACSTA peut être uniquement effectué par du personnel d'entretien formé et qualifié à l'aide d'outils et d'équipements correctement calibrés.

En plus du programme d'entretien, les agents de contrôle passent en revue une liste de vérification quotidienne au début de chaque jour ouvrable afin de vérifier que les appareils fonctionnent correctement. Cette vérification permet de cerner les problèmes de fonctionnement qui pourraient survenir dans le cadre des opérations quotidiennes normales. Les appareils qui ne satisfont pas aux critères de la liste de contrôle ne sont pas mis en service tant qu'ils ne font pas l'objet d'un entretien correctif et qu'ils ne sont pas prêts à être remis en service.

Acronymes

ALARA	As Low As Reasonably Achievable (signifie le « niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre »)
ACSTA	Administration canadienne de la sûreté du transport aérien
CT	Tomodensitométrie (numérisation)
ADN	Acide désoxyribonucléique
CIPR	Commission internationale de protection radiologique
keV	kiloélectronvolt
DER	Dispositifs émettant des radiations
Sv	sievert

Lexique

Irradiation aigüe	Exposition à un rayonnement d'un niveau important, généralement causée par un accident ou un événement inhabituel sur une courte période de temps.
Atome	Constituant de base de toute matière. Tout ce qui est matériel dans notre monde est constitué d'atomes. Les tables, les chaises, le sol, le papier, nos corps sont tous constitués d'atomes. Même l'air qui nous entoure est composé d'atomes. Les atomes ressemblent à notre système solaire; ils ont un centre très lourd (noyau) et des particules beaucoup plus petites (électrons) qui gravitent en orbite autour du centre. Les atomes sont minuscules. Il en faut des millions pour obtenir l'épaisseur d'un cheveu.
Onde électromagnétique	La lumière visible en est constituée. La lumière visible est faite de la même « substance » que les ondes de radio, de micro-ondes, de rayonnement gamma et de rayons X, la seule chose qui les différencie étant la quantité d'énergie de chacune.
Électron	Infime particule chargée négativement et ayant une très petite masse. Dans un atome, il tourne en orbite autour du noyau, un peu comme les planètes tournent en orbite autour du soleil de notre système solaire.
Rayonnement gamma	Onde électromagnétique de grande énergie émise par le noyau d'un atome radioactif. Un rayon gamma n'a ni masse ni charge. C'est de l'énergie pure.
Noyau	Centre massif d'un atome. Il est composé de particules plus petites appelées protons et neutrons.
Unités de rayonnement	Afin de mieux comprendre le rayonnement, ses effets physiques et sur la santé, plusieurs grandeurs sont utilisées, et à chacune correspond une unité de mesure. Le tableau ci-dessous résume les grandeurs et les unités.

Grandeur de rayonnement	Unité associée	Abréviation
Dose équivalente	millisievert	mSv
Dose efficace	millisievert	mSv
Exposition	milliroentgen	mR
Débit d'exposition	milliroentgen par heure	mR/h

Tableau 3 : Résumé des grandeurs et des unités de rayonnement

Lorsqu'on traite des doses de rayonnement causées par les rayons X, le mGy et le mSv sont des unités équivalentes.

Les unités que vous rencontrerez probablement le plus souvent sont le mSv et le mR. Le mSv est utilisé pour mesurer la dose de rayonnement reçue par une personne. On la trouve dans la réglementation en rapport avec la limite de dose de rayonnement. Le mR, une ancienne unité, est utilisé lorsqu'on mesure le rayonnement provenant d'un appareil de radioscopie. 104 mR équivaut à une dose de rayonnement de 1 mSv. Il est fort probable qu'on mesurera le débit de dose et qu'on le donnera en mR/h, indiquant la grandeur de rayonnement sortant de l'appareil chaque heure. 104 mR/h équivaut aussi à 1 mSv/h.

Rayon X

Rayonnement électromagnétique de grande énergie, semblable à un rayon gamma. Contrairement aux rayons gamma, les rayons X ne sont pas émis par le noyau d'un atome radioactif. Ils sont créés par la perte d'énergie d'électrons qui frappent violemment une cible. Le plus souvent, les rayons X sont créés dans des appareils conçus à cet effet.

Références

Berrington de Gonzalez, A., Darby, S., *Risk of cancer from diagnostic X-rays : estimates for the UK and 14 other countries*, The Lancet journal, Volume 363, No. 9406, pages 345-351, 2004.

Comité directeur des statistiques sur le cancer de la Société canadienne du cancer, *Statistiques canadiennes sur le cancer, 2017*. Société canadienne du cancer, 2017.

Commission canadienne de sûreté nucléaire, *Introduction à la dosimétrie*, INFO-0827. Ministre de Travaux publics et Services gouvernementaux Canada, 2011.

Commission canadienne de sûreté nucléaire, *Introduction au rayonnement*. Ministre de Travaux publics et Services gouvernementaux Canada, 2012.

Cember, H., *Introduction to Health Physics*, 2^e édition. Toronto : Pergamon Press, 1989.

Santé Canada, *Rapport de 2005 sur les radioexpositions professionnelles au Canada*, 2006.

Santé Canada, *Dispositifs à rayons X pour l'inspection des bagages – précautions à prendre – Code de sécurité 29*, 1993.

Commission internationale de protection radiologique, *Recommandations de la Commission internationale de protection radiologique*, Elsevier, 2007

National Research Council, *Health Effects of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation: BEIR V*, The National Academies Press, 1990.

Maharaj, Harri. Entrevue personnelle, novembre 2006.

Conseil national de recherches. Entrevue personnelle, novembre 2006.

Shleien, B., L. A. Slaback Jr et B. K. Birky, *Handbook of Health Physics and Radiological Health*, 3^e édition. Baltimore : Williams and Wilkins, 1998.