

Ordonnance du DFI sur la dosimétrie individuelle et la dosimétrie de l'environnement

(Ordonnance sur la dosimétrie)

du

Projet pour l'audition

Le Département fédéral de l'intérieur (DFI), en accord avec l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN)

vu l'art. 79, al. 1, de l'ordonnance du ... sur la radioprotection (ORaP)¹,
arrête:

Chapitre 1 Dispositions générales

Art. 1 Objet

La présente ordonnance régit les dispositions techniques concernant la dosimétrie individuelle et celle de l'environnement et établit les exigences touchant aux systèmes dosimétriques.

Art. 2 Définitions

Les définitions applicables à la présente ordonnance sont celles figurant à l'art. 2 et à l'annexe 1 ORaP et ainsi qu'à l'annexe 1 de la présente ordonnance.

Art. 3 Surveillance

Les autorités qui délivrent l'agrément conformément à l'art. 82 ORaP exercent la surveillance sur les services de dosimétrie.

Art. 4 Objet de l'agrément d'un service de dosimétrie individuelle

L'agrément d'un service de dosimétrie individuelle concerne les aspects suivants:

- a. détermination des grandeurs de mesure;
- b. types de rayonnement et radionucléides mesurés;
- c. méthodes de mesure utilisées;
- d. format de l'annonce des doses.

Art. 5 Publication de l'agrément

Les autorités qui délivrent l'agrément publient la liste des services de dosimétrie individuelle agréés.

RS 814.501.43

¹ **RS 814.501**

Art. 6 Mesure des composantes principales du rayonnement

¹ S'il est démontré que, pour une personne, la dose efficace liée à l'irradiation externe par des photons ou des neutrons ne peut être supérieure à 10 % de la dose annuelle totale, on peut renoncer, avec l'assentiment de l'autorité de surveillance, à la détermination individuelle de cette composante du rayonnement.

² La mesure de la dose efficace liée à l'incorporation dans les secteurs contrôlés au sens de l'art. 91 ORaP est régie par les fiches spécifiques aux radionucléides figurant à l'annexe 15.

³ Pour les travaux effectués dans les zones visées à l'art 96 ORaP, on peut, avec l'assentiment de l'autorité de surveillance, renoncer à déterminer la dose efficace résultant d'une incorporation pour les radionucléides qui, ensemble, ne sont pas susceptibles d'entraîner une dose individuelle totale supérieure à 1 mSv par an.

⁴ Lorsque, dans un secteur de travail au sens de l'art. 95 ORaP, le volume annuel d'utilisation dépasse 200 fois la limite d'autorisation (LA) dans le cadre de la manipulation de sources radioactives non scellées, ou 20 fois cette limite lorsqu'il s'agit de travaux avec des sources volatiles ou gazeuses, une surveillance d'incorporation doit être effectuée.

Art. 7 Dosimétrie des personnes astreintes en cas d'augmentation de la radioactivité

¹ Les doses d'irradiation des personnes astreintes sont à consigner et à tenir à la disposition de l'Office fédéral de la santé publique (OFSP).

² La dosimétrie peut être effectuée par un service agréé de dosimétrie individuelle. Le Département fédéral de la défense, de la protection de la population et des sports (DDPS) règlemente les autres possibilités concernant la dosimétrie des personnes astreintes.

³ Si l'on soupçonne une incorporation, il faut procéder à une surveillance d'incorporation conformément à l'art. 34.

³ Dans des champs de radiation suffisamment connus et homogènes, on peut renoncer à une mesure individuelle de la dose à condition que celle-ci soit déterminée par calcul.

Chapitre 2 Irradiation externe des personnes**Section 1 Exécution de la dosimétrie****Art. 8** Port du dosimètre

Le dosimètre du corps entier doit être porté au niveau de la poitrine; les femmes enceintes le portent au niveau de l'abdomen.

Art. 9 Port de plusieurs dosimètres

¹ Les personnes surveillées doivent porter plusieurs dosimètres quand la valeur de dose indiquée par un seul dosimètre n'est pas représentative de la dose efficace à cause de l'inhomogénéité du champ de radiation.

² L'autorité de surveillance fixe au cas par cas comment :

- a. la dose efficace doit être déterminée sur la base des doses corporelles partielles ;
- b. le service de dosimétrie individuelle doit annoncer les résultats.

³ Pour les personnes professionnellement exposées aux radiations qui doivent se tenir à proximité immédiate du patient lors d'activités en radiologie interventionnelle, soit en tant qu'opérateurs soit en tant qu'examineurs, le port d'un deuxième dosimètre est obligatoire.

Art. 10 Port d'un tablier de protection

¹ Le dosimètre doit être porté sous le tablier de protection, au niveau de la poitrine. Lors de l'utilisation d'un deuxième dosimètre, celui-ci doit être porté sur le tablier de protection, au niveau de la poitrine. Il doit porter un signe distinctif apposé par le service de dosimétrie individuelle.

² La dose individuelle totale – avec deux dosimètres – est calculée comme suit:

$$H_{total}(10) = H_{sous}(10) + a \cdot H_{sur}(10)$$

$$H_{total}(0,07) = H_{sous}(0,07) + H_{sur}(0,07)$$

où H_{sous} représente la dose indiquée par le dosimètre placé sous le tablier et H_{sur} celle du dosimètre placé sur le tablier, et $a = 0,1$, lorsque le tablier de protection ne protège pas la glande thyroïde, ou $a = 0,05$, si le tablier la protège.

³ Le titulaire de l'autorisation annonce au service de dosimétrie individuelle :

- a. les personnes pour lesquelles un deuxième dosimètre est nécessaire ;
- b. si ces personnes portent une protection de la glande thyroïde.

⁴ Le service de dosimétrie individuelle calcule la dose individuelle totale et annonce les valeurs de H_{sous} , H_{sur} et H_{total} à l'entreprise mandante et au registre dosimétrique central.

Art. 11 Dose au cristallin

¹ La dose équivalente au cristallin est supposée égale à la dose individuelle en surface $H_p(0,07)$ mesurée par le dosimètre du corps entier. Elle peut aussi être déterminée avec un dosimètre porté au niveau de l'œil et annoncée comme telle.

² Dans le cas de champs de radiation inhomogènes pour lesquels la dose au corps entier n'est pas représentative de la dose au cristallin, l'autorité de surveillance peut exiger au cas par cas le port d'un deuxième dosimètre au niveau des yeux.

³ Lors du port de deux dosimètres du corps entier et d'un tablier de protection, la dose au cristallin correspond à la dose individuelle totale en surface $H_{total}(0,07)$ visée à l'art. 10, al. 2.

⁴ En cas de port de lunettes de protection, l'expert en radioprotection détermine, avec l'assentiment de l'autorité de surveillance, un facteur de correction individuel correspondant à $f_c < 1$ et le communique au service de dosimétrie individuelle. Celui-ci calcule la dose individuelle au cristallin comme suit:

$$1 \text{ dosimètre du corps entier: } H_{cristallin}(0,07) = f_c * H_p(0,07)$$

2 dosimètres du corps entier: $H_{\text{cristallin}}(0,07) = H_{\text{sous}}(0,07) + f_c * H_{\text{sur}}(0,07)$

où les valeurs $H_{\text{sous}}[0,07]$ et $H_{\text{sur}}[0,07]$ sont déterminées conformément à l'art. 10, al. 2. avant de la communiquer à l'entreprise et au registre dosimétrique central.

Art. 12 Dosimètre des extrémités

¹ Lors d'activités impliquant des sources de radiations qui peuvent conduire à des hauts débits de dose au niveau des mains, le port d'un dosimètre des extrémités est en outre obligatoire. Cela vaut en particulier pour les activités suivantes:

- a. manipulation de sources γ d'un volume annuel d'utilisation de plus de 200 LA;
- b. manipulation de sources β d'une énergie maximale supérieure à 1 MeV dans des secteurs de travail de type B ou d'un volume annuel d'utilisation de plus de 200 LA;
- c. examens de radiologie interventionnelle dans le domaine des doses élevées;
- d. travaux de réglage sur des installations de rayons X analytiques.

² L'autorité de surveillance peut exiger au cas par cas le port d'un dosimètre des extrémités lors d'autres activités pouvant conduire à une dose aux extrémités supérieure à 25 mSv par an.

³ Le dosimètre des extrémités est porté, dans la mesure du possible, à l'endroit où la dose la plus élevée est attendue.

Art. 13 Détermination de la dose aux extrémités lors de la manipulation de sources non scellées

¹ Lors de la manipulation de sources non scellées, la dose aux extrémités est calculée comme suit, à partir de la dose indiquée par le dosimètre-bague et d'un facteur de correction:

$$H_{\text{extr.}} = f_E * H_p(0,07)$$

où $H_p(0,07)$ est la dose indiquée par le dosimètre-bague et f_E le facteur de correction. Celui-ci vaut 5.

² Le titulaire de l'autorisation peut, avec l'assentiment de l'autorité de surveillance, déterminer à l'aide de mesures appropriées des facteurs individuels de correction et les appliquer.

³ Le titulaire de l'autorisation annonce au service de dosimétrie individuelle les personnes qui travaillent avec des sources non scellées et leurs facteurs individuels de correction.

⁴ Le service de dosimétrie individuelle calcule la dose individuelle aux extrémités et annonce les valeurs de $H_p(0,07)$, f_E et $H_{\text{extr.}}$ à l'entreprise mandante et au registre dosimétrique central.

Art. 14 Dosimètres individuels actifs utilisés en tant que deuxièmes dosimètres

L'autorité de surveillance peut, dans des cas particuliers, exiger le port de dosimètres individuels actifs (DIA), notamment:

- a. lorsqu'un contrôle en continu de l'exposition des personnes présentes dans le champ de radiation doit être assuré (dosimétrie associée à une tâche);
- b. lorsque des mesures doivent être prises en cas d'atteinte ou de dépassement des seuils d'alarme;
- c. lorsque les personnes exposées aux radiations doivent être sensibilisées et informées en temps réel au sujet de la dose qu'elles reçoivent durant leur activité ;
- d. lorsque le comportement des personnes exposées dans le champ de radiation doit être optimisé afin de réduire les doses individuelle et collective.

Art. 15 Détermination de la dose dans le cas du personnel navigant

¹ Les exploitants de compagnies aériennes déterminent à l'aide d'un logiciel reconnu par l'autorité qui délivre les autorisations la dose individuelle reçue par le personnel navigant professionnellement exposé aux radiations.

² Le logiciel doit être conforme à l'état de la technique.

Art. 16 Allongement de la période de mesure

Un allongement de la période de mesure au-delà d'un mois ou d'un trimestre, conformément aux art. 73, al. 2, et 74, al. 2, ORaP, est possible, avec l'assentiment de l'autorité de surveillance, notamment:

- a. lorsque les personnes concernées sont surveillées en outre à l'aide de dosimètres individuels à lecture directe, ou
- b. lorsqu'une dosimétrie d'ambiance, avec indication du débit de dose ou possibilité d'alarme, est effectuée.

Section 2 Exigences techniques auxquelles doivent répondre les systèmes de dosimétrie

Art. 17 Exigences générales

Les systèmes de mesure visés par l'art. 80, al. 2, let. d, ORaP doivent permettre la détermination des grandeurs opérationnelles pour la dosimétrie individuelle en cas d'irradiation externe définies à l'annexe 4 ORaP.

Art. 18 Exigences pour les conditions de mesure de routine

L'écart de la valeur de la dose H_m , déterminée dans les conditions de routine, à la valeur de référence H_t de la grandeur opérationnelle doit être situé, pour les photons, à l'intérieur des limites fixées à l'annexe 2.

Art. 19 Exigences en vue de l'agrément

¹ Les systèmes de dosimétrie doivent satisfaire aux exigences fixées dans les annexes 3 à 9.

² L'écart entre la valeur de la dose indiquée et la valeur de référence, dans les conditions de référence fixées à l'art. 23, ne doit pas être supérieur à ± 10 %.

³ Si les dosimètres sont portés dans un champ de radiation connu sensiblement différent du champ de référence, l'autorité qui délivre l'agrément peut autoriser au cas par cas l'application d'un facteur de normalisation relativement aux conditions de référence.

⁴ L'autorité qui délivre l'agrément peut autoriser une dérogation aux exigences des annexes 3 à 9 concernant la dépendance en fonction de l'énergie et le domaine de mesure. Le responsable du service de dosimétrie individuelle doit alors démontrer:

- a. que son système de dosimétrie est utilisé dans des champs de radiation qui ne fournissent une contribution de dose significative que dans un domaine particulier d'énergie, ou
- b. qu'en se basant sur des principes physiques ou des mesures techniques, le dépassement d'une dose maximale donnée n'est pas possible au cours de l'exposition aux rayonnements.

Art. 20 Exigences supplémentaires pour l'agrément de DIA

¹ Les DIA doivent être soumis à un essai de type conforme aux règles reconnues de la technique.

² Il faut garantir par des dispositions adéquates que les données dosimétriques ne peuvent pas être effacées avant leur transfert dans la banque de données du service de dosimétrie individuelle.

³ La dépendance de la mesure de dose en fonction du débit de dose doit être spécifiée, le cas échéant également pour un rayonnement pulsé.

⁴ Le dosimètre doit satisfaire aux exigences à son lieu d'utilisation.

Art. 21 Exigences auxquelles doivent répondre les DIA utilisés en tant que deuxièmes dosimètres

¹ Les exigences concernant les DIA supplémentaires visées à l'art. 14 sont fixées par l'autorité de surveillance en fonction des applications concrètes. Elles comprennent :

- a. les exigences minimales concernant la mesure ;
- b. l'étalonnage et le rattachement métrologique ;
- c. le réglage des seuils d'alarme : et
- d. l'assurance de qualité.

² Après intervention, les valeurs de dose déterminées par un DIA doivent être évaluées et consignées.

Art. 22 Mesures d'intercomparaison

¹ Lors des mesures d'intercomparaison visées par l'art. 84, al. 2, ORaP, la précision de mesure dans les conditions de référence fixées à l'art. 23 doit être contrôlée.

² Si les valeurs de dose indiquées dans les conditions de référence s'écartent de plus de 10 % de la valeur de référence, le service de dosimétrie individuelle établit la raison de l'écart et effectue au besoin une nouvelle calibration du système dosimétrique.

³ Si des tests complémentaires sont effectués, à l'occasion d'intercomparaisons, les exigences fixées à l'art. 18 et aux annexes 3 à 9, compte tenu des exceptions fixées à l'art. 19, al. 3 et 4, doivent être satisfaites.

Section 3 Définitions et conditions techniques

Art. 23 Conditions de référence

Les conditions de référence sont définies comme suit: fantôme d'irradiation décrit à l'art. 24, dose située entre 2 et 10 mSv, et champs de radiation suivants:

- a. pour les photons: source de césium-137
- b. pour les électrons: source de strontium-90/yttrium-90
- c. pour les neutrons: source d'américium-béryllium

Art. 24 Définition du fantôme d'irradiation

¹ Le fantôme d'irradiation pour la dosimétrie individuelle et la dosimétrie du cristallin consiste en un récipient parallélépipédique en polyméthylmétacrylate/PMMA (plexiglas) de dimensions suivantes: $30 \times 30 \times 15$ cm³. L'épaisseur de la paroi est de 2,5 mm pour la face frontale, 10 mm pour les autres faces. Le récipient est rempli d'eau.

² Le fantôme d'irradiation pour les extrémités consiste en une tige en plexiglas d'un diamètre de 19 mm et d'une longueur de 300 mm.

Art. 25 Grandeurs de mesure

¹ Les grandeurs opérationnelles de la dosimétrie individuelle doivent être déduites, à l'aide de coefficients de conversion fournis à l'annexe 10, des grandeurs de mesure suivantes:

- a. kerma dans l'air (K_a) pour les photons;
- b. dose absorbée dans l'air (D_a) ou fluence (Φ) pour les électrons;
- c. fluence (Φ) pour les neutrons.

² La traçabilité des systèmes de mesure aux standards nationaux est à effectuer par le biais des grandeurs définies à l'al. 1, let. a à c.

Art. 26 Géométrie d'irradiation pour les photons et les neutrons

Le champ de radiation doit être centré sur le fantôme et perpendiculaire à sa face d'entrée. Le point de référence est le centre de la face avant du fantôme, derrière le dosimètre. La distance entre la source et le fantôme doit être d'au moins 2 m. Le champ de radiation doit couvrir complètement le fantôme.

Art. 27 Géométrie d'irradiation pour le rayonnement bêta

Le champ de radiation doit être centré sur le fantôme et perpendiculaire à sa face d'entrée. Le point de référence est le centre de la face avant du fantôme, derrière le dosimètre. La distance entre la source et le fantôme doit être d'au moins 20 cm et d'au plus 50 cm. Le champ de radiation doit couvrir complètement le fantôme.

Art. 28 Champs de radiation de référence

Les champs de radiation de référence visés par l'annexe 10 doivent correspondre aux normes ISO² 4037³ (faisceaux de photons), ISO 8529⁴ (faisceaux de neutrons) et ISO 6980⁵ (faisceaux de rayonnement bêta).

Art. 29 Conditions pour le contrôle de la dépendance énergétique

La dépendance énergétique est contrôlée en irradiant le fantôme visé à l'art. 24 à une valeur de référence de la grandeur opérationnelle située entre 2 et 10 mSv avec un faisceau perpendiculaire à la face d'entrée du fantôme.

Art. 30 Conditions pour le contrôle de la dépendance directionnelle

La dépendance directionnelle est contrôlée en irradiant le fantôme visé à l'art. 24 sous différents angles, à une valeur de référence de la grandeur opérationnelle située entre 2 et 10 mSv.

Art. 31 Conditions pour le contrôle de la reproductibilité

La reproductibilité est contrôlée dans les conditions de référence. A cet effet, on détermine la dispersion des doses indiquées par plusieurs dosimètres irradiés dans les mêmes conditions.

Art. 32 Fading

- 2 International Organization for Standardization. Les normes techniques de l'ISO citées dans la présente ordonnance peuvent être consultées gratuitement auprès de l'Office fédéral de la santé publique, 3003 Berne ou achetées auprès de l'Association suisse de normalisation, Bürglistrasse 29, 8400 Winterthur, www.snv.ch.
- 3 ISO 4037-1, édition: 1996-120 Rayonnements X et gamma de référence pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres, et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des photons - Partie 1: Caractéristiques des rayonnements et méthodes de production. ISO 4037-2, édition: 1997-12. Rayonnements X et gamma de référence pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres, et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des photons - Partie 2: Dosimétrie pour la radioprotection dans les gammes d'énergie de 8 keV à 1,3 MeV et de 4 MeV à 9 MeV. ISO 4037-3, édition: 1999-06. Rayonnements X et gamma de référence pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des photons - Partie 3: Etalonnage des dosimètres de zone (ou d'ambiance) et individuels et mesurage de leur réponse en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence. ISO 4037-4, édition: 2004-10. Rayonnements X et gamma de référence pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des photons - Partie 4: Etalonnage des dosimètres de zone (ou d'ambiance) et individuels dans des champs de référence X de faible énergie.
- 4 ISO 8529-1, édition: 2001-02. Rayonnements neutroniques de référence - Partie 1: Caractéristiques et méthodes de production. ISO 8529-2, édition: 2000-08. Rayonnements neutroniques de référence - Partie 2: Concepts d'étalonnage des dispositifs de radioprotection en relation avec les grandeurs fondamentales caractérisant le champ de rayonnement. ISO 8529-3, édition: 1998-11 Rayonnements neutroniques de référence - Partie 3: Etalonnage des dosimètres de zone (ou d'ambiance) et individuels et détermination de leur réponse en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence des neutrons.
- 5 ISO 6980, édition: 1996-10. Rayonnements bêta de référence pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie bêta.

L'effet de fading sur la mesure de la dose doit être déterminé, dans les conditions normales d'utilisation, sur une période de mesure.

Art. 33 Arrondissement des valeurs de dose

¹ Les services de dosimétrie individuelle arrondissent les valeurs de mesure en mSv à un chiffre après la virgule, après soustraction du bruit de fond.

² Par dérogation, dans le domaine des faibles doses (< 1 mSv), les valeurs de mesure des dosimètres individuels pour le rayonnement photonique inférieures à 0,075 mSv sont arrondies à 0 et celles supérieures ou égales à 0,075 mSv, à 0,1 mSv.

Chapitre 3 Irradiation interne des personnes

Section 1 Dispositions concernant l'exécution de la dosimétrie

Art. 34 Surveillance d'incorporation

¹ La surveillance individuelle d'incorporation s'effectue par la mesure de l'activité accumulée dans l'organisme ou excrétée.

² La méthode de mesure doit satisfaire aux exigences fixées à l'annexe 15.

³ Si l'on peut apporter la preuve, à l'intention de l'autorité de surveillance, qu'une autre méthode ou qu'un autre intervalle de surveillance sont équivalents ou meilleurs que ceux indiqués à l'annexe 15, des aménagements aux mesures d'incorporation, conformément à l'art. 35, al. 1, let. b, sont admis.

Art. 35 Méthodes de mesure

¹ La surveillance d'incorporation doit être effectuée comme suit:

- a. à l'aide d'une mesure de tri effectuée par l'entreprise conformément aux consignes de l'autorité de surveillance; ou
- b. à l'aide d'une mesure d'incorporation effectuée avec un équipement approprié par un service de dosimétrie individuelle agréé.

² Les résultats des mesures de tri ne sont pas utilisés pour déterminer une dose.

³ Une mesure d'incorporation doit être effectuée lorsque le résultat d'une mesure de tri est situé au-dessus d'un seuil de mesure spécifique au nucléide et indiqué à l'annexe 15.

Art. 36 Intervalles de surveillance

¹ Les intervalles de surveillance sont indiqués à l'annexe 15 pour certains radionucléides.

² Pour les radionucléides qui ne figurent pas à l'annexe 15, on doit choisir les intervalles de surveillance de sorte qu'une incorporation ayant lieu au début ou à la fin de l'intervalle ne conduise pas à une sous-estimation, ou à une surestimation, d'un facteur supérieur à 3.

³ Pour les substances radioactives ayant une période effective très courte (inférieure à 1 jour), la surveillance d'incorporation doit être effectuée par des mesures de tri fréquentes, par exemple chaque jour de travail.

⁴ Lorsque l'intervention dans un secteur contrôlé est plus courte que l'intervalle de surveillance pour le nucléide utilisé ou pour les nucléides significatifs vis-à-vis de la dose d'incorporation, une mesure de tri doit être effectuée à la fin de l'intervention.

Art. 37 Mélanges de radionucléides

¹ Lorsque l'on peut admettre qu'une composition de nucléides est stable, on peut limiter la mesure d'incorporation à un nucléide directeur.

² La détermination de la dose à partir des mesures du radionucléide directeur doit être documentée.

Art. 38 Mesure de la concentration d'activité dans l'air ambiant

Dans les cas particuliers où une mesure individuelle de l'incorporation n'est pas appropriée, il est possible, avec l'assentiment de l'autorité de surveillance, d'effectuer à la place une mesure de la concentration d'activité dans l'air ambiant.

Art. 39 Radionucléides particuliers

Si, pour un radionucléide particulier, il n'existe pas de service de mesure d'incorporation agréé, les autorités de surveillance décident auprès de quels services et par quelles procédures (fréquence et méthode de mesure) les analyses correspondantes doivent être effectuées.

Art. 40 Détermination de l'exposition au radon

¹ Lors d'une exposition au radon telle que décrite à l'art. 63, al. 1, let. d, ORaP, la détermination de la dose est réalisée par un service de dosimétrie individuelle agréé pour le radon ou par le titulaire de l'autorisation.

² La détermination de la dose s'effectue conformément à l'annexe 12.

³ L'autorité de surveillance définit, en consultation avec le titulaire de l'autorisation, le facteur d'équilibre (F).

⁴ Le titulaire de l'autorisation peut, avec l'assentiment de l'autorité de surveillance, déterminer lui-même ce facteur à l'aide de mesures appropriées et l'appliquer.

Section 2 Exécution de mesures de tri et conditions régissant l'agrément des services de mesure d'incorporation

Art. 41 Mesures de tri

¹ Pour les appareils, les seuils de mesure spécifiques aux radionucléides doivent être fixés à l'aide d'un étalonnage ou d'une mesure d'intercomparaison et doivent être contrôlés tous les trois ans.

² Il y a lieu de documenter dans des directives internes:

- a. les procédures utilisées lors des mesures de tri, notamment la mesure du débit de dose, l'analyse d'urine par scintillation liquide, la mesure de l'activité dans la thyroïde;
- b. l'étalonnage; et
- c. les démarches d'assurance de qualité.

³ Les résultats des mesures de tri doivent être consignés individuellement.

Art. 42 Agrément des services de mesure d'incorporation

¹ L'agrément d'un service de mesure d'incorporation selon les art. 80 à 82 ORaP concerne des radionucléides définis.

² Lors des analyses d'excréta, les activités ou les concentrations radioactives mesurées doivent pouvoir être déterminées:

- a. entre 10 et 100 fois le seuil de mesure fixé à l'annexe 13; et
- b. avec un écart par rapport à la valeur de référence de 20 % au maximum.

³ Pour les mesures directes, l'activité mesurée sur un fantôme approuvé par l'autorité qui délivre l'agrément doit pouvoir être déterminée:

- a. entre le seuil de mesure fixé à l'annexe 15 et une valeur 100 fois supérieure;
- b. avec un écart par rapport à la valeur de référence de 20 % au maximum.

⁴ Les systèmes de mesure doivent correspondre à l'état de la technique et être traçables, par le biais d'une chaîne ininterrompue d'intercomparaisons, à des étalons appropriés.

Section 3 Modèles standard pour les calculs

Art. 43 Calcul standard

¹ Le calcul standard de la dose efficace engagée doit être effectué selon les indications fournies à l'annexe 11.

² Les données spécifiques aux nucléides devant être utilisées pour ce calcul sont indiquées à l'annexe 15.

³ Pour le calcul de la dose, dans les conditions de routine, on admet que l'incorporation a eu lieu au milieu de l'intervalle de surveillance. Lorsque l'on connaît le moment de l'incorporation, on doit en tenir compte dans le calcul.

⁴ Si l'on démontre que la substance radioactive, sous la forme où elle est utilisée, présente un métabolisme différent de celui du modèle standard, on doit utiliser, avec l'assentiment de l'autorité qui délivre l'agrément, un modèle pour les mesures d'incorporation mieux adapté à la situation.

Chapitre 4 Dosimétrie de l'environnement**Section 1 Définitions et dispositions générales****Art. 44** But de la dosimétrie de l'environnement

La dose ambiante ou le débit de dose ambiante à l'extérieur des entreprises doit être déterminée à l'aide de la dosimétrie de l'environnement :

- a. pour détecter le rayonnement direct (y compris le skyshine) émis par les entreprises;
- b. pour détecter les écarts par rapport au bruit de fond naturel dû à la présence de substances radioactives; et
- c. pour obtenir des informations supplémentaires concernant les champs de radiation et la répartition de la dose après une défaillance.

Art. 45 Systèmes utilisés pour la dosimétrie de l'environnement

¹ Les systèmes de dosimétrie de l'environnement sont répartis en quatre types:

- a. type 1: dosimètres stationnaires passifs avec un temps d'exposition en général d'au moins un mois;
- b. type 2: instruments stationnaires de mesure du débit de dose avec transmission automatique des données ;
- c. type 3: instruments mobiles de mesure du débit de dose;
- d. type 4: systèmes spectrométriques possédant un algorithme pour la détermination du débit de dose ambiante.

² La grandeur dosimétrique que les systèmes de dosimétrie de l'environnement ont à déterminer est l'équivalent de dose ambiant $H^*(10)$. Le rattachement des systèmes de mesure aux étalons nationaux s'effectue, conformément à l'annexe 14, à l'aide des grandeurs suivantes :

- a. kerma dans l'air (K_a) pour les photons;
- b. fluence (Φ) pour les neutrons.

Art. 46 Assurance de qualité

¹ Un programme d'assurance de la qualité doit être appliqué aux systèmes de mesure.

² L'étalonnage doit être rattaché aux étalons de référence nationaux.

³ Le contrôle de la stabilité des systèmes de dosimétrie de l'environnement de type 2 et 3 se base sur l'article 15 de l'ordonnance du 7 décembre 2012 du DFJP sur les instruments de mesure des rayonnements ionisants (OIMRI) ⁶.

⁴ La détermination du débit de dose ambiante avec les systèmes de dosimétrie de l'environnement de type 4 doit être vérifiée expérimentalement.

Art. 47 Mesures d'intercomparaison et contrôles

⁶ SR 941.210.5

¹ Lors de mesures d'intercomparaison de systèmes de type 1, la précision de mesure doit être contrôlée dans les conditions de référence. De telles intercomparaisons sont à effectuer régulièrement.

² Si les valeurs de dose indiquées lors des mesures d'intercomparaisons et des contrôles, dans les conditions de référence visées à l'art. 48 s'écartent de plus de 20 % de la valeur de référence, l'exploitant du système de dosimétrie de l'environnement établit la raison de l'écart et prend des mesures correctives, par exemple une nouvelle calibration.

³ Si, des tests complémentaires sont effectués à l'occasion d'intercomparaisons, les exigences fixées à l'annexe 13 doivent être satisfaites.

⁴ Les systèmes de mesure de type 4, dans la mesure où ils existent, doivent aussi être soumis à des mesures d'intercomparaison.

Section 2 Dispositions techniques

Art. 48 Conditions de référence

¹ Pour les conditions de référence, les faisceaux de photons et de neutrons à utiliser sont ceux prescrits pour la vérification conformément à l'OIMRI.

² Les conditions d'irradiation doivent correspondre aux dispositions de l'OIMRI.

³ Pour les systèmes de type 1, les doses d'irradiation doivent se situer entre 0,5 et 5 mSv; pour les systèmes de type 2 et 3, le débit de dose doit se situer entre 0,1 et 10 mSv/h.

Art. 49 Exigences techniques

¹ Les systèmes de dosimétrie de l'environnement doivent correspondre à l'état de la technique et répondre aux exigences fixées à l'annexe 13.

² Pour la détermination de la dose, l'utilisation d'un facteur de normalisation par rapport aux conditions de référence est admise lorsque les dosimètres sont placés dans un champ de radiation connu qui diffère sensiblement du champ de référence.

³ Concernant la dépendance énergétique, des écarts par rapport aux exigences fixées à l'annexe 13 sont admis lorsque le système dosimétrique est utilisé dans des champs de radiation qui ne fournissent une contribution de dose significative que dans un domaine particulier d'énergie.

Chapitre 5 Dispositions finales

Art. 50 Abrogation d'un autre acte

L'ordonnance du 7 octobre 1999 sur la dosimétrie individuelle⁷ est abrogée.

Art. 51 Entrée en vigueur

⁷ RO..2000 804; RO 2007 5699

Ordonnance sur la dosimétrie
La présente ordonnance entre en vigueur le

RO 2015

...

Département fédéral de l'intérieur
Alain Berset

Définitions

Remarques préliminaires

Les définitions sont présentées par ordre alphabétique.

Facteur d'équilibre

Le facteur d'équilibre F est le rapport entre la concentration d'activité du radon équivalente à l'équilibre et sa concentration réelle.

Pour le radon-222, le facteur d'équilibre vaut 1 lorsque tous ses descendants sont présents dans l'air (donc en l'absence de déposition sur les surfaces). Le facteur d'équilibre tend vers zéro lorsque les descendants sont extraits de l'air en continu (par déposition sur les surfaces ou par extraction à l'aide d'un système de purification de l'air). Pour les locaux d'habitation, on admet en général un facteur d'équilibre de 0.4.

Fading

Différence relative entre la valeur de mesure et la valeur de référence en fonction du laps de temps entre l'irradiation et l'évaluation, en % de la valeur de référence (%/mois).

Fluence

En un point dans un champ de radiation, nombre de particules entrant dans une petite sphère centrée en ce point, divisé par la surface d'un grand cercle de la sphère (cm⁻²).

Incorporation chronique

Absorption chronique de substances radioactives dans l'organisme humain par ingestion, inhalation ou pénétration à travers la peau.

Période effective

La période *effective* est calculée comme suit à partir de la période *biologique* et de la période *physique* d'un radionucléide:

$$T_{1/2\text{eff}} = \frac{T_{1/2\text{biol}} \cdot T_{1/2\text{phys}}}{T_{1/2\text{biol}} + T_{1/2\text{phys}}}$$

Mesure d'incorporation

Détermination de la dose efficace engagée E₅₀, sur la base de la mesure de l'activité corporelle ou de celle d'excréta.

Kerma

En un point dans la matière, somme des énergies cinétiques des particules ionisantes chargées libérées par des radiations ionisantes non chargées, par unité de masse de matière (**kinetic energy released in material**) (J/kg, Gy).

Nucléide directeur

Nucléide représentatif d'un mélange de nucléides en ce qui concerne la détermination de la dose.

Mesure de tri

Procédé de mesure utilisé pour mettre en évidence une incorporation sans déterminer la dose efficace correspondante.

Exigences concernant un dosimètre individuel pour le rayonnement photonique dans les conditions de mesure de routine

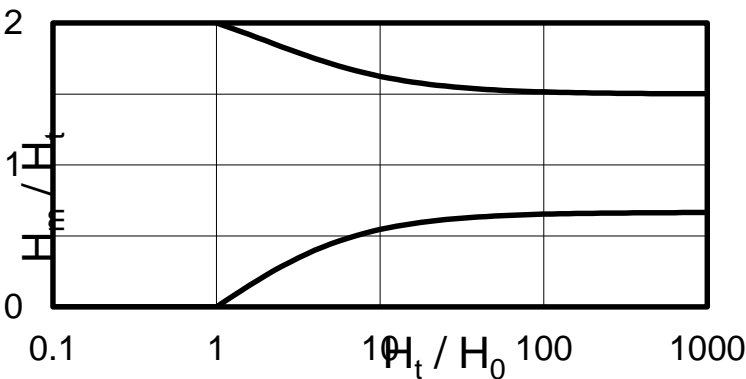
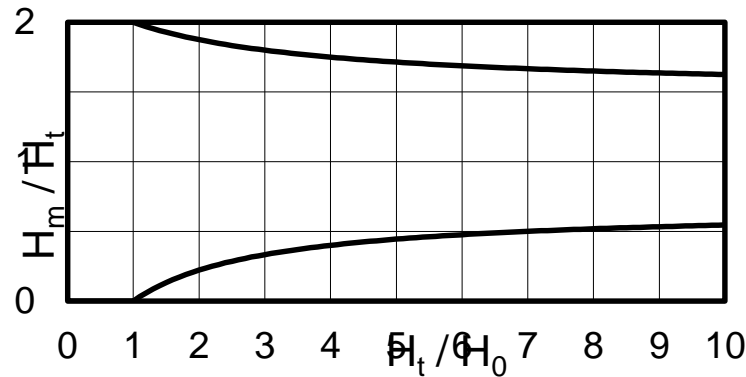
pour $H_t \leq H_0$: $0 \leq H_m \leq 2H_0$

pour $H_t > H_0$: $\frac{1}{1.5} \left(1 - \frac{2H_0}{H_0 + H_t} \right) \leq H_m / H_t \leq 1.5 \left(1 + \frac{H_0}{2H_0 + H_t} \right)$

H_t est la valeur de référence de la grandeur opérationnelle

H_m est la valeur de dose déterminée dans les conditions de routine

H_0 est la plus faible dose qui doit être mesurable (voir annexes 3 et 6)



⁸ Mise à jour selon le ch. II al. 1 de l'O du DFI et du DETEC du 7 nov. 2007, en vigueur depuis le 1^{er} janv. 2008 (RO 2007 5699).

Exigences concernant un dosimètre individuel pour le rayonnement photonique

- a. Grandeurs de mesure
 $H_p(10)$ et $H_p(0,07)$
- b. Dose la plus faible qui doit être mesurable
 $H_0 = 0,1$ mSv pour $H_p(10)$
 $H_0 = 1$ mSv pour $H_p(0,07)$
- c. Domaine de mesure
 H_0 jusqu'à 5 Sv
- d. Linéarité
Ecart < 15 % entre 1 mSv et 5 Sv
- e. Dépendance énergétique
Pour les photons d'énergie située entre 20 keV et 5 MeV

$$0,7 \leq \frac{H_m}{H_t} \leq 1,3 \quad \text{pour } H_p(10)$$

Pour les photons d'énergie située entre 10 keV et 300 keV; jusqu'à 5 MeV en condition d'équilibre électronique secondaire

$$0,7 \leq \frac{H_m}{H_t} \leq 1,3 \quad \text{pour } H_p(0,07)$$

- f. Dépendance directionnelle
< 20 % jusqu'à 60° pour des énergies > 60 keV
- g. Reproductibilité
Ecart standard $s \leq 10\%$ pour $H_p(10)$ et $H_p(0,07)$
- h. Fading
Effet < 10 %/mois

**Exigences concernant un dosimètre individuel
pour le rayonnement bêta**

- a. Grandeur de mesure
 $H_p(0,07)$
- b. Dose la plus faible qui doit être mesurable
 $H_0 = 1 \text{ mSv}$
- c. Domaine de mesure
 H_0 jusqu'à 5 Sv
- d. Linéarité
Ecart < 15 % entre 1 mSv et 5 Sv
- e. Dépendance énergétique
Pour le rayonnement bêta du thallium-204 ou du krypton-85:

$$0,1 \leq \frac{H_m}{H_t} \leq 2,0$$

Au cas où le système a été étalonné avec un rayonnement photonique, l'exigence supplémentaire suivante s'applique pour le rayonnement bêta du strontium-90/yttrium-90:

$$0,5 \leq \frac{H_m}{H_t} \leq 2,0$$

- f. Reproductibilité
Ecart standard $s \leq 10\%$
- g. Fading
Effet < 10 %/mois

Exigences concernant un dosimètre individuel pour le rayonnement neutronique

- a. Grandeur de mesure
 $H_p(10)$
- b. Dose la plus faible qui doit être mesurable
 $H_0 = 0,5 \text{ mSv}$
- c. Domaine de mesure
 H_0 jusqu'à 5 Sv
- d. Linéarité
Ecart < 30 % entre 1 mSv et 5 Sv
- e. Dépendance énergétique

$$0,3 \leq \frac{H_m}{H_t} \leq 3,0$$

pour les spectres de radiation dans lesquels le dosimètre est utilisé.

- f. Reproductibilité
Ecart standard $s \leq 50\%$
- g. Fading
Effet < 30 %/mois

**Exigences concernant un dosimètre des extrémités
pour le rayonnement photonique**

- a. Grandeur de mesure
 $H_p(0,07)$
- b. Dose la plus faible qui doit être mesurable
 $H_0 = 1 \text{ mSv}$
- c. Domaine de mesure
 H_0 jusqu'à 5 Sv
- d. Linéarité
Ecart < 15 % entre 1 mSv et 5 Sv
- e. Dépendance énergétique
Pour les photons d'énergie située entre 10 keV et 300 keV; jusqu'à 1,5 MeV
en condition d'équilibre électronique secondaire

$$0,5 \leq \frac{H_m}{H_t} \leq 2,0$$

- f. Dépendance directionnelle
< 20 % jusqu'à 60° pour des énergies > 60 keV
- g. Reproductibilité
Ecart standard $s \leq 15\%$
- h. Fading
Effet < 10 %/mois

**Exigences concernant un dosimètre des extrémités
pour le rayonnement bêta**

- a. Grandeur de mesure
 $H_p(0,07)$
- b. Dose la plus faible qui doit être mesurable
 $H_0 = 1 \text{ mSv}$
- c. Domaine de mesure
 H_0 jusqu'à 5 Sv
- d. Linéarité
Ecart < 15 % entre 1 mSv et 5 Sv
- e. Dépendance énergétique
Pour le rayonnement bêta du thallium-204 ou du krypton-85:

$$0,1 \leq \frac{H_m}{H_t} \leq 2,0$$

Au cas où le système a été étalonné avec un rayonnement photonique, l'exigence supplémentaire suivante s'applique pour le rayonnement bêta du strontium-90/yttrium-90:

$$0,5 \leq \frac{H_m}{H_t} \leq 2,0$$

- f. Reproductibilité
Ecart standard $s \leq 15\%$
- g. Fading
Effet < 10 %/mois

Exigences concernant un dosimètre du cristallin pour le rayonnement photonique

- a. Grandeur de mesure
 $H_p(0,07)$
- b. Dose la plus faible qui doit être mesurable
 $H_0 = 0,1 \text{ mSv}$
- c. Domaine de mesure
 H_0 jusqu'à 5 Sv
- d. Linéarité
Ecart < 15 % entre 1 mSv et 5 Sv
- e. Dépendance énergétique
Pour les photons d'énergie située entre 10 keV et 300 keV; jusqu'à 1,5 MeV
en condition d'équilibre électronique secondaire

$$0,5 \leq \frac{H_m}{H_t} \leq 2,0$$

- f. Dépendance directionnelle
< 20 % jusqu'à 60° pour des énergies > 60 keV
- g. Reproductibilité
Ecart standard $s \leq 15\%$
- h. Fading
Effet < 10 %/mois

Exigences concernant un dosimètre du cristallin pour le rayonnement bêta

- a. Grandeur de mesure
 $H_p(0,07)$
- b. Dose la plus faible qui doit être mesurable
 $H_0 = 1 \text{ mSv}$
- c. Domaine de mesure
 H_0 jusqu'à 5 Sv
- d. Linéarité
Ecart < 15 % entre 1 mSv et 5 Sv
- e. Dépendance énergétique
Pour le rayonnement bêta du thallium-204 ou du krypton-85:

$$0,1 \leq \frac{H_m}{H_t} \leq 2,0$$

Au cas où le système a été étalonné avec un rayonnement photonique, l'exigence supplémentaire suivante s'applique pour le rayonnement bêta du strontium-90/yttrium-90:

$$0,5 \leq \frac{H_m}{H_t} \leq 2,0$$

- f. Reproductibilité
Ecart standard $s \leq 15\%$
- g. Fading
Effet < 10 %/mois

Coefficients de conversion pour la dosimétrie individuelle

a. Coefficients de conversion pour les photons

Coefficients de conversion du kerma dans l'air à la dose individuelle en profondeur $H_p(10)$ et à la dose individuelle en surface $H_p(0,07)$ applicable à un dosimètre individuel placé sur un fantôme parallélépipédique (art. 24)

Qualité/ Source	Energie moyenne (keV)	Coefficients de conversion (Sv/Gy)									
		hp(10; α) pour un angle α de					hp(0,07; α) pour un angle α de				
		0°	15°	30°	45°	60°	0°	15°	30°	45°	60°
N-15	12						0,96	0,95	0,95	0,95	0,93
N-20	16						0,98	0,98	0,98	0,98	0,97
N-25	20	0,55	0,54	0,50	0,41	0,28	1,03	1,03	1,03	1,02	1,02
N-30	24	0,79	0,77	0,74	0,65	0,49	1,10	1,10	1,10	1,09	1,07
N-40	33	1,17	1,15	1,12	1,02	0,85	1,27	1,26	1,26	1,23	1,19
N-60	48	1,65	1,63	1,59	1,47	1,27	1,55	1,54	1,53	1,49	1,42
Am-241	59	1,89	1,87	1,83	1,72	1,50	1,72	1,71	1,69	1,65	1,57
N-80	65	1,88	1,86	1,83	1,71	1,50	1,72	1,70	1,70	1,65	1,58
N-100	83	1,88	1,87	1,82	1,73	1,53	1,72	1,70	1,70	1,66	1,60
N-120	100	1,81	1,79	1,76	1,68	1,51	1,67	1,66	1,65	1,62	1,58
N-150	118	1,73	1,71	1,68	1,61	1,46	1,61	1,60	1,60	1,58	1,54
N-200	164	1,57	1,56	1,55	1,49	1,38	1,49	1,49	1,49	1,49	1,46
N-250	208	1,48	1,48	1,47	1,42	1,33	1,42	1,42	1,42	1,43	1,43
N-300	250	1,42	1,42	1,41	1,38	1,30	1,38	1,38	1,38	1,40	1,40
Cs-137	662	1,21	1,22	1,22	1,22	1,19	1,21	1,21	1,22	1,23	1,26
Co-60	1250	1,15	1,15	1,15	1,16	1,14	1,15	1,15	1,15	1,16	1,14
Ti (Target)	5140	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11

Références: ICRP 74¹, ISO 4037-3².

¹ International Commission on Radiological Protection, www.icrp.org

² International Organization for Standardization, www.iso.org

Coefficients de conversion du kerma dans l'air à la dose individuelle en surface $H_p(0,07)$ applicable à un dosimètre des extrémités placé sur un fantôme-tige ISO en PMMA (art. 24)

Qualité	Energie moyenne (keV)	Coefficients de conversion $h_p(0,07)$ (Sv/Gy)
N-15	12	0,95
N-20	16	0,98
N-25	20	1,00
N-30	24	1,03
N-40	33	1,07
N-60	48	1,11
Am-241	59	1,14
N-80	65	1,15
N-100	83	1,17
N-120	100	1,17

⁹ Mise à jour selon le ch. II, al. 1, de l'O du DFI et du DETEC du 7 nov. 2007, en vigueur depuis le 1^{er} janv. 2008 (RO 2007 5699).

Qualité	Energie moyenne (keV)	Coefficients de conversion $h_p(0,07)$ (Sv/Gy)
N-150	118	1,17
N-200	164	1,16
N-250	208	1,15
N-300	250	1,14
Cs-137	662	1,12

Références: ISO 4037-3, Grosswendt, Radiat. Prot. Dosim. 59 (1995), 165-179.

b. Coefficients de conversion pour les neutrons

Coefficients de conversion $h_{p\Phi}(10; \alpha)$ de la fluence neutronique Φ à la dose individuelle en profondeur $H_p(10)$ applicable à un dosimètre individuel placé sur un fantôme parallélépipédique (art. 24)

Source de neutrons/ Energie des neutrons (MeV)	$h_{p\Phi}(10; \alpha)$ en pSvcm ² pour un angle α de				
	0°	15°	30°	45°	60°
²⁵² Cf (modéré par D ₂ O)	110	109	109	102	87,4
²⁵² Cf	400	397	409	389	346
²⁴¹ Am-Be (α, n)	411	409	424	415	383
Neutrons thermiques	11,4	10,6	9,11	6,61	4,04
0,024	20,2	19,9	17,2	13,6	7,85
0,144	134	131	121	102	69,9
0,250	215	214	201	173	125
0,57	355	349	347	313	245
1,2	433	427	440	412	355
2,5	437	434	454	441	410
2,8	433	431	451	441	412
3,2	429	427	447	439	412
5,0	420	418	437	435	409
14,8	561	563	581	572	576
19,0	600	596	621	614	620
30	515	515	515	515	515
50	400	400	400	400	400
75	330	330	330	330	330
100	285	285	285	285	285

Références: ISO 8529-3, ICRP 74.

Explication:

Les valeurs au-dessus de 30 MeV ont été considérées comme identiques aux coefficients de conversion pour l'obtention de $H^*(10)$.

c. Coefficients de conversion pour les électrons

Energie (MeV)	Coefficients de conversion $H_p(0,07)/\Phi$ (nSvcm ²)
0,10	1,661
0,15	1,229

RO 2015

Protection de l'équilibre écologique

0,20	0,834
0,30	0,542
0,40	0,455
0,50	0,403
0,60	0,366
0,70	0,344
0,80	0,329
1,00	0,312
1,50	0,287
2,00	0,279
2,50	0,278
3,00	0,276

Références: ICRP 74

d. Coefficients de conversion spécifiques aux sources bêta standard usuelles

Source	Coefficients de conversion $H_p(0,07)/D_a$ (Sv/Gy)
Strontium/Yttrium-90	1,24
Thallium-204	1,20
Krypton-85	1,16
Promethium-147	0,23

Référence: communication NPL¹

¹ National Physical Laboratory, www.npl.co.uk

Interprétation de la mesure d'incorporation

Pour l'interprétation en situation normale, on admet que l'incorporation est due à une inhalation. La dose efficace engagée E_{50} , grandeur dosimétrique opérationnelle en cas d'incorporation, s'obtient en multipliant l'activité incorporée I par la grandeur d'appréciation e_{inh} (voir annexe 3 ORaP):

$$E_{50} = e_{inh} \cdot I \quad (1)$$

La fraction de l'activité se trouvant au temps t après une incorporation par inhalation dans un organe ou une excrétion est donnée par la fonction $m(t)$. On a ainsi:

$$M(t) = I \cdot m(t) \quad (2)$$

où $M(t)$ est l'activité dans l'organe ou l'excrétion (valeur de mesure). La dose efficace engagée E_{50} s'obtient ainsi à partir de $M(t)$:

$$E_{50} = e_{inh} \cdot I = e_{inh} \frac{M(t)}{m(t)} = M(t) \cdot \frac{e_{inh}}{m(t)} \quad (3)$$

Lorsque l'intervalle de temps t entre l'incorporation et la mesure est connu (surveillance spéciale), la dose efficace engagée E_{50} se calcule à partir de $M(t)$ avec la formule (3).

Lors de la surveillance de routine, on admet que l'incorporation a eu lieu au milieu de l'intervalle T entre 2 mesures (ainsi $t = T/2$). La dose efficace engagée E_{50} s'obtient à partir de la grandeur M et des valeurs tabulées de $e_{inh}/m(t)$ comme suit:

$$E_{50} = e_{inh} \cdot \frac{M(t)}{m(T/2)} = M(t) \cdot \frac{e_{inh}}{m(T/2)} \quad (4)$$

Lorsqu'une incorporation nettement supérieure à la limite de détection a eu lieu et que la période effective est comparable ou supérieure à l'intervalle de surveillance, cette incorporation aura une incidence sur les mesures ultérieures. Dans ce cas, la contribution des incorporations antérieures à la mesure en cours devra être calculée et soustraite. Cette correction se calcule par extrapolation de l'incorporation antérieure I_a au moment de la nouvelle mesure, ceci à l'aide du facteur $m(\Delta t)$. Δt est l'intervalle de temps entre le moment (supposé) de l'incorporation précédente et la nouvelle mesure. La contribution M_n à la nouvelle mesure $M(t)$ provenant de la nouvelle incorporation se calcule, à partir de la valeur M_a de la mesure précédente, comme suit:

$$M_n(t) = M(t) - I_a \cdot m(\Delta t) = M(t) - \frac{M_a}{m(T/2)} \cdot m(\Delta t) \quad (5)$$

La dose efficace engagée E_{50}^n due à la nouvelle incorporation se calcule à l'aide de la formule (4) comme suit:

$$E_{50}^n = M_n(t) \cdot \frac{e_{inh}}{m(T/2)} = M(t) \cdot \frac{e_{inh}}{m(T/2)} - M_a \cdot \frac{e_{inh}}{m(T/2)} \cdot \frac{m(\Delta t)}{m(T/2)} \quad (6)$$

ou, à l'aide de la dose efficace engagée E_{50}^a de l'incorporation précédente:

$$E_{50}^n = M(t) \cdot \frac{e_{inh}}{m(T/2)} - E_{50}^a \cdot \frac{m(\Delta t)}{m(T/2)} = M(t) \cdot \frac{e_{inh}}{m(T/2)} - E_{50}^a \cdot k(\Delta t) \quad (7)$$

Dans le cas de la surveillance de routine, les facteurs de correction

$$k(\Delta t) = m(\Delta t) / m(T/2) \quad (8)$$

peuvent être calculés à partir des valeurs de $m(t)$. Le laps de temps Δt prend les valeurs $(n+1/2)T$, où n est le nombre d'intervalles séparant le moment de l'incorporation et la mesure. Les valeurs $m(t)$ sont données dans la publication 78 de la CIPR, sous forme tabulée et sous forme graphique. Dans le cas où $t = 3 \cdot T/2$ les valeurs de $k(\Delta t)$ sont données à l'annexe 15. En pratique, on ne tiendra compte de ces corrections que si leur contribution à la dose est supérieure à 10 %.

Dans les situations pratiques où l'on peut admettre que l'incorporation est chronique (par exemple dans le cas du tritium ou de l'iode-125), on utilisera les facteurs prévus à cet effet à l'annexe 15.

Détermination de la dose due à une exposition au radon

La dose efficace reçue par le personnel doit être déterminée lorsque la concentration de radon au poste de travail, intégrée sur la durée effective mensuelle de travail, dépasse 170 kBq/m³. Le coefficient de risque nominal, pour l'exposition au radon d'un travailleur, donné dans la publication CIPR 115 (2010) et le coefficient total de risque de cancer et d'effets héréditaires donné dans la publication CIPR 103 (2007) servent de base à la conversion.

Le coefficient de conversion en dose pour une concentration du radon en l'équilibre (facteur d'équilibre F=1) vaut :

$$c_B = 1,87 \times 10^{-5} \text{ mSv/Bqhm}^{-3}$$

Le facteur d'équilibre F est le rapport entre la concentration d'activité du radon équivalente à l'équilibre et sa concentration réelle. Pour le radon-222, le facteur d'équilibre vaut 1 lorsque tous ses descendants sont présents dans l'air. Le facteur d'équilibre tend vers zéro lorsque les descendants sont éloignés en continu (par exemple par extraction à l'aide d'un système de purification de l'air).

La dose efficace engagée accumulée durant un mois se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$E = F \times c_B \times \text{concentration du radon intégrée durant un mois (kBqm}^{-3}\text{)}.$$

La dose annuelle efficace engagée se calcule à partir de la dose efficace engagée accumulée durant un mois en la multipliant par le nombre de mois durant lesquels la personne a été exposée.

Exemple de calcul de la dose annuelle efficace engagée reçue par une personne soumise à une concentration de radon mensuelle intégrée de 170 kBq/m³:

Facteur d'équilibre	Dose efficace annuelle [mSv/an]
F = 0,1	3,8
F = 0,2	7,6
F = 0,4	15,3
F = 0,8	38,2

Exigences concernant les systèmes de dosimétrie de l'environnement

A Type 1

1 Rayonnement photonique

- a. Grandeur de mesure
H*(10)
- b. Domaine de mesure :
0,05 mSv à 100 mSv
- c. Linéarité:
Ecart < 15 % entre 0,1 mSv et 100 mSv
- d. Dépendance énergétique:
Ecart < 30 % entre 50 keV et 5 MeV
- e. Dépendance directionnelle :
Ecart < 20% pour les énergies > 50 keV
- f. Reproductibilité :
Ecart standard s < 10 %
- g. Fading:
Effet < 20% / période d'exposition

2 Rayonnement neutronique

- a. Grandeur de mesure :
H*(10)
- b. Domaine de mesure :
0,05 mSv à 10 mSv
- c. Linéarité:
Ecart < 30 % entre 0,1 mSv et 10 mSv
- d. Dépendance énergétique:
Ecart < facteur 2 pour des spectres de rayonnement réalistes dans le domaine d'utilisation du dosimètre
- e. Reproductibilité
Ecart standard s < 30 %
- f. Fading:
Effet < 20% / période d'exposition

B Type 2 et 3**Rayonnement photonique**

- a. Grandeur de mesure :
H*(10)
- b. Domaine de mesure :
50 nSv/h à 100 mSv/h
- c. Linéarité:
Ecart < 15 % jusqu'à 100 mSv/h
- d. Dépendance énergétique:
Ecart < 30 % entre 50 keV et 5 MeV
- e. Dépendance directionnelle:
Ecart < 20% pour les énergies > 50 keV

Rayonnement neutronique

- a. Grandeur de mesure :
H*(10)
- b. Domaine de mesure :
100 nSv/h à 100 mSv/h
- c. Linéarité:
Ecart < 30 % jusqu'à 100 mSv/h
- d. Dépendance énergétique:
Ecart < facteur 2 pour des spectres de rayonnement réalistes dans le domaine d'utilisation du dosimètre

C Type 4**Rayonnement photonique**

- a. Grandeur de mesure :
H*(10)
- b. Domaine de mesure :
50 nSv/h jusqu'à 10 µSv/h

Coefficients de conversion pour la dosimétrie de l'environnement

a. Coefficients de conversion pour le rayonnement photonique

Coefficients de conversion pour le passage du kerma dans l'air à l'équivalent de dose ambiant $H^*(10)$

Source Qualité	Energie moyenne (keV)	$h^*(10)$ (Sv/Gy)
N - 60	48	1.59
Am - 241	59	1.74
N - 80	65	1.73
N - 100	83	1.71
N - 120	100	1.64
N - 150	118	1.58
N - 200	164	1.46
N - 250	208	1.39
N - 300	250	1.35
Cs - 137	662	1.20
Co - 60	1250	1.16
Ti (cible)	5140	1.11

Références : ICRP 74, ISO 4037-3

b. Coefficients de conversion pour le rayonnement neutronique

Coefficient de conversion $h^*\Phi(10)$ pour le passage de la fluence neutronique Φ à l'équivalent de dose ambiant $H^*(10)$

Source de neutrons/ énergie neutronique (MeV)	$h^*\Phi(10)$ pSv.cm ²
²⁵² Cf (modéré par D ₂ O)	105
²⁵² Cf	385
²⁴¹ Am-Be (α,n)	391
Neutrons thermiques	10.6
0,024	19.3
0,144	127
0,250	203
0,57	343
1,2	425
2,5	416
2,8	413
3,2	411
5,0	405
14,8	536
19	584
30	515
50	400
75	330
100	285
150	245

200	260
-----	-----

Références : ISO 8529-3, ICRP 74.

Fiches spécifiques aux radionucléides

A. Aperçu des fiches spécifiques

Liste des radionucléides:

1. H-3 sous forme HTO
2. C-11
3. C-14
4. O-15
5. F-18
6. P-32
7. P-33
8. S-35
9. Ca-45
10. Cr-51
11. Fe-59
12. Co-57
13. Co-58
14. Co-60
15. Zn-65
16. Ga-67
17. Ga-68
18. Sr-85
19. Sr-89
20. Sr-90
21. Y-90
22. Tc-99m
23. In-111
24. I-123
25. I-124
26. I-125
27. I-131
28. Ba-133
29. Cs-134
30. Cs-137
31. Eu-152
32. Sm-153
33. Eu-154

Liste des radionucléides:

34. Er-169
 35. Lu-177
 36. Re-186
 37. Re-188
 38. Tl-201
 39. Ra-223
 40. Ra-226
 41. Th-232
 42. U-235
 43. U-238
 44. Np-237
 45. Pu-239
 46. Am-241
-

B Fiches spécifiques

1. H-3 sous forme de HTO

1.1. Métabolisme

Le tritium sous forme d'eau tritiée peut être incorporé par inhalation, ingestion ou absorption à travers la peau. 97 % du tritium se mélange rapidement avec l'eau corporelle et est éliminé, principalement par l'urine, avec une période de 10 jours. Les 3 % restant sont liés organiquement et éliminés avec une période de 40 jours. Ainsi l'irradiation est pratiquement proportionnelle à la concentration du tritium dans l'urine. Les travailleurs qui manipulent de la peinture luminescente ou des aiguilles et des cadrans lumineux sont soumis à une incorporation chronique de tritium. Dans ce cas, un équilibre s'établit entre l'activité corporelle et celle de l'urine, et la dose doit être calculée à l'aide d'un modèle d'incorporation chronique.

1.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri

Mesure directe d'un échantillon d'urine par scintillation liquide.

Seuil de mesure: 42 000 Bq/l

Mesure d'incorporation

Mesure par scintillation liquide de la concentration en tritium de l'urine C_u en Bq/l.

1.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T_{tri} :	30 jours	T_{mesure} :	30 jours	l'événement:	1 jour
-------------	----------	----------------	----------	--------------	--------

1.4. Interprétation en cas d'incorporation unique

$E_{50} = C_u \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$	t [jour]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv·l/Bq]
E_{50} : Dose engagée durant 50 ans en Sv C_u : Valeur de mesure en Bq/l e_{inh} : Facteur de dose en Sv/Bq $m(t)$: Fraction excrétée dans l'urine journalière (=1,4 l) en l ⁻¹ t: Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours. Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose $t = T/2$	1	$0,78 \times 10^{-9}$
	2	$0,86 \times 10^{-9}$
	3	$0,90 \times 10^{-9}$
	4	$0,95 \times 10^{-9}$
	5	$1,1 \times 10^{-9}$
	6	$1,1 \times 10^{-9}$
	7	$1,2 \times 10^{-9}$
Intervalle de surveillance T = 30 jours	15	$2,0 \times 10^{-9}$
	30	$5,3 \times 10^{-9}$
	45	13×10^{-9}

1.5. Interprétation en cas d'incorporation chronique

Intervalle de surveillance T = 30 jours: $E_{50} = C_u \cdot 1,4 \cdot 10^{-9}$ (Sv par intervalle de surveillance)

2. C-11

2.1. Métabolisme

En raison de sa courte durée de vie (période physique de 20.38 min.), le C-11 se désintègre presque entièrement dans le corps avant d'être éliminé. Le C-11 inhalé ou ingéré dépose principalement sa dose dans les poumons (inhalation) et/ou dans le tractus gastro-intestinal (ingestion).

2.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri (obligatoire)

Mesure du rayonnement direct au niveau de l'estomac/de l'abdomen, au minimum toutes les 4 heures, ou surveillance continue de l'air ambiant (4000 Bq/m^3) et mesure du rayonnement direct au niveau de l'estomac/de l'abdomen.

Seuil de mesure: $1 \mu\text{Sv/h}$ au niveau de l'estomac

Mesure d'incorporation

A cause de la courte période physique, une mesure d'incorporation n'est pas possible.

2.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T_{tri} :	4 heures	T_{mesure} :	–	$t_{\text{événement}}$:	immédiatement
--------------------	----------	-----------------------	---	--------------------------	---------------

2.4. Interprétation

Lors du dépassement du seuil de mesure, une enquête et une interprétation des résultats permettant de déterminer la dose efficace engagée E_{50} , réalisées par un expert avec l'accord de l'autorité de surveillance, s'avèrent nécessaires.

3. C-14

3.1. Métabolisme

Le modèle standard a été développé pour des composés de carbone qui sont métabolisés ou utilisés comme source d'énergie (carbone alimentaire). On admet que de tels composés, en cas d'inhalation, sont résorbés à 100 % dans l'organisme et se répartissent uniformément dans le corps par voie sanguine. Ils sont ensuite éliminés à raison de 1,7 % par l'urine avec une période biologique de 40 jours. Beaucoup de composés organiques marqués au carbone-14 ne sont pas résorbés dans l'organisme et sont éliminés principalement par voie urinaire avec des périodes biologiques de l'ordre de l'heure, voire du jour.

3.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri (obligatoire, sauf pour le carbone alimentaire)

Mesure directe d'un échantillon d'urine par scintillation liquide.

Seuil de mesure: 200 Bq/l. Mesures journalières lorsque le seuil de mesure est dépassé. Une mesure d'incorporation est obligatoire lorsque le seuil de mesure est dépassé durant une semaine.

Mesure d'incorporation

Mesure par scintillation liquide de la concentration en carbone-14 de l'urine C_u en Bq/l.

3.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T_{tri} :	1 semaine	T_{mesure} :	30 jours	l'événement:	1 jour
--------------------	-----------	-----------------------	----------	--------------	--------

3.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure.

Lorsque la période biologique est sensiblement inférieure à 40 jours, on procède à un calcul de dose spécifique conformément à l'art. 40, al. 4.

$E_{50} = C_u \cdot \{e_{\text{inh}}/m(t)\}$	t [jour]	$e_{\text{inh}}/m(t)$ [Sv·l/Bq]
E_{50} : Dose engagée durant 50 ans en Sv	1	$4,3 \times 10^{-6}$
C_u : Valeur de mesure en Bq/l	2	$2,9 \times 10^{-6}$
E_{inh} : Facteur de dose en Sv/Bq	3	$2,9 \times 10^{-6}$
$m(t)$: Fraction excrétée dans l'urine journalière (=1,4 l) en l ⁻¹	4	$2,9 \times 10^{-6}$
t: Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours.	5	$3,0 \times 10^{-6}$
Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose $t = T/2$	6	$3,0 \times 10^{-6}$
	7	$3,1 \times 10^{-6}$
Intervalle de surveillance T = 30 jours	15	$3,5 \times 10^{-6}$
	30	$4,5 \times 10^{-6}$
	45	$5,8 \times 10^{-6}$

3.5. Correction pour une incorporation antérieure

Intervalle de surveillance T = 30 jours: $E_{50} = C_u \cdot 3,5 \cdot 10^{-6} - E_{50}^a \cdot 0,60$

4. O-15

4.1. Métabolisme

En raison de sa courte durée de vie (période physique de 122,2 s), l'O-15 incorporé se désintègre dans le corps avant d'être éliminé. Le O-15 inhalé ou ingéré dépose principalement sa dose dans les poumons (inhalation) et/ou dans le tractus gastro-intestinal (ingestion). L'oxygène inhalé est exhalé à 80 %. Le reste atteint la circulation sanguine et se répartit dans le corps entier.

4.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri (obligatoire)

Mesure du rayonnement direct au niveau de l'estomac/de l'abdomen ou surveillance continue de l'air ambiant (4000 Bq/m³) et mesure du rayonnement direct au niveau de l'estomac/de l'abdomen après chaque alarme.

Seuil de mesure: 1 µSv/h au niveau de l'estomac

Mesure d'incorporation

A cause de la courte période physique, une mesure d'incorporation n'est pas possible.

4.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T _{tri} :	lors d'alarmes	T _{mesure} :	–	t _{événement} :	immédiatement
--------------------	----------------	-----------------------	---	--------------------------	---------------

4.4. Interprétation

Lors du dépassement du seuil de mesure, une enquête et une interprétation des résultats permettant de déterminer la dose efficace engagée E₅₀, réalisées par un expert avec l'accord de l'autorité de surveillance, s'avèrent nécessaires.

5. F-18

5.1. Métabolisme

En raison de sa courte durée de vie (période physique de 109.77 min.), le F-18 se désintègre presque entièrement dans le corps avant d'être éliminé. Le F-18 inhalé ou ingéré dépose principalement sa dose dans les poumons (inhalation) et/ou dans le tractus gastro-intestinal (ingestion).

5.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri (obligatoire)

Mesure du rayonnement direct au niveau de l'estomac/de l'abdomen ou surveillance continue de l'air ambiant (4000 Bq/m^3) et mesure du rayonnement direct au niveau de l'estomac/de l'abdomen après chaque alarme

Seuil de mesure: $1 \mu\text{Sv/h}$ au niveau de l'estomac

Mesure d'incorporation

A cause de la courte période physique, une mesure d'incorporation n'est pas possible.

5.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T _{tri} :	4 heures	T _{mesure} :	–	t _{événement} :	immédiatement
--------------------	----------	-----------------------	---	--------------------------	---------------

5.4. Interprétation

Lors du dépassement du seuil de mesure, une enquête et une interprétation des résultats permettant de déterminer la dose efficace engagée E_{50} , réalisées par un expert avec l'accord de l'autorité de surveillance, s'avèrent nécessaires.

6. P-32

6.1. Métabolisme

Environ 70 % du phosphate inhalé (classe d'absorption type M) est rapidement éliminé via le nez, le tube digestif (part de résorption $f_1 = 0,8$) et l'urine. Le phosphate qui atteint la circulation sanguine est résorbé à environ 70 % dans les tissus mous et les os. La durée de séjour de cette fraction est déterminée par la période physique, de même que par l'élimination relativement rapide depuis les tissus mous par la voie urinaire (période: 19 jours).

6.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri

Mesure directe d'un échantillon d'urine par scintillation liquide

Seuil de mesure: 200 Bq/l

Mesure d'incorporation

Mesure par scintillation liquide de la concentration en phosphore-32 de l'urine C_u en Bq/l.

6.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T _{tri} :	30 jours	T _{mesure} :	30 jours	t _{événement} :	2 jours
--------------------	----------	-----------------------	----------	--------------------------	---------

6.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure

$E_{50} = C_u \cdot e_{inh}/m(t)$		t [jour]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv-l/Bq]
E ₅₀ :	Dose engagée durant 50 ans en Sv	1	$0,011 \times 10^{-5}$
C _u :	Valeur de mesure en Bq/l	2	$0,018 \times 10^{-5}$
e _{inh} :	Facteur de dose en Sv/Bq	3	$0,029 \times 10^{-5}$
m(t):	Facteur de dose en Sv/Bq	4	$0,043 \times 10^{-5}$
m(t):	Fraction excrétée dans l'urine journalière (=1,4 l) en l ⁻¹	5	$0,056 \times 10^{-5}$
t:	Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours.	6	$0,073 \times 10^{-5}$
t:	Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose t = T/2	7	$0,090 \times 10^{-5}$
Intervalle de surveillance T = 30 jours		15	$0,27 \times 10^{-5}$
		30	$0,92 \times 10^{-5}$
		45	$3,1 \times 10^{-5}$

6.5. Correction pour une incorporation antérieure

Intervalle de surveillance T = 30 jours: $E_{50} = C_u \cdot 2,7 \cdot 10^{-6} - E_{50}^a \cdot 0,09$

7. P-33

7.1. Métabolisme

Environ 70 % du phosphate inhalé (classe d'absorption type M) est rapidement éliminé via le nez, le tube digestif (part de résorption $f_1 = 0,8$) et l'urine. Le phosphate qui atteint la circulation sanguine est résorbé à environ 70 % dans les tissus mous et les os. La durée de séjour de cette fraction est déterminée par la période physique, de même que par l'élimination relativement rapide depuis les tissus mous par la voie urinaire (période: 19 jours).

7.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri

Mesure directe d'un échantillon d'urine par scintillation liquide.

Seuil de mesure: 200 Bq/l

Mesure d'incorporation

Mesure par scintillation liquide de la concentration en phosphore-33 de l'urine C_u en Bq/l.

7.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T_{tri} :	30 jours	T_{mesure} :	30 jours	événement:	2 jours
--------------------	----------	-----------------------	----------	------------	---------

7.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure

$E_{50} = C_u \cdot \{e_{\text{inh}}/m(t)\}$	t [jour]	$e_{\text{inh}}/m(t)$ [Sv-l/Bq]
	1	$0,049 \times 10^{-6}$
E_{50} : Dose engagée durant 50 ans en Sv	2	$0,079 \times 10^{-6}$
C_u : Valeur de mesure en Bq/l	3	$0,12 \times 10^{-6}$
e_{inh} : Facteur de dose en Sv/Bq	4	$0,18 \times 10^{-6}$
$m(t)$: Fraction excrétée dans l'urine journalière (=1,4 l) en l ⁻¹	5	$0,23 \times 10^{-6}$
t: Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours.	6	$0,28 \times 10^{-6}$
Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose $t = T/2$	7	$0,34 \times 10^{-6}$
Intervalle de surveillance T = 30 jours	15	$0,87 \times 10^{-6}$
	30	$2,2 \times 10^{-6}$
	45	$5,4 \times 10^{-6}$

7.5. Correction pour une incorporation antérieure

Intervalle de surveillance T = 30 jours: $E_{50} = C_u \cdot 0,87 \cdot 10^{-6} - E_{50}^a \cdot 0,16$

8. S-35

8.1. Métabolisme

En cas d'inhalation, les composés inorganiques à base de soufre (classe d'absorption type M) sont rapidement éliminés à raison de 85 % via le nez, le tube digestif (taux de résorption $f_1 = 0,8$) et l'urine. La fraction qui atteint la circulation sanguine est seulement accumulée à raison de 20 % dans les tissus mous. La période biologique de cette composante est de 20 jours. Une faible fraction est accumulée à long terme et décroît avec la période physique de 87 jours.

8.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri

Mesure directe d'un échantillon d'urine par scintillation liquide.

Seuil de mesure: 150 Bq/l

Mesure d'incorporation

Mesure de l'activité de l'urine en Bq/l par scintillation liquide après extraction chimique (précipitation des sulfates)

8.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T _{tri} :	60 jours	T _{mesure} :	60 jours	t _{événement} :	1 jour
--------------------	----------	-----------------------	----------	--------------------------	--------

8.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure

$E_{50} = C_u \{e_{inh}/m(t)\}$	t [jour]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv·l/Bq]
	1	$0,0070 \times 10^{-6}$
E ₅₀ : Dose engagée durant 50 ans en Sv	2	$0,057 \times 10^{-6}$
C _u : Valeur de mesure en Bq/l	3	$0,42 \times 10^{-6}$
e _{inh} : Facteur de dose en Sv/Bq	4	$0,77 \times 10^{-6}$
m(t): Fraction excrétée dans l'urine journalière (=1,4 l) en l ⁻¹	5	$0,81 \times 10^{-6}$
t: Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours.	6	$0,86 \times 10^{-6}$
Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose t = T/2	7	$0,91 \times 10^{-6}$
	15	$1,2 \times 10^{-6}$
Intervalle de surveillance T = 60 jours	30	$2,1 \times 10^{-6}$
	60	$5,7 \times 10^{-6}$
	90	14×10^{-6}

8.5. Correction pour une incorporation antérieure

Intervalle de surveillance T = 60 jours: $E_{50} = C_u \cdot 2,1 \cdot 10^{-6} - E_{50}^a \cdot 0,15$

9. Ca-45

9.1. Métabolisme

Environ 90 % du calcium inhalé (classe d'absorption type M) est rapidement éliminé via le nez et le tube digestif (taux de résorption $f_1 = 0,3$). Le calcium qui atteint la circulation sanguine est résorbé dans les os et les tissus mous. Dans le cas du calcium-45, la période physique de 163 jours détermine chez l'adulte la durée de séjour dans les os. La période biologique détermine le séjour dans les tissus mous. A partir de là, le calcium est éliminé à part égale par l'urine et les selles.

9.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri

Mesure directe d'un échantillon d'urine par scintillation liquide.

Seuil de mesure: 150 Bq/l

Mesure d'incorporation

Mesure par scintillation liquide de la concentration en calcium-45 dans l'urine C_u en Bq/l.

9.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T _{tri} :	30 jours	T _{mesure} :	30 jours	t _{événement} :	2 jours
--------------------	----------	-----------------------	----------	--------------------------	---------

9.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure

$E_{50} = C_u \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$	t [jour]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv-l/Bq]
E_{50} : Dose engagée durant 50 ans en Sv C_u : Valeur de mesure en Bq/l e_{inh} : Facteur de dose en Sv/Bq $m(t)$: Fraction excrétée dans l'urine journalière (=1,4 l) en l ⁻¹ t: Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours. Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose $t = T/2$	1	$0,29 \times 10^{-6}$
	2	$0,63 \times 10^{-6}$
	3	$0,87 \times 10^{-6}$
	4	$1,1 \times 10^{-6}$
	5	$1,2 \times 10^{-6}$
	6	$1,5 \times 10^{-6}$
	7	$1,6 \times 10^{-6}$
Intervalle de surveillance T = 30 jours	15	$3,2 \times 10^{-6}$
	30	$8,1 \times 10^{-6}$
	45	17×10^{-6}

9.5. Correction pour une incorporation antérieure

Intervalle de surveillance T = 30 jours: $E_{50} = C_u \cdot 3,2 \cdot 10^{-6} - E_{50}^a \cdot 0,19$

10. Cr-51

10.1. Métabolisme

Le métabolisme du chrome dépend de sa forme chimique (Cr III ou Cr VI). Comme on admet dans le modèle dosimétrique que les petites quantités de chrome-III inhalé sont oxydées en chrome-VI dans le poumon et que, d'autre part, le chrome-VI en circulation est réduit en chrome-III, les différences disparaissent presque complètement. 90 % du chrome inhalé (classe d'absorption type M) est rapidement éliminé via le nez et le tube digestif (taux de résorption $f_1 = 0,1$). Le chrome qui atteint la circulation sanguine est accumulé à 25 % à plus long terme dans le corps entier. Dans le cas du chrome-51, cette contribution est négligeable à cause de la période physique de 28 jours.

10.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri

Mesure directe du rayonnement gamma à l'aide d'un instrument de mesure de l'activité thoracique

Seuil de mesure: 120 000 Bq

Mesure d'incorporation

Mesure à l'aide d'un anthropogammamètre de l'activité Cr-51 M en Bq.

10.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T _{tri} :	30 jours	T _{mesure} :	30 jours	t _{événement} :	immédiatement
--------------------	----------	-----------------------	----------	--------------------------	---------------

10.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure

$E_{50} = M \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$	t [jour]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv/Bq]
E ₅₀ : Dose engagée durant 50 ans en Sv M: Valeur de mesure en Bq e _{inh} : Facteur de dose en Sv/Bq m(t): Fraction de rétention t: Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours. Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose $t = T/2$	1	$0,071 \times 10^{-9}$
	2	$0,13 \times 10^{-9}$
	3	$0,23 \times 10^{-9}$
	4	$0,31 \times 10^{-9}$
	5	$0,37 \times 10^{-9}$
	6	$0,41 \times 10^{-9}$
	7	$0,45 \times 10^{-9}$
Intervalle de surveillance T = 30 jours	15	$0,67 \times 10^{-9}$
	30	$1,2 \times 10^{-9}$
	45	$2,0 \times 10^{-9}$

10.5. Correction pour une incorporation antérieure

Intervalle de surveillance T = 30 jours: $E_{50} = M \cdot 0,67 \cdot 10^{-9} - E_{50}^a \cdot 0,34$

11. Fe-59

11.1. Métabolisme

Le fer inhalé (classe d'absorption type M) est résorbé à raison de 10 % par le corps, le reste étant éliminé en quelques heures à quelques jours via le nez et le tube digestif (taux de résorption $f_1 = 0,1$). L'activité résorbée est à 70 % incorporée dans l'hémoglobine, et le reste est accumulé dans d'autres organes. Une fois métabolisé, le fer est soigneusement retenu par le corps. Pour un contenu corporel d'environ 3,5 g, la quantité journalière excrétée n'est que de 0,6 mg. Ainsi c'est la période physique de 44,5 jours du fer-59 qui détermine sa durée de séjour dans l'organisme.

11.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri

Mesure directe du rayonnement gamma à l'aide d'un instrument de mesure de l'activité thoracique.

Seuil de mesure: 2500 Bq

Mesure d'incorporation

Mesure à l'aide d'un anthropogammamètre de l'activité Fe-59 M en Bq.

11.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T _{tri} :	30 jours	T _{mesure} :	30 jours	t _{événement} :	immédiatement
--------------------	----------	-----------------------	----------	--------------------------	---------------

11.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure

$E_{50} = M \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$	t [jour]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv/Bq]
	1	$0,64 \times 10^{-8}$
E ₅₀ : Dose engagée durant 50 ans en Sv	2	$1,1 \times 10^{-8}$
M: Valeur de mesure en Bq	3	$1,8 \times 10^{-8}$
e _{inh} : Facteur de dose en Sv/Bq	4	$2,3 \times 10^{-8}$
m(t): Fraction de rétention	5	$2,7 \times 10^{-8}$
t: Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours.	6	$2,7 \times 10^{-8}$
Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose $t = T/2$	7	$2,9 \times 10^{-8}$
Intervalle de surveillance T = 30 jours	15	$3,4 \times 10^{-8}$
	30	$4,4 \times 10^{-8}$
	45	$5,8 \times 10^{-8}$
	60	$7,4 \times 10^{-8}$

11.5. Correction pour une incorporation antérieure

Intervalle de surveillance T = 30 jours : $E_{50} = M \cdot 3,4 \cdot 10^{-8} - E_{50}^a \cdot 0,59$

12. Co-57

12.1. Métabolisme

Le cobalt inhalé (classe d'absorption type S) est éliminé à 90% en quelques heures à quelques jours via le nez, le tube digestif (taux de résorption $f_1 = 0,05$) et l'urine. Seulement 10% séjourne plus longtemps dans le corps, principalement dans les poumons. Dans le cas du cobalt-57, la durée de séjour de cette fraction est déterminée principalement par la période physique de 271 jours.

12.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri

Mesure directe du rayonnement gamma à l'aide d'un instrument de mesure de l'activité thoracique.

Seuil de mesure: 25 000 Bq

Mesure d'incorporation

Mesure à l'aide d'un anthropogammamètre de l'activité Co-57 M en Bq.

12.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T _{tri} :	180 jours	T _{mesure} :	180 jours	t _{événement} :	immédiatement
--------------------	-----------	-----------------------	-----------	--------------------------	---------------

12.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure

$E_{50} = M \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$	t [jour]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv/Bq]	
E ₅₀ : Dose engagée durant 50 ans en Sv M: Valeur de mesure en Bq e _{inh} : Facteur de dose en Sv/Bq m(t): Fraction de rétention t: Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours. Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose $t = T/2$	1	$1,22 \times 10^{-9}$	
	2	$2,40 \times 10^{-9}$	
	3	$4,29 \times 10^{-9}$	
	4	$6,19 \times 10^{-9}$	
	5	$7,58 \times 10^{-9}$	
	6	$8,37 \times 10^{-9}$	
	7	$8,78 \times 10^{-9}$	
	15	$10,1 \times 10^{-9}$	
	30	$12,0 \times 10^{-9}$	
	60	$15,3 \times 10^{-9}$	
	Intervalle de surveillance T = 180 jours	90	$18,4 \times 10^{-9}$
		180	$27,5 \times 10^{-9}$
		270	$38,2 \times 10^{-9}$

12.5. Correction pour une incorporation antérieure

Intervalle de surveillance T = 180 jours: $E_{50} = M \cdot 1,84 \cdot 10^{-8} - E_{50}^a \cdot 0,48$

13. Co-58

13.1. Métabolisme

Le cobalt inhalé (classe d'absorption type S) est éliminé à 90 % en quelques heures à quelques jours via le nez, le tube digestif (taux de résorption $f_1 = 0,05$) et l'urine. Seulement 10 % séjourne plus longtemps dans le corps, principalement dans les poumons. Dans le cas du cobalt-58, la durée de séjour de cette fraction est déterminée principalement par la période physique de 70,8 jours.

13.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri

Mesure directe du rayonnement gamma à l'aide d'un instrument de mesure de l'activité thoracique.

Seuil de mesure: 2600 Bq

Mesure d'incorporation

Mesure à l'aide d'un anthropogammamètre de l'activité Co-58 M en Bq.

13.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T _{tri} :	30 jours	T _{mesure} :	30 jours	t _{événement} :	immédiatement
--------------------	----------	-----------------------	----------	--------------------------	---------------

13.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure

$E_{50} = M \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$	t [jour]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv/Bq]
E ₅₀ : Dose engagée durant 50 ans en Sv M: Valeur de mesure en Bq e _{inh} : Facteur de dose en Sv/Bq m(t): Fraction de rétention t: Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours. Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose $t = T/2$	1	$0,35 \times 10^{-8}$
	2	$0,68 \times 10^{-8}$
	3	$1,2 \times 10^{-8}$
	4	$1,8 \times 10^{-8}$
	5	$2,2 \times 10^{-8}$
	6	$2,5 \times 10^{-8}$
	7	$2,6 \times 10^{-8}$
Intervalle de surveillance T = 30 jours	15	$3,2 \times 10^{-8}$
	30	$4,3 \times 10^{-8}$
	45	$5,3 \times 10^{-8}$
	60	$6,8 \times 10^{-8}$
	90	10×10^{-8}

13.5. Correction pour une incorporation antérieure

Intervalle de surveillance T = 30 jours: $E_{50} = M \cdot 3,2 \cdot 10^{-8} - E_{50}^a \cdot 0,60$

14. Co-60

14.1. Métabolisme

Le cobalt inhalé (classe d'absorption type S) est éliminé à 90 % en quelques heures à quelques jours via le nez, le tube digestif (taux de résorption $f_1 = 0,05$) et l'urine. Seulement 10 % séjourne plus longtemps dans le corps, principalement dans les poumons. Dans le cas du cobalt-60, la durée de séjour de cette fraction est déterminée principalement, à cause de la longue période physique, par les mécanismes de clearance pulmonaire.

14.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri

Mesure directe du rayonnement gamma à l'aide d'un instrument de mesure de l'activité thoracique.

Seuil de mesure: 1200 Bq

Mesure d'incorporation

Mesure à l'aide d'un anthropogammamètre de l'activité en Co-60 M en Bq.

14.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T _{tri} :	180 jours	T _{mesure} :	180 jours	t _{événement} :	immédiatement
--------------------	-----------	-----------------------	-----------	--------------------------	---------------

14.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure

$E_{50} = M \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$	t [jour]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv/Bq]	
E ₅₀ : Dose engagée durant 50 ans en Sv M: Valeur de mesure en Bq e _{inh} : Facteur de dose en Sv/Bq m(t): Fraction de rétention t: Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours. Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose $t = T/2$	1	$0,35 \times 10^{-7}$	
	2	$0,68 \times 10^{-7}$	
	3	$1,2 \times 10^{-7}$	
	4	$1,7 \times 10^{-7}$	
	5	$2,1 \times 10^{-7}$	
	6	$2,3 \times 10^{-7}$	
	7	$2,5 \times 10^{-7}$	
	15	$2,8 \times 10^{-7}$	
	30	$3,1 \times 10^{-7}$	
	60	$3,8 \times 10^{-7}$	
	Intervalle de surveillance T = 180 jours	90	$4,3 \times 10^{-7}$
		180	$5,3 \times 10^{-7}$
	270	$6,1 \times 10^{-7}$	

14.5. Correction pour une incorporation antérieure

Intervalle de surveillance T = 180 jours: $E_{50} = M \cdot 4,3 \cdot 10^{-7} - E_{50}^a \cdot 0,70$

15. Zn-65

15.1. Métabolisme

Environ 90% du zinc inhalé (classe d'absorption type S) est rapidement éliminé via le nez et le tube digestif (taux de résorption $f_1 = 0,5$). La fraction restante qui atteint la circulation sanguine se répartit à 80% dans le corps entier et à 20% dans les os. L'activité se trouvant dans les os et 70% de l'activité accumulée dans le corps entier est éliminée avec une période biologique de 400 jours. Le reste est éliminé avec une période biologique de 20 jours.

15.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri

Mesure directe du rayonnement gamma à l'aide d'un instrument de mesure de l'activité thoracique.

Seuil de mesure: 25 000 Bq

Mesure d'incorporation

Mesure à l'aide d'un anthropogammamètre de l'activité Zn-65 M en Bq.

15.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T _{tri} :	180 jours	T _{mesure} :	180 jours	t _{événement} :	immédiatement
--------------------	-----------	-----------------------	-----------	--------------------------	---------------

15.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure

E ₅₀ = M · {e _{inh} /m(t)}	t [jour]	e _{inh} /m(t) [Sv/Bq]	
	E ₅₀ : Dose engagée durant 50 ans en Sv M: Valeur de mesure en Bq e _{inh} : Facteur de dose en Sv/Bq m(t): Fraction de rétention t: Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours. Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose t = T/2	1	5,19 × 10 ⁻⁹
2		7,39 × 10 ⁻⁹	
3		9,06 × 10 ⁻⁹	
4		10,0 × 10 ⁻⁹	
5		10,4 × 10 ⁻⁹	
6		10,7 × 10 ⁻⁹	
7		10,9 × 10 ⁻⁹	
15		11,8 × 10 ⁻⁹	
30		13,5 × 10 ⁻⁹	
Intervalle de surveillance T = 180 jours		90	19,4 × 10 ⁻⁹
		180	29,4 × 10 ⁻⁹
		270	43,4 × 10 ⁻⁹
		360	63,6 × 10 ⁻⁹

15.5. Correction pour une incorporation antérieure

Intervalle de surveillance T = 180 jours:
$$E_{50} = M \cdot 1,94 \cdot 10^{-8} - E_{50}^a \cdot 0,45$$

16. Ga-67

16.1. Métabolisme

Le gallium inhalé (hypothèse: oxyde; classe d'absorption type M) est éliminé en quelques heures à quelques jours via le nez et le tube digestif (taux de résorption $f_1 = 0,001$). Le gallium qui atteint la circulation sanguine se répartit dans le corps entier. 30 % est très rapidement éliminé. Le reste est éliminé du corps avec une période biologique de 50 jours.

16.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri

Mesure directe du rayonnement gamma à l'aide d'un instrument de mesure de l'activité thoracique.

Seuil de mesure: 5500 Bq

Mesure d'incorporation

Mesure à l'aide d'un anthropogammamètre de l'activité Ga-67 M en Bq.

16.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T _{tri} :	7 jours	T _{mesure} :	7 jours	t _{événement} :	immédiatement
--------------------	---------	-----------------------	---------	--------------------------	---------------

16.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure

$E_{50} = M \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$	t [jour]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv/Bq]	
		1	$0,70 \times 10^{-9}$
	2	$1,65 \times 10^{-9}$	
	3	$3,55 \times 10^{-9}$	
	Intervalle de surveillance T = 7 jours	4	$6,32 \times 10^{-9}$
		5	$9,49 \times 10^{-9}$
E ₅₀ : Dose engagée durant 50 ans en Sv		6	$12,9 \times 10^{-9}$
M: Valeur de mesure en Bq		7	$16,7 \times 10^{-9}$
e _{inh} : Facteur de dose en Sv/Bq		8	$21,2 \times 10^{-9}$
m(t): Fraction de rétention		9	$26,7 \times 10^{-9}$
t: Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours		10	$33,3 \times 10^{-9}$
		14	$81,6 \times 10^{-9}$

16.5. Correction pour une incorporation antérieure

Intervalle de surveillance T = 7 jours:
$$E_{50} = M \cdot 3,55 \cdot 10^{-9} - E_{50}^a \cdot 0,11$$

17. Ga-68

17.1. Métabolisme

En raison de sa courte durée de vie (période physique de 68 min.), le Ga-68 se désintègre presque entièrement dans le corps avant d'être éliminé. Le Ga-68 inhalé ou ingéré dépose principalement sa dose dans les poumons (inhalation) et/ou dans le tractus gastro-intestinal (ingestion).

17.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri (obligatoire)

Mesure du rayonnement direct au niveau de l'estomac/de l'abdomen, au minimum toutes les 4 heures.

Seuil de mesure: 1 $\mu\text{Sv/h}$ au niveau de l'estomac

Mesure d'incorporation

A cause de la courte période physique, une mesure d'incorporation n'est pas possible.

17.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T _{tri} :	4 heures	T _{mesure} :	--	t _{événement} :	immédiatement
--------------------	----------	-----------------------	----	--------------------------	---------------

17.4. Interprétation

Lors du dépassement du seuil de mesure, une enquête et une interprétation des résultats permettant de déterminer la dose efficace engagée E₅₀, réalisées par un expert avec l'accord de l'autorité de surveillance, s'avèrent nécessaires.

18. Sr-85

18.1. Métabolisme

Le strontium-85 inhalé (classe d'absorption type S) est éliminé à 90 % en quelques heures à quelques jours via le nez et le tube digestif (taux de résorption $f_1 = 0,01$). Environ 5 % reste à plus long terme dans les poumons. La durée de séjour de cette fraction est déterminée par la période physique du strontium-85. La faible quantité de strontium qui atteint la circulation sanguine est intégrée aux os ou est éliminée, principalement par voie urinaire.

18.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri

Mesure directe du rayonnement gamma à l'aide d'un instrument de mesure de l'activité thoracique.

Seuil de mesure: 6400 Bq

Mesure d'incorporation

Mesure à l'aide d'un anthropogammamètre de l'activité de Sr-85 M en Bq.

18.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T _{tri} :	30 jours	T _{mesure} :	30 jours	t _{événement} :	immédiatement
--------------------	----------	-----------------------	----------	--------------------------	---------------

18.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure

$E_{50} = M \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$	t [jour]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv/Bq]
E ₅₀ : Dose engagée durant 50 ans en Sv M: Valeur de mesure en Bq e _{inh} : Facteur de dose en Sv/Bq m(t): Fraction de rétention t: Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours. Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose $t = T/2$	1	$0,13 \times 10^{-8}$
	2	$0,26 \times 10^{-8}$
	3	$0,49 \times 10^{-8}$
	4	$0,72 \times 10^{-8}$
	5	$0,90 \times 10^{-8}$
	6	$1,0 \times 10^{-8}$
	7	$1,1 \times 10^{-8}$
Intervalle de surveillance T = 30 jours	15	$1,3 \times 10^{-8}$
	30	$1,7 \times 10^{-8}$
	45	$2,2 \times 10^{-8}$
	60	$2,8 \times 10^{-8}$
	90	$4,3 \times 10^{-8}$

18.5. Correction pour une incorporation antérieure

Intervalle de surveillance T = 30 jours: $E_{50} = M \cdot 1,3 \cdot 10^{-8} - E_{50}^a \cdot 0,59$

19. Sr-89

19.1. Métabolisme

Le strontium-89 inhalé (classe d'absorption type S) est éliminé à 90 % en quelques heures à quelques jours via le nez et le tube digestif (taux de résorption $f_1 = 0,01$). Environ 5 % reste à plus long terme dans les poumons. La durée de séjour de cette fraction est déterminée par la période physique du strontium-89. La faible quantité de strontium qui atteint la circulation sanguine est intégrée aux os ou est éliminée, principalement par voie urinaire.

19.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri

Mesure directe d'un échantillon d'urine par scintillation liquide.

Seuil de mesure: 0,5 Bq/l

Mesure d'incorporation

Mesure par scintillation liquide après séparation chimique de la concentration en Sr-89 dans l'urine C_U en Bq/l.

19.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T_{tri} :	30 jours	T_{mesure} :	30 jours	événement:	1 jour
--------------------	----------	-----------------------	----------	------------	--------

19.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure

$E_{50} = C_U \cdot \{e_{\text{inh}}/m(t)\}$	t [jour]	$e_{\text{inh}}/m(t)$ [Sv/l/Bq]
E_{50} : Dose engagée durant 50 ans en Sv C_U : Valeur de mesure en Bq/l e_{inh} : Facteur de dose en Sv/Bq $m(t)$: Fraction excrétée dans l'urine journalière (=1,4 l) en l ⁻¹ t: Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours. Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose $t = T/2$	1	$0,0098 \times 10^{-3}$
	2	$0,024 \times 10^{-3}$
	3	$0,037 \times 10^{-3}$
	4	$0,049 \times 10^{-3}$
	5	$0,065 \times 10^{-3}$
	6	$0,080 \times 10^{-3}$
	7	$0,096 \times 10^{-3}$
Intervalle de surveillance T = 30 jours	15	$0,26 \times 10^{-3}$
	30	$0,65 \times 10^{-3}$
	45	$1,5 \times 10^{-3}$
	60	$2,6 \times 10^{-3}$

19.5. Correction pour une incorporation antérieure

Intervalle de surveillance T = 30 jours: $E_{50} = C_U \cdot 0,26 \cdot 10^{-3} - E_{50}^a \cdot 0,17$

20. Sr-90

20.1. Métabolisme

Le strontium-90 inhalé (classe d'absorption type S) est éliminé à 90 % en quelques heures à quelques jours via le nez et le tube digestif (taux de résorption $f_1 = 0,01$). Environ 5 % reste à plus long terme dans les poumons. La durée de séjour de cette fraction est déterminée, à cause de la longue période physique, par les mécanismes de clearance pulmonaire. Le strontium qui atteint la circulation sanguine est intégré aux os ou est éliminé, principalement par voie urinaire.

20.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri

Mesure directe d'un échantillon d'urine par scintillation liquide.

Seuil de mesure: 0,05 Bq/l

Mesure d'incorporation

Mesure par scintillation liquide après séparation chimique de la concentration en Sr-90 dans l'urine C_u en Bq/l.

20.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T _{tri} :	30 jours	T _{mesure} :	30 jours	t _{événement} :	1 jour
--------------------	----------	-----------------------	----------	--------------------------	--------

20.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure

$E_{50} = C_u \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$	t [jour]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv·l/Bq]
	1	$0,13 \times 10^{-3}$
E_{50} : Dose engagée durant 50 ans en Sv	2	$0,32 \times 10^{-3}$
C_u : Valeur de mesure en Bq/l	3	$0,49 \times 10^{-3}$
e_{inh} : Facteur de dose en Sv/Bq	4	$0,67 \times 10^{-3}$
$m(t)$: Fraction excrétée dans l'urine journalière (=1,4 l) en l ⁻¹	5	$0,83 \times 10^{-3}$
t: Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours. Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose $t = T/2$	6	$0,98 \times 10^{-3}$
	7	$1,2 \times 10^{-3}$
Intervalle de surveillance T = 30 jours	15	$2,7 \times 10^{-3}$
	30	$6,0 \times 10^{-3}$
	45	11×10^{-3}
	60	16×10^{-3}

20.5. Correction pour une incorporation antérieure

Intervalle de surveillance T = 30 jours: $E_{50} = C_u \cdot 2,7 \cdot 10^{-3} - E_{50}^a \cdot 0,25$

21. Y-90

21.1. Métabolisme

L'yttrium inhalé (classe d'absorption type M) est rapidement éliminé via le nez et le tube digestif (taux de résorption $f_1 = 0.0001$). Environ 5 % reste à plus long terme dans les poumons. La durée de séjour de cette fraction est déterminée par la période physique de 2,67 jours. La faible quantité d'yttrium qui atteint la circulation sanguine est déposée à long terme dans les os et le foie principalement (65 %) ou est éliminée directement par les excréta.

21.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri

Mesure de la contamination des mains après avoir retiré les gants à l'aide d'un moniteur de la contamination.

Seuil de mesure: 3 000 Bq cm²

Mesure d'incorporation

Mesure par compteur proportionnel après séparation chimique de la concentration en Y-90 dans l'urine C_u en Bq/l.

21.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps entre l'événement et la 1re mesure

T_{tri} :	Après chaque application	T_{mesure} :	En cas de dépassement du seuil de mesure	$t_{événement}$:	1 jour
-------------	--------------------------	----------------	--	-------------------	--------

21.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure

$E_{50} = C_u \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$	t [jour]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv·l/Bq]
	1	$9,48 \times 10^{-7}$
E_{50} : Dose engagée durant 50 ans en Sv	2	$1,30 \times 10^{-5}$
C_u : Valeur de mesure en Bq/l	3	$1,01 \times 10^{-4}$
e_{inh} : Facteur de dose en Sv/Bq	4	$1,95 \times 10^{-4}$
$m(t)$: Fraction excrétée dans l'urine journalière (=1,4 l) en l ⁻¹	5	$2,64 \times 10^{-4}$
t : Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours. Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose $t = T/2$	6	$3,48 \times 10^{-4}$
	7	$4,59 \times 10^{-4}$
	10	$1,05 \times 10^{-3}$
	15	$4,13 \times 10^{-3}$
	20	$1,63 \times 10^{-2}$
	30	$2,49 \times 10^{-1}$

22. Tc-99m

22.1. Métabolisme

Le technétium se fixe de façon active dans la thyroïde, les glandes salivaires, l'estomac et l'intestin. On admet que le reste de l'activité se répartit uniformément dans tout l'organisme. L'excrétion a lieu par les selles et l'urine (taux de résorption $f_1 = 0,8$).

22.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri (obligatoire)

Mesure directe du rayonnement au niveau de l'estomac ou de la thyroïde.

Seuil de mesure: 1 $\mu\text{Sv/h}$

Mesure d'incorporation

Mesure de l'activité en technétium-99m à l'aide d'un anthropogammamètre.

22.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T_{tri} :	en fin de journée	T_{mesure} :	(en cas de dépassement du seuil de mesure)	$t_{\text{événement}}$:	immédiatement
--------------------	-------------------	-----------------------	--	--------------------------	---------------

22.4. Interprétation

A cause de la courte période physique (6 h), une interprétation standard des résultats de mesure n'est pas possible. En situation normale, les incorporations (kBq) conduisent à de faibles doses (10^{-5} mSv). En cas d'accident ou lors du dépassement du seuil de mesure, une enquête et une interprétation ad hoc s'avèrent nécessaires.

23. In-111

23.1. Métabolisme

L'indium inhalé (classe d'absorption type M) est rapidement éliminé via le nez et le tube digestif (taux de résorption $f_1 = 0,02$). L'indium qui atteint la circulation sanguine se répartit relativement uniformément dans le corps entier. Il est supposé que cette fraction n'est plus éliminée. La durée de séjour de l'In-111 dans le corps est ainsi déterminée par la période physique de 2,8 jours.

23.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri

Mesure directe du rayonnement gamma à l'aide d'un instrument de mesure de l'activité thoracique.

Seuil de mesure: 5000 Bq

Mesure d'incorporation

Mesure à l'aide d'un anthropogammamètre de l'activité In-111 M en Bq.

23.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T _{tri} :	7 jours	T _{mesure} :	7 jours	t _{événement} :	immédiatement
--------------------	---------	-----------------------	---------	--------------------------	---------------

23.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure

$E_{50} = M \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$	t [jour]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv/Bq]
E ₅₀ : Dose engagée durant 50 ans en Sv M: Valeur de mesure en Bq	1	$0,80 \times 10^{-9}$
	2	$1,88 \times 10^{-9}$
	3	$3,99 \times 10^{-9}$
Intervalle de surveillance T = 7 jours	4	$6,97 \times 10^{-9}$
e _{inh} : Facteur de dose en Sv/Bq m(t): Fraction de rétention t: Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours. Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose $t = T/2$	5	$10,4 \times 10^{-9}$
	6	$14,2 \times 10^{-9}$
	7	$18,7 \times 10^{-9}$
	8	$24,2 \times 10^{-9}$
	9	$31,2 \times 10^{-9}$
	10	$40,1 \times 10^{-9}$
	14	109×10^{-9}

23.5. Interprétation en cas d'incorporation antérieure

Intervalle de surveillance T = 7 jours:
$$E_{50} = M \cdot 3,99 \cdot 10^{-9} - E_{50}^a \cdot 0,10$$

24. I-123

24.1. Métabolisme

L'iode inhalé (classe d'absorption type F) est exhalé à 50 %. L'autre moitié atteint rapidement la circulation sanguine (taux de résorption $f_1 = 1$). De là environ 30 % est résorbé en 1 jour dans la glande thyroïde et 70 % est éliminé par voie urinaire. La période biologique dans la glande thyroïde est de 80 jours. La durée de séjour dans la thyroïde de l'iode-123 est ainsi déterminée par la période physique de 13,2 heures.

24.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri

Mesure directe de l'activité fixée dans la glande thyroïde avec un moniteur de contamination.

Seuil de mesure: 1400 Bq

Mesure de l'incorporation

Mesure à l'aide d'un moniteur thyroïdien de l'activité de I-123 M en Bq.

24.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T_{tri} :	en fin de journée (= 12 h)	T_{mesure} :	en cas de dépassement du seuil de mesure	$t_{\text{événement}}$:	6–12 h
--------------------	-------------------------------	-----------------------	---	--------------------------	--------

24.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure

$E_{50} = M \cdot \{e_{\text{inh}}/m(t)\}$	t [jour]	$e_{\text{inh}}/m(t)$ [Sv/Bq]
	1/4	$0,0022 \times 10^{-6}$
E_{50} : Dose engagée durant 50 ans en Sv	1/2	$0,0020 \times 10^{-6}$
M: Valeur de mesure en Bq	1	$0,0029 \times 10^{-6}$
e_{inh} : Facteur de dose en Sv/Bq	1,5	$0,0052 \times 10^{-6}$
$m(t)$: Fraction de rétention	2	$0,010 \times 10^{-6}$
t: Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours. Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose $t = T/2$	3	$0,034 \times 10^{-6}$
	4	$0,12 \times 10^{-6}$
	5	$0,44 \times 10^{-6}$
	6	$1,5 \times 10^{-6}$
	7	$5,5 \times 10^{-6}$

25. I-124

25.1. Métabolisme

L'iode inhalé (classe d'absorption type F) est exhalé à 50 %. L'autre moitié atteint rapidement la circulation sanguine (taux de résorption $f_1 = 1$). De là environ 30 % est résorbé en 1 jour dans la glande thyroïde et 70 % est éliminé par voie urinaire. La période biologique dans la glande thyroïde est de 80 jours. La durée de séjour dans la thyroïde de l'iode-124 est ainsi déterminée par la période physique de 4,2 jours.

25.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri
 Mesure directe de l'activité fixée dans la glande thyroïde avec un moniteur de contamination.
Seuil de mesure: 3 000 Bq

Mesure d'incorporation
 Mesure à l'aide d'un moniteur thyroïdien de l'activité I-124 M en Bq.

25.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T _{tri} :	7 jours	T _{mesure} :	14 jours	t _{événement} :	6–12 h
--------------------	---------	-----------------------	----------	--------------------------	--------

25.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure

$E_{50} = M \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$		t [jour]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv/Bq]
		1	$0,56 \times 10^{-7}$
E ₅₀ :	Dose engagée durant 50 ans en Sv	2	$0,62 \times 10^{-7}$
M:	Valeur de mesure en Bq	3	$0,74 \times 10^{-7}$
e _{inh} :	Facteur de dose en Sv/Bq	4	$0,88 \times 10^{-7}$
m(t):	Fraction de rétention	5	$1,04 \times 10^{-7}$
		6	$1,24 \times 10^{-7}$
	Intervalle de surveillance T = 14 jours	7	$1,48 \times 10^{-7}$
		10	$2,49 \times 10^{-7}$
t:	Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours. Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose t = T/2	14	$5,00 \times 10^{-7}$
		15	$5,94 \times 10^{-7}$
		21	$14,1 \times 10^{-7}$

25.5. Interprétation en cas d'incorporation antérieure

Intervalle de surveillance T = 14 jours: $E_{50} = M \cdot 1,48 \cdot 10^{-7} - E_{50}^a \cdot 0,10$

26. I-125

26.1. Métabolisme

L'iode inhalé (classe d'absorption type F) est exhalé à 50 %. L'autre moitié atteint rapidement la circulation sanguine (taux de résorption $f_1 = 1$). De là environ 30 % est résorbé en 1 jour dans la glande thyroïde et 70 % est éliminé par voie urinaire. La période biologique dans la glande thyroïde est de 80 jours et la période physique est de 60 jours.

26.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri

Mesure directe de l'activité fixée dans la glande thyroïde avec un moniteur de contamination.

Seuil de mesure: 1300 Bq

Mesure d'incorporation

Mesure à l'aide d'un moniteur thyroïdien de l'activité de I-125 M en Bq.

26.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T _{tri} :	30 jours	T _{mesure} :	90 jours	t _{événement} :	6–12 h
--------------------	----------	-----------------------	----------	--------------------------	--------

26.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure

$E_{50} = M \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$	t [jour]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv/Bq]
	1	$0,56 \times 10^{-7}$
E ₅₀ : Dose engagée durant 50 ans en Sv	2	$0,52 \times 10^{-7}$
M: Valeur de mesure en Bq	3	$0,52 \times 10^{-7}$
e _{inh} : Facteur de dose en Sv/Bq	4	$0,56 \times 10^{-7}$
m(t): Fraction de rétention	5	$0,56 \times 10^{-7}$
t: Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours.	6	$0,56 \times 10^{-7}$
Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose t = T/2	7	$0,56 \times 10^{-7}$
	15	$0,66 \times 10^{-7}$
	30	$0,90 \times 10^{-7}$
Intervalle de surveillance T = 90 jours	45	$1,2 \times 10^{-7}$
	60	$1,6 \times 10^{-7}$
	90	$2,6 \times 10^{-7}$
	135	$6,1 \times 10^{-7}$

26.5. Interprétation en cas d'incorporation antérieure

Intervalle de surveillance T = 90 jours: $E_{50} = M \cdot 1,2 \cdot 10^{-7} - E_{50}^a \cdot 0,20$

27. I-131**27.1. Métabolisme**

L'iode inhalé (classe d'absorption type F) est exhalé à 50 %. L'autre moitié atteint rapidement la circulation sanguine (taux de résorption $f_1 = 1$). De là environ 30 % est résorbé en 1 jour dans la glande thyroïde et 70 % est éliminé par voie urinaire. La période biologique dans la glande thyroïde est de 80 jours. La durée de séjour de l'iode-131 dans la thyroïde est ainsi déterminée par sa période physique de 8 jours.

27.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri
 Mesure directe de l'activité fixée dans la glande thyroïde avec un moniteur de contamination.
Seuil de mesure: 2000 Bq

Mesure d'incorporation
 Mesure à l'aide d'un moniteur thyroïdien de l'activité de I-131 M en Bq.

27.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T _{tri} :	7 jours	T _{mesure} :	30 jours	t _{événement} :	6–12 h
--------------------	---------	-----------------------	----------	--------------------------	--------

27.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure

E₅₀ = M · {e_{inh}/m(t)}	t [jour]	e _{inh} /m(t) [Sv/Bq]
	1	0,092 × 10 ⁻⁶
E ₅₀ : Dose engagée durant 50 ans en Sv	2	0,092 × 10 ⁻⁶
M: Valeur de mesure en Bq	3	0,10 × 10 ⁻⁶
e _{inh} : Facteur de dose en Sv/Bq	4	0,11 × 10 ⁻⁶
m(t): Fraction de rétention	5	0,12 × 10 ⁻⁶
t: Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours.	6	0,13 × 10 ⁻⁶
Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose t = T/2	7	0,15 × 10 ⁻⁶
Intervalle de surveillance = 30 jours	15	0,31 × 10 ⁻⁶
	30	1,3 × 10 ⁻⁶
	45	5,2 × 10 ⁻⁶

27.5. Correction pour une incorporation antérieure

Intervalle de surveillance T = 30 jours:
$$E_{50} = M \cdot 0,31 \cdot 10^{-6} - E_{50}^a \cdot 0,06$$

28. Ba-133

28.1. Métabolisme

Le métabolisme du baryum dans le corps dépend très fortement de la solubilité de ses composés ; de manière générale, le comportement du baryum est toutefois similaire à celui du calcium ou du strontium. Les composés solubles du baryum (classe d'absorption type F) atteignent très rapidement et presque entièrement la circulation sanguine ; les composés peu solubles sont éliminés en quelques jours par les poumons et, en partie, par les selles, pour moitié environ via la circulation sanguine et pour l'autre moitié via le tube digestif (taux de résorption $f_1 = 0,1$). Le baryum qui atteint la circulation sanguine est déposé dans les os ou éliminé, principalement par l'urine.

28.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri

Mesure directe du rayonnement gamma à l'aide d'un instrument de mesure de l'activité thoracique.

Seuil de mesure: 6000 Bq

Mesure d'incorporation

Mesure à l'aide d'un anthropogammamètre de l'activité en Ba-133 M en Bq.

28.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T_{tri} :	180 jours	T_{mesure} :	180 jours	$t_{\text{événement}}$:	immédiatement
--------------------	-----------	-----------------------	-----------	--------------------------	---------------

28.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure

$E_{50} = M \cdot \{e_{\text{inh}}/m(t)\}$	t [jour]	$e_{\text{inh}}/m(t)$ [Sv/Bq]
	1	$3,69 \times 10^{-9}$
E_{50} : Dose engagée durant 50 ans en Sv	2	$6,60 \times 10^{-9}$
M: Valeur de mesure en Bq	3	$1,10 \times 10^{-8}$
e_{inh} : Facteur de dose en Sv/Bq	4	$1,64 \times 10^{-8}$
$m(t)$: Fraction de rétention	5	$2,20 \times 10^{-8}$
t: Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours. Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose $t=T/2$	6	$2,75 \times 10^{-8}$
	7	$3,24 \times 10^{-8}$
	15	$4,79 \times 10^{-8}$
	30	$5,78 \times 10^{-8}$
	60	$6,89 \times 10^{-8}$
	90	$7,99 \times 10^{-8}$
	180	$1,06 \times 10^{-7}$
	270	$1,25 \times 10^{-7}$

29. Cs-134

29.1. Métabolisme

Le césium inhalé (classe d'absorption type F) est exhalé à 50 %. L'autre moitié atteint rapidement la circulation sanguine (taux de résorption $f_1 = 1$). Cette fraction se répartit uniformément dans le corps entier. 10 % de cette activité sont éliminés avec une période biologique de 2 jours, principalement par l'urine; les 90 % restants sont éliminés avec une période biologique de 110 jours chez les hommes et 70 jours chez les femmes. Pour la surveillance d'incorporation, on utilise la période correspondant au métabolisme masculin.

29.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri
 Mesure directe du rayonnement gamma avec un instrument de mesure de l'activité thoracique. Comme le césium passe rapidement du poumon dans le corps, on ne peut s'attendre à ce que cette mesure comprenne tout le césium inhalé. Ainsi on admet qu'elle ne compte que 50 % de l'activité incorporée.
Seuil de mesure: 6000 Bq

Mesure d'incorporation
 Mesure à l'aide d'un anthropogammamètre de l'activité de Cs-134 M en Bq.

29.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T _{tri} :	180 jours	T _{mesure} :	180 jours	t _{événement} :	immédiatement
--------------------	-----------	-----------------------	-----------	--------------------------	---------------

29.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure

<p>E₅₀ = M · {e_{inh}/m(t)}</p> <p>E₅₀: Dose engagée durant 50 ans en Sv M: Valeur de mesure en Bq e_{inh}: Facteur de dose en Sv/Bq m(t): Fraction de rétention t: Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours. Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose t=T/2</p>	t [jour]	e _{inh} /m(t) [Sv/Bq]
	1	0,16×10 ⁻⁷
	2	0,19×10 ⁻⁷
	3	0,21×10 ⁻⁷
	4	0,22×10 ⁻⁷
	5	0,22×10 ⁻⁷
	6	0,23×10 ⁻⁷
	7	0,23×10 ⁻⁷
	15	0,25×10 ⁻⁷
	30	0,27×10 ⁻⁷
	60	0,34×10 ⁻⁷
Intervalle de surveillance = 180 jours	90	0,42×10 ⁻⁷
	180	0,80×10 ⁻⁷
	270	1,5×10 ⁻⁷

29.5. Correction pour une incorporation antérieure

Intervalle de surveillance T = 180 jours: $E_{50} = M \cdot 0,42 \cdot 10^{-7} - E_{50}^a \cdot 0,28$

30. Cs-137

30.1. Métabolisme

Le césium inhalé (classe d'absorption type F) est exhalé à 50 %. L'autre moitié atteint rapidement la circulation sanguine (taux de résorption $f_1 = 1$). Cette fraction se répartit uniformément dans le corps entier. 10 % de cette activité sont éliminés avec une période biologique de 2 jours, principalement par l'urine; les 90 % restants sont éliminés avec une période biologique de 110 jours chez les hommes et 70 jours chez les femmes. Pour la surveillance d'incorporation, on utilise la période correspondant au métabolisme masculin.

30.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri

Mesure directe du rayonnement gamma avec un instrument de mesure de l'activité thoracique. Comme le césium passe rapidement du poumon dans le corps, on ne peut s'attendre à ce que cette mesure comprenne tout le césium inhalé. Ainsi on admet qu'elle ne compte que 50 % de l'activité incorporée.

Seuil de mesure: 9000 Bq

Mesure d'incorporation

Mesure à l'aide d'un anthropogammamètre de l'activité de Cs-137 M en Bq.

30.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T _{tri} :	180 jours	T _{mesure} :	180 jours	t _{événement} :	immédiatement
--------------------	-----------	-----------------------	-----------	--------------------------	---------------

30.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure

$E_{50} = M \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$	t [jour]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv/Bq]
E ₅₀ : Dose engagée durant 50 ans en Sv M: Valeur de mesure en Bq e _{inh} : Facteur de dose en Sv/Bq m(t): Fraction de rétention t: Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours. Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose t=T/2	1	$1,1 \times 10^{-8}$
	2	$1,3 \times 10^{-8}$
	3	$1,5 \times 10^{-8}$
	4	$1,5 \times 10^{-8}$
	5	$1,6 \times 10^{-8}$
	6	$1,6 \times 10^{-8}$
	7	$1,6 \times 10^{-8}$
	15	$1,7 \times 10^{-8}$
	30	$1,9 \times 10^{-8}$
	60	$2,2 \times 10^{-8}$
Intervalle de surveillance = 180 jours	90	$2,8 \times 10^{-8}$
	180	$4,8 \times 10^{-8}$
	270	$8,6 \times 10^{-8}$

30.5. Correction pour une incorporation antérieure

Intervalle de surveillance T = 180 jours: $E_{50} = M \cdot 2,8 \cdot 10^{-8} - E_{50}^a \cdot 0,33$

31. Eu-152

31.1. Métabolisme

Une grande partie de l'euporium inhalé (classe d'absorption type M) est rapidement éliminé via le nez et le tube digestif (taux de résorption $f_1 = 0,005$). L'euporium qui atteint la circulation sanguine est déposé à environ 40 % dans les os et à environ 40 % dans le foie (période biologique de 3500 jours) ; 6 % de l'euporium atteignent les reins, où ils sont éliminés avec une période biologique d'environ 10 jours.

31.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri

Mesure directe du rayonnement gamma à l'aide d'un instrument de mesure de l'activité thoracique.

Seuil de mesure: 1000 Bq

Mesure d'incorporation

Mesure à l'aide d'un anthropogammamètre de l'activité en Eu-152 M en Bq.

31.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T_{tri} :	180 jours	T_{mesure} :	180 jours	$t_{événement}$:	immédiatement
-------------	-----------	----------------	-----------	-------------------	---------------

31.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure

$E_{50} = M \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$	t [jour]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv/Bq]
	1	$5,48 \times 10^{-8}$
E_{50} : Dose engagée durant 50 ans en Sv	2	$1,04 \times 10^{-7}$
M: Valeur de mesure en Bq	3	$1,80 \times 10^{-7}$
e_{inh} : Facteur de dose en Sv/Bq	4	$2,52 \times 10^{-7}$
$m(t)$: Fraction de rétention	5	$3,02 \times 10^{-7}$
t: Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours. Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose $t=T/2$	6	$3,27 \times 10^{-7}$
	7	$3,39 \times 10^{-7}$
	15	$3,65 \times 10^{-7}$
	30	$4,01 \times 10^{-7}$
	60	$4,49 \times 10^{-7}$
	90	$4,81 \times 10^{-7}$
	180	$5,29 \times 10^{-7}$
	270	$5,64 \times 10^{-7}$

32. Sm-153

32.1. Métabolisme

Le samarium inhalé (classe d'absorption type M) est rapidement éliminé via le nez et le tube digestif (taux de résorption $f_1 = 0.0005$) La faible quantité de samarium qui atteint la circulation sanguine est déposée à 90 % dans les os et le foie avec une période biologique de 3500 ans. La durée de séjour du samarium-153 dans le corps est ainsi principalement déterminée par sa période physique de 46,7 heures.

32.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri (obligatoire)

Mesure de la contamination des mains après avoir retiré les gants à l'aide d'un moniteur de la contamination.

Seuil de mesure: 3000 Bq cm⁻²

Mesure d'incorporation

Mesure à l'aide d'un anthropogammamètre de l'activité Sm-153 M en Bq.

32.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T _{tri} :	Après chaque application.	T _{mesure} :	En cas de dépassement du seuil de mesure	t _{événement} :	immédiatement
--------------------	---------------------------	-----------------------	--	--------------------------	---------------

32.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure

$E_{50} = M \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$	t [jour]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv/Bq]
	1	$1,96 \times 10^{-9}$
E ₅₀ : Dose engagée durant 50 ans en Sv	2	$5,31 \times 10^{-9}$
M: Valeur de mesure en Bq	3	$1,30 \times 10^{-8}$
e _{inh} : Facteur de dose en Sv/Bq	4	$2,61 \times 10^{-8}$
m(t): Fraction de rétention	5	$4,42 \times 10^{-8}$
t: Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours.	6	$6,83 \times 10^{-8}$
Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose t = T/2	7	$1,01 \times 10^{-7}$
	10	$3,05 \times 10^{-7}$
	15	$1,87 \times 10^{-6}$
	20	$1,14 \times 10^{-5}$
	30	$4,22 \times 10^{-4}$

33. Eu-154

33.1. Métabolisme

Une grande partie de l'europium inhalé (classe d'absorption type M) est rapidement éliminé via le nez et le tube digestif (taux de résorption $f_1 = 0,005$). L'europium qui atteint la circulation sanguine est déposé à environ 40 % dans les os et à environ 40 % dans le foie (période biologique de 3500 jours) ; 6 % de l'europium atteignent les reins, où ils sont éliminés avec une période biologique d'environ 10 jours.

33.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri

Mesure directe du rayonnement gamma à l'aide d'un instrument de mesure de l'activité thoracique.

Seuil de mesure: 800 Bq

Mesure d'incorporation

Mesure à l'aide d'un anthropogammamètre de l'activité en Eu-154 M en Bq.

33.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T _{tri} :	180 jours	T _{mesure} :	180 jours	t _{événement} :	immédiatement
--------------------	-----------	-----------------------	-----------	--------------------------	---------------

33.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure

$E_{50} = M \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$	t [jour]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv/Bq]
	1	7.10×10^{-8}
E ₅₀ : Dose engagée durant 50 ans en Sv	2	1.35×10^{-7}
M: Valeur de mesure en Bq	3	2.33×10^{-7}
e _{inh} : Facteur de dose en Sv/Bq	4	3.27×10^{-7}
m(t): Fraction de rétention	5	3.92×10^{-7}
t: Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours. Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose t=T/2	6	4.24×10^{-7}
	7	4.40×10^{-7}
	15	4.74×10^{-7}
	30	5.21×10^{-7}
	60	5.85×10^{-7}
	90	6.27×10^{-7}
	180	6.95×10^{-7}
	270	7.46×10^{-7}

34. Er-169

34.1. Métabolisme

L'erbium inhalé (classe d'absorption type M) est rapidement éliminé via le nez et le tube digestif (taux de résorption $f_1 = 0,0005$). Environ 5 % reste à plus long terme dans les poumons. La durée de séjour de cette fraction est déterminée par la période physique de 9,4 jours. La faible quantité d'erbium qui atteint la circulation sanguine est déposée à 65 % dans les os et le foie ou est éliminée directement par les excréta.

34.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri (obligatoire)
 Mesure de la contamination des mains après avoir retiré les gants à l'aide d'un moniteur de la contamination.
Seuil de mesure: 10 000 Bq cm⁻²

Mesure d'incorporation
 Mesure par compteur proportionnel après séparation chimique de la concentration du Er-169 dans l'urine C_u en Bq/l.

34.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T_{tri} : Après chaque application	T_{mesure} : En cas de dépassement du seuil de mesure	événement: 1 jour
---	--	----------------------

34.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure

$E_{50} = C_u \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$	t [jour]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv·l/Bq]
	1	$4,25 \times 10^{-7}$
E_{50} : Dose engagée durant 50 ans en Sv	2	$4,75 \times 10^{-6}$
C_u : Valeur de mesure en Bq/l	3	$2,95 \times 10^{-5}$
e_{inh} : Facteur de dose en Sv/Bq	4	$4,60 \times 10^{-5}$
$m(t)$: Fraction excrétée dans l'urine journalière (=1,4 l) en l ⁻¹	5	$5,17 \times 10^{-5}$
t : Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours.	6	$5,65 \times 10^{-5}$
Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose $t = T/2$	7	$6,16 \times 10^{-5}$
	10	$8,05 \times 10^{-5}$
	15	$1,24 \times 10^{-4}$
	20	$1,91 \times 10^{-4}$
	30	$4,47 \times 10^{-4}$

35. Lu-177

35.1. Métabolisme

Le lutétium inhalé (classe d'absorption type M) est rapidement éliminé via le nez et le tube digestif (taux de résorption $f_1 = 0.0005$) La faible quantité de lutétium qui atteint la circulation sanguine est déposée à env. 62 % dans l'organisme (principalement les os) avec une période biologique de 3500 ans. Le reste est éliminé à part égale par les selles et l'urine. La durée de séjour du lutétium dans le corps est ainsi principalement déterminée par sa période physique de 6,7 jours.

35.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri (obligatoire)

Mesure de la contamination des mains après avoir retiré les gants à l'aide d'un moniteur de la contamination.

Seuil de mesure: 3000 Bq cm²

Mesure d'incorporation

Mesure à l'aide d'un anthropogammamètre de l'activité Lu-177 M en Bq.

35.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T_{tri} :	Après chaque application	T_{mesure} :	En cas de dépassement du seuil de mesure	t _{événement} :	immédiatement
--------------------	--------------------------	-----------------------	--	--------------------------	---------------

35.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure

$E_{50} = M \cdot \{e_{\text{inh}}/m(t)\}$	t [jour]	$e_{\text{inh}}/m(t)$ [Sv/Bq]
E_{50} : Dose engagée durant 50 ans en Sv M: Valeur de mesure en Bq e_{inh} : Facteur de dose en Sv/Bq $m(t)$: Fraction de rétention t: Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours. Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose $t = T/2$	1	$3,48 \times 10^{-9}$
	2	$7,63 \times 10^{-9}$
	3	$1,56 \times 10^{-8}$
	4	$2,58 \times 10^{-8}$
	5	$3,57 \times 10^{-8}$
	6	$4,38 \times 10^{-8}$
	7	$5,08 \times 10^{-8}$
	10	$7,27 \times 10^{-8}$
	15	$1,27 \times 10^{-7}$
	20	$2,23 \times 10^{-7}$
30	$6,75 \times 10^{-7}$	

36. Re-186

36.1. Métabolisme

Le rhénium inhalé (classe d'absorption type M) se fixe de façon active dans la thyroïde, l'estomac, le foie et les intestins. On admet que le reste de l'activité se répartit uniformément dans tout l'organisme. Environ 70 % du rhénium est éliminé à part égale par les selles et l'urine avec une période biologique de 1,6 jour (taux de résorption $f_1 = 0,8$).

36.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri
 Mesure de la contamination des mains après avoir retiré les gants à l'aide d'un moniteur de la contamination.
Seuil de mesure: 3000 Bq cm⁻²

Mesure d'incorporation
 Mesure à l'aide d'un anthropogammamètre de l'activité Re-186 M en Bq.

36.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T_{tri} :	Après chaque application	T_{mesure} :	En cas de dépassement du seuil de mesure	$t_{\text{événement}}$:	immédiatement
--------------------	--------------------------	-----------------------	--	--------------------------	---------------

36.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure

$E_{50} = M \cdot \{e_{\text{inh}}/m(t)\}$		t [jour]	$e_{\text{inh}}/m(t)$ [Sv/Bq]
E_{50} :	Dose engagée durant 50 ans en Sv	1	$2,74 \times 10^{-9}$
M:	Valeur de mesure en Bq	2	$4,90 \times 10^{-9}$
e_{inh} :	Facteur de dose en Sv/Bq	3	$8,22 \times 10^{-9}$
$m(t)$:	Fraction de rétention	4	$1,30 \times 10^{-8}$
t:	Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours.	5	$1,94 \times 10^{-8}$
	Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose $t = T/2$	6	$2,80 \times 10^{-8}$
		7	$3,90 \times 10^{-8}$
		10	$9,09 \times 10^{-8}$
		15	$2,89 \times 10^{-7}$
		20	$8,28 \times 10^{-7}$
		30	$6,22 \times 10^{-6}$

37. Re-188

37.1. Métabolisme

Le rhénium inhalé (classe d'absorption type M) se fixe de façon active dans la thyroïde, l'estomac, le foie et les intestins. On admet que le reste de l'activité se répartit uniformément dans tout l'organisme. Environ 70 % du rhénium est éliminé à part égale par les selles et l'urine avec une période biologique de 1,6 jour (taux de résorption $f_1 = 0,8$).

37.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri

Mesure de la contamination des mains après avoir retiré les gants à l'aide d'un moniteur de la contamination.

Seuil de mesure: 3000 Bq cm⁻²

Mesure d'incorporation

Mesure à l'aide d'un anthropogammamètre de l'activité Re-188 M en Bq.

37.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T _{tri} :	Après chaque application	T _{mesure} :	En cas de dépassement du seuil de mesure	t _{événement} :	immédiatement
--------------------	--------------------------	-----------------------	--	--------------------------	---------------

37.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure

$E_{50} = M \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$	t [jour]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv/Bq]
	1	$3,75 \times 10^{-9}$
E ₅₀ : Dose engagée durant 50 ans en Sv	2	$1,49 \times 10^{-8}$
M: Valeur de mesure en Bq	3	$5,53 \times 10^{-8}$
e _{inh} : Facteur de dose en Sv/Bq	4	$1,93 \times 10^{-7}$
m(t): Fraction de rétention	5	$6,43 \times 10^{-7}$
t: Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours.	6	$2,06 \times 10^{-6}$
Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose t = T/2	7	$6,33 \times 10^{-6}$
	10	$1,61 \times 10^{-4}$
	15	$2,75 \times 10^{-2}$

38. Tl-201

38.1. Métabolisme

Le thallium inhalé (classe d'absorption type F) est exhalé à 50 %. L'autre moitié atteint rapidement la circulation sanguine (taux de résorption $f_1 = 1$). Cette fraction se répartit à 97 % uniformément dans le corps entier, et 3 % vont dans les reins. Le thallium est éliminé avec une période biologique de 10 jours.

38.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri
Mesure directe du rayonnement gamma à l'aide d'un instrument de mesure de l'activité thoracique.
Seuil de mesure: 55 000 Bq

Mesure d'incorporation
Mesure à l'aide d'un anthropogammamètre de l'activité Tl-201 M en Bq.

38.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T _{tri} :	14 jours	T _{mesure} :	14 jours	t _{événement} :	immédiatement
--------------------	----------	-----------------------	----------	--------------------------	---------------

38.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure

$E_{50} = M \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$		t [jour]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv/Bq]
E ₅₀ :	Dose engagée durant 50 ans en Sv	1	$0,16 \times 10^{-9}$
M:	Valeur de mesure en Bq	2	$0,25 \times 10^{-9}$
e_{inh} :	Facteur de dose en Sv/Bq	3	$0,35 \times 10^{-9}$
m(t):	Fraction de rétention	4	$0,48 \times 10^{-9}$
		5	$0,66 \times 10^{-9}$
		6	$0,89 \times 10^{-9}$
Intervalle de surveillance = 14 jours		7	$1,19 \times 10^{-9}$
		8	$1,61 \times 10^{-9}$
t:	Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours. Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose $t=T/2$	9	$2,16 \times 10^{-9}$
		10	$2,91 \times 10^{-9}$
		14	$9,55 \times 10^{-9}$
		21	$56,7 \times 10^{-9}$

39. Ra-223

39.1. Métabolisme

Le radium inhalé (classe d'absorption type M) est éliminé en quelques heures à quelques jours via le nez et le tube digestif (taux de résorption $f_1 = 0,2$). Environ 5 % reste à plus long terme dans les poumons. La durée de séjour dans les poumons est déterminée par les mécanismes de clearance pulmonaire. Le radium qui atteint la circulation sanguine est d'abord déposé dans les os

39.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri

Mesure de la contamination des mains après avoir retiré les gants à l'aide d'un moniteur de la contamination.

Seuil de mesure: 300 Bq cm²

Mesure d'incorporation

Mesure de la concentration de radium-223 et des filles dans l'urine C_u en Bq/l.

39.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps entre l'événement et la 1re mesure

T_{tri} :	Après chaque application	T_{mesure} :	En cas de dépassement du seuil de mesure	t'événement:	1 jour
-------------	--------------------------	----------------	--	--------------	--------

39.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure

$E_{50} = C_u \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$	t [jour]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv-l/Bq]
	1	5.23×10^{-3}
E_{50} : Dose engagée durant 50 ans en Sv	2	3.05×10^{-2}
C_u : Valeur de mesure en Bq/l	3	4.79×10^{-2}
e_{inh} : Facteur de dose en Sv/Bq	4	7.16×10^{-2}
$m(t)$: Fraction excrétée dans l'urine journalière (=1,4 l) en l ⁻¹	5	1.06×10^{-1}
t: Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours. Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose $t = T/2$	6	1.54×10^{-1}
	7	2.20×10^{-1}
	8	3.06×10^{-1}
	9	4.16×10^{-1}
	10	5.48×10^{-1}
	30	5.21
	40	1.10×10^1

40. Ra-226

40.1. Métabolisme

Le radium inhalé (classe d'absorption type M) est éliminé en quelques heures à quelques jours via le nez et le tube digestif (taux de résorption $f_1 = 0,2$). Environ 5 % reste à plus long terme dans les poumons. La durée de séjour dans les poumons est déterminée par les mécanismes de clearance pulmonaire. Le radium qui atteint la circulation sanguine est d'abord déposé dans les os.

40.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri

Mesure de la concentration des émetteurs- α de l'air de la place de travail.

Seuil de mesure: 380 Bq h/m³ (valeur intégrée sur une année)

Mesure d'incorporation

Mesure de la concentration de radium-226 et des filles dans l'urine C_u en Bq/l.

40.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T _{tri} :	–	T _{mesure} :	180 jours	T _{événement} :	immédiatement
--------------------	---	-----------------------	-----------	--------------------------	---------------

40.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure

$E_{50} = C_u \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$	t [jour]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv·l/Bq]
	1	$0,20 \times 10^{-2}$
E ₅₀ : Dose engagée durant 50 ans en Sv	2	$0,99 \times 10^{-2}$
C _u : Valeur de mesure en Bq/l	3	$1,50 \times 10^{-2}$
e _{inh} : Facteur de dose en Sv/Bq	4	$2,11 \times 10^{-2}$
m(t): Fraction excrétée dans l'urine journalière (=1,4 l) en l ⁻¹	5	$2,93 \times 10^{-2}$
t: Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours. Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose t=T/2	6	$4,03 \times 10^{-2}$
	7	$5,42 \times 10^{-2}$
	15	$17,6 \times 10^{-2}$
	30	$32,6 \times 10^{-2}$
	60	$48,8 \times 10^{-2}$
Intervalle de surveillance = 180 jours	90	$68,8 \times 10^{-2}$
	180	151×10^{-2}
	270	275×10^{-2}

40.5. Correction pour une incorporation antérieure

Intervalle de surveillance T = 180 jours: $E_{50} = M \cdot 6,9 \cdot 10^{-1} - E_{50}^a \cdot 0,25$

41. Th-232

41.1. Métabolisme

Le thorium-232 inhalé (hypothèse: oxyde ou hydroxyde, classe d'absorption type S) est éliminé à 90 % en quelques heures à quelques jours via le nez et le tube digestif (taux de résorption $f_1 = 2 \times 10^{-4}$). Environ 5 % reste à plus long terme dans les poumons. La durée de séjour dans les poumons est déterminée, à cause de la longue période physique, par les mécanismes de clearance pulmonaire. Le thorium qui atteint la circulation sanguine est principalement déposé à long terme dans les os, la moelle osseuse recevant cependant aussi une dose relativement élevée à cause de la restructuration osseuse continue.

41.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri (obligatoire)

Mesure de la concentration en thorium-232 de l'air de la place de travail (surveillance de l'air ambiant).

Seuil de mesure: 70 Bq·h/m³ (valeur intégrée sur une année)

En cas de dépassement du seuil de mesure, on collecte et on mesure les selles et les urines des 3 premiers jours. Si la mesure est supérieure à 10 fois le seuil de mesure, on effectue aussi une mesure à l'anthropogammamètre.

En complément aux mesures de tri, on effectue chaque année une mesure de la concentration en thorium-232 dans l'urine C_U en Bq/l.

41.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T_{tri} :	–	T_{mesure} :	360 jours	t _{événement} :	immédiatement
--------------------	---	-----------------------	-----------	--------------------------	---------------

41.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure.

Chaque résultat positif est à analyser individuellement.

$E_{50} = C_U \cdot \{e_{\text{inh}}/m(t)\}$ lors de la mesure d'urine $E_{50} = M_S \cdot \{e_{\text{inh}}/m(t)\}$ lors de la mesure des selles $E_{50} = M \cdot \{e_{\text{inh}}/m(t)\}$ lors de la mesure du corps entier	t [jour]	Urine $e_{\text{inh}}/m(t)$ [Sv·l/Bq]	Selles $e_{\text{inh}}/m(t)$ [Sv·j/Bq]	Corps entier $e_{\text{inh}}/m(t)$ [Sv/Bq]
E_{50} : Dose engagée durant 50 ans en Sv	1	1,3	$0,011 \times 10^{-2}$	$0,24 \times 10^{-4}$
C_U : Valeur de mesure en Bq/l (mesure d'urine)	2	5,1	$0,0075 \times 10^{-2}$	$0,48 \times 10^{-4}$
M_S : Valeur de mesure en Bq/j (mesure des selles)	3	8,8	$0,014 \times 10^{-2}$	$0,86 \times 10^{-4}$
M : Valeur de mesure en Bq (mesure du corps entier)	4	11	$0,034 \times 10^{-2}$	$1,3 \times 10^{-4}$
e_{inh} : Facteur de dose en Sv/Bq	5	12	$0,086 \times 10^{-2}$	$1,6 \times 10^{-4}$
$m(t)$: Fraction d'excrétion dans l'urine journalière (=1,4 l) en l ⁻¹ ou dans les selles en j ⁻¹ ou rétention du corps entier.	6	13	$0,21 \times 10^{-2}$	$1,8 \times 10^{-4}$
	7	15	$0,48 \times 10^{-2}$	$1,9 \times 10^{-4}$
	15	22	$2,4 \times 10^{-2}$	$2,1 \times 10^{-4}$
	30	28	$3,4 \times 10^{-2}$	$2,4 \times 10^{-4}$
t : Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours.	45	34	$4,8 \times 10^{-2}$	$2,6 \times 10^{-4}$
Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose $t = T/2$.	90	44	11×10^{-2}	$3,1 \times 10^{-4}$
	180	53	32×10^{-2}	$3,6 \times 10^{-4}$

42. U-235

42.1. Métabolisme

L'uranium inhalé (hypothèse: oxyde; classe d'absorption type S) est éliminé à 90 % en quelques heures à quelques jours via le nez et le tube digestif (taux de résorption $f_1 = 2 \times 10^{-3}$). Environ 5 % reste à plus long terme dans les poumons. La durée de séjour dans les poumons est déterminée par les mécanismes de clearance pulmonaire. L'uranium qui atteint la circulation sanguine est éliminé assez efficacement par les reins. La dose pulmonaire domine; la rétention osseuse est de peu d'importance. Dans le cas de composés solubles, tels que UF₆, il faut aussi faire attention à la toxicité chimique.

42.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri
Mesure de la concentration en uranium-235 de l'air de la place de travail (surveillance de l'air ambiant).
Seuil de mesure: 140 Bq/h/m³ (valeur intégrée sur une année)
En cas de dépassement du seuil de mesure, on collecte et on mesure les selles et les urines des 3 premiers jours.

Mesure d'incorporation
Mesure de la concentration en uranium-235 dans l'urine C_u en Bq/l.

42.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T _{tri} :	–	T _{mesure} :	90 jours	t _{événement} :	immédiatement
--------------------	---	-----------------------	----------	--------------------------	---------------

42.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure.

Chaque résultat positif est à analyser individuellement.

$E_{50} = C_u \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$ $E_{50} = M_s \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$	t [jour]	Urine $e_{inh}/m(t)$ [Sv·l/Bq]	Selles $e_{inh}/m(t)$ [Sv·j/Bq]
	1	0,012	$0,055 \times 10^{-3}$
E ₅₀ : Dose engagée durant 50 ans en Sv	2	0,19	$0,038 \times 10^{-3}$
C _u : Valeur de mesure en Bq/l (mesure d'urine)	3	0,33	$0,073 \times 10^{-3}$
M _s : Valeur de mesure en Bq/j (mesure des selles)	4	0,36	$0,17 \times 10^{-3}$
e _{inh} : Facteur de dose en Sv/Bq	5	0,39	$0,44 \times 10^{-3}$
m(t): Fraction d'excrétion dans l'urine journalière (=1,4 l) en l ⁻¹ ou dans les selles en j ⁻¹	6	0,43	$1,1 \times 10^{-3}$
	7	0,45	$2,4 \times 10^{-3}$
t: Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours.	15	0,71	12×10^{-3}
Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose t = T/2	30	1,1	17×10^{-3}
	45	1,4	24×10^{-3}
	90	2,0	55×10^{-3}
	180	2,6	165×10^{-3}

43. U-238

43.1. Métabolisme

L'uranium inhalé (hypothèse: oxyde; classe d'absorption type S) est éliminé à 90 % en quelques heures à quelques jours via le nez et le tube digestif (taux de résorption $f_1 = 2 \times 10^{-3}$). Environ 5 % reste à plus long terme dans les poumons. La durée de séjour dans les poumons est déterminée par les mécanismes de clearance pulmonaire. L'uranium qui atteint la circulation sanguine est éliminé assez efficacement par les reins. La dose pulmonaire domine; la rétention osseuse est de peu d'importance. Dans le cas de composés solubles, tels que UF₆, il faut aussi faire attention à la toxicité chimique.

43.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri

Mesure de la concentration en uranium-238 de l'air de la place de travail (surveillance de l'air ambiant).

Seuil de mesure: 150 Bq·h/m³ (valeur intégrée sur une année)

En cas de dépassement du seuil de mesure, on collecte et on mesure les selles et les urines des 3 premiers jours.

Mesure d'incorporation

Mesure de la concentration en l'uranium-238 dans l'urine C_U en Bq/l.

43.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T _{tri} :	–	T _{mesure} :	90 jours	t _{événement} :	immédiatement
--------------------	---	-----------------------	----------	--------------------------	---------------

43.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure.

Chaque résultat positif est à analyser individuellement.

$E_{50} = C_U \{e_{inh}/m(t)\}$ $E_{50} = M_S \{e_{inh}/m(t)\}$	t [jour]	Urine $e_{inh}/m(t)$ [Sv·l/Bq]	Selles $e_{inh}/m(t)$ [Sv·j/Bq]
E ₅₀ : Dose engagée durant 50 ans en Sv	1	0,011	$0,052 \times 10^{-3}$
C _U : Valeur de mesure en Bq/l (mesure d'urine)	2	0,18	$0,036 \times 10^{-3}$
M _S : Valeur de mesure en Bq/j (mesure des selles)	3	0,31	$0,068 \times 10^{-3}$
e _{inh} : Facteur de dose en Sv/Bq	4	0,33	$0,16 \times 10^{-3}$
m(t): Fraction d'excrétion dans l'urine journalière (=1,4 l) en l ⁻¹ ou dans les selles en j ⁻¹	5	0,36	$0,41 \times 10^{-3}$
t: Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours.	6	0,40	$1,0 \times 10^{-3}$
Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose t = T/2	7	0,42	$2,3 \times 10^{-3}$
	15	0,67	12×10^{-3}
	30	1,0	16×10^{-3}
	45	1,3	23×10^{-3}
	90	1,9	52×10^{-3}
	180	2,4	154×10^{-3}

44. Np-237

44.1. Métabolisme

Le neptunium inhalé (hypothèse: classe d'absorption type M) est éliminé à 90 % en quelques heures à quelques jours via le nez et le tube digestif (taux de résorption $f_1 = 5 \times 10^{-4}$). Environ 5 % reste à plus long terme dans les poumons. La durée de séjour relativement courte dans les poumons est déterminée par les mécanismes de clearance pulmonaire. Le neptunium qui atteint la circulation sanguine est déposé à long terme dans les os et le foie. La moelle osseuse et les cellules germinales reçoivent aussi des doses relativement élevées. Lorsque la clearance pulmonaire est avancée, l'élimination a lieu principalement par voie urinaire.

44.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri

Mesure de la concentration en neptunium-237 de l'air de la place de travail (surveillance de l'air respiré).

Seuil de mesure: 60 Bq·h/m³ (valeur intégrée sur une année)

En cas de dépassement du seuil de mesure, on collecte et on mesure les selles et les urines des 3 premiers jours.

Mesure d'incorporation

Mesure de la concentration en neptunium-237 dans l'urine C_U en Bq/l.

44.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T_{tri} :	—	T_{mesure} :	90 jours	t _{événement} :	immédiatement
--------------------	---	-----------------------	----------	--------------------------	---------------

44.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure.

Chaque résultat positif est à analyser individuellement.

$E_{50} = C_U \cdot \{e_{\text{inh}}/m(t)\}$ lors de la mesure d'urine $E_{50} = M_S \cdot \{e_{\text{inh}}/m(t)\}$ lors de la mesure des selles $E_{50} = M \cdot \{e_{\text{inh}}/m(t)\}$ lors de la mesure des poumons	t [jour]	Urine $e_{\text{inh}}/m(t)$ [Sv·l/Bq]	Selles $e_{\text{inh}}/m(t)$ [Sv·j/Bq]	Poumons $e_{\text{inh}}/m(t)$ [Sv/Bq]
	1	$3,4 \times 10^{-3}$	$0,014 \times 10^{-2}$	$2,6 \times 10^{-4}$
E_{50} : Dose engagée durant 50 ans en Sv	2	$1,6 \times 10^{-2}$	$0,010 \times 10^{-2}$	$2,7 \times 10^{-4}$
C_U : Valeur de mesure en Bq/l (mesure d'urine)	3	$3,0 \times 10^{-2}$	$0,019 \times 10^{-2}$	$2,7 \times 10^{-4}$
M_S : Valeur de mesure en Bq/j (mesure des selles)	4	$4,4 \times 10^{-2}$	$0,045 \times 10^{-2}$	$2,8 \times 10^{-4}$
M : Valeur de mesure en Bq (mesure des poumons)	5	$6,2 \times 10^{-2}$	$0,12 \times 10^{-2}$	$2,8 \times 10^{-4}$
e_{inh} : Facteur de dose en Sv/Bq	6	$8,1 \times 10^{-2}$	$0,28 \times 10^{-2}$	$2,8 \times 10^{-4}$
$m(t)$: Fraction d'excrétion dans l'urine journalière (=1,4 l) en l ⁻¹ ou dans les selles en j ⁻¹ ou rétention dans les poumons	7	0,11	$0,65 \times 10^{-2}$	$2,9 \times 10^{-4}$
	15	0,21	$3,6 \times 10^{-2}$	$3,3 \times 10^{-4}$
	30	0,27	$5,4 \times 10^{-2}$	$3,9 \times 10^{-4}$
t : Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours.	45	0,32	$7,9 \times 10^{-2}$	$4,5 \times 10^{-4}$
Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose $t = T/2$	90	0,48	0,23	$6,8 \times 10^{-4}$
	180	0,78	1,0	13×10^{-4}

45. Pu-239

45.1. Métabolisme

Le plutonium inhalé (hypothèse: oxyde; classe d'absorption type S) est éliminé à 90 % en quelques heures à quelques jours via le nez et le tube digestif (taux de résorption $f_1 = 1 \times 10^{-5}$). Environ 5 % reste à plus long terme dans les poumons. La durée de séjour dans les poumons est déterminée par les mécanismes de clearance pulmonaire. Le plutonium qui atteint la circulation sanguine est déposé à long terme dans le foie et les os, la moelle osseuse recevant cependant aussi une dose relativement élevée à cause de la restructuration osseuse continue.

45.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri (obligatoire)

Mesure de la concentration en plutonium-239 de l'air de la place de travail (surveillance de l'air respiré).

Seuil de mesure: 100 Bq·h/m³ (valeur intégrée sur une année)

En cas de dépassement du seuil de mesure, on collecte et on mesure les selles et les urines des 3 premiers jours.

En complément aux mesures de tri on effectue chaque année une mesure de la concentration en plutonium-239 dans l'urine C_u .

45.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps entre l'événement et la 1^{re} mesure

T_{tri} :	–	T_{mesure} :	360 jours	$t_{\text{événement}}$:	immédiatement
--------------------	---	-----------------------	-----------	--------------------------	---------------

45.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure.

Chaque résultat positif est à analyser individuellement.

$E_{50} = C_u \cdot \{e_{\text{inh}}/m(t)\}$ $E_{50} = M_s \cdot \{e_{\text{inh}}/m(t)\}$		t [jour]	Urine $e_{\text{inh}}/m(t)$ [Sv·l/Bq]	Selles $e_{\text{inh}}/m(t)$ [Sv·j/Bq]
	lors de la mesure d'urine	1	5,1	$0,0075 \times 10^{-2}$
	lors de la mesure des selles	2	8,3	$0,0052 \times 10^{-2}$
E_{50} :	Dose engagée durant 50 ans en Sv	3	14	$0,0099 \times 10^{-2}$
C_u :	Valeur de mesure en Bq/l (mesure d'urine)	4	20	$0,024 \times 10^{-2}$
M_s :	Valeur de mesure en Bq/j (mesure des selles)	5	26	$0,059 \times 10^{-2}$
e_{inh} :	Facteur de dose en Sv/Bq	6	31	$0,15 \times 10^{-2}$
$m(t)$:	Fraction d'excrétion dans l'urine journalière (=1,4 l) en l ⁻¹ ou dans les selles en j ⁻¹	7	37	$0,33 \times 10^{-2}$
t :	Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours.	15	61	$1,7 \times 10^{-2}$
	Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose $t = T/2$	30	68	$2,4 \times 10^{-2}$
		45	68	$3,3 \times 10^{-2}$
		90	73	$7,5 \times 10^{-2}$
		180	73	22×10^{-2}

46. Am-241

46.1. Métabolisme

L'américium inhalé (tous les composés; hypothèse: classe d'absorption type M) est éliminé à 90 % en quelques heures à quelques jours via le nez et le tube digestif (taux de résorption $f_1 = 5 \times 10^{-4}$). Environ 5 % reste à plus long terme dans les poumons. La durée de séjour relativement courte dans les poumons est déterminée par les mécanismes de clearance pulmonaire. L'américium qui atteint la circulation sanguine est déposé à long terme dans les os et le foie. La moelle osseuse et les cellules germinales reçoivent aussi des doses relativement élevées. Lorsque la clearance pulmonaire est avancée, l'élimination a lieu principalement par voie urinaire.

46.2. Méthodes de mesure

Mesure de tri

Mesure de la concentration en américium-241 de l'air de la place de travail (surveillance de l'air respiré).

Seuil de mesure: 30 Bq·h/m³ (valeur intégrée sur une année)

En cas de dépassement du seuil de mesure, on collecte et on mesure les selles et les urines des 3 premiers jours. Si la mesure est supérieure à 10 fois le seuil de mesure, on détermine aussi l'activité dans les poumons à l'aide d'un instrument de mesure de l'activité thoracique.

Mesure d'incorporation

Mesure de la concentration en américium-241 dans l'urine C_u en Bq/l.

46.3. Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1^{re} mesure

T_{tri} :	–	T_{mesure} :	90 jours	événement:	immédiatement
--------------------	---	-----------------------	----------	------------	---------------

46.4. Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure.

Chaque résultat positif est à analyser individuellement.

$E_{50} = C_u \{e_{\text{inh}}/m(t)\}$ lors de la mesure d'urine $E_{50} = M_s \{e_{\text{inh}}/m(t)\}$ lors de la mesure des selles $E_{50} = M \{e_{\text{inh}}/m(t)\}$ lors de la mesure des poumons	t [jour]	Urine $e_{\text{inh}}/m(t)$ [Sv·l/Bq]	Selles $e_{\text{inh}}/m(t)$ [Sv·j/Bq]	Poumons $e_{\text{inh}}/m(t)$ [Sv/Bq]
	1	0,021	$0,025 \times 10^{-2}$	$4,7 \times 10^{-4}$
E_{50} : Dose engagée durant 50 ans en Sv	2	0,16	$0,018 \times 10^{-2}$	$4,8 \times 10^{-4}$
C_u : Valeur de mesure en Bq/l (mesure d'urine)	3	0,29	$0,034 \times 10^{-2}$	$4,9 \times 10^{-4}$
M_s : Valeur de mesure en Bq/j (mesure des selles)	4	0,42	$0,082 \times 10^{-2}$	$5,0 \times 10^{-4}$
M : Valeur de mesure en Bq (mesure des poumons)	5	0,53	$0,21 \times 10^{-2}$	$5,1 \times 10^{-4}$
e_{inh} : Facteur de dose en Sv/Bq	6	0,60	$0,51 \times 10^{-2}$	$5,1 \times 10^{-4}$
$m(t)$: Fraction d'excrétion dans l'urine journalière (=1,4 l) en l ⁻¹ ou dans les selles en j ⁻¹ ou rétention dans les poumons	7	0,65	$1,2 \times 10^{-2}$	$5,2 \times 10^{-4}$
	15	0,97	$6,4 \times 10^{-2}$	$5,9 \times 10^{-4}$
	30	1,5	$9,6 \times 10^{-2}$	$7,1 \times 10^{-4}$
t : Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours.	45	1,8	14×10^{-2}	$8,2 \times 10^{-4}$
Lorsque le moment de l'incorporation est in- connu, on pose $t = T/2$	90	2,4	41×10^{-2}	12×10^{-4}
	180	3,4	159×10^{-2}	23×10^{-4}

C Explications concernant les fiches spécifiques

Les fiches spécifiques aux radionucléides sont établies selon un schéma unifié. Chaque fiche comprend cinq parties. Dans la première, un aperçu du métabolisme de la substance est donné. Les méthodes de mesure d'incorporation et de tri sont indiquées dans la seconde partie. Lorsque le seuil de mesure n'est pas dépassé, on peut admettre en général que la dose efficace annuelle engagée ne dépasse pas 1 mSv. Dans la partie suivante, les intervalles de surveillance sont indiqués. Les deux derniers paragraphes permettent l'interprétation des résultats de mesure selon l'annexe 9.

Références:	1. Métabolisme:	ICRP 30 ¹ , ICRP 78, ICRP 119
	2. $m(t)$:	ICRP 78, BfS ²
	3. e_{inh} :	ICRP 68 (identique au BSS ³ et à la directive 96/29/Euratom ⁴)

¹ International Commission on Radiological Protection, www.icrp.org

² Deutsches Bundesamt für Strahlenschutz, www.bfs.de

³ International Atomic Energy Agency (IAEA): International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources (1996), Safety Series No. 115, www.iaea.org.

⁴ Directive 96/29/Euratom du Conseil du 13 mai 1996 fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire de la population et des travailleurs contre les dangers résultant des rayonnements ionisants, JOCE No L 159 du 29 juin 1996, p. 1 ss.
