



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de la Santé

Direction de la santé

REGLES MINIMALES DE CONCEPTION DES PLANS ET BLINDAGES DES INSTALLATIONS DANS LESQUELS SONT UTILISES DES SOURCES DE RAYONNEMENT : CALCULS DE RADIOPROTECTION

DIVISION DE LA RADIOPROTECTION

Villa Louvigny – Allée Marconi
L-2120 Luxembourg

Tél. (+352) 247-85678
Fax (+352) 467522

secretariat.radioprotection@ms.etat.lu
www.radioprotection.lu

www.gouvernement.lu
www.luxembourg.lu



TABLE DES MATIÈRES

REGLES MINIMALES DE CONCEPTION DES PLANS ET BLINDAGES DES INSTALLATIONS DANS LESQUELS SONT UTILISES DES SOURCES DE RAYONNEMENT : CALCULS DE RADIOPROTECTION	3
RESUME.....	3
INTRODUCTION	3
Contexte et public concerné.....	3
Domaine d’application et références réglementaires.....	4
METHODOLOGIE GENERALE.....	5
Finalité des calculs de radioprotection.....	5
Prérequis et organisation - comité de radioprotection accompagnant les projets	5
Approche globale pour les calculs de radioprotection – la contrainte de dose	6
Application pratique de la contrainte de dose	7
Hypothèses nécessaires au calcul et résultats attendus.....	9
Facteurs d’occupation des personnes	10
Résumé des contraintes de calcul de radioprotection.....	11
GLOSSAIRE ET REFERENCES	14
Glossaire	14
Références réglementaires	14
Autres références.....	14



REGLES MINIMALES DE CONCEPTION DES PLANS ET BLINDAGES DES INSTALLATIONS DANS LESQUELS SONT UTILISES DES SOURCES DE RAYONNEMENT : CALCULS DE RADIOPROTECTION

RESUME

Pour réaliser les calculs de radioprotection dans la phase de planification de nouvelles installations, il est fortement recommandé de prendre :

- une contrainte de dose de 1mSv par an pour l'exposition professionnelle
- une contrainte de dose de 0,3 mSv par an pour l'exposition du public (0,1 mSv/an pour l'exposition du public sur une propriété qui n'est pas sous le contrôle de l'établissement)
- les charges de travail prévues dans une norme approuvée par la direction de la santé (ex : norme NFC 15-160 : 2011 pour les appareils émetteurs de rayons X)
- les facteurs d'occupation par défaut de 1 (y compris pour une salle d'attente) ou 0,20 pour couloir et toilettes respectivement 0,05 pour déshabilleurs, escaliers, parking, trottoir, salles techniques normalement non occupées.

INTRODUCTION

Contexte et public concerné

Le présent guide s'adresse avant tout à l'expert en radioprotection (ERP) ou la personne chargée de la radioprotection (PCR). Il vise à spécifier davantage les **exigences en matière de conception des locaux** dans le cadre d'un processus d'autorisation ou de modification d'autorisation d'un **établissement de classe I, II ou III**. Ceci concerne notamment les protections plombées à intégrer dans les murs et cloisons de la salle où sont stockées ou utilisées une ou plusieurs sources de rayonnement dans le but de protéger convenablement les personnes situées dans les lieux adjacents contre les rayonnements ionisants.



Domaine d'application et références réglementaires

Ce guide s'applique à toute **planification** d'une installation ou utilisation de source(s) de rayonnement dans un environnement fixe contrôlable et qui n'est pas déjà couverte d'une autorisation pour l'établissement, y compris les modifications architecturales éventuellement prévues.

Les contraintes de doses du présent guide s'appliquent seulement aux expositions externes subies par des personnes en dehors des expositions liées à la manipulation des sources.

Ce guide ne s'applique pas à des situations mobiles (p.ex. radiographie industrielle p.ex. dans le cadre de vérification de soudures chez un client ou radiologie vétérinaire chez le client, où le travailleur responsable vise à optimiser sur place la situation en contrôlant la direction des rayons, gardant la distance et/ou utilisant des protections sur place comme p.ex. des murs).

Ce guide ne s'applique pas non plus à des situations, où la présence de travailleurs exposés à proximité de sources est indispensable, mais une séparation physique entre le travailleur exposé et la source n'est techniquement pas possible par des moyens de protection collectifs, comme par exemple la chirurgie sur patient sous imagerie à rayons X (radiologie interventionnelle) ou par exemple l'administration par seringue (intraveineuse) d'une substance radioactive liquide (radiopharmaceutique) dans un service de médecine nucléaire. Il s'applique toutefois à la protection des personnes potentiellement présentes dans des locaux adjacents dans les cas précités.

Ce guide ne prétend pas être exhaustif au sens que p.ex. des mesures complémentaires devraient être prises avec des sources non-scellées pour éviter des contaminations radioactives (pressions différentielles, surfaces lisses, etc.).

Il s'agit d'un guide en application de l'art. 25 § (2) du RGD visant à clarifier au préalable d'une demande d'autorisation certaines dispositions dans le contexte de art. 45 § (1).c,h,i,k, art. 6 et art. 8.(1) de la Loi. Il vise surtout à expliquer certains aspects particulièrement fondamentaux sans vouloir détailler les méthodologies de calcul de radioprotection. En cas de questions, n'hésitez pas à contacter la DRP.

Il est rappelé que l'art. 19 du RGD exige l'avis préalable d'un expert en radioprotection dans le cadre de la demande d'autorisation pour tous les établissements de classe I ou II à l'exception des établissements de classe II qui ne mettent pas en œuvre des expositions à des fins médicales – dans ce cas, l'avis peut également être fourni par la personne chargée de la radioprotection qui remplit les conditions de l'art. 21 de la loi radioprotection lui permettant de consulter l'établissement. Dans le cadre de cet avis, une étude concernant les protections à mettre en place est à joindre. Il est également rappelé que l'art. 23 du RGD précise par ailleurs les critères de conformité spécifiques pour les installations de médecine nucléaire (annexe III du RGD) et pour les installations de radiologie dentaire hors CBCT (annexe XIII du RGD).



METHODOLOGIE GENERALE

Finalité des calculs de radioprotection

La finalité primaire des **calculs de radioprotection dans la phase de planification**, est d'assurer une protection architecturale optimisée des travailleurs exposés, des autres salariés de l'établissement et du public par le biais de contraintes de doses préétablies.

En principe, ceci signifie qu'en aucun endroit à l'extérieur de la salle dans laquelle est installée la source de rayonnement (p.ex. source radioactive ou appareil électrique générant des rayonnements ionisants comme p.ex. un appareil à rayons X), la dose efficace annuelle ne devrait être supérieure aux contraintes de doses préétablies, tenant en compte, le cas échéant de facteurs d'occupation et de directivité du faisceau. Ce principe s'applique notamment à la console ou au lieu de commande d'une source émettrice de rayonnements ionisants.

Prérequis et organisation - comité de radioprotection accompagnant les projets

Avant de se lancer dans la démarche et afin d'assurer une culture de sécurité et de radioprotection, il est souvent utile de créer un **groupe/comité radioprotection au sein de l'établissement** avec des représentants du management de l'établissement, l'ERP, la PCR, le dirigeant de l'unité demandant une nouvelle source, un ou plusieurs utilisateurs-clé (p.ex. un médecin spécialisé, un ATM de radiologie, et un EPM dans le cas d'un hôpital), et le cas échéant des représentants des départements travaux, financement, sécurité et autre.

En fonction de l'avancement et de la complexité du projet, l'ERP ou la PCR externe seront impliqués plus ou moins tôt dans le projet. Souvent pour des grands projets un avis initial préliminaire sera surtout utile aux architectes, surtout si des sources de haute activité ou émission photonique de haute énergie sont prévues (les protections requises peuvent avoir un impact sur la statique du bâtiment). Le développement de projets complexes est souvent : définition du projet coordonné par le gestionnaire projet (types de sources, finalités et ordres de grandeur de production) – avant-projet architecte – avis préliminaire ERP/PCR (plombage, zonage, flux de personnes et marchandises, contraintes possibles, ...) – adaptation par gestionnaire – architecte. Vers la fin du processus de planification, l'ERP (resp. la PCR) émet formellement son avis par écrit, qui est requis dans le cadre de la demande d'autorisation.

Cet avis concerne avant tout :

- la sélection de contraintes de doses appropriées



- le calcul de radioprotection dans le cadre de l'examen critique du point de vue radioprotection des plans des installations
- les mesures de protection ou de sécurité préconisées
- un plan d'intervention interne pour faire face aux différents types de situation d'urgence radiologique, le cas échéant
- une étude de risque.

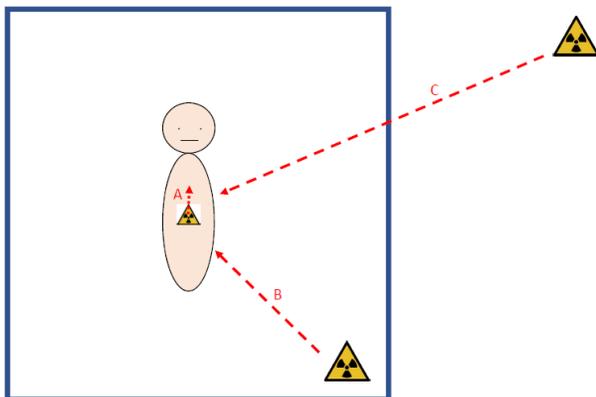
La planification peut être clôturée par signature des plans (gestionnaire, direction, utilisateur-clé, ERP/PCR, etc.). Si l'établissement introduit ces plans et avis dans le cadre de la demande d'autorisation, ils deviennent contraignants au sens que l'établissement s'engage à prévoir les protections et mesures y proposées. Toute modification envisagée doit être signalée à la DRP, qui pourra l'intégrer au projet (modifications mineures). Une modification de la géométrie d'implantation de la source rend souvent nécessaire un recalcul des protections par l'ERP.

L'établissement veillera à une bonne réalisation/intégration des protections afin d'éviter de mauvaises surprises lors de la réception des locaux (oubli d'intégrer la protection, non-continuité des protections).

Approche globale pour les calculs de radioprotection – la contrainte de dose

Les limites de dose pour travailleurs exposés et le public (dont les autres salariés) ne doivent pas être dépassées en situation d'exposition planifiée (y compris en considérant les cas d'évènements significatifs, tels que incidents, anomalies, à l'exclusion des situations d'exposition d'urgence). Elles sont à considérer comme des seuils, au-delà desquels le risque associé est normalement considéré comme inacceptable

Un travailleur se trouvant dans un local peut être exposé à 3 voies d'expositions (A), (B) et (C) :





- (A) Contamination radioactive (incorporation de radioactivité : ingestion, inhalation, cutané)
Avec des mesures procédurales (p. ex. : gants, hotte) la contribution de l'exposition interne est généralement très faible (en routine, si les mesures de protection habituelles de protection sont prises), mais des événements significatifs résultant d'expositions plus élevées ne peuvent pas être exclus, et les expositions potentielles doivent être prises en compte. La conception des blindages radiologiques n'a pas d'influence sur cette exposition.
- (B) Exposition externe par des rayonnements provenant de l'intérieur du local.
Pendant son travail dans un local, le travailleur est exposé par les sources qui y sont présentes. Cette exposition doit être optimisée, notamment par la conception de locaux de dimensions permettant d'assurer une distance suffisante entre le travailleur et la source.
- (C) Exposition externe par des rayonnements provenant de l'extérieur du local où se trouve le travailleur.
Le travailleur exposé peut également être exposé à des sources situées en dehors du local ou de la zone dans lequel il se trouve, à cause de la présence de sources à l'extérieur de celui-ci. Dans ce cas, il s'agit d'expositions externes subies par des personnes en dehors des expositions liées à la manipulation des sources. D'où la responsabilité particulière de l'établissement de protéger les travailleurs, autres salariés et tierces personnes suffisamment par des murs ou enceintes suffisamment radio-opaques ou des distances suffisamment élevées et d'éviter la création de postes de travail fixes non ou très indirectement liés à l'exploitation du rayonnement dans de telles zones.

Application pratique de la contrainte de dose

L'article 8 de la loi exige l'établissement des contraintes de doses comme **outil d'optimisation**.

Afin de mettre en œuvre le principe d'optimisation, la conception des plans et les calculs de blindage des installations renfermant des sources de rayonnements ionisants doivent être effectués après définition de contraintes de doses pour la protection des travailleurs et du public.

Le choix des contraintes de dose pour les travailleurs doit tenir compte du fait qu'un travailleur peut subir en routine une exposition par les 3 voies (A), (B) et (C) précédemment décrites

- (A) Contamination radioactive
- (B) Exposition externe par des rayonnements provenant de l'intérieur du local
- (C) Exposition externe par des rayonnements provenant de l'extérieur du local



Dans le cadre de la conception des plans et les calculs de blindage des parois des locaux, une contrainte de dose doit être fixée pour l'exposition subie par des personnes en dehors des expositions liées à la manipulation des sources. Cette exposition ne correspond qu'au 3^{ème} type d'exposition (C), et vu que les 3 types d'expositions sont cumulatifs, la contrainte de dose doit être fixée à une valeur inférieure aux limites de dose prévues par la loi, et aussi faible que raisonnablement possible selon le principe d'optimisation (ALARA).

Dans les domaines de la radiologie, de la radiothérapie externe, et des applications industrielles, la contrainte de dose pour les **travailleurs exposés** par la voie d'exposition (C) est généralement fixée à **1 mSv par an**.

Même dans le domaine de la médecine nucléaire et de la curiethérapie, il est fortement recommandé d'également fixer cette contrainte à 1mSv par an. S'il s'avère après calcul que cette contrainte de dose ne peut techniquement ou raisonnablement pas être respectée, alors l'établissement peut exceptionnellement dans ce domaine opter pour une valeur plus élevée, à condition de justifier dûment la démarche en documentant le bénéfice particulier de la pratique, les différentes voies d'optimisation envisagées (y compris création d'espaces garantissant des distances plus élevées entre source et personnes exposées) et les difficultés rencontrées et en proposant les mesures administratives/techniques/opérationnelles à mettre en place dans le but d'exclure une présence prolongée dans les locaux concernés.

Dans ce contexte, le port d'un dosimètre actif et la communication et signalisation sur les lieux de la distribution des débits de dose dans ces locaux aux travailleurs auxquels un accès a été autorisé devraient notamment faire partie de ces mesures.

- Pour la protection du **public**, une contrainte de dose de **0,3 mSv** est proposée (0,1 mSv/an pour l'exposition du public sur une propriété qui n'est pas sous le contrôle de l'établissement)

Le tableau ci-dessous donne des informations sur les dispositions applicables à l'étranger :

Norme\Concept	Limite travailleur exposé	Limite public	Contrainte travailleur (max.)	Contrainte public (max.)	
IAEApub1564	100mSv/5ans et 50 mSv max sur une année	1mSv/an	1-10mSv/an	0,3-0,5mSv/an	
US (NCRP)	50mSv/an	1mSv/an	5 mSv/an	1mSv/an	
UK (BIR)	20mSv/an	1mSv/an		0,3mSv/an	



Irlande	20mSv/an	1mSv/an		0,3mSv/an	
France	20mSv/an	1mSv/an			
Ce guide	20mSv/an	1mSv/an	1mSv/an(*)	0,3mSv/an(**)	

(*) 6 mSv/an pour des cas dûment justifiés en médecine nucléaire

(**) 0,1 mSv pour l'exposition du public sur une propriété qui n'est pas sous le contrôle de l'établissement

Hypothèses nécessaires au calcul et résultats attendus

Le présent document n'arrête pas de méthodologie générale pour déterminer les protections nécessaires dans les murs. La méthodologie de calcul pour des sources radioactives positionnées à un endroit bien précis est assez standardisée. Pour des sources mobiles comme par exemple des patients auxquels une source radioactive a été administrée, des variations existent. Pour les appareils RX, des techniques de calcul basées sur la charge d'anode en termes de mAmin/semaine (p.ex. méthodologie FR en application de la norme NFC 15-160, qui est une bonne référence pour les charges de travail typiques) sont généralement utilisées, mais des méthodes de calcul utilisant des courbes isodoses peuvent être également utilisées (p.ex. méthodologie UK). La réalisation des calculs de blindage, qu'elle que soit la méthode choisie se base sur la fixation préalable d'une contrainte de dose (en général 1mSv pour les travailleurs exposés et 0,3 mSv pour le public).

L'expert en radioprotection (ou le PCR externe) documente ses calculs de façon transparente et traçable. Ces calculs informent toujours sur :

- la contrainte de dose utilisée pour le calcul
- les distances entre source et murs (y compris dalle, plafond, portes, fenêtres, etc.),
- les facteurs d'occupation des personnes dans les locaux environnants
- les matériaux et épaisseurs des murs existants ou planifiés (y compris en équivalent plomb)
- les protections qu'offrent ces murs existants ou planifiés (y compris en équivalent plomb)
- la protection totale et manquante requise pour les murs (y compris en équivalent plomb)

Pour les appareils à rayons X, les calculs comprennent en complément les infos suivantes :

- charge de travail utilisée dans le calcul (p.ex. mAmin/semaine ou Gy cm^2 /semaine)
- kV-maximum possible avec l'installation, et kV utilisé pour le calcul
- filtration minimale du rayonnement utile (équivalent mm Al)
- le cas échéant la/les courbes isodose appliquée(s).

Pour les sources radioactives, les calculs comprennent en compléments les infos suivantes :

DIVISION DE LA RADIOPROTECTION



- l'indication de l'activité maximale pour chaque isotope mis en œuvre
- les radionucléides
- les rayonnements considérés (types, énergie)
- les temps de présence des sources.

Le cas échéant les protections inhérentes, directivité et temps de faisceau sont donnés.

Ces indications générales sont complétées par des considérations spécifiques, comme par exemple la mobilité des sources (p.ex. mobilité du patient en iodothérapie) ou d'autres considérations ou hypothèses de travail introduites dans le calcul.

En matière de planification d'un service de médecine nucléaire, référence est également faite à l'annexe III du RGD.

Facteurs d'occupation des personnes

Temps de présence des personnes à considérer pour des sources radioactives :

- pour tout endroit qui n'est pas sous contrôle de l'établissement une occupation quasi-permanente (8000 heures par année) est à utiliser dans le contexte des sources radioactives qui ne sont pas déjà elles-mêmes suffisamment blindées (à l'exception des cas, où un autre établissement est installé (p.ex. locataire ou copropriété) dans même bâtiment, sous condition qu'un contrat prévoit des temps d'occupations plus courts, ne pouvant pas être inférieurs à 2000 heures par année)
- à l'intérieur de l'établissement, aucune personne n'est considéré susceptible de rester plus de 2000 heures par année à un endroit particulier (ni patient, ni travailleur), exception faite pour certaines catégories de personnes hébergées de façon permanente à l'établissement (p.ex. concierge et sa famille, locaux de repos prolongé (lit, canapé, fauteuil) pour personnes qui font des gardes)– ces lieux dédiés à l'hébergement sont à protéger par la règle de l'occupation permanente 8000h par an).

L'utilisation des **facteurs d'occupation** suivants est possible :

- Facteur d'occupation par défaut : 1 (y compris la salle d'attente)
- Couloir, toilettes : 0,20
- Déshabilleurs, escaliers, parking, trottoir, salles techniques normalement non occupées : 0,05

Quand un facteur d'occupation est utilisé, l'établissement ne peut plus réaffecter la salle à une autre destination entraînant un facteur d'occupation plus élevé, sauf dans le cas où il fournit (préalablement) preuve que la protection de la salle est suffisante avec ce nouveau facteur d'occupation plus élevé.



Pour des zones à l'extérieur du terrain de l'établissement, l'utilisation de facteurs d'occupation est vivement découragée (p.ex. jardin d'un voisin, aire de jeux), car l'occupation réelle peut dans certains cas vite dépasser l'occupation prévue (hors contrôle de l'établissement).

A priori, les **charges de travail** à utiliser sont celles proposées comme valeurs indicatives dans la norme française NF C 15-160 dans sa version de mars 2011. Au cas, où l'établissement estime qu'il pourrait dépasser cette charge de travail, il devrait utiliser une charge de travail adéquate plus élevée.

Résumé des contraintes de calcul de radioprotection

Les tableaux suivants résument les paramètres essentiels pour le calcul :

Contrainte de dose

Travailleur exposé (cas général)	1 mSv par an ^(*)
Autres personnes dans l'établissement	0,3 ou 1 mSv par an ^(**)
Zone qui n'est pas sous contrôle de l'établissement (voisin)	0,1 mSv par an

(*) dérogation dûment justifiée

(**) considérer 0,3 mSv par an et par source, pour assurer le respect de la limite de dose de 1mSv/an pour le public.

Charge de travail indicatives pour appareils radiologiques : (source : guide IRSN basant sur NFC 15-160 : 2011 - adapté)

Applications	Charge de travail en mA min / semaine
Imagerie radiologique générale avec scopie et graphie	400
Imagerie radiologique générale avec graphie sans scopie	300
Imagerie radiologique pulmonaire	80
Imagerie radiologique bloc OP	600
Imagerie radiologique diagnostique en angiographie et cardiologie	5000
Imagerie radiologique interventionnelle (hors bloc OP)	10000
Mammographie	1000
Mammographie avec DBT	2000
Scanographie (CT)	30000
Imagerie dentaire intra-orale (IO)	10
Imagerie dentaire panoramique (OPG)	100
Téléradiographie dentaire sur appareil panoramique (TR)	50



Imagerie dentaire volumique (CBCT)	200
Imagerie radiologique vétérinaire	50
Imagerie radiologique vétérinaire dentaire	5
Scanographie (CT) vétérinaire	5000
Imagerie radiologique industrielle	9000
Cristallographie	400000

Les valeurs indiquées pour la radiologie vétérinaire tiennent compte d'une utilisation typiquement beaucoup plus faible qu'en radiologie humaine (nombre de projections et volume irradié plus faible). En cas d'utilisation de l'appareil en-dehors de sa finalité habituelle, une analyse préalable de l'utilisation envisagée doit être réalisée (vérifier le cas échéant, s'il s'agit d'une nouvelle pratique).

Pour les sources radioactives le rayonnement est défini par leur activité et protection. La **durée d'exposition** des personnes peut cependant varier :

Durée d'exposition	Heures par an
Extérieur de l'établissement (et lieux d'habitation – p.ex. concierge)	8000
Dans l'établissement	2000

Facteurs d'occupation

Facteur par défaut (dans cette catégorie figurent des lieux généralement occupés, dont la salle d'attente) : Toute pièce adjacente au local contenant la source, y compris le poste de commande à l'exception des cas ci-dessous	100%
Couloirs, toilettes, ... (lieux généralement peu occupés)	20%
Déshabillloirs, escaliers, parking, trottoir, salles techniques normalement non occupées, l'extérieur du bâtiment sur territoire de l'établissement, ...	5%

Exceptions

Au cas où l'établissement estime être très loin en-dessous des charges de travail proposées, il peut demander une exception pour les charges de travail ou kV en indiquant les raisons spécifiques de cette exception ainsi qu'une méthode de traçabilité de la charge (et kV), prenant toutes les expositions en compte (donc y compris celles ne conduisant pas à une image, celles utilisées à des fins de tests, celles des examens rejetés, etc.), et en considérant une projection réaliste de son activité sur plusieurs années



(sachant qu'une mauvaise anticipation d'augmentation de la charge de travail, lors de la phase de planification, risque de nécessiter une révision des blindages existants).

Dans certains cas, pour des énergies photoniques élevées combinées à des activités ou charges de travail très élevées (TBq ou A*min/h), les calculs de protection des murs peuvent conclure à la nécessité d'épaisseurs très grandes, qui peuvent entraîner des difficultés pratiques de réalisation. Ainsi pour des générateurs de rayons X dépassant 300 kV ou pour l'utilisation de sources radioactives à énergie photonique de plus de 200 keV, des exceptions peuvent être prévues dans des cas dûment motivés.



GLOSSAIRE ET REFERENCES

Glossaire

art. = article (référence en général à une loi ou un RGD)
ATM = assistant technique médical
DRP = Division de la radioprotection de la Direction de la santé
EPM = expert en physique médicale (cf. art. 4.29° et art. 18 de la Loi)
ERP = expert en radioprotection (cf. art. 4.30° et art 17 de la Loi)
Loi = se réfère à la loi du 28 mai 2019 relative à la radioprotection
PCR = personne chargée de la radioprotection (cf. art. 4.62° et art. 21 de la Loi)
RGD = règlement grand-ducal (se réfère au RGD du 1^{er} août 2019 relatif à la radioprotection)
RP = radioprotection

Références réglementaires

Loi Radioprotection : <http://data.legilux.public.lu/file/eli-etat-leg-loi-2019-05-28-a389-jo-fr-pdf.pdf>

RGD Radioprotection : <http://data.legilux.public.lu/file/eli-etat-leg-rgd-2019-08-01-a528-jo-fr-pdf.pdf>

Autres références

Décisions 2013-DC-0349 et 2017-DC-0591 de l'ASN (émetteurs RX)
<https://www.asn.fr/content/download/54398/369470/version/1/file/2013-DC-0349.pdf>
<https://www.asn.fr/Media/Files/00-Publications/application-de-la-decision-n-2017-DC-0591-ASN>

Guide de l'ASN N° 32 : Installations de médecine nucléaire in vivo : Règles techniques minimales de conception, d'exploitation et de maintenance (10.2.2020) - <https://www.asn.fr/Professionnels/Activites-medicales/Medecine-nucleaire/Guides-de-l-ASN-dans-le-domaine-de-la-medecine-nucleaire/Guide-de-l-ASN-n-32-Installations-de-medecine-nucleaire-in-vivo-regles-techniques-minimales-de-conception-d-exploitation-et-de-maintenance>

Norme NFC 15/160 (mars 2011)

RPII 09/01 – The Design of Diagnostic Medical Facilities where Ionising Radiation is used – Radiological Protection Institute of Ireland (june 2009) - <http://www.rsmi2009.itn.pt/19-07-09/Session2/Blue%20Book2009Design%20Code.pdf>



IAEA publication 1564 - Diagnostic Radiology Physics: A Handbook for Teachers and Students – 2014 -
<https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1564webNew-74666420.pdf>

IAEA publication 1617 - Nuclear Medicine Physics: A Handbook for Teachers and Students – 2014 -
<https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1617web-1294055.pdf>

IAEA publication 1785 – General Safety Guide GSG-7 – occupational radiation protection - 2018 -
https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1785_web.pdf

US (NCRP – vu le 12.5.2021): <https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/cfr/part020/full-text.html#part020-1301>