

Amélioration des pratiques de radioprotection
dans le domaine de la radiologie pédiatrique

Je déclare avoir réalisé ce travail par mes propres moyens, réflexions et efforts.

Je remercie de tout cœur Monsieur Alex MEYER, mon patron, de m'avoir donné la chance de réaliser ce travail. Je remercie également tous les collaborateurs et collaboratrices de la FHL et du Ministère de la Santé, ainsi que tous les collègues du Lycée Technique pour Professions de Santé qui m'ont soutenu.

Luxembourg, le 26 janvier 2015

Raoul THOLL

Raoul THOLL

Professeur - candidat au Lycée Technique pour Professions de Santé

Amélioration des pratiques de radioprotection
dans le domaine de la radiologie pédiatrique

Lycée Technique pour Professions de Santé

Lycée Technique pour Professions de Santé

Année Académique 2013-2014

Année Académique 2014-2015

Résumé

L'imagerie pédiatrique a bénéficié des progrès récents en imagerie médicale. Pourtant, la sensibilité des organes aux rayonnements ionisants chez l'enfant est néanmoins plus élevée que chez l'adulte. Suite à un sondage, entamé par la Fédération des Hôpitaux Luxembourgeois (FHL) en 2012, la fédération propose une campagne de sensibilisation et de formation afin d'accompagner une optimisation des pratiques aussi bien au niveau de la radiologie chez l'adulte qu'au niveau de la radiologie pédiatrique.

Le présent travail fait partie de ce projet et se compose de trois volets importants :

- La recherche des niveaux de référence diagnostiques (NRD) de différents pays voisins et européens et la comparaison aux NRD luxembourgeois.
- L'analyse de la formation et de la formation continue des ATM en radiologie au Luxembourg et la comparaison aux pays voisins.
- Une recommandation sur la mise en route d'une formation continue en radioprotection pour les ATM d'imagerie médicale.

Table des matières

I. Introduction	7
I.1. Dosimétrie	7
I.2. Les effets biologiques des rayonnements ionisants et les effets sur l'homme.	11
I.2.1. Catégorisation des effets biologiques	13
II. Analyse de la pratique en radiologie et en radiologie pédiatrique	19
II.1 Les piliers de la bonne pratique en radiologie	19
II.1.1. Base légale	19
II.1.2. Spécificités de la radioprotection pédiatrique	20
II.1.3. Récapitulatif	23
II.2. Les Niveaux de Référence Diagnostiques (NRD)	24
II.2.1. Les NRD au Luxembourg	25
II.2.2. Les NRD en France	28
II.2.3. Les NRD en Belgique	29
II.2.4. Les NRD en Allemagne	31
II.2.5. Les NRD en Suisse	32
II.2.6. Les NRD en Autriche	33
II.2.7. Les NRD en Grande-Bretagne	34
II.2.8. Comparaison des NRD en radiologie conventionnelle chez l'adulte	35
II.2.9. Comparaison des NRD en radiologie conventionnelle chez l'enfant	37
II.3. Formation des ATM en radiologie	39

II.4. Formation continue des ATM en Radiologie	40
II.4.1. Formation continue au Luxembourg	40
II.4.2. Formation continue en Allemagne	41
II.4.3. Formation continue en France	44
II.4.4. Formation continue en Belgique	46
II.4.5. Tableau récapitulatif	48
III. Conclusion et démarches proposées pour une amélioration de la pratique en radiologie et en radiologie pédiatrique	49
Bibliographie	53
Annexes	57

I. Introduction

I.1. Dosimétrie

La dosimétrie « traite la définition et la mesure des quantités de rayonnement, ce qu'on appelle la dose délivrée à un système ». [Hec07] Dans ce cadre, l'exposition est définie « spécifiquement pour les photons (rayons X ou gamma » et « elle est liée à la quantité d'ionisation produite dans un kilogramme d'air sec aux conditions normales de température et de pression. » [Hec07]

L'unité la plus utilisée est le Roentgen (R), avec $1R = 2,58 \cdot 10^{-4} \frac{C}{kg}$

La **dose** désigne « l'énergie déposée par unité de masse par un rayonnement ionisant ». [Mar11]

La **dose absorbée D** reflète la quantité d'énergie délivrée au système par l'absorption du rayonnement ionisant incident [Hec07]. Elle s'exprime en Gray.

$$1Gy = 1 \frac{J}{kg}$$

L'estimation de la dose à la surface d'entrée du patient peut être réalisée par la formule suivante :

$$D_0 = K \cdot \left(\frac{U}{100} \right)^2 \cdot Q \cdot \left(\frac{1}{DFP} \right)^2 \cdot RSF$$

D_0 = dose à la surface d'entrée du patient (en mGy)

U : tension (en kV)

Q : charge (en mAs),

DFP : distance foyer-peau (en m)

RSF : facteur de rétrodiffusion

La constante K, exprimée en mGy/mAs est caractéristique pour l'installation radiologique et décrit le rendement ainsi que la filtration du tube à rayons X.

L'effet spécifique de la dose absorbée D est traduit par deux coefficients, l'un rendant compte de l'efficacité biologique des différents rayonnements, et l'autre de l'impact biologique de l'atteinte d'un organe donné. Ces deux facteurs de pondération sont des grandeurs sans dimension. Ainsi, le produit de la dose absorbée de rayonnements ionisants par un facteur de pondération de l'efficacité biologique du rayonnement est défini comme **dose équivalente H** :

$$H = D \cdot W_r$$

La **dose efficace H_E** prend en compte la dose absorbée, mais aussi l'efficacité biologique du rayonnement et la radiosensibilité des tissus concernés.

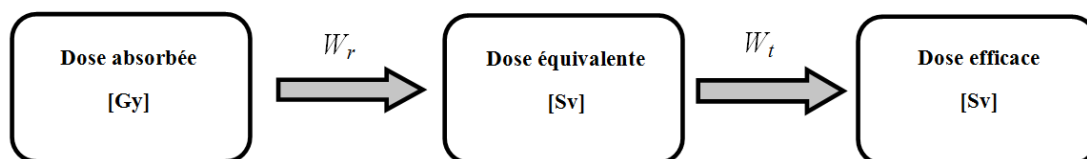
$$H_E = D \cdot W_r \cdot W_t = H \cdot W_t,$$

où W_t est un facteur de pondération de la radiosensibilité des tissus (facteur tissulaire).

Lorsque plusieurs tissus différents sont affectés d'une irradiation, la dose efficace se compose de la somme des doses efficaces des différents tissus T.

$$\Sigma H_E = \Sigma H_T \cdot W_{t_T}$$

L'unité utilisée pour la dose équivalente et la dose efficace dans le système international est le **Sievert (Sv)**, étant défini comme l'« *unité utilisée pour donner une évaluation de l'impact des rayonnements sur l'homme* » [CEA]. Le Sievert a la même définition physique que le Gray, soit un Joule par kilogramme.



Relation entre la dose absorbée, la dose équivalente et la dose efficace

Type de rayonnement	Energie	W_R
Photons	toutes énergies	1
Electrons, muons	toutes énergies	1
Neutrons	$E < 10 \text{ keV}$	5
	$10 < E < 100 \text{ keV}$	10
	$100 \text{ keV} < E < 2 \text{ MeV}$	20
	$2 \text{ MeV} < E < 20 \text{ MeV}$	10
	$> 20 \text{ MeV}$	5
Protons	$E > 2 \text{ MeV}$	5
Particules alpha, fragments de fission, noyaux lourds		20

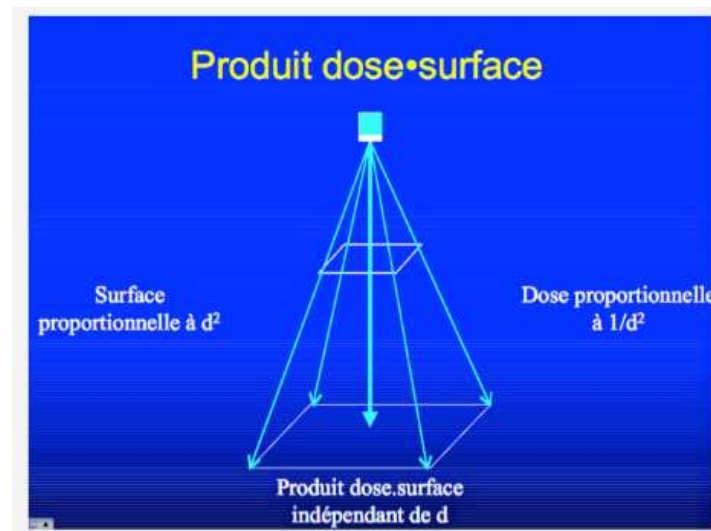
Valeurs du facteur de pondération radiologique W_r [ULB]

Tissu ou organe	W_T
Gonades	0.20
Moelle rouge	0.12
Colon	0.12
Poumons	0.12
Estomac	0.12
Vessie	0.05
Seins	0.05
Foie	0.05
Œsophage	0.05
Thyroïde	0.05
Peau	0.01
Surface des os	0.01
Autres	0.05

Valeurs du facteur de pondération tissulaires W_t [ULB]

Comme la dose absorbée ne traduit pas en intégralité les phénomènes produits par les photons (une partie de l'énergie étant emportée par des électrons secondaires), le **KERMA** (**K**inetic **E**nergy **R**elaxed per unit **M**Ass), introduit en 1962, a comme but d'intégrer cet aspect de transfert d'énergie cinétique aux électrons du milieu. Le KERMA est donc défini comme « *le rapport entre la somme des énergies cinétiques initiales de toutes les particules chargées mises en mouvement par unité de masse* » [Dil09]. L'unité du KERMA est aussi le Gy.

En radiographie conventionnelle, une notion importante incombe au produit **dose-surface** (**PDS** ou **DAP = Dose Area Product**), étant défini comme « *la dose moyenne absorbée dans l'air dans la section droite du faisceau des rayons X, multipliée par la surface de cette section* » [Mar11]. Le PDS considère donc non seulement la dose mais aussi la surface d'irradiation*. L'unité de base du PDS est le $Gy \cdot cm^2$. L'avantage du PDS par rapport à la dose est le fait que le PDS est indépendant de la distance foyer-point de mesure, vu le fait que la dose diminue avec le carré de la distance tandis que la surface augmente dans les mêmes proportions.



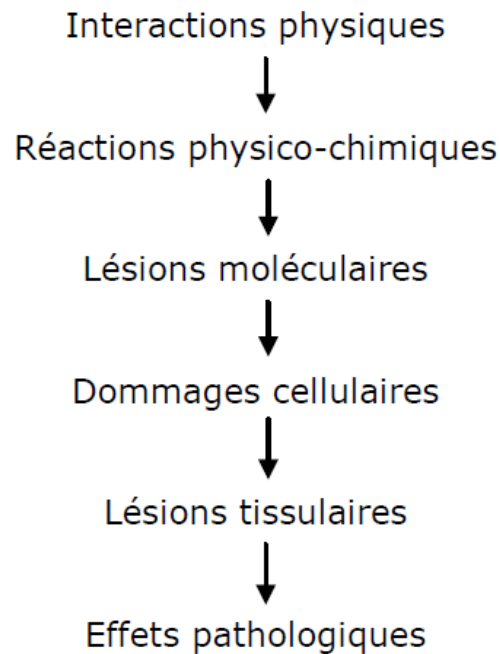
Le produit Dose-surface [CPM]

La mesure du PDS se fait par une chambre d'ionisation située à la sortie du tube après les diaphragmes. Cette chambre est constituée par une enceinte contenant un gaz et deux électrodes entre lesquelles est établie une différence de potentiel. Lorsque les rayons X traversent l'enceinte, ils ionisent le gaz. Un courant s'établit, dont l'intensité est proportionnelle au flux de rayonnement.

* Remarque : Vu que le PDS ne tient pas compte du rayonnement diffusé, on devrait l'appeler plutôt KAP (KERMA Area Product) [MSA]

I.2. Les effets biologiques des rayonnements ionisants et les effets sur l'homme.

Les effets biologiques des radiations ionisantes découlent d'un transfert d'énergie vers la matière irradiée selon le schéma suivant [ULB] :



Interactions physiques :

Les interactions entre le rayonnement ionisant et les atomes de la matière irradiée peuvent être classifiées en trois catégories :

- L'ionisation des atomes : L'énergie du rayonnement incident est supérieure à l'énergie de liaison des électrons : Un atome est arraché du nuage électronique.
- L'excitation des atomes : L'énergie du rayonnement incident est insuffisante pour arracher un électron, mais elle est suffisante pour élever un électron du niveau énergétique fondamental à un niveau énergétique supérieur.
- Transfert thermique : Même si l'énergie est insuffisante pour ioniser ou exciter un atome, elle peut conduire à une augmentation de l'énergie cinétique de l'atome, c'est-à-dire conduire à un échauffement de la matière irradiée.

Réactions photochimiques :

Les interactions physiques peuvent engendrer des réactions radiochimiques qui conduiront à la formation de radicaux libres et à des produits réactifs de l'oxygène.

La création de ces radicaux libres peut provoquer, en présence de molécules organiques, des réactions chimiques conduisant à la formation d'eau oxygénée (H₂O₂), à des radicaux peroxydes (RO*, ROO*) et des tetroxydes (ROOOOH) très puissants et altérant les lipides des membranes des cellules.

Lésions moléculaires

Au niveau des lésions moléculaires, on peut distinguer 3 types:

- Lésions induites par transfert direct d'énergie : L'énergie incidente est directement transférée à la molécule qui est ionisée ou excitée, conduisant à une dissociation de la molécule ou à la formation de radicaux libres.
- Lésions induites par transfert indirect d'énergie : L'énergie incidente agit sur des radicaux libres lors d'une radiolyse de l'eau, soit sur les cellules exposées, soit sur les cellules voisines.

Les molécules-cibles d'une lésion suite aux radiations ionisants peuvent être l'eau (présente dans tout organisme vivant), les acides gras insaturés, acides aminés des protéines et notamment l'ADN, où les irradiations peuvent provoquer des lésions aussi bien au niveau des brins, qu'au niveau des bases, des sucres ou des pontages ADN-ADN et ADN – protéines.

Nature des lésions	Nombre / cellule / Gray
Rupture simple brin	500 - 1000
Rupture double brin	40
Lésion des bases	800 - 2000
Lésion des sucres	800 - 1600
Pontage ADN-ADN	30
Pontage ADN - protéines	150

Fréquence relative des lésions de l'ADN créées dans une cellule par une dose de 1 Gy [FHL]

Domages cellulaires :

Au niveau des cellules, l'altération de l'ADN conduit à un essai de réparation de la cellule ayant pour but la survie de la cellule. Cet essai de réparation peut réussir intégralement, c'est-à-dire les dommages initiaux n'auront pas d'effet sur l'organisme, soit échouer et aboutir à une cellule morte ou mutée.

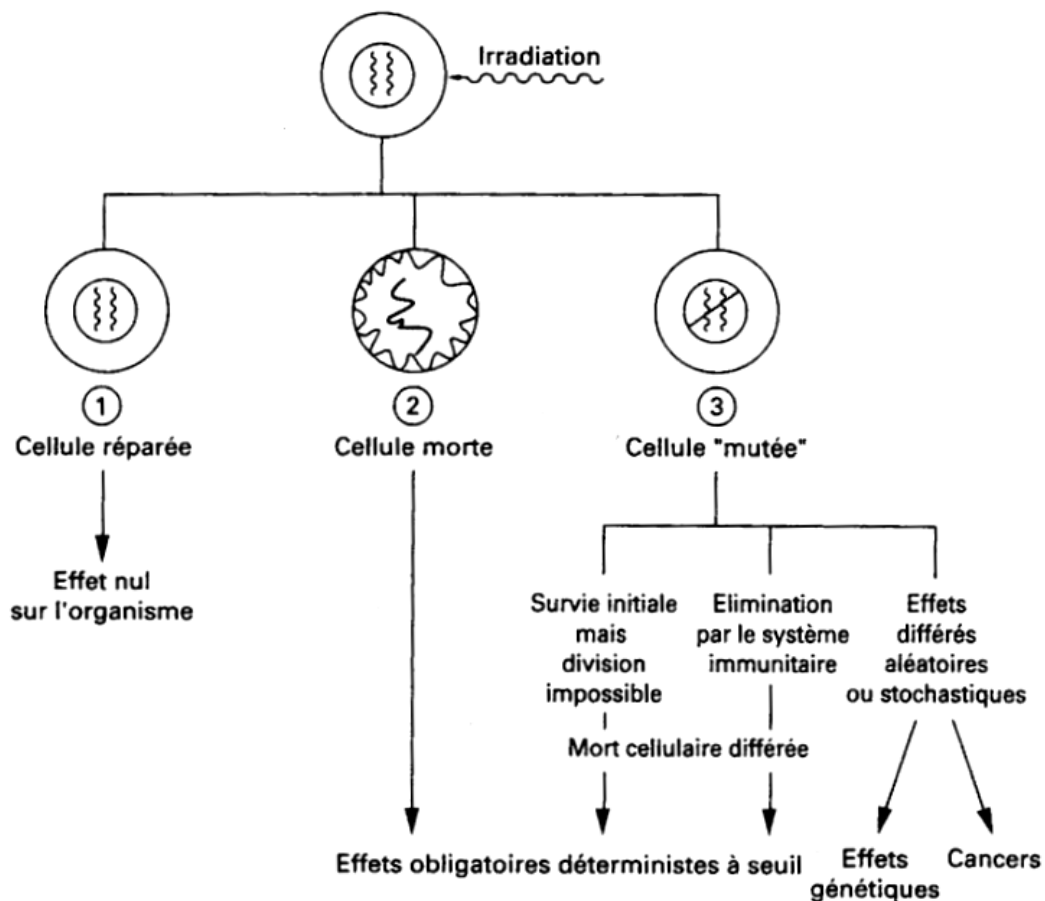


Schéma des dommages cellulaires et de leurs conséquences [ULB]

I.2.1. Catégorisation des effets biologiques

Les effets biologiques des radiations sont habituellement classés en deux catégories :

- Les effets déterministes
- Les effets stochastiques

a. Effets déterministes

Les effets déterministes sont, par définition, « *les effets qui surviennent de façon certaine si la dose seuil est dépassée* » [Mar11], leur gravité augmentant avec la dose. Il s'agit notamment de mort cellulaire ou de tératogénèse, c'est-à-dire une anomalie embryonnaire et fœtale. Ces effets n'apparaissent donc jamais aussi longtemps que la dose délivrée reste inférieure à un certain seuil, mais apparaissent toujours dans le cas contraire, l'envergure des effets augmentant avec la dose délivrée. La valeur du seuil varie selon l'effet considéré. Ces effets peuvent être réversibles sous condition que suffisamment de cellules restent intactes pour repeupler le tissu lésé.

En ce qui concerne le délai entre l'irradiation et l'apparition de l'effet, il faut distinguer deux catégories :

- Les effets précoces qui apparaissent entre quelques heures et un mois après l'irradiation.
- Les effets tardifs, apparaissant dans les mois ou années après l'exposition. Ces effets sont irréversibles.

Lors d'une irradiation partielle, on estime le seuil pour l'apparition des effets à 0,2 – 0,3 Gy. [ULB]

Dose (Gy)	Effets
0.2 - 0.3	Néant
de 0.3 à 1	baisse temporaire du nombre de lymphocytes risque de malaises, nausées, vomissements, anorexie
de 1 à 3.5	signes d'atteintes du système hématopoïétique effet immunodépresseur (utilisé pour prévenir les phénomènes de rejet des greffes d'organe [irradiation unique >> 1 Gy] et dans le traitement de certaines maladies auto-immunes).
de 3.5 à 5.5	manifestations cliniques sévères ; DL50 : 4 à 4.5 Gy
de 5.5 à 7.5	syndrome hématopoïétique grave et syndrome gastro-intestinal ; la mort est pratiquement certaine si il n'y a pas de greffe de moelle osseuse
de 7.5 à 10	lésions combinées intestinales, pulmonaires et hématopoïétiques sont gravissimes : la mort survient si pas de greffe de moelle endéans une à deux semaines
> 15	signes neurologiques, pas de thérapeutique, mort en 24 h.

Signes cliniques	Délais d'apparition après irradiation	Sévérité de l'irradiation
Choc, convulsions, désorientation	qqques minutes après	mortelle D > 15 Gy
Vomissements, nausées	dans les premières heures	sérieuse D > 1 Gy
Diarrhée, vomissements hémorragies	dans les 8 premiers jours	grave D = 8 à 12 Gy

Effets stochastiques en fonction de la Dose [ULB]

Lors d'une irradiation partielle, la valeur-seuil dépend fortement de l'organe qui a été irradié :

Effets sur la peau :

Dose (*) Gy	Effets
3 à 8	Erythème
5 à 6	Epidermite sèche
15 à 20	Epidermite exsudative
25	Nécrose

[ULB]

Effets sur les gonades (organes parmi les plus radiosensibles)

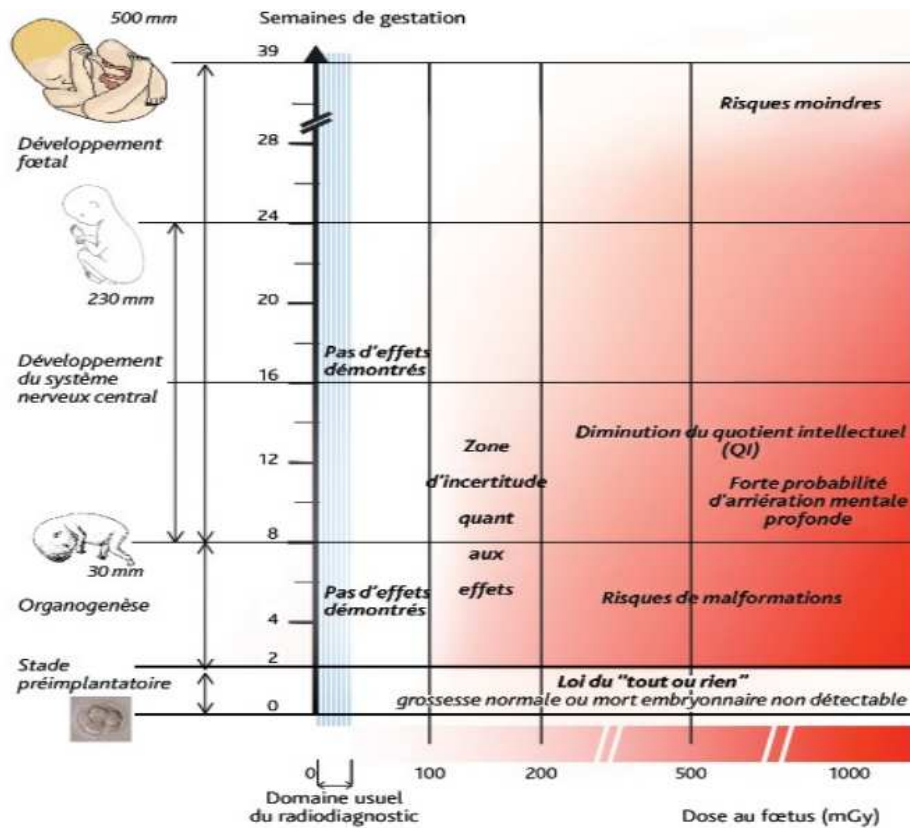
	Dose (*) (Gy)	Effets
Homme	0.3	diminution du nombre de spermatozoïdes
	2	stérilité transitoire
	> 6.6	stérilité définitive
Femme	7	troubles du cycle, stérilité chez femmes de 40 ans
	12 à 15	troubles du cycle, stérilité chez femmes de 25 ans

(*) : dose unique délivrée à un débit supérieur à 10 Gy/min.

[ULB]

Effets sur le développement de l'embryon

Les effets sur l'embryon et le fœtus humain dépendent selon le stade de son développement [ULB], [FHL] : Avant la différenciation cellulaire, l'irradiation provoque soit la mort de l'embryon, soit n'affecte pas le développement normal de celui-ci (effet « tout ou rien »). Pourtant, une irradiation au cours de la différenciation cellulaire peut provoquer des malformations à tout niveau. Pour un stade du développement de l'embryon au-delà de deux mois, la fréquence et la gravité des malformations diminuent. Pourtant, le système nerveux central reste très sensible aux radiations, ce qui peut provoquer un risque de retard mental.



Effets d'une irradiation sur le fœtus humain [FHL]

Effets sur l'œil

Le cristallin constitue la partie la plus radiosensible de l'œil. Une irradiation au-dessus du seuil peut provoquer une cataracte, c'est-à-dire une opacification partielle ou totale du cristallin. Le seuil est estimé à 10 Gy pour des rayons X. Des données récentes suggèrent même que des opacités cristallines peuvent déjà apparaître à des doses beaucoup plus faibles en dépendance des variables génétiques individuelles [ULB].

Effets sur le système pileux

Le système pileux est très sensible aux radiations. Une chute des poils et cheveux se manifeste pour des doses de 4 Gy [ULB]

b. Effets stochastiques

Les effets stochastiques sont « *des effets dont la probabilité de survenue croît avec la dose* » [Mar11]. Leur gravité étant indépendante de la dose, ces effets regroupent les dégâts provoqués au niveau de l'ADN qui ne seront pas réparés et qui peuvent provoquer un cancer ou des anomalies génétiques. Les effets sont toujours tardifs. Notamment lors de la formation d'un cancer il n'est pas possible de distinguer entre cancer spontané et cancer radioinduit.

Des études sur l'effet cancérigène d'une irradiation se basant sur des études « in vitro », des expérimentations animales et des enquêtes épidémiologiques ont fourni les résultats suivants [ULB] :

Dose	Effet
< 0,2 Gy	Aucune donnée fiable permettant d'estimer l'effet cancérigène
< 0,5 Gy	Effet cancérigène très faible, sauf pour les cancers de la thyroïde
< 0,5 Gy	Augmentation remarquable de la fréquence de plusieurs types de cancers

Les anomalies génétiques peuvent être classées en deux catégories :

- Les anomalies chromosomiques, affectant le nombre ou la structure des chromosomes
- Les anomalies géniques qui concernent un ou plusieurs gènes et qui provoquent des mutations de nombreux types.

Des informations sur de tels effets provenant d'enquêtes épidémiologiques et d'expérimentations animales font conclure que la dose doublant la fréquence spontanée des anomalies et affections génétiques se situe à l'ordre de grandeur de 1 Gy. [ULB]

II. Analyse de la pratique en radiologie et en radiologie pédiatrique

II.1 Les piliers de la bonne pratique en radiologie

Le pilier fondamental d'une bonne pratique en radiologie constitue la radioprotection de l'individu, c'est-à-dire une exposition minimale de l'être vivant à des rayonnements ionisants, tant qu'au niveau du travailleur qu'au niveau des patients. Ce principe est encore appelé principe ALARA (As Low As Reasonably Achievable).

La radioprotection est définie comme étant « *l'ensemble des règles, des procédures et des moyens de prévention et de surveillance visant à empêcher ou à réduire les effets nocifs des rayonnements ionisants produits sur les personnes, directement ou indirectement, y compris par les atteintes portées à l'environnement.* » [Mar11]

II.1.1. Base légale

La directive européenne n°97-43 du 30 juin 1997, abrogée par la directive européenne n° 2013-59 relative à la protection sanitaire contre les dangers des rayonnements ionisants lors des expositions à des fins médicales, forme la base pour les règlements nationaux concernant les bonnes pratiques et l'optimisation des doses en radiologie. Cette directive règle les étapes nécessaires à l'obtention de la radioprotection des patients dans le cadre d'une démarche d'assurance de qualité. Elle rappelle les trois grands principes de radioprotection: justification, optimisation limitation de la dose.

1. La justification :

Toute exposition à des rayonnements ionisants doit être motivée après avoir fait la part entre les avantages d'un examen radiologique et les conséquences.

2. Optimisation

Une optimisation des pratiques tendant à ce que la dose délivrée soit aussi faible que possible est à réaliser par :

- une adaptation des paramètres d'acquisition des appareils
- une réduction du champ d'exploration au strict minimum
- une adaptation du nombre d'incidences radiographiques à l'examen en question
- des contrôles qualité réguliers des installations

3. Limitation de doses

Bien qu'il n'existe pas de limites de dose pour le patient, l'application des deux premiers principes devrait garantir que le bénéfice de l'examen est supérieur au risque encouru. A ce but, la directive mentionnée propose l'introduction des niveaux de référence diagnostiques (NRD) (voir chapitre II.2.).

II.1.2. Spécificités de la radioprotection pédiatrique

En pédiatrie, la radioprotection joue encore un rôle plus important à cause de trois circonstances additionnelles qui sont à considérer :

- L'espérance de vie d'un enfant est élevée, ce qui entraîne un risque plus élevé de devenir malade suite à des effets tardifs
- Chez l'enfant les tissus sont en croissance et présentent une sensibilité particulière aux rayons X
- Au cours de sa vie, l'enfant va transmettre en général son patrimoine génétique.

La directive européenne demande par conséquent aux états membres d'accorder une attention particulière concernant l'exposition des enfants aux rayonnements ionisants. Avant tout, la justification des examens radiologiques chez l'enfant est encore plus importante que chez l'adulte de façon à ce qu'on cherche tout d'abord à substituer l'imagerie irradiante par une technique non-irradiante (p.ex. échographie). Si l'imagerie irradiante s'avère comme étant indispensable, la directive mentionnée exige qu'« *une attention particulière est accordée aux programmes d'assurance de qualité, y compris les mesures de contrôle de qualité et l'évaluation de la dose ou de l'activité administrée au patient pour ces pratiques* ».

En se basant sur la directive N° 97-43 pré-mentionnée, la Société Française de Radiologie Française (SFR) postule par exemple qu'il est important que « *les équipements, les accessoires et les procédures doivent être spécialement adaptés au domaine de la pédiatrie* ». La directive conclut que « *la pratique de la radiopédiatrie impose une qualification spécifique tant pour les radiologues que pour les personnels paramédicaux* » et propose les procédures suivantes afin de réduire au maximum la dose tout en maintenant la qualité de l'image en radiologie pédiatrique [IRS]:

- « *Utiliser un matériel approprié, spécialement adapté à la radiopédiatrie, faisant l'objet de contrôles de qualité réguliers.*
- *Porter une attention particulière au positionnement, à la contention et au confort de l'enfant.*
- *Éviter, lorsque cela est possible, les basses tensions. On sait que pour une dose constante au niveau du détecteur, la dose au patient diminue quand l'énergie du rayonnement augmente : il ne faut donc pas hésiter, quand c'est compatible avec l'information diagnostique recherchée à augmenter les kilovolts, tout en diminuant la charge (mAs).*
- *Ajouter une filtration additionnelle : dans chaque procédure, une filtration additionnelle d'aluminium plus cuivre est proposée systématiquement car elle diminue de façon importante la dose à la peau sans dégrader l'image.*
- *Diminuer la charge (le nombre de mAs): la dose est directement proportionnelle à l'intensité (mA) et au temps d'exposition (s).*

Pour chaque examen, un temps d'exposition maximum est proposé, un temps supérieur ferait prendre le risque d'un flou de l'image incompatible avec une analyse correcte.

- *Limiter le volume irradié : pour chaque examen les diaphragmes doivent limiter au strict nécessaire la surface irradiée. La forme de cette dernière doit être adaptée au segment exploré et doit permettre de voir apparaître sur le cliché un cadre blanc qui témoigne de la qualité de cette adaptation. L'utilisation d'un cône localisateur en complément du diaphragme peut permettre de mieux adapter la forme du faisceau à l'organe examiné (crâne, thorax).*
- *Protéger les organes génitaux chez le garçon par un cache plombé adapté à l'âge, chaque fois que ceux-ci sont dans le champ d'irradiation primaire ou à proximité de celui-ci. La seule exception concerne l'exploration de l'appareil urinaire pour le cliché sans préparation et pour les clichés mictionnels. Chez la fille, la protection des organes génitaux est facultative. Les ovaires sont situés en profondeur et leur irradiation est atténuée. Ils sont plus difficiles à localiser et surtout la mise en place d'un cache fait courir le risque d'une perte d'informations et peut parfois contraindre à refaire le cliché. La mise en place de protections plombées sur le patient dans le champ secondaire n'apparaît pas utile. En effet, le rayonnement diffusé aux organes vient essentiellement du patient lui-même.*
- *Par ailleurs il est recommandé d'éviter les incidences antéro-postérieures lorsque des organes sensibles superficiels sont dans le champ (œil, thyroïde, gonades).*
- *Limiter l'usage des grilles anti-diffusantes aux seuls cas où la qualité de l'image le nécessite.*
- *Utiliser les détecteurs les plus sensibles, c'est à dire ceux qui, pour la même information diagnostique (qualité d'image) nécessite la dose la plus faible. La rapidité du système « film-écran » est un facteur important.*
- *Les systèmes de numérisation par plaques et/ou la fluoroscopie numérique (ERLM) peuvent permettre de diminuer les doses. »*

II.1.3. Récapitulatif

La bonne pratique en radiologie engage donc en premier lieu le médecin, qui, par ses prescriptions des examens radiologiques, fait la part entre la nécessité d'un examen radiologique et l'exposition d'un individu aux rayonnements ionisants. L'objet de ce travail ne visant pourtant pas sur une analyse des pratiques au niveau des médecins, l'attention sera dorénavant portée sur le personnel exécutant les examens radiologiques, à savoir les Assistants Techniques Médicaux (ATM) en radiologie.

Une bonne pratique de leur métier, ainsi que le maintien ou même l'amélioration de celle-ci repose sur trois piliers essentiels :

- un savoir et savoir-faire approfondi suite à une formation adaptée.
- le rafraîchissement du savoir et savoir – faire par des formations continues tenant compte de l'évolution technologique.
- l'adaptation de la pratique aux normes nationales et internationales, tel que le principe ALARA, et la prise en considération des niveaux de référence diagnostiques (NRD).

Les facteurs primordiaux sont donc au premier chef l'analyse de la formation et de la formation continue des ATM en radiologie afin de découvrir des points à améliorer au niveau du savoir et savoir-faire du personnel. Une comparaison du volet « formation continue » au Luxembourg avec celui des pays voisins permettra à découvrir d'éventuels points faibles.

Un état de lieu des NRD nationaux et internationaux pourra aboutir à des propositions concrètes afin d'améliorer les pratiques actuelles précitées.

II.2. Les Niveaux de Référence Diagnostiques (NRD)

Pour les travailleurs, il existe des limites de dose à ne pas dépasser. Ces limites découlent du but d'empêcher la survenue d'effets déterministes et de diminuer la probabilité de survenue d'effets stochastiques.

Pour les patients, il n'existe pas de limites. L'application des deux premiers principes de radioprotection devrait garantir que le bénéfice de l'examen est supérieur au risque encouru.

Pourtant, en 1996 [FDI], la Commission Internationale de Protection Radiologique a proposé de fixer et d'appliquer des niveaux de référence diagnostiques. Cette proposition a également été retenue dans la directive Européenne n°97-43 du 30 juin 1997. Ces NRD ne constituent pas une limitation de dose, mais un outil pour l'optimisation des pratiques. Elles « *ne constituent (également pas) une ligne de démarcation entre une bonne et une mauvaise pratique* » [FDI], mais « *permettent de reconnaître les cas où, dans les procédures courantes, la dose délivrée au patient est inhabituellement élevée* ».

Les valeurs de comparaison y indiquées sont basées sur des grandeurs facilement mesurables. Pour le cas de radiologie par projection, la grandeur utilisée est la dose à la surface d'entrée du patient et/ou le produit dose-surface (DAP).

Les NRD sont fixés sur les résultats d'enquêtes. En général [FDI], on choisit le 3^e quartile de la distribution afin que 75% des doses se trouvent au-dessous des NRD.

II.2.1. Les NRD au Luxembourg

Au Luxembourg, les NRD pour la radiologie conventionnelle et la médecine nucléaire pour adultes et enfants actuellement en vigueur sont fixés par le règlement grand-ducal du 16 mars 2001 relatif à la protection sanitaire des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants lors d'expositions à des fins médicales. En concordance avec la directive européenne, le règlement en question précise que « *les NRDs ne sont pas des limites de dose. Ils doivent être utilisés en parallèle avec une évaluation de l'image et ils doivent être flexibles (des tolérances doivent être établies selon les différentes tailles des patients, les différentes pathologies, etc.)* » et « *que l'objectif principal des NRDs est leur utilisation dans un processus dynamique et continu d'optimisation.* » [RGD01]

Au cours des dernières années, le Ministère de la Santé a élaboré des nouveaux NRDs tenant compte de l'évolution technologique. Comme la nouvelle directive européenne doit bientôt être transposée en droit national, le Ministère envisage de profiter de cette occasion d'adapter aussi les valeurs des NRDs dans ce règlement.

Niveaux de Référence en Radiologie

Tableau 1*

Niveaux de référence diagnostiques exprimés en dose à la surface d'entrée par cliché, pour chaque incidence.
Patient standard de 70kg.

<i>Examens standard</i>	<i>Incidence</i>	<i>Dose à la surface d'entrée par incidence (mGy)</i>
Rachis lombaire	Profil	30
	Profil (L5-S1)	40
	Face (AP/PA)	10
Bassin	Face (AP)	10
Thorax	Face (PA)	0,3
	Profil	1,5
Mammographie	médio-latérale oblique avec grille	10 (pour 5 cm de sein comprimé)
	cranio-caudale avec grille	10 (pour 5 cm de sein comprimé)
	Profil avec grille	10
Crâne	Face (PA)	5
	Profil	3
Voies urinaires	avec film simple ou sans préparation	10
	Après administration d'un produit de contraste	10

* European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images, European Commission, EUR 16260 EN, June 1996

Tableau 2**

Doses de référence diagnostiques en pédiatrie, pour des patients-type âgés de cinq ans, exprimées en dose à la surface d'entrée par cliché, pour chaque incidence, Quality Criteria Reference Doses (EUR96a) 1996

<i>Examens standard</i>	<i>Incidence</i>	<i>Dose à la peau par incidence (µGy)</i>
Bassin	Face (AP)	900
	Face-nourrissons (FP)	200
Thorax	Face (PA)	100
	Face (AP) pour des patients non-coopératifs	100
	Profil	200
	face (AP) (nouveau-né)	80
Abdomen	Face (AP/PA) (avec faisceau horizontal/vertical)	1000
Crâne	Face (AP/PA)	1500
	Profil	1000

** European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images in Paediatrics, European Commission, EUR 16261 EN, June 1996.

Niveaux de Référence diagnostiques fixés par le règlement grand-ducal du 16 mars 2001 relatif à la protection sanitaire des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants lors d'expositions à des fins médicales. [RGD01]

Tableau 1*

Niveaux de référence diagnostiques exprimés en dose à la surface d'entrée par cliché, pour chaque incidence. Patient standard de 70kg.

Examens standard	Incidence	Dose à la surface d'entrée par incidence (mGy)	Produit dose surface (DAP) cGycm ²
Rachis Lombaire ^a	Face (AP)	8.0	260
	Profil (LAT)	18	350
Bassin ^a	Face (AP)	5.8	310
Rachis Dorsale ^b	Face (AP)	-	130
	Profil (LAT)	-	170
Thorax ^a	Face (PA)	0.25	16
	Profil (LAT)	1.15	60
Abdomen ^b			300
Mammographie	Médio-latérale oblique avec grille	10 (pour 5cm de sein comprimé)	-
	Cranio-caudale avec grille	10 (pour 5cm de sein comprimé)	-
	Profil avec grille	10	-
Crâne	Face (PA)	5	65
	Profil (LAT)	3	60
Voies Urinaire	Avec film simple ou sans préparation	10	-
	Après injection de produit de contraste	10	-

* European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images, European Commission, EUR 16260 EN, June 1996.

^a Niveau de références diagnostiques Luxembourgeoises.

^b Niveau de référence diagnostique Bundesamt für Strahlenschutz Bekanntmachung der aktualisierten diagnostischen Referenzwerte für diagnostische und interventionelle Röntgenuntersuchungen. 22Juni 2010.

Tableau 2**

Doses de référence diagnostiques en pédiatrie, pour des patients-type âgés de cinq ans, exprimées en dose à la surface d'entrée par cliché, pour chaque incidence, Quality Criteria Reference Doses (EUR96a) 1996.

Examens standard	Projection	Dose à la peau par projection (µGy)
Bassin	Face (AP)	900
	Face-nourrissons (FP)	200
Thorax	Face (PA)	100
	Profil	200
	face (AP) (pour des patients non coopératifs)	100
	face (AP) (nouveau-né)	80
Abdomen	Face (AP/PA) (avec faisceau horizontal/vertical)	1000
Crâne	Face (AP/PA)	1500
	Profil	1000

** European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images in Paediatrics, European Commission, EUR 16261 EN, June 1996.

Nouveaux NRDs élaborés par le Ministère de la Santé [MSA2]

II.2.2. Les NRD en France

En France, les premiers NRD ont été introduits dans la réglementation française en 2004 par l'arrêté du 12 février relatif aux niveaux de référence diagnostiques en radiologie et en médecine nucléaire suite à des travaux menés en commun par l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), la Société Française de Radiologie (SFR), la Société Française de Physique Médicale (SFPM) et l'Association Française du Personnel Paramédical d'Electroradiologie (AFPPE).

Les NRD ont été mis à jour par arrêté du 24 octobre 2011 relatif aux niveaux de référence diagnostiques en radiologie et en médecine nucléaire, remplaçant par conséquent l'arrêté de 2004.

EXAMEN	DE EN mGy pour une incidence unique	PDS EN cGy.cm ² pour une incidence unique
Thorax de face (postéro-antérieur)	0,3	25
Thorax de profil	1,2	100
Abdomen sans préparation	8	700
Bassin de face (antéro-postérieur)	9	700
Hanche (face ou profil)	9	300
Rachis cervical (face ou profil)	4	75
Rachis dorsal de face	5	175
Rachis dorsal de profil	7	275
Rachis lombaire de face	10	450
Rachis lombaire de profil	25	800
Orthopantomographie	Sans objet	20

Niveaux de référence de la dose à l'entrée du patient (De) et du produit dose surface (PDS) en radiologie conventionnelle chez l'adulte, fixés par arrêté du 24 octobre 2011 [ARF11]

EXAMEN	POIDS (kg)	ÂGE indicatif	DE en mGy	PDS en cGy.cm ²
Thorax de face (antéro-postérieur)	3,5	Nouveau-né	0,08	1
Thorax de face (antéro-postérieur)	10	1 an	0,08	2
Thorax de face (postéro-antérieur)	20	5 ans	0,1	5
Thorax de face (postéro-antérieur)	30	10 ans	0,2	7
Thorax latéral	20	5 ans	0,2	6
Thorax latéral	30	10 ans	0,3	8
Pelvis (antéro-postérieur) (*)	10	1 an	0,2	3
Pelvis (antéro-postérieur)	20	5 ans	0,9	20
Pelvis (antéro-postérieur)	30	10 ans	1,5	40
Abdomen sans préparation	20	5 ans	1	30
Abdomen sans préparation	30	10 ans	1,5	70

(*) Selon le rapport de la HAS de février 2008, la radiographie de la hanche n'est pas justifiée pour un enfant de moins de quatre mois pour le diagnostic de luxation congénitale de la hanche.

Niveaux de référence de la dose à l'entrée du patient (De) et du produit dose surface (PDS) en radiopédiatrie conventionnelle pour une incidence unique, fixés par l'arrêté du 24 octobre 2011 [ARF11]

II.2.3. Les NRD en Belgique:

En Belgique, les NRD sont définis par l'arrêté du 28 septembre 2011 concernant la dosimétrie des patients, élaboré par l'agence fédérale de contrôle nucléaire (AFCN) et publié le 11 octobre 2011. L'arrêté actuel se base entre autre sur la loi du 15 avril 1994 relative à la protection de la population et de l'environnement contre les dangers résultant des rayonnements ionisants et relative à l'Agence fédérale de contrôle nucléaire ainsi que sur l'arrêté royal du 20 juillet 2001 portant règlement général de la protection de la population, des travailleurs et de l'environnement contre le danger des rayonnements ionisants.

L'AFCN a fixé deux valeurs de référence par type d'examen :

1. Les valeurs découlant de la 75 percentile (3^e quartile) de la distribution de la dose, selon la méthode recommandée par la Commission européenne.
2. Introduction d'un indicateur « bonne pratique » qui est le 25e percentile de la distribution de la dose.

Dans l'annexe 9 dudit arrêté, les NRD ont été fixés comme suit :

Radiologie conventionnelle chez l'adulte		
Examen	NRD en DAP (cGy.cm ²)	
	25e p	75e p
Abdomen	120	330
Bassin de face (AP)	170	450
Thorax PA	13	35
Thorax latéral	40	110
Thorax au lit	12	25
Colonne lombaire	totale (*)	7,5 (*)
	face	95
	profil	200
Crâne	total	60
	face	25
	profil	20

(*) Gy.cm²

NRD publiés dans l'arrêté du 28 septembre 2011 [ARB11]

Jusqu'à présent, des NRD pour la radiopédiatrie n'ont pas été fixés en Belgique. Dans son rapport de 2009, l'AFCN justifie cette circonstance par le fait que « *les données [recueillies] sont (...) insuffisantes pour permettre une analyse statistique valable.* » [AFC]. Ce constat est confirmé par un courriel de Monsieur Michel Biernaux du Service Protection de la Santé, qui a pourtant annoncé des résultats pour RX du thorax et le RX de l'abdomen à partir de 2015. Même si les autorités ne fournissent actuellement pas de valeurs NRD pour la radiopédiatrie conventionnelle, elles précisent pourtant, que « *pour les examens pédiatriques, l'indication du poids et de la taille en plus de l'âge et du sexe est nécessaire afin de pouvoir catégoriser les patients convenablement* » [AFC] et de recourir à des valeurs internationales.

II.2.4. Les NRD en Allemagne.

En Allemagne, les NRD, appelés « Diagnostische Referenzwerte für diagnostische und interventionelle Röntgenuntersuchungen », se basent sur la « Röntgenverordnung » (RöV) du 8 janvier 1987 (BGB I, p. 114), modifiée le 30 avril 2003 (BGB I, p. 604). La dernière mise à jour des NRD en Allemagne a été publiée par le « Bundesamt für Strahlenschutz » (BfS) en date du 10 juin 2010.

Tab. 1: Diagnostische Referenzwerte für Röntgenaufnahmen an Erwachsenen

Aufnahme	<i>DFP</i> # [cGy x cm ²] bzw. [μGy x m ²]
Schädel ap/pa*	65
Schädel lat**	60
Thorax pa	16
Thorax lat	55
Brustwirbelsäule ap	130
Brustwirbelsäule lat	170
Lendenwirbelsäule ap	230
Lendenwirbelsäule lat	420
Becken ap	300
Abdomen	300
	<i>AGD</i> ## [mSv]
Mammographie (cc und mlo)***	2,5

- * ap: anterior-posterior pa: posterior-anterior
 ** lat: lateral
 *** cc: cranio-caudal mlo: medio-lateral-oblique
 # *DFP*: Dosis-Flächen-Produkt
 ## *AGD*: Average Glandular Dose (Mittlere Parenchymdosis)

Tab. 4: Diagnostische Referenzwerte für pädiatrische Röntgenuntersuchungen

Untersuchungsart	Alter	<i>DFP</i> [cGy x cm ²] bzw. [μGy x m ²]
Thorax ap/pa	Frühgeborene (ca. 1000 g)	0,3
	Neugeborene (ca. 3000 g)	0,5
	10 ± 2 Monate	1,5
	5 ± 2 Jahre	2,5
	10 ± 2 Jahre	3,5
Thorax lateral	5 ± 2 Jahre	4
	10 ± 2 Jahre	6
Abdomen ap/pa	10 ± 2 Monate	20
	5 ± 2 Jahre	25
	10 ± 2 Jahre	35
Becken ap	5 ± 2 Jahre	15
	10 ± 2 Jahre	25
Schädel ap	10 ± 2 Monate	20
	5 ± 2 Jahre	30
Schädel lateral	10 ± 2 Monate	20
	5 ± 2 Jahre	25
Miktions-Cysto-Urographie	Neugeborene (ca. 3000 g)	10
	10 ± 2 Monate	20
	5 ± 2 Jahre	30
	10 ± 2 Jahre	60

NRDs en Allemagne, publiés par le « Bundesamt für Strahlenschutz » [BFS]

II.2.5. Les NRD en Suisse :

En Suisse, l'introduction des NRD se base sur la Loi sur la Radioprotection (LRaP) du 22 mars 1991, l'ordonnance sur la Radioprotection (ORaP) du 22 juin 1994, l'ordonnance sur les installations radiologiques à usage médical du 20 janvier 1998 ainsi que sur les directives OFSP dans le domaine des Rayons X. Les NRD actuels ont été établis suite à une enquête entamée en 2008 par l'Office Fédéral de la Santé Publique (OFSP).

Radiographie	Dose à la surface à l'entrée du patient par cliché [mGy]	Produit dose-surface [cGy x cm ²]
Thorax (pa)	0.3	20
Thorax (profil)	1.5	100
Rachis lombaire (ap oder pa)	10	320
Rachis lombaire (profil)	30	800
Rachis lombaire charnière lombo-sacrée	40	n.a.
Mammographie (face)	10	n.a.
Bassin (ap)	10	500
Crâne (ap oder pa)	5	110
Crâne (lateral)	3	100

NRDs en Suisse, selon directive OFSP R-06-04 [OFS]

Pour la radiographie conventionnelle, il n'existe à l'heure actuelle uniquement des NRD pour les adultes. Selon un courriel de l'EDDI, un recueil des données est actuellement en cours, mais des résultats n'ont pas encore été publiés.

II.2.6. Les NRD en Autriche

En Autriche, les NRD pour la radiologie conventionnelle sont fixés par l'article 36 du « Strahlenschutzgesetz » (BGBl. Nr. 227/1969) et ont été modifiés par le « Strahlenschutz-EU-Anpassungsgesetz » (BGBl. I Nr. 146/2002).

Aufnahme	Dosis-Flächen-Produkt [cGy·cm ²]	Eingangsdosis [mGy]
Abdomen ap	300	5,6
Becken ap	300	4,2
LWS ap	200	7,4
LWS lat	400	12,0
Schädel ap/pa	100	3,0
Schädel lat	100	2,3
Thorax pa	28	0,2
Thorax lat	100	0,9

NRDs pour la radiologie conventionnelle chez l'adulte [RIS]

Tabelle 7: Diagnostische Referenzwerte für Röntgenaufnahmen bei Kindern

Aufnahme	Alter [Monate]	Dosis-Flächen-Produkt [cGy·cm ²]	Eingangsdosis [mGy]
Abdomen ap	0	6	0,20
	12	9	0,30
	60	20	0,40
	120	50	0,75
	180	70	1,00
Schädel ap/pa	0	15	0,35
	12	25	0,60
	60	35	0,75
	120	45	0,90
	180	50	1,00
Schädel lat	0	10	0,30
	12	20	0,40
	60	25	0,50
	120	30	0,55
	180	35	0,60
Thorax pa	0	1,7	0,05
	12	2,3	0,06
	60	2,6	0,07
	120	3,7	0,09
	180	7,3	0,11

NRDs pour la radiologie pédiatrique conventionnelle [RIS]

II.2.7. Les NRD en Grande-Bretagne

Depuis 1990, le *National Radiological Protection Board* (NRPB) a fait des recommandations concernant des niveaux de référence diagnostiques en radiologie. La dernière mise à jour, publiée par la *Health Protection Agency* (HPA) a eu lieu en 2008. Pour les adultes, il existe des NRD pour des examens radiologiques simples ainsi que pour des examens complets. Pour la radiologie pédiatrique, ne sont indiqués que des NRD pour des examens complets.

Radiograph	ESD per radiograph (mGy)	DAP per radiograph (Gy cm ²)
Skull AP/PA	3	-
Skull LAT	1.5	-
Chest PA	0.2	0.12
Chest LAT	1.0	-
Thoracic spine AP	3.5	-
Thoracic spine LAT	10	-
Lumbar spine AP	6	1.6
Lumbar spine LAT	14	3
Lumbar spine LSJ	26	3
Abdomen AP	6	3
Pelvis AP	4	3

NRDs pour la radiologie conventionnelle chez l'adulte [HPA]

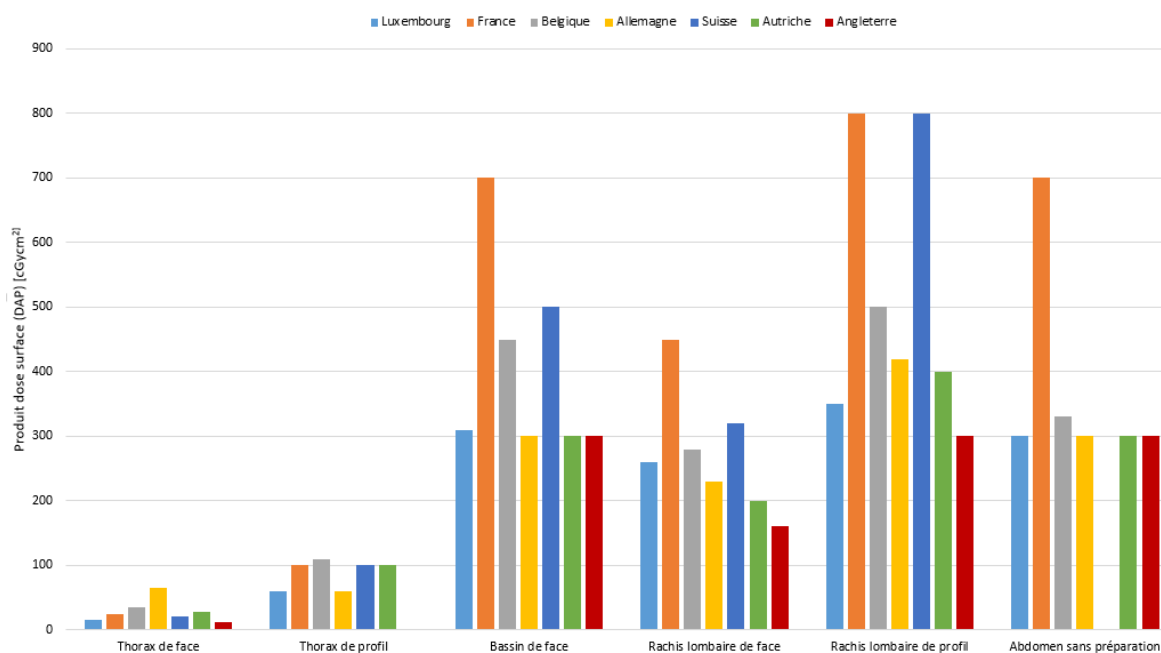
Examination	Standard age (y)	DAP per exam (Gy cm ²)
MCU	0	0.4
	1	1.0
	5	1.0
	10	2.1
	15	4.7
Barium meal	0	0.7
	1	2.0
	5	2.0
	10	4.5
	15	7.2
Barium swallow	0	0.8
	1	1.5
	5	1.5
	10	2.7
	15	4.6

NRDs pour la radiologie conventionnelle chez l'enfant [HPA]

II.2.8. Comparaison des NRD en radiologie conventionnelle chez l'adulte

	Produit dose surface (DAP) [cGycm ²]						
	Luxembourg	France	Belgique	Allemagne	Suisse	Autriche	Angleterre
Thorax de face (p-a)	16	25	35	65	20	28	12
Thorax de profil	60	100	110	60	100	100	
Abdomen sans préparation	300	700	330	300		300	300
Bassin de face (a-p)	310	700	450	300	500	300	300
Rachis dorsal de face	130	175		130			
Rachis dorsal de profil	170	275		170			
Rachis lombaire de face Lendenwirbelsäule	260	450	280	230	320	200	160
Rachis lombaire de profil Lendenwirbelsäule	350	800	500	420	800	400	300
Crâne (ap/pa)	65		60		110	100	
Crâne (latéral)	60		60		100	100	

Comparaison des NRD en radiologie conventionnelle chez l'adulte



La comparaison des NRD révèle des valeurs partiellement différentes de pays à pays. Notamment en France et en Suisse on constate des NRD bien plus élevés pour un examen du bassin et du rachis lombaire de profil, dépassant partiellement de 100% les NRD d'autres pays tels que l'Autriche et l'Angleterre.

Les valeurs des NRD au Luxembourg se positionnent en général entre les valeurs minimales et maximales et sont – heureusement – beaucoup plus proches des NRD provenant des pays ayant publié des DAP faibles.

Pourtant, il ne faut pas perdre de vue que les appareils de radiologie au Luxembourg ont un standard technologique très élevé, ce qui devrait entraîner un impact clair et net sur les doses délivrées au patient et donc, finalement, sur les NRD.

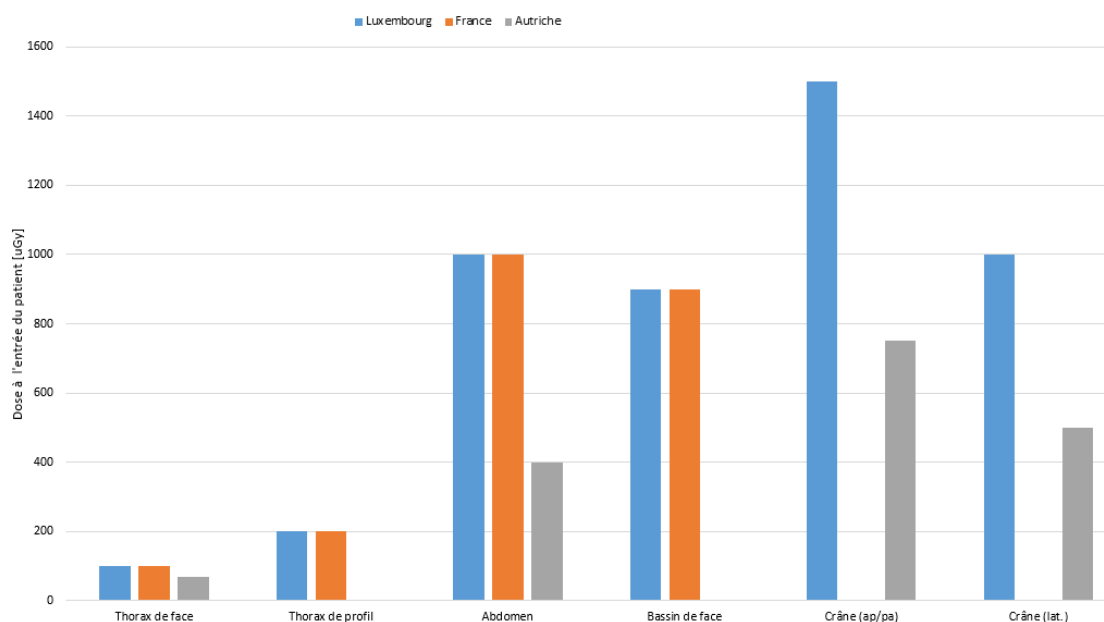
Il ne faut également pas oublier que la technique de positionnement du patient par scopie peut provoquer, de cas en cas, une augmentation sensible de la dose totale délivrée au patient lors d'un examen. Cette pratique, à priori défendue respectivement impossible sur les appareils dans certains pays voisins, serait, à mon avis, également à reconsidérer en ce qui concerne le déroulement des examens au Grand-Duché.

II.2.9. Comparaison des NRD en radiologie conventionnelle chez l'enfant

La comparaison des NRD en Radiologie conventionnelle pédiatrique s'avère difficile par le fait que certains pays (Suisse, Belgique) n'ont pas encore fixé des NRD tandis que d'autres n'expriment pas les NRD dans la même grandeur (Dose à l'entrée du patient / DAP) et/ou ne listent pas les mêmes examens. Afin de permettre une comparaison, même si celle-ci est très restreinte, le tableau ci-dessous représente les doses à l'entrée du patient âgé de 5 ans pour le Luxembourg, la France et l'Autriche.

	Dose à l'entrée du patient [μGy]		
	Luxembourg	France	Autriche
Thorax de face (p-a)	100	100	70
Thorax de profil	200	200	
Abdomen sans préparation	1000	1000	400
Bassin de face (a-p)	900	900	
Crâne (ap/pa)	1500		750
Crâne (latéral)	1000		500

Comparaison des NRD en radiologie conventionnelle chez l'enfant (5 ans)



Il est remarquable que, contrairement aux NRD pour les adultes, les NRD en radiologie pédiatrique conventionnelle du Luxembourg sont identiques à ceux de la France, listant en général des NRD plus élevés que des pays voisins. Dans ce cadre, il est à noter que l'examen radiologique conventionnel du crâne n'est plus recommandé par la FHL.

A mon avis, il serait opportun d'entamer des études approfondies sur la pratique en radiologie pédiatrique conventionnelle visant une diminution des doses délivrées à un minimum absolu et une refixation des NRD.

Vu l'hétérogénéité des jeunes patients en ce qui concerne leur stade de développement à un certain âge (poids et grandeur), il serait, à mon avis, également opportun de réfléchir sur la mise en œuvre de NRDs en fonction du poids du jeune patient.

II.3. Formation des ATM en radiologie

La formation actuelle de l'ATM en radiologie s'étale sur une période de trois années dans le cadre d'une formation BTS (brevet technique supérieur) au Lycée Technique pour Professions de Santé (LTPS), section BSR.

La radioprotection fait partie du module « radioprotection et assurance qualité » d'une envergure totale de 216 leçons au 3^e semestre (radioprotection : 42 heures théoriques, assurance qualité : 42 leçons théoriques et 20 leçons pratiques ; informatique appliquée: 112 leçons).

Les particularités de la radiologie pédiatrique sont traitées de façon explicite au 4^e semestre par un cours spécifique (TEPED) d'une envergure de 40 leçons théoriques et 38 leçons pratiques.

Pré-requis	
Objectifs	<p>L'étudiant</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ différencie entre la radiologie en pédiatrie et celle en commun ➤ connaît et sait expliquer les particularités anatomiques et physiologiques du nouveau-né jusqu'à l'adolescence ➤ connaît les spécificités de la pédiatrie ➤ connaît et sait appliquer toutes les différentes techniques d'exploration en radiologie pédiatrique ➤ applique correctement les règles d'hygiène ➤ est capable d'analyser la situation clinique de l'enfant et déterminer les modalités de soins à réaliser ➤ adapte son choix des paramètres d'acquisition à l'acte et à la situation clinique ➤ sait définir les critères de qualité des différentes incidences ➤ est capable de définir l'objectif de l'incidence ➤ comprend la mise en pratique des incidences ➤ est capable d'appliquer une communication adaptée à la situation ➤ établit une relation avec l'enfant à soigner et son entourage ➤ est capable d'optimiser les doses délivrées en respectant toutes les règles et les pratiques de la radioprotection
Contenu	<ul style="list-style-type: none"> ➤ L'enfant en imagerie médicale : <ul style="list-style-type: none"> - Définition de la pédiatrie - Les différentes tranches d'âge : <ul style="list-style-type: none"> o embryon-fœtus o le nouveau-né o le prématuré o le nourrisson o petit enfant o enfant d'âge scolaire o adolescent - La croissance et la maturation : <ul style="list-style-type: none"> o méthodes d'évaluation o âge osseux - Particularités anatomique et physiologique du nouveau-né à l'adolescent ➤ Toutes les incidences ostéo-articulaires standards / orthopédiques de l'enfant ➤ Les spécificités <ul style="list-style-type: none"> - L'environnement - Les compétences du personnel - Les particularités des techniques radiologiques

TEPED : Programme de formation [LTPS]

II.4. Formation continue des ATM en radiologie

II.4.1. Formation continue au Luxembourg

Au Luxembourg, l'obligation de formation continue des ATM en radiologie est fixée par la loi du 26 mars 1992 sur l'exercice et la revalorisation de certaines professions de santé qui dispose dans son article 12 :

- (1) *« La formation continue comporte des cours ou des stages de recyclage ayant pour objet la mise à jour des connaissances et leur adaptation aux exigences nouvelles en matière professionnelle. Un règlement grand-ducal détermine les critères auxquels doit répondre la formation continue pour ces professions. »*
- (2) *« Le ministre peut déclarer obligatoire la fréquentation de certains cours de formation continue pour les membres d'une profession déterminée ou pour certaines catégories de professionnels. »* [LOI92]

La formation continue des ATM en radiologie est précisée par l'article 7 du règlement grand-ducal du 9 mai 2003 portant sur l'exercice de la profession d'assistant technique médical de radiologie qui retient que *« L'assistant technique médical de radiologie doit tenir à jour ses connaissances professionnelles en fonction de l'évolution des sciences et des techniques »*. [RGD03]

Des précisions concernant des délais précis ainsi que la spécificité des formations continues – notamment des formations continues au niveau de la radioprotection - font pourtant défaut.

II.4.2. Formation continue en Allemagne

En Allemagne, la formation continue des ATM en radiologie au niveau de la radioprotection est réglementée par l'article 18a de la « Röntgenverordnung » (RöV) ainsi que par l'article 30 de la « Strahlenschutzverordnung » (StrlSchV) : En général, les ATM doivent se soumettre au moins tous les cinq ans à des formations spécifiques sur la radioprotection et doivent présenter un certificat de participation au service compétent.

	RöV	StrlSchV	RöV & StrlSchV
Teilradiologie (z.B. Chirurgie, Orthopädie, HNO, Urologie, etc.)	8 UE	---	---
Nuklearmedizin	---	8 UE	---
Strahlentherapie Ärztinnen / Ärzte mit Fachkunde nach RöV für das CT	---	---	12 UE
Strahlentherapie Ärztinnen / Ärzte ohne Fachkunde nach RöV für das CT	---	8 UE	---
Gesamtgebiet der Röntgendiagnostik inkl. CT	8 UE	---	---
Radiologie Gesamtgebiet der Röntgendiagnostik und Nuklearmedizin	---	---	12 UE
MTRA	---	---	12 UE
weiteres med. Assistenzpersonal mit 120-Std. bzw. 90-Std. Grundkurs (konventionelles Röntgen einschl. CT)	8 UE	---	---
weiteres med. Assistenzpersonal mit 24-Std. bzw. 40-Std. Grundkurs (Strahlentherapie / Nuklearmedizin)	---	8 UE	---
OP-Personal mit 24-Std. bzw. 20-Std. Grundkurs	4 UE	---	---
Zahnärzte	8 UE	---	---
Zahnmedizinische Fachangestellte / Zahnarzthelferinnen	4 UE	---	---
Tierärzte (konventionelles Röntgen einschl. CT)	8 UE	---	---
Tierärzte (Röntgendiagnostik und Nuklearmedizin)	---	---	12 UE
Tiermedizinische Fachangestellte / Tierarzthelferinnen mit 16-Std. bzw. 24-Std. Grundkurs	4 UE	---	---


Tableau de l'envergure des cours à suivre par catégorie de métier [QME]

(UE = Unterrichtseinheit = unité de cours)

Aperçu sur le programme des formations offertes par des prestataires différents

Aktualisierungskurse nach §18a RöV für Ärzte, MTRA und weiteres medizinisches Assistenzpersonal

Die aktuelle Strahlenschutzverordnung, die seit dem 01.08.2001 in Kraft ist, sieht eine Aktualisierung der Fachkunde alle 5 Jahre vor. Der Nachweis der Aktualisierung ist der für die Erteilung der Fachkunde im Strahlenschutz zuständigen Stelle auf Anforderung vorzulegen.

Inhalte 

- Die Röntgenverordnung
- Abnahmekriterien nach der RöV
- Organisation des Strahlenschutzes
- Strahlenschutz bei Durchleuchtungen
- Strahlenschutz des Personals
- Strahlenschutz des Patienten
- Aufklärung, Dokumentation, Archivierung

Im Anschluss an die Vorträge wird vor der schriftlichen Prüfung (im multiple choice - Verfahren) ein Repetitorium abgehalten.

Formation continue au « Klinikum Arnsberg » [ARN]

Themen:

- Die Strahlenschutzverordnung
- Die Röntgenverordnung
- Änderungen im Strahlenschutzkonzept
- Wichtige Größen der Dosimetrie
- Dosisgrenzwerte und ihre Begründung
- Strahlenbiologische und epidemiologische Erkenntnisse
- Änderungen bei den Aufgaben des Strahlenschutzverantwortlichen und des Strahlenschutzbeauftragten
- Aktuelle Themen im Strahlenschutz

Formation continue au « Helmholtz Zentrum » à Munich [HEL]

Thema / Inhalte nach RöV:

- Stand der Technik im Strahlenschutz
- Neue Entwicklungen der Gerätetechnik und deren Anwendung
- Indikationsstellung zur Untersuchung mit Röntgenstrahlung unter Berücksichtigung
- alternativer Diagnoseverfahren
- Aktuelle Entwicklungen auf dem Gebiet der Qualitätssicherung
- Erfahrungen der ärztlichen Stellen
- Geänderte Rechtsvorschriften und Empfehlungen
- Flachbilddetektoren, digitales Röntgen
- Ultraschall- Untersuchung

Inhalte nach StrlSchV:

- Grundlagen der Strahlenphysik
- Strahlenbiologische Grundlagen einschließlich Wirkungen kleiner Strahlendosen
- Dosisbegriffe und Dosimetrie
- Grundlagen und Grundprinzipien des Strahlenschutzes
- Natürliche und zivilisatorische Strahlenexposition des Menschen
- Störfallsituationen
- Rechtsvorschriften und Empfehlungen auf dem Gebiet des Strahlenschutzes, Regeln der Technik
- Neuerungen in der Nuklearmedizin
- Neuerungen in der Strahlentherapie

„Aktualisierung der Fachkunde im Strahlenschutz gem. § 18 a RöV“ – Leitung: Dr. Leppek				
Donnerstag, 22.05.2014 Vormittag		Aktualisierung der Fachkunde im Strahlenschutz gem. § 18a RöV		
	10.00 Uhr Begrüßung	RöV	Einführung zur Aktualisierung der Fachkunde im Strahlenschutz nach RöV	III, BA Raum +1/29100
1	10.15 – 11.00 Uhr		Expositionsreduktion Teil I – Strahlenepidemiologie - Rechtfertigende Indikation	III, BA Raum +1/29100
2	11.00 – 11.45 Uhr		Expositionsreduktion Teil II – Radiologische Untersuchungsoptimierung in der Urologie	III, BA Raum +1/29100
			Pause	
3	12.00 – 12.45 Uhr		Dosimetrie Teil I – Dosiskonzepte in der Radiologie – Strahlenbiologie und Strahlenrisiken	III, BA Raum +1/29100
4	12.45 – 13.30 Uhr		Dosimetrie Teil II – Fallbeispiele zu Dosisabschätzungen - Dosisminimierung	III, BA Raum +1/29100
Mittagspause und Raumwechsel				
Donnerstag, 22.05.2014 Nachmittag		Aktualisierung der Fachkunde im Strahlenschutz gem. § 18a RöV		
5	14.00 – 14.45 Uhr	RöV	Aktuelles aus dem Strahlenschutzrecht RöV – Ärztliche Stellen für Qualitätssicherung	III, BA Raum +1/18070
6	14.45 – 15.30 Uhr		Leitlinien der Bundesärztekammer Röntgendiagnostik – Diagnostische Referenzwerte	III, BA Raum +1/18070
			Pause	
7	15.45 – 16.30 Uhr		Stand der Technik - Digitale Bilderzeugungssysteme in der Röntgendiagnostik	III, BA Raum +1/18070
8	16.30 – 17.15 Uhr		Stand der Technik – Computertomographie, neue Verfahren in der Röntgendiagnostik	III, BA Raum +1/18070
9	17.15 – 18.00 Uhr		Repetitorium / Prüfung / Veranstaltungsevaluation und Abschlussdiskussion mit mobiTED PLUS™	III, BA Raum +1/18070

Formation continue (programme et horaire) au « Universitätsklinikum Marburg » [MAR]

II.4.3. Formation continue en France:

L'arrêté du 19 novembre 2004 relatif à la formation, aux missions et aux conditions d'intervention de la personne spécialisée en radiophysique médicale prescrit dans l'article 4 que « *les personnes spécialisées en radiophysique médicale doivent, dans le cadre de la formation continue, mettre régulièrement à jour leurs connaissances théoriques et pratiques leur permettant d'exercer leurs missions* » [ARF04].

Le décret no 97-1057 du 19 novembre 1997 relatif aux actes professionnels et à l'exercice de la profession de manipulateur d'électroradiologie médicale reprend également cette obligation de formation continue, sans pourtant préciser son contenu.

« Art. 5. - Le manipulateur d'électroradiologie médicale adapte sa pratique professionnelle à l'évolution des sciences et des techniques.

Art. 6. - Selon les secteurs d'activité où il exerce et les besoins rencontrés, le manipulateur d'électroradiologie médicale propose et organise différentes actions, notamment d'éducation, de recherche, de prévention, de dépistage, de formation et d'encadrement, ou y participe. Ces actions concernent en particulier :

a) La formation initiale et continue des manipulateurs d'électroradiologie médicale et d'autres professionnels ;

b) La collaboration, en particulier avec les membres des autres professions sanitaires et sociales, à la réalisation d'interventions coordonnées, y compris en matière de prévention ;

c) La recherche dans son domaine professionnel, notamment en ce qui concerne l'hygiène, la sécurité, la radioprotection et l'assurance de la qualité.

Il participe également à des actions de secours, de médecine de catastrophe et d'aide humanitaire. »

En ce qui concerne le domaine de la radioprotection, la réglementation française prévoit des prescriptions spécifiques [IRS] : Chaque travailleur reçoit, avant toute intervention dans une zone contrôlée, une notice lui rappelant les risques particuliers liés au poste occupé ou à l'intervention à effectuer, les règles de sécurité applicables, ainsi que les instructions à suivre en cas de situation anormale. De plus, une formation spécifique au poste de travail (art. R.4453-4, R.4453-6 et R.4453-7 du Code du Travail) à renouveler au moins tous les 3 ans. Cette formation est organisée par le chef d'établissement, conformément au décret n° 2007-1570 et porte sur les risques liés aux rayonnements ionisants et sur les procédures de radioprotection mises en œuvre dans l'établissement. En outre, l'arrêté du 18 mai 2004 prescrit une formation à la radioprotection des patients à renouveler tous les 10 ans. Cette formation est prestée par des organisations comme l' « European Nuclear Safety Training & Tutoring Institute » (ENSTTI).

Contenu de la formation

Cette formation porte notamment sur :

- Les procédures générales de radioprotection mises en œuvre dans un établissement de santé ;
- Les règles de prévention du risque radio induit et les règles de protection afférentes ;
- Les dispositions réglementaires pour la radioprotection des patients et des personnels ;
- Les risques liés à l'exposition aux rayonnements ionisants et sur les « effets potentiellement néfastes » sur l'embryon et le fœtus ;
- Les procédures d'optimisation de radioprotection mises en œuvre dans les services de radiologie, médecine nucléaire, radiothérapie, bloc opératoire (interventionnel) et lors des opérations de maintenance et de contrôle qualité ;
- Les règles de conduite à tenir en cas de situation anormale.

Conforme aux programmes fixés en annexe de l'arrêté du 18 mai 2004, la formation est axée sur l'aspect opérationnel de la radioprotection.

Il est à noter que des formations dédiées uniquement à la radioprotection des travailleurs et conformes à l'article R.4451-57 du code du travail peuvent être organisées à la demande (nous contacter).

Pré-requis

Validation de la formation

Une attestation de stage est délivrée à chaque participant.

Contenu et modalités de la formation continue sur la radioprotection au ENSTTI [ENS]

II.4.4. Formation continue en Belgique :

En Belgique, la formation continue du technologue en imagerie médicale est réglementée par l'article 53.2 de l'Arrêté Royal du 20 juillet 2001 qui exige que « *l'exploitant veille à ce que les personnes visées à l'article 53.2 (infirmiers(ères), paramédicaux et personnes assimilées) bénéficient d'une formation continue dans les matières concernées.* »

Même si la profession du technologue en imagerie médicale n'est pas mentionnée directement dans l'arrêté royal, l'AFCN précise dans sa foire aux questions [AFC] que la notion d'auxiliaires s'étend aussi sur la personne du technologue en imagerie médicale.

HORAIRE ET CONTENU DU MODULE

Jour 1 : 26 septembre 2013

9.00 H à 12.00 H	Législation - Statut professionnel (liste d'actes) - Secret professionnel - Responsabilités du TIM	Carine BEGHAIN Avocate
13.00 H à 15.00 H	Installations - Contrôle de qualité, gestion informatique, principe de transmission	Pierre MERLO Physicien médical CH Jolimont-Lobbes
15.00 H à 17.00 H	Check list et préparation d'une salle d'examen	Pierrino DI PRIMIO CHU Charleroi - Site Vésale

Jour 2 : 3 octobre 2013

9.00 H à 11.00 H	Législation - Droit du patient – Vie privée - Déontologie - Ethique	Carine BEGHAIN
11.00 à 13.00 H	Installations 2ème partie	Pierre MERLO
14.00 H à 17.00 H	Relations humaines - Rôle du TIM par rapport aux patients et à ses collègues	Philippe DEMEY Professeur à la HELHa et Psychothérapeute

Jour 3 : 10 octobre 2013

9.00 H à 11.00 H	Législation - Réglementation AFCN	Michel BIERNAUX Expert AFCN
11.00 à 13.00 H	Législation (pratique) - Dosimétrie patient - Statut professionnel	Guy VANHEE Technologue en chef GHDC - Site IMTR
14.00 H à 16.00 H	Hygiène - Notions de base - Rôle de l'infirmière hygiéniste - Protocole en hygiène - Nettoyage et stérilisation du matériel	Annick NEIRINCK Enseignante à la HELHa
16.00 H à 17.00 H	Hygiène (pratique) - Mises en situation, application règles élémentaires,	Pierrino DI PRIMIO

Programme et horaire de la formation continue au centre universitaire de Charleroi (CUNIC) [CUN]

Jour 1 (8 H)

- Actualisation en législation (4 H)
- Aspects des relations humaines (4 H)

Cette journée est identique pour chaque module

Jour 2 (8 H)

- Radioprotection du personnel et application des recommandations de l'AFCN (2 H)
- Contrôle qualité - aspects théoriques (2 H)
- Hygiène hospitalière et pratique appliquée à chaque type de module (2 H)
- Spécificités et nouveautés technologiques propres à chaque module (2 H)

Cette journée est spécifique à chaque module

Jour 3 (4 H)

Pratique en salle d'Imagerie médicale dans un hôpital de la région de Charleroi.

Cette matinée est spécifique à chaque module

Programme et horaire de la formation continue à l'Université Ouverte de la Fédération Wallonie-Bruxelles [UOW]

II.4.5. Tableau récapitulatif

Pays	Base légale	Délais	Envergure
Luxembourg	Loi du 26.03.1992 Règlement grand-ducal du 09.05.2003	Non spécifiés	Non spécifiée
Allemagne	RöV StrSchV	≤ 5 ans	12 unités d'enseignement
France	Arrêté du 19.11.2004 Décret no 97-1057 du 19.11.1997 Arrêté du 18.05.2004	≤ 3 ans ⁽¹⁾ ≤ 10 ⁽²⁾	Non spécifiée
Belgique	Arrêté royal du 20.07.2001	Non spécifiés	Non spécifiée

⁽¹⁾ formation spécifique au poste de travail

⁽²⁾ formation spécifique concernant la radioprotection des patients

III. Conclusion et démarches proposées pour une amélioration de la pratique en radiologie et en radiologie pédiatrique

Fixation et respect des niveaux de référence diagnostiques (NRD)

Dans l'intérêt d'une bonne pratique en radiologie, la mise en place des NRD tenant compte de l'évolution technique me semble primordiale. Au stade actuel, les NRD sont publiés et adaptés par voie de règlement grand-ducal. Le fait que les NRD actuellement en vigueur datent de 2001 révèle pourtant qu'une mise à jour s'impose sous peu. Selon les informations d'une collaboratrice du Ministère de la Santé, le Ministère a conscience de ce fait et planifiera une mise à jour des NRD dans un futur règlement grand-ducal tenant également compte de la nouvelle directive européenne n° 2013-59.

Face à la rapidité de l'évolution des connaissances et des pratiques en imagerie médicale on peut se demander s'il ne faut pas réfléchir à trouver un autre moyen de publication qui permet une mise à jour plus rapide. S'il est vrai que dans une approche juridique la publication des NRD par voie réglementaire présente certaines sécurités et obligations, il faut néanmoins veiller à faire preuve de la plus grande diligence lors des adaptations et des publications afférentes de NRD par voie de règlement grand-ducal.

Actuellement, une évaluation des données sur les doses délivrées est en cours afin de vérifier le respect des NRD respectivement l'exécution des examens radiologiques selon les règles d'une « bonne pratique ». Le résultat de cette évaluation n'était pourtant pas encore disponible avant le délai de remise du présent travail.

A mon avis, un contrôle régulier et structuré des doses s'impose afin de garantir les exigences de sécurité, de bonne pratique et de contrôle qualité. Les campagnes lancées par la fédération des hôpitaux au cours des dernières années ont apporté les suites voulues. Les hôpitaux ont réagi favorablement et ont équipé leurs installations par des outils de surveillance de dose.

En ce qui concerne les NRD en radiologie conventionnelle pédiatrique, il serait, à mon avis, important à entamer des réflexions sur l'idée d'établir des NRD tenant compte non seulement de l'âge de l'enfant, mais aussi de son poids.

Formation et formation continue.

Au Luxembourg, les futurs ATM en radiologie bénéficient d'une formation solide s'étalant sur trois années. Avec 216 leçons au total sur le sujet de l'assurance qualité et la radioprotection, la sécurité lors de la manipulation de rayons ionisant joue un rôle important lors de cette formation.

En ce qui concerne les particularités de la radiologie pédiatrique, on constate que celles – ci sont traitées dans un cours spécifique (TEPED) d'une envergure de 40 leçons théoriques et de 38 leçons pratiques au cours de cette formation.

Etant donné qu'on se trouve en présence d'un programme de formation récemment introduit, celui-ci n'a pas besoin de modification, voire d'amélioration ou de transformations ponctuelles au stade actuel. Il serait toutefois opportun de tirer les conclusions sur cette formation dans quelques années après que plusieurs générations d'ATM en radiologie ont terminé leur formation.

On constate néanmoins que l'article 7 du règlement grand-ducal du 9 mai 2003 portant sur l'exercice de la profession d'assistant technique médical de radiologie est trop général et pas assez précis en ce qui concerne notamment les cours de formations continues. En effet, l'article 7 se limite à inviter l'ATM de veiller lui-même sur l'état de ses connaissances professionnelles. Or, les pays voisins, à l'exception de la Belgique, ont clairement défini les modalités et contenus de cours de formation continue. Force est de constater que dans l'intérêt du patient et dans l'intérêt de l'ATM, il est fortement souhaitable, voire essentiel que les modalités d'une formation continue soient définies et encadrées par le législateur.

Le législateur luxembourgeois pourrait s'inspirer du modèle allemand qui comprend les cours ci-après :

- un rafraîchissement des connaissances sur la législation.
- un renouvellement du savoir et savoir-faire en relation avec la radioprotection, tout en tenant compte des spécificités telles que la radiopédiatrie.
- une mise à jour des connaissances en relation avec l'évolution technique.

Afin de suivre l'état des connaissances de l'ATM, un certificat de participation à la formation continue et un contrôle des connaissances à la fin de la formation respective sont à envisager.

En ce qui concerne la périodicité de cette formation continue, un délai de 5 ans entre deux formations me paraît utile. Ceci garantira à l'ATM une mise à jour régulière de son savoir et savoir – faire.

Raoul THOLL

Bibliographie

Monographies :

- DIL09 DILLENSEGER, J.-P.; MOERSCHEL E.: *Guide des technologies de l'imagerie médicale et de la radiothérapie*. Masson. Issy-les-Moulineaux, 2009.
- HEC07 HECHT, Eugène: *Physique*. De Boeck. Bruxelles, 2007.
- MAR11 MARGERIE-MELLON, Constance: *Imagerie médicale pratique*. De Boeck. Paris, 2011.
- MON09 MONTAGNE, E.; HEITZ, F.: *Imagerie médicale. Radiologie conventionnelle standard*. Editions Heures de France. Paris, 2009.

Législation (règlements, lois, arrêtés)

Luxembourg :

- LOI92 Loi du 26 mars 1992 sur l'exercice et la revalorisation de certaines professions de santé.
- RGD01 Règlement grand-ducal du 16 mars 2001 relatif à la protection sanitaire des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants lors d'expositions à des fins médicales.
- RGD03 Règlement grand-ducal du 9 mai 2003 portant sur l'exercice de la profession d'assistant technique médical de radiologie.

France :

- ARF11 Arrêté du 24 octobre 2011 relatif aux niveaux de référence diagnostiques en radiologie et en médecine nucléaire
- ARF04 Arrêté du 19 novembre 2004 relatif à la formation, aux missions et aux conditions d'intervention de la personne spécialisée en radiophysique médicale.

Belgique :

ARB11 Arrêté du 28 septembre 2011 concernant la dosimétrie des patients

Publications et présentations :

FHL *Strahlenbiologische Grundlagen*. Département de Physique Médicale, Fédération des Hôpitaux Luxembourgeois. Document Powerpoint[®]

MSA2 *Niveaux de référence diagnostiques pour le Luxembourg*. Ministère de la Santé, Luxembourg. Document MS Word[®]

Sites et pages internet :

Toutes les pages ont été consultées pour la dernière fois en date du 17 janvier 2015.

AFC http://www.fanc.fgov.be/fr/page/informations-concernant-l-application-de-l-article-53-2-du-rgpri-ar-20-juillet-2001-relatif-a-la-formation-complementaire-en-radioprotection-pour-les-auxiliaires/611.aspx#P_1721

ARN <http://www.klinikum-arnsberg.de/karriere-bildung/fortbildungsprogramm/aktualisierungskurse-nach-18a-roev-fuer-aerzte-mtra-und-weiteres-medizinisches-assistenzpersonal.html>

BFS <http://www.bfs.de/de/ion/medizin/referenzwerte02.pdf>

CEA http://www.cea.fr/lexique?jump_to=s

CPM <http://www.cardio-paramed.com/fr/grandeurs-unites.html>

CUN <http://fanc.fgov.be/GED/00000000/3400/3475.pdf>

ENS <http://www.enstti.fr/formations/radioprotection/6>

FDI <http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/10463/10958/?lang=fr>

HEL <http://iss-kurse.helmholtz-muenchen.de/kurse/aktualisierung/aerzte.php>

HPA	http://www.hpa.org.uk/web/HPAweb&HPAwebStandard/HPAweb_C/1195733771087
IRS	http://www.irsn.fr/FR/professionnels_sante/faq/Pages/faq_radiologie.aspx
LTPS	http://www.ltps.lu/index.php/offre-scolaire/atm-de-radiologie
MAR	http://www.urologenkongress-marburg2014.de/files/MDURO/downloads/Programm_AKROEV_FK_22.05.2014.pdf
MSA	http://www.ms.public.lu/fr/activites/radioprotection/protect-radio-applic-medic/protect-patients/grandeurs-dosimetr.pdf
OFS	http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/02883/02885/02889/index.html?lang=fr
QME	https://www.gqmed.de/roentgenkurse-strahlenschutzkurse/aktualisierungskurse-nach-roev-strlschv.html
RIS	https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20003681
UKG	http://www.ukgm.de/ugm_2/deu/umr_sta/18539.html
ULB	http://www.controlephysique.be/Manuel%20de%20radioprotection.pdf
UOW	http://www.uo-fwb.be/doc/santepublique/form_cont_imag_med/RX%20FC%202014-2015%20-%20programme.pdf

Annexes

Directive Euratom 97/43 du 30 juin 1997 relative à la protection sanitaire des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants lors d'expositions à des fins médicales.....	59
Directive Euratom 2013/59 fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants.....	67
Loi du 26 mars 1992 sur l'exercice et la revalorisation de certaines professions de santé.....	105
Règlement grand-ducal du 16 mars 2001 relatif à la protection sanitaire des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants lors d'expositions à des fins médicales.....	113
Règlement grand-ducal du 9 mai 2003 portant sur l'exercice de la profession d'assistant technique médical de radiologie.....	127

