

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Révision de la norme NFC 15-160 relative aux installations radiologiques Tutoriale 3


Jean-Luc REHEL - David CELIER - Bernard AUBERT

PRP-HOM/SER/UEM - Fontenay aux Roses

Congrès de la Société Française de Radioprotection - Bordeaux Juin 2013

Sommaire

- ❑ **La norme NFC 15-160 édition mars 2011**
- ❑ **Les interrogations des utilisateurs**
- ❑ **Mise en œuvre de la méthode de calcul : quelques exemples**
- ❑ **Conclusion**

| | | |
|--|--|---|
| NORME FRANÇAISE HOMOLOGUÉE | Installations pour la production et l'utilisation de rayons X RÈGLES GÉNÉRALES | NF C 15-160 Novembre 1975 |
| | SOMMAIRE | |
| AVANT-PROPOS. | | |
| 1. — GÉNÉRALITÉS. | | |
| 1.1 Domaine d'application. | | |
| 1.2 Validité. | | |
| 1.3 Objet. | | |
| 2. — DÉFINITIONS. | | |
| 2.1 Définitions générales - Grandeurs - Mesures. | | |
| 2.2 Installations radiologiques. | | |
| 2.3 Protection anti-X. | | |
| 3. — CLASSIFICATION DES INSTALLATIONS. | | |
| 3.1 Critères de classification. | | |
| 3.2 Tensions mises en œuvre dans les installations. | | |
| 3.3 Destination des installations. | | |
| 4. — RÈGLES GÉNÉRALES D'EXECUTION DES INSTALLATIONS. | | |
| 4.1 Locaux. | | |
| 4.2 Personnel chargé de l'exécution. | | |
| 4.3 Matériel. — Installation électrique. | | |
| 4.4 Règles de protection contre les risques électriques. | | |
| 4.4.1 Parties d'installations mettant en œuvre des basses tensions. | | |
| 4.4.1.1 Généralités. | | |
| 4.4.1.2 Appareil de coupure. | | |
| 4.4.1.3 Protection du circuit d'alimentation. | | |
| 4.4.2 Parties d'installations mettant en œuvre des hautes tensions. | | |
| 4.4.2.1 Cas de plusieurs portes de travail. | | |
| 4.4.2.2 Protection contre les risques de contacts directs avec des pièces nues sous tension. | | |
| 4.4.3 Protection contre les contacts indirects avec des pièces nues mises accidentellement sous tension. | | |
| 5. — RÈGLES DE PROTECTION CONTRE LES RAYONS X. | | |
| 5.1 Données de base. | | |
| 5.2 Méthode analytique de calcul. | | |
| 5.3 Aménagement des locaux. | | |
| 5.4 Atténuation par les parois. | | |
| 5.5 Plan des salles. Marquage des parois de protection. | | |
| 5.6 Equivalence en plomb de divers matériaux. | | |
| 5.7 Valeur du facteur d'obliquité. | | |
| 5.8 Exploitation des résultats du calcul. | | |
| Homologuée par arrêté du 13 novembre 1975 (J.O. du 22 novembre 1975) | Adoptée le 24 septembre 1973 |  |
| CL. 004 NF C 15-160 - 100 - 0376 | | Reproduction interdite |
| Installations for the generation and application of X-rays GENERAL REQUIREMENTS | | |

Éditée par l'Union technique de l'Électricité, BP 23 92282 FONTENAY-AUX-ROSES CEDEX Téléphone : 01 40 93 62 00 Télécopie : 01 40 93 89 24

Depuis novembre 1975, la norme **NFC 15-160** définit les règles générales relatives aux installations pour la production et l'utilisation de rayons X plus additif ou règles particulières :

- **NFC 15-161** (décembre 1990) radiodiagnostic médical et vétérinaire (sauf dentaire)
- **NFC 15-162** (novembre 1977) röntgentherapie
- **NFC 15-163** (décembre 1981) radiodiagnostic dentaire
- **NFC 15-164** (novembre 1976) radiologie industrielle
- Additif **NFC 15-160 ADD 1** (septembre 1984).

La nouvelle norme NF C 15 160 : genèse

En 2005, l'UTE a mis en place un groupe de travail chargé de s'interroger sur la nécessité de revoir ces textes pour les raisons suivantes :

- le changement des grandeurs dosimétriques et des unités associées ;
- l'évolution des appareils et de leurs applications ;
- les modifications des réglementations relatives à la radioprotection et à l'environnement.

Cette révision pouvait s'envisager comme un simple toilettage (changement des unités : rad → gray, rem → sievert...) ou une modification plus profonde.

C'est la deuxième option qui a été retenue afin de proposer une méthode de calcul des protections comparable à celle déjà utilisée dans d'autres pays tels que l'Allemagne, l'Autriche, le Canada, l'Espagne, la Grande Bretagne, l'Irlande ou les USA.



La norme NF C 15 160 (mars 2011)

■ Objectif :

« Définir les conditions dans lesquelles les installations doivent être établies pour assurer à tout moment la sécurité des personnes contre les risques résultant de l'action des rayonnements X ».

■ Domaines d'application :

Médical, dentaire, vétérinaire, industriel ou scientifique (recherche...).

La norme NF C 15 160 (mars 2011)

- **Domaine d'application : installations concernées**
 - Installations **fixes** pour la production et l'utilisation des **RX** fonctionnant à une **tension < 600 kV**.
 - Installations radiologiques utilisées dans le cadre de la fabrication, le contrôle et la maintenance des appareils à RX
 - Enceintes à RX, enceintes auto protectrices à RX avec système de sécurité et signalisation reportées sur l'enceinte elle-même.

La norme NF C 15 160 (mars 2011)

Locaux : contraintes générales (extraits)

- Faire en sorte qu'il n'y ait pas de discontinuité dans la protection si présence de sas, orifices techniques,...
- Si présence de plomb, veiller au respect de la réglementation relative aux matériaux toxiques
- La surface du local doit :
 - Respecter les exigences d'installations
 - Permettre d'assurer un espace libre autour de l'appareillage pour la maintenance
 - Etre justifiée dans le rapport de conformité de l'installation

Signalisation : Contraintes générales

Tous les accès d'un local doivent comporter une signalisation telle que ces accès ne puissent être franchis par inadvertance.

La norme NF C 15 160 (mars 2011) : classification des installations

Les installations à rayons X se classent d'après leur destination :

- les installations à usage médical ;**
- les installations à usage dentaire ;**
- les installations à usage vétérinaire ;**
- les installations et enceintes à rayonnement X à usage industriel et scientifique ;**
- les installations destinées à la construction, la réparation ou les essais des appareils à rayonnement X assimilables en fonction de leur provenance ou de leur destination à l'un des types d'installations énumérées ci-dessus.**

La norme NF C 15 160 (mars 2011)

Règles de protection contre les RX : données de base.

Cette méthode de calcul vise à déterminer la protection nécessaire en un point donné compte tenu :

- des caractéristiques de la source et de son utilisation,
- du niveau d'exposition imposé par la réglementation ou voulu par l'exploitant en ce point.

La protection est établie en fonction des paramètres suivants :

- La charge de travail exprimée en mA.minute/semaine (somme de la consommation radiologique sur une semaine),
- La position et l'orientation du tube RX,
- Les parois (murs, plancher et plafond),
- Affectation des espaces et locaux voisins,
- Limites d'exposition réglementaire.

METHODE DE CALCUL (1)

On distingue trois étapes :

- la détermination du débit d'équivalent de dose \dot{H}_i (i = primaire (p), scattered (s=diffusé) ou gaine(g) fonction des conditions d'exploitation en un point donné.
- la détermination du facteur d'atténuation F , nécessaire pour réduire \dot{H}_i à une valeur \dot{H}_{max} , inférieure, ou au plus égale, à celle fixée par la réglementation applicable.
- la détermination de l'épaisseur théorique de plomb correspondant au facteur F .

Détermination du débit de dose maximal

$$\dot{H}_{max} = ?$$

2 textes réglementaires de référence :

- Arrêté « Zonage » :
 - 0,080 mSv en un mois : limite basse de la zone surveillée
 - 0,0075 mSv en une heure : limite basse de la zone contrôlée
 - 0,025 mSv en une heure : limite haute de la ZC verte

- Code du travail :
 - Définition des zones surveillées et contrôlées
 - ZS si exposition > 1 mSv/an
 - ZC si exposition > 6 mSv/an
 - Limites d'exposition population (1 mSv), travailleurs (20 mSv), apprentis...(6 mSv)

Détermination du débit de dose maximal

$$H_{max} = ?$$

Sur la base des valeurs de l'arrêté « Zonage » :

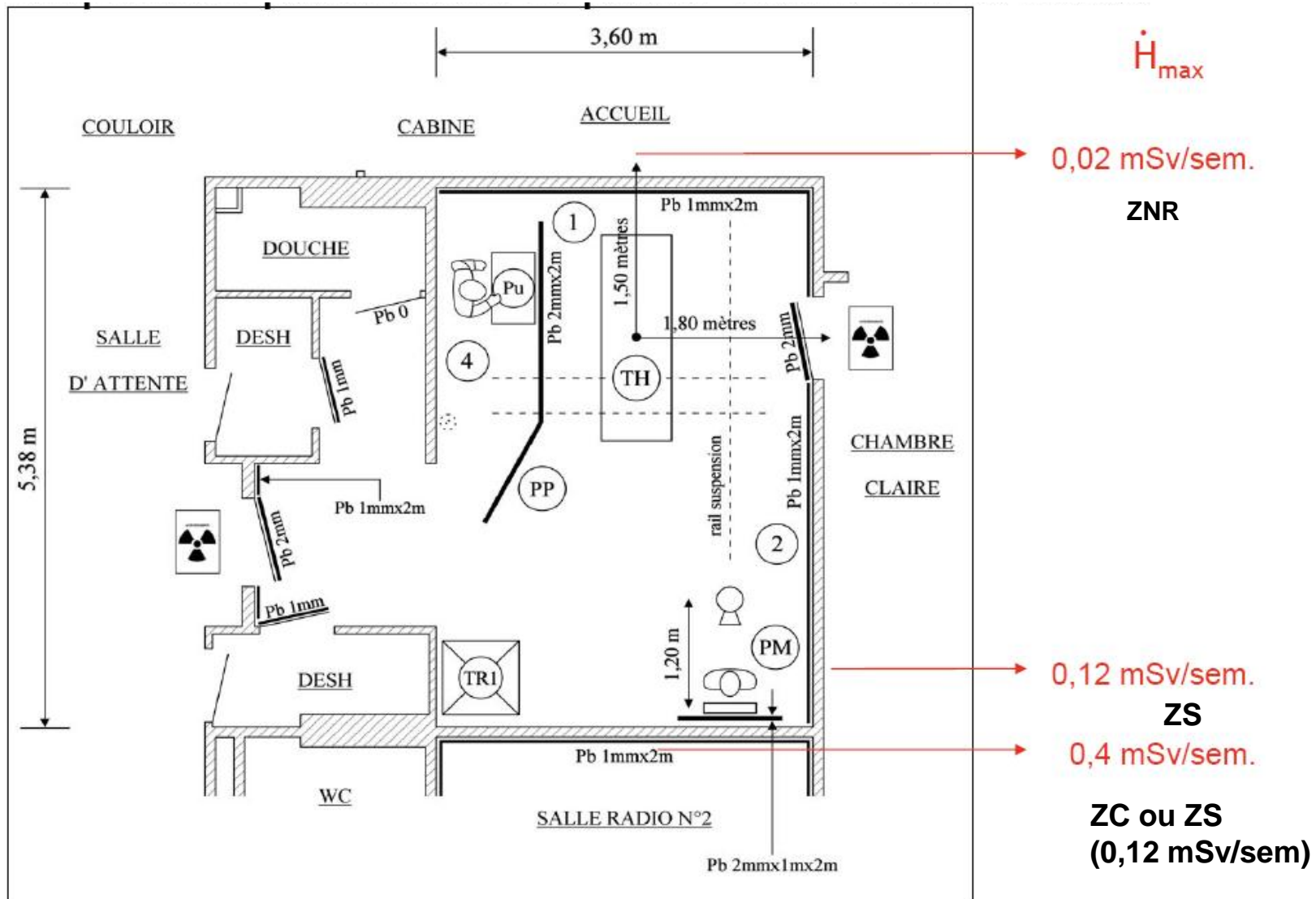
- Zone Non Réglementée (ZNR) < 0,020 mSv/semaine (1 mSv/50 s.)
- Zone Surveillée (ZS) < 0,300 mSv/semaine (7,5 µSv/h * 40 h)
- Zone Contrôlée Verte (ZCV) < 1 mSv/semaine (25 µSv/h * 40 h)

Sur la base de 2000 h de travail /an et 50 semaines/an, le Code du travail conduit à définir :

- Une Zone Non Réglementée si $H_{max} \leq 0,020$ mSv/semaine
- Une Zone Surveillée si $H_{max} \leq 0,120$ mSv/semaine
- Une Zone Contrôlée Verte si $H_{max} \leq 0,400$ mSv/semaine

On retient l'hypothèse la plus pénalisante : le code du travail

Exemple pour une salle de radiologie



METHODE DE CALCUL (2)

$$F = ?$$

Le facteur **F** dépend théoriquement des 3 composantes de l'exposition : primaire (F_p), diffusé (F_s) et fuite de gaine (F_g).

Cependant, en pratique :

- lorsque la paroi est exposée au rayonnement primaire, la contribution des rayonnements de diffusion et de fuite devient négligeable devant celle du rayonnement primaire. Alors, $F = F_p$
- lorsque la paroi n'est exposée qu'aux rayonnements de diffusion et de fuite, compte tenu des différences de qualité de ces deux types de rayonnement, il est nécessaire de déterminer séparément les protections vis-à-vis de chacun d'eux.

Les trois composantes, F_p , F_s et F_g dépendent, en particulier, de **la charge de travail W** (exprimée en mA.min/semaine).

Méthode de calcul : charge de travail, W

La charge de travail W, est choisie pour la semaine de référence où la production de rayons X est **la plus élevée** :

Avec :

$W = I \cdot t$: charge de travail en mA.min/semaine

I : intensité maximale utilisée du courant dans le tube RX en mA

t : durée d'utilisation hebdomadaire maximale en minutes

En pratique, W correspond à la sommation de la charge en mAs (intensité du courant x temps d'exposition) de toutes les expositions réalisées pendant la semaine de référence et divisée par 60 pour l'exprimer en mA.min.

Valeurs indicatives de la charge de travail W

| Applications Domaine médical et dentaire | Charge de travail W en mA.min/semaine |
|--|--|
| Imagerie radiologique générale avec scopie et graphie | 400 |
| Imagerie radiologique générale avec graphie uniquement | 300 |
| Imagerie radiologique pulmonaire seule | 80 |
| Imagerie radiologique au bloc opératoire | 600 |
| Imagerie radiologique diagnostique en angiographie et cardiologie | 5 000 |
| Imagerie radiologique interventionnelle (hors bloc opératoire) | 10 000 |
| Mammographie | 1 000 |
| Scanographie | 30 000 |
| Imagerie radiologique dentaire intra orale | 10 |
| Imagerie radiologique dentaire panoramique | 100 |
| Imagerie radiologique dentaire volumique | 200 |

Valeurs **indicatives** de la charge de travail **W**

| Domaine vétérinaire | Charge de travail W en mA.min/semaine |
|---|--|
| Imagerie radiologique | 2 à 100 |
| Imagerie radiologique dentaire endo buccale | 5 à 10 |
| Scanographie | 2 500 à 5 000 |
| Ces valeurs tiennent compte de la différence d'activité entre un cabinet conventionnel et un cabinet dédié à l'imagerie, ainsi que des différences de taille des animaux à radiographier. | |
| Industriel ou scientifique | |
| Imagerie radiologique industrielle | 6 000 à 9 000 |
| Cristallographie | 100 000 à 400 000 |
| Ces valeurs peuvent être différentes pour les applications particulières (contrôleurs de bagages, fluorescence X, ...) ou pour les appareils utilisés en dehors de leur destination finale (développement, maintenance d'appareils). | |

Le facteur d'orientation R

Le facteur d'orientation doit être choisi d'après les valeurs suivantes :

$R = 1,0$ utilisation du faisceau avec **plus de 30%** de la charge de travail W dirigée vers la paroi considérée.

$R = 0,3$ utilisation **avec au plus 30%** de la charge de travail W dirigée vers la paroi considérée et dans le cas d'appareils à poste fixe émettant un faisceau de rayonnement X animé d'un mouvement de rotation.

$R = 0,1$ utilisation **avec tout au plus 10%** de la charge de travail W dirigée vers la paroi considérée.

Un facteur d'orientation de $R = 1,0$ doit systématiquement être retenu pour l'orientation du tube la plus fréquemment utilisée.

Remarques :

- On considère que les orientations du faisceau possibles et prévues de façon opérationnelle ne sont pas appliquées simultanément,
- R n'apparaît pas dans les formules de calcul de F_s et F_g .

Valeurs **indicatives** du facteur d'occupation, T

| Type de local | Facteur d'occupation, T |
|--|---------------------------|
| Pièces adjacentes au local où sont produits les rayons X (hors cas ci-dessous) | 1 |
| Couloirs | 0,20 |
| Toilettes | 0,20 |
| Déshabillloirs | 0,05 |
| Escaliers | 0,05 |
| Parking | 0,05 |
| Salle d'attente | 0,05 |

Facteurs d'atténuation vis à vis du rayonnement primaire, F_p

$$F_p = \frac{\dot{H}_i}{\dot{H}_{\max}} = \frac{\dot{H}_p \cdot T}{\dot{H}_{\max}} = \frac{\Gamma_R \cdot W \cdot R \cdot T}{\dot{H}_{\max} \cdot a^2}$$

H_p : débit d'équivalent de dose au point considéré en mSv par semaine dû au rayonnement primaire en l'absence de protection

H_{\max} : débit d'équivalent de dose max retenu par l'exploitant au point considéré en mSv par semaine

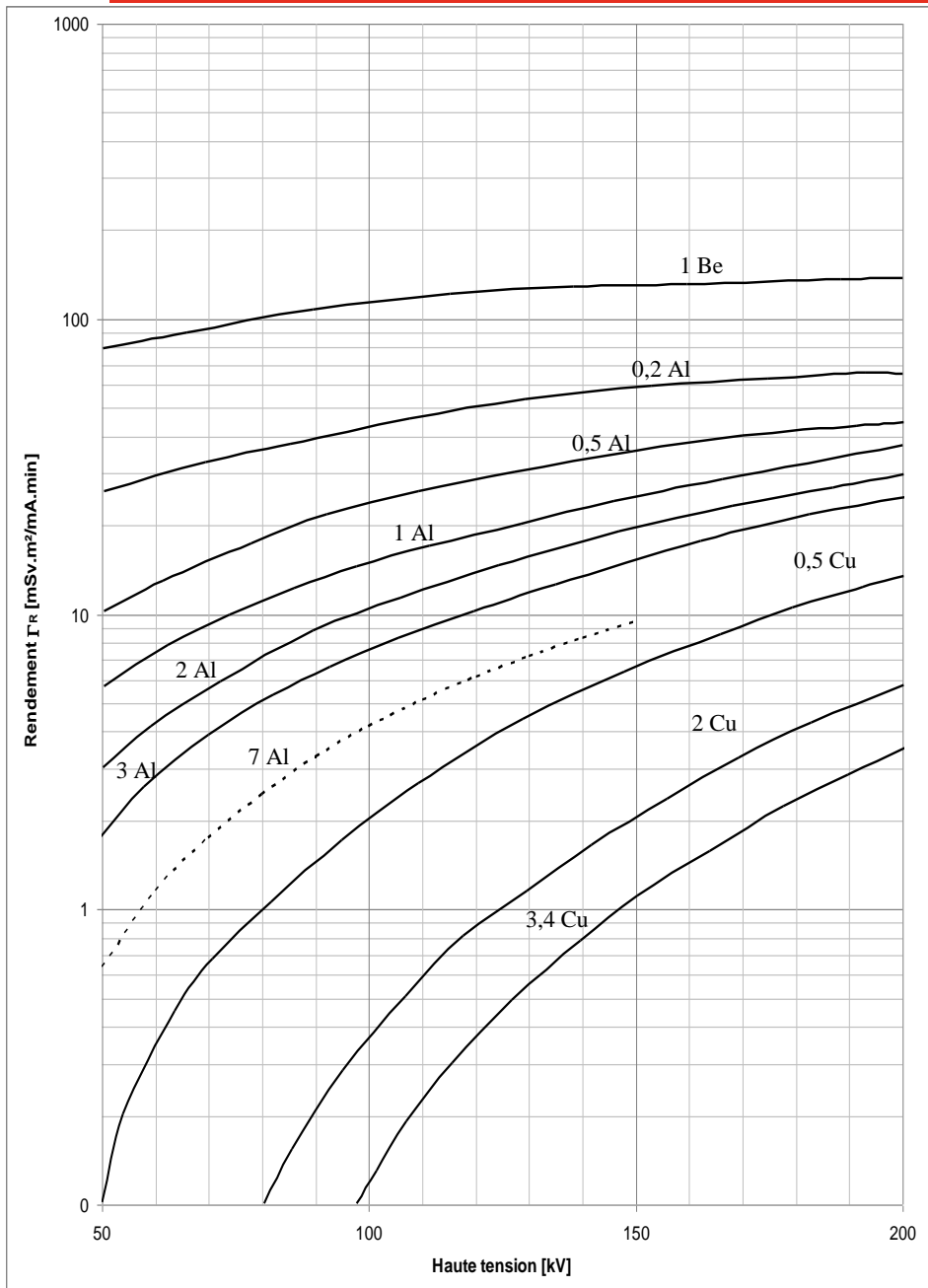
T = facteur d'occupation du local vis-à-vis duquel est calculée la protection (sans unité)

Γ_R = rendement du tube en mSv·m²/mA·min

W = charge de travail en mA·min par semaine

R = facteur d'orientation (sans dimension) = 0,1 – 0,3 ou 1

a = distance du point à protéger au foyer en m



Rendement Γ_R (mSv.m²/mA.min) d'un tube à anode de tungstène avec des filtrations totales de 1mm Al à 3,4 mm Cu pour des tensions continues de 50 kV à 200 kV (d'après la norme ÖNORM S 5212).

Facteurs d'atténuation vis à vis du rayonnement diffusé, F_s

$$F_s = \frac{\dot{H}_i}{\dot{H}_{\max}} = \frac{\dot{H}_S \cdot T}{\dot{H}_{\max}} = \frac{\Gamma_R \cdot W \cdot k \cdot T}{\dot{H}_{\max} \cdot b^2 \cdot d^2}$$

H_s : débit d'équivalent de dose au point considéré en mSv par semaine dû au rayonnement diffusé en l'absence de protection

H_{\max} : débit d'équivalent de dose max issu des limites réglementaires au point considéré en mSv par semaine

T = facteur d'occupation du local vis-à-vis duquel est calculée la protection (sans unité)

Γ_R = rendement du tube en mSv·m²/mA·min

W = charge de travail en mA·min par semaine

k = coefficient en m² caractérisant la contribution du rayonnement diffusé à 1 m du milieu de diffusion par rapport à la contribution du rayonnement primaire

b = distance du foyer au milieu de diffusion en m

d = distance du point à protéger au milieu de diffusion en m

Valeurs du coefficient k (en m^2) caractérisant la contribution du rayonnement diffusé à 1 m du milieu de diffusion par rapport à la contribution du rayonnement primaire pour le domaine médical

| Application | k (m^2) |
|----------------------|--|
| dentaire endobuccal | 0,0005 |
| dentaire panoramique | 0,0001 |
| ostéodensitométrie | 0,0005 |
| scanographie | $0,002^* (l(\text{cm})/25 \text{ cm})^{(1)}$ |
| mammographie | 0,001 |

(1) l = largeur maximale du faisceau de rayons X à l'axe de rotation

$L = 25 \text{ cm}$ = longueur moyenne d'une acquisition.

Par exemple : ordre de grandeur

- pour un scanner 16 rangées de détecteurs de 1,25 mm, $l = 16 \times 1.25 \text{ mm} = 2 \text{ cm}$
- pour un scanner 128 rangées de détecteurs de 0,6 mm, $l = 128 \times 0.6 \text{ mm} = 8 \text{ cm}$

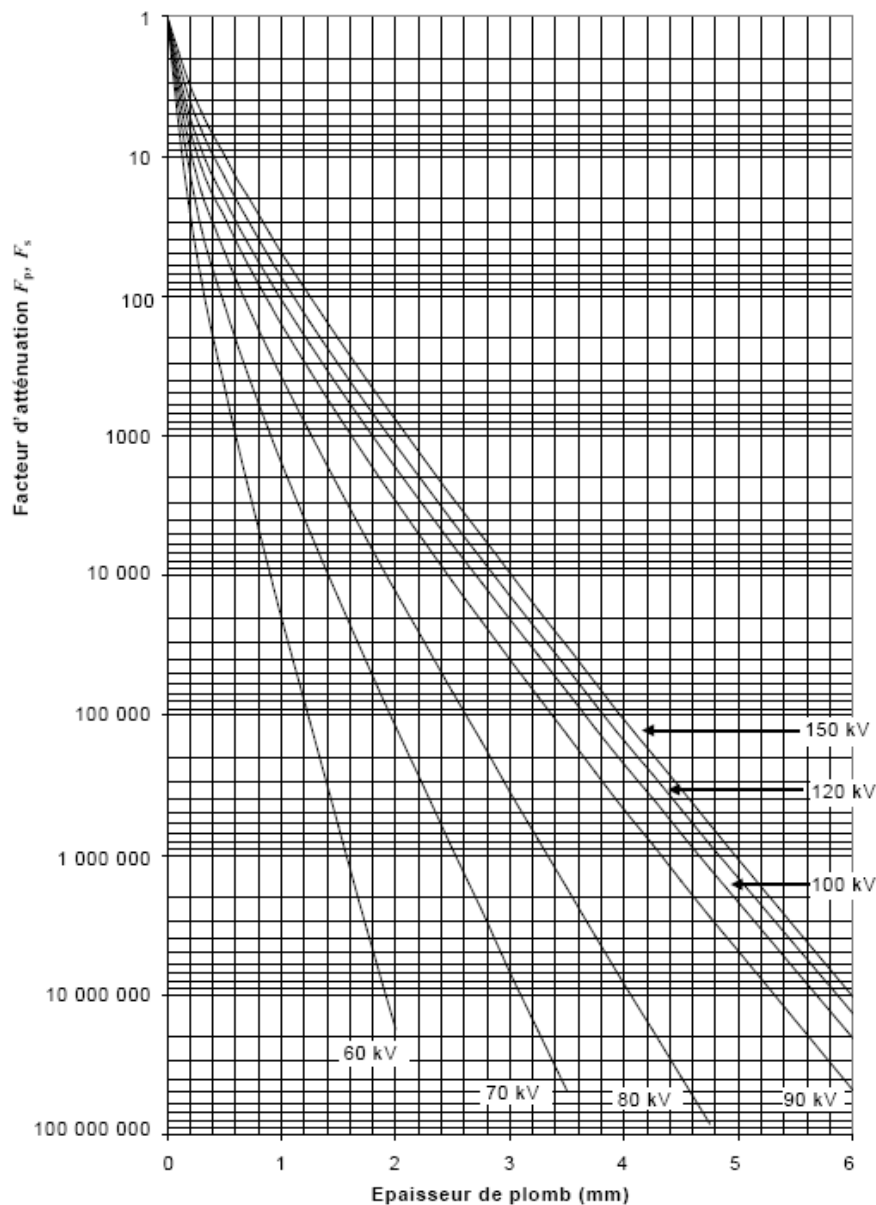
Exemple de calcul de k pour un scanner avec 64 rangées de détection, $l = 4 \text{ cm}$

$$k = 0,002 \times (4/25) = 0,00032$$

Valeurs du coefficient k (en m^2) caractérisant la contribution du rayonnement diffusé à 1 m du milieu de diffusion par rapport à la contribution du rayonnement primaire pour les autres applications

| Haute tension (kV) | k (m^2) |
|--------------------|---------------|
| 50 | 0,001 |
| 70 | 0,0013 |
| 85 | 0,0017 |
| 100 | 0,0022 |
| 125 | 0,0025 |
| 150 | 0,0026 |
| 200 | 0,0028 |
| 250 | 0,0028 |
| 300 | 0,0028 |

Facteurs d'atténuation F_p et F_s pour le plomb



Facteurs d'atténuation F_p et F_s dans le plomb pour les rayons X générés par des hautes tensions de 60 à 150 kV pour le plomb

Facteur d'atténuation vis à vis du rayonnement de fuite, F_g

$$F_g = \frac{\dot{H}_i}{\dot{H}_{max}} = \frac{\dot{H}_g \cdot T}{\dot{H}_{max}} = \frac{C_g \cdot W \cdot f \cdot T}{\dot{H}_{max} \cdot c^2 \cdot Q}$$

H_g : débit d'équivalent de dose au point considéré en mSv par semaine dû au rayonnement diffusé en l'absence de protection

H_{max} : débit d'équivalent de dose max issu des limites réglementaires au point considéré en mSv par semaine **C_g** = débit d'équivalent de dose à 1 m pour le rayonnement de fuite en $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$

T = facteur d'occupation du local vis-à-vis duquel est calculée la protection (sans unité)

C_g = débit d'équivalent de dose à 1 m pour le rayonnement de fuite en $\text{mSv} \cdot \text{m}^2$ par heure

W = charge de travail en $\text{mA} \cdot \text{min}$ par semaine

f = facteur qui caractérise le fait que le débit de dose du rayonnement de fuite n'atteint sa valeur maximale que lorsque la haute tension maximale admissible est utilisée. Par défaut $f=1$.

c = distance du secteur à protéger au foyer en m

Q = produit intensité·temps maximal par heure au maximum de la tension de service nominale indiquée par le fabricant en $\text{mA} \cdot \text{min} \cdot \text{h}^{-1}$.

Valeur du facteur Cg (en mSv·m²·h⁻¹)

$$C_g = \dot{H}_{g,r} \cdot r^2$$

$\dot{H}_{g,r}$: débit d'équivalent de dose en mSv par heure dû au rayonnement de fuite mesuré à la distance r du foyer en mètre

Si cette valeur n'est pas disponible, utiliser les valeurs maximales ci-dessous

| Installation | facteur Cg (mSv·m ² ·h ⁻¹) |
|---|---|
| Appareils de cristallographie et appareils analogues, | 0,0001 |
| Radiologie dentaire avec détecteur endo buccal | 0,25 |
| Autres installations de radiologie avec HT < 150 kV | 1,0 |
| Installations de radiologie avec HT ≥ à 150 kV. | 10 |

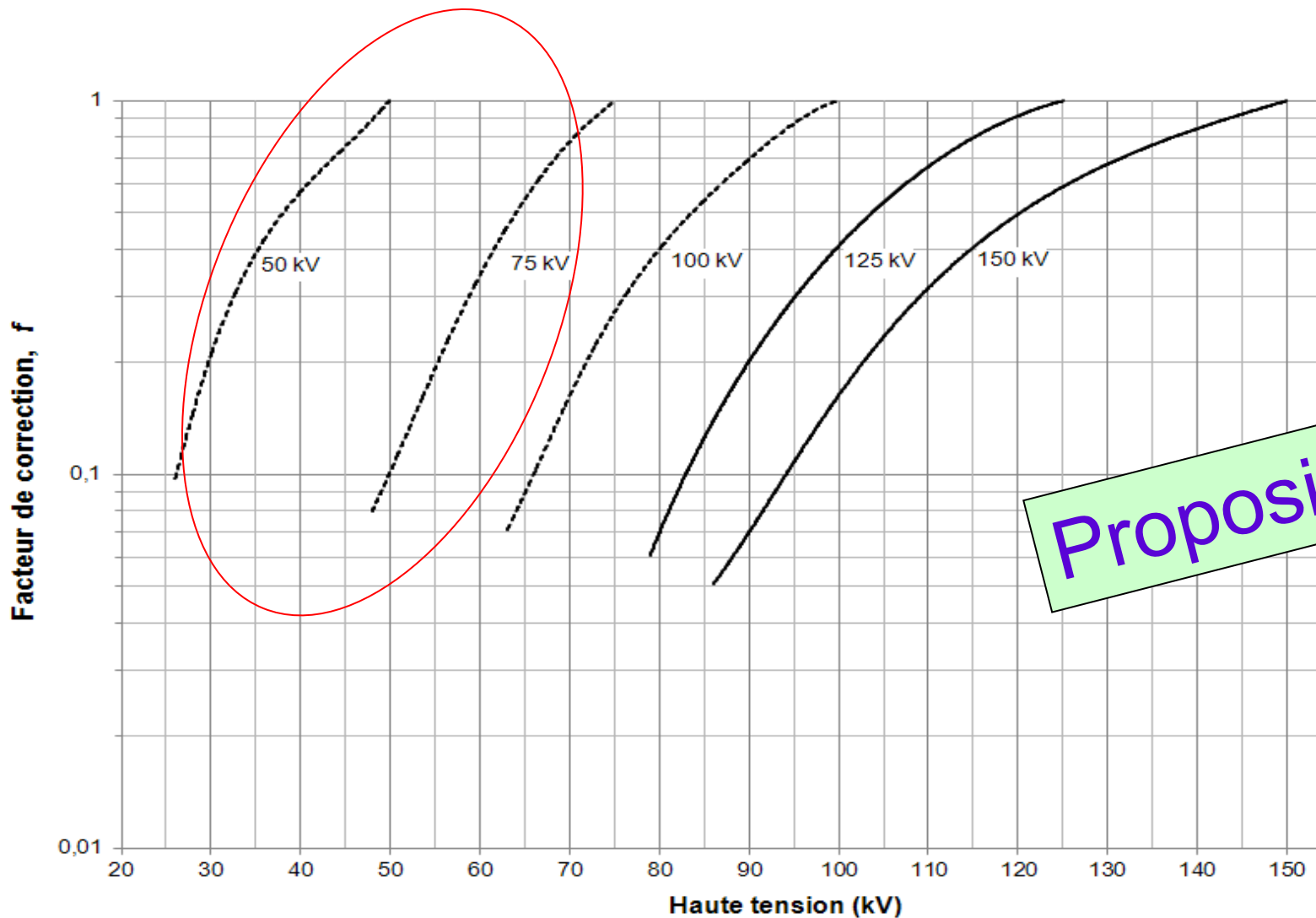
Valeur du facteur Q (mA·min h⁻¹)

Q est le produit intensité x temps maximal par heure au maximum de la tension de service indiquée par le fabricant en mA.min par heure.

Si cette valeur n'est pas connue, appliquer les valeurs par défaut ci-dessous.

| Applications | Facteur Q (mA·min h⁻¹) |
|---|--|
| Radiologie dentaire avec détecteur endo buccal | 10 |
| Panoramiques dentaires | 30 |
| Scanners | 900 |
| Installations avec HT nominales < 200 kV | 180 |
| installations avec HT nominales ≥ à 200 kV | 900 |

Facteur f

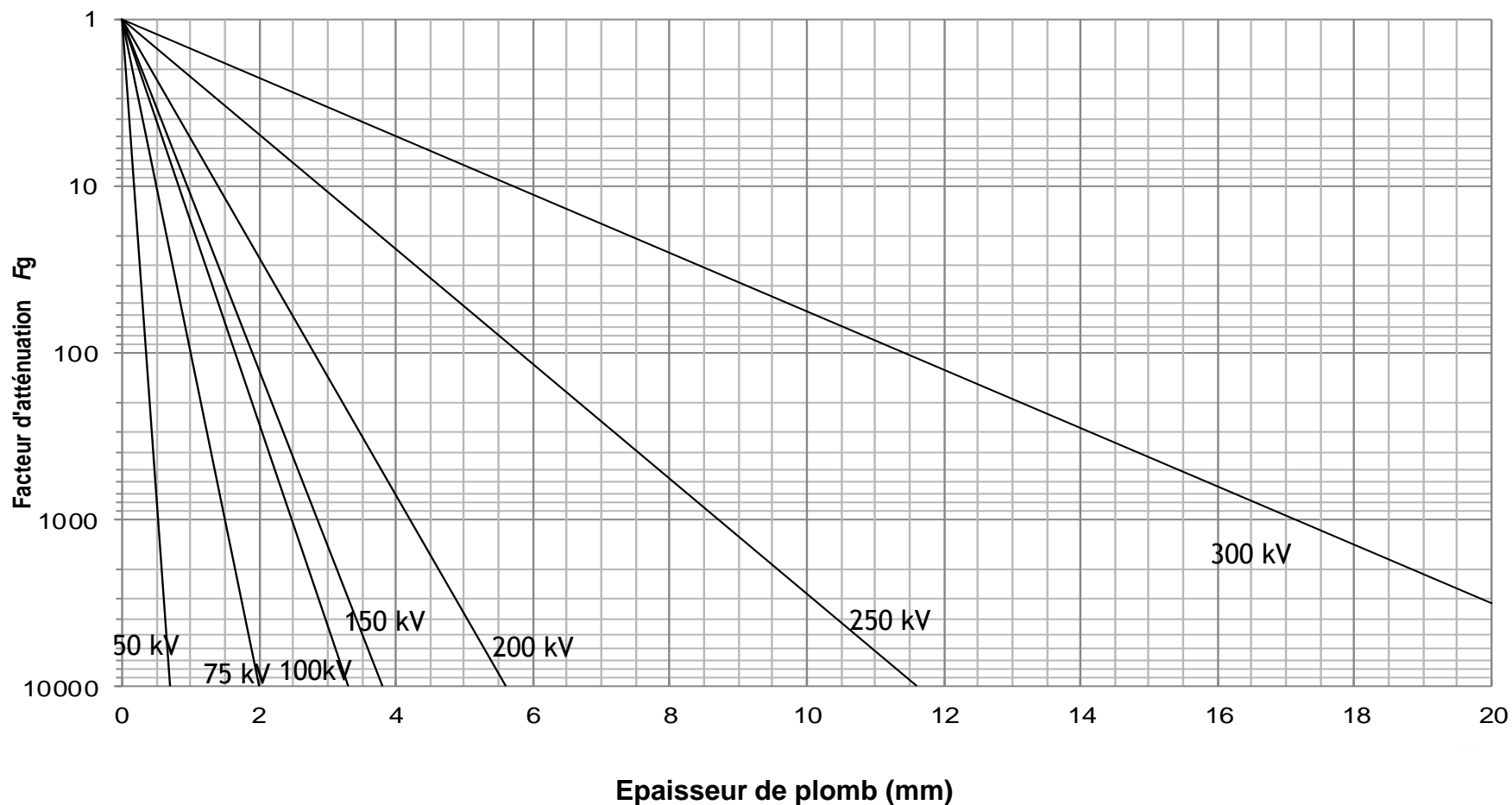


Proposition

Par défaut, $f = 1$

Facteurs d'atténuation F_g pour le plomb

Facteurs d'atténuation F_g pour du rayonnement fortement filtré par du plomb pour la détermination des protections contre le rayonnement de fuite (d'après ÖNORM S 5212 - Installations médicales aux RAYONS X jusqu'à 300 kV – Règles de radioprotection pour l'installation, 01/10/2005)



Détermination des protections nécessaires pour les rayonnements diffusé et de fuite

- Les épaisseurs de protection sont calculées uniquement si F est > 1
- Si les épaisseurs des écrans de protection déduites de F_s et F_g diffèrent par au moins une couche de déci-transmission, la plus élevée des 2 épaisseurs suffit.
- Si les épaisseurs des écrans de protection déduites de F_s et F_g diffèrent par moins d'une couche de déci-transmission, une épaisseur de demi transmission doit être ajoutée à la plus forte des 2 valeurs pour obtenir l'épaisseur de l'écran de protection nécessaire

- Exemple :

150 kV

Couche demi transmission = 0,3 mm Pb

Couche déci transmission = 0,99 mm Pb

$$F_s = 330 \Rightarrow e_s = 1,7 \text{ mm Pb}$$

$$F_g = 37 \Rightarrow e_g = 1,5 \text{ mm Pb}$$

$$|e_s - e_g| = 0,2 \text{ mm Pb} < 0,99 \text{ mm Pb}$$

\Rightarrow Ajout de 0,3 mm à e_s

Protection nécessaire = 2,0 mm Pb

Exemple de calcul des protections nécessaires pour les rayonnements diffusé et de fuite

Cas où les protections e_s et e_g sont non nulles :

Si les épaisseurs des écrans de protection, e_s et e_g , sont non nulles, il convient de calculer un facteur n selon la formule suivante :

Épaisseur minimale de plomb vis-à-vis du rayonnement diffusé \longrightarrow

$$n = \frac{|e_s - e_g|}{h}$$

\longleftarrow épaisseur minimale de plomb vis-à-vis du rayonnement de fuite

Proposition

\longleftarrow Epaisseur de demi-transmission en mm de plomb pour un rayonnement fortement filtré

Si $n > 4$, alors la plus grande des valeurs de e_s ou e_g est retenue.

Si $n \leq 4$, une épaisseur de protection supplémentaire doit être ajoutée à la plus grande des deux valeurs, conformément au tableau suivant.

Epaisseur des protections à rajouter (en mm Pb) pour différentes valeurs de n et différentes tensions

| n (voir 4.2.8) | Haute Tension (kV) | | | | | | | | | Rapport ¹ F_s/F_g ou F_g/F_s (voir 4.2.4.2) |
|-------------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| | 50 | 75 | 100 | 110 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | |
| 0 à 1 | 0,06 | 0,17 | 0,27 | 0,27 | 0,28 | 0,30 | 0,52 | 0,88 | 1,47 | de 1 à 2 |
| >1 à 2 | 0,03 | 0,09 | 0,13 | 0,14 | 0,14 | 0,15 | 0,21 | 0,43 | 0,85 | >2 à 4 |
| >2 à 3 | 0,01 | 0,04 | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,11 | 0,22 | 0,43 | >4 à 8 |
| >3 à 4 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,11 | 0,21 | >8 à 16 |
| >4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | >16 |

¹Le rapport, F_s/F_g ou F_g/F_s , doit être supérieur ou égal à 1.

Proposition

Couches de demi-transmission et de déci-transmission pour du rayonnement X fortement filtré (cas du rayonnement de fuite) dans des conditions de faisceau large, pour le plomb.

| Haute tension (kV) | Epaisseur demi-transmission (mm) | Epaisseur déci-transmission (mm) |
|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 50 | 0,06 | 0,17 |
| 70 | 0,17 | 0,52 |
| 85 | 0,22 | 0,73 |
| 100 | 0,27 | 0,88 |
| 125 | 0,28 | 0,93 |
| 150 | 0,30 | 0,99 |
| 200 | 0,52 | 1,70 |
| 250 | 0,88 | 2,90 |
| 300 | 1,47 | 4,80 |

Proposition

Équivalence en plomb de certains matériaux de construction

| Matière (densité) | Epaisseur de plomb (mm) | Epaisseur équivalente de matière, en millimètres, pour une haute tension et une forte filtration | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-------------------------------|---|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|--|--|--|--|
| | | 50 kV | 70 kV | 80 kV | 100 kV | 120 kV | 150 kV | 200 kV | 250 kV | 300 kV | 400 kV | 450 kV | | | | |
| Béton (2,3) | 0,2 | 24 | 20 | 19 | 20 | 20 | 18 | | | | | | | | | |
| | 0,5 | 54 | 47 | 43 | 41 | 45 | 54 | 56 | 52 | 50 | 47 | 47 | | | | |
| | 0,8 | 82 | 74 | 67 | 59 | 68 | 87 | | | | | | | | | |
| | 1 | 101 | 93 | 83 | 70 | 83 | 106 | 96 | 85 | 80 | 60 | 54 | | | | |
| | 2 | 197 | 193 | 168 | 129 | 150 | 188 | 165 | 135 | 125 | 110 | 100 | | | | |
| | 2,5 | 246 | 245 | 211 | 159 | 183 | 222 | | | | | | | | | |
| | 3 | 295 | 298 | 255 | 190 | 215 | 255 | 220 | 180 | 155 | 130 | 115 | | | | |
| | 3,5 | 343 | 351 | 299 | 221 | 246 | 285 | | | | | | | | | |
| | 4 | 392 | 403 | 343 | 252 | 278 | 315 | 270 | 220 | 185 | 150 | 140 | | | | |
| | 4,5 | 441 | 456 | 387 | 284 | 309 | 345 | | | | | | | | | |
| | 6 | | | | 340 | | 410 | 360 | 280 | 240 | 190 | 170 | | | | |
| | 8 | | | | 440 | | 530 | 440 | 350 | 290 | 240 | 220 | | | | |
| | 10 | | | | 540 | | 630 | 530 | 400 | 330 | 260 | 235 | | | | |
| | 12 | | | | | | | 610 | 460 | 370 | 290 | 260 | | | | |
| | 14 | | | | | | | | 520 | 420 | 325 | 290 | | | | |
| | 16 | | | | | | | | 580 | 460 | 350 | 310 | | | | |
| | 18 | | | | | | | | 640 | 500 | 375 | 335 | | | | |
| 20 | | | | | | | | | 550 | 400 | 350 | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | 590 | 425 | 375 | | | | | |

Proposition

Équivalence en plomb de certains matériaux de construction

| <u>Matière</u> <u>(densité)</u> | <u>Épaisseur de</u> <u>plomb</u> <u>(mm)</u> | <u>Épaisseur équivalente de matière, en millimètres,</u> <u>pour une haute tension et une forte filtration</u> | | |
|---|--|---|--------------|---------------|
| | | <u>50 kV</u> | <u>75 kV</u> | <u>100 kV</u> |
| <u>Carreau plâtre (1,0)</u> | <u>0,2</u> | <u>50</u> | <u>35</u> | <u>30</u> |
| | <u>0,3</u> | <u>70</u> | <u>50</u> | <u>50</u> |
| | <u>0,4</u> | <u>85</u> | <u>70</u> | <u>65</u> |
| | <u>0,5</u> | <u>100</u> | <u>85</u> | <u>80</u> |
| | <u>0,6</u> | <u>125</u> | <u>100</u> | <u>95</u> |
| <u>Cloison alvéolée en plâtre¹ (1,0)</u> | <u>0,10</u> | <u>50</u> | <u>50</u> | <u>50</u> |

1 Les cloisons alvéolées de plâtre sont généralement constituées de 2 plaques de plâtre de 1 cm d'épaisseur chacune espacées de quelques cm de carton ondulé

Proposition

Dispositions complémentaires

- Protections calculées pour tout point situé entre 0 et 2 m au dessus du sol et **justifier la limitation à 2 m.**
- Vis à vis du faisceau primaire il faut considérer les surfaces correspondant au diaphragme grand ouvert, les dimensions étant majorées d'une **marge de sécurité de 20 cm.**
- Pour les rayonnements secondaires, l'ensemble des parois est à considérer.
- Au niveau du pupitre de commande, le personnel doit être protégé en tout point situé entre 0 et 2 m du sol.

Note de calcul (à conserver +++)

| Calcul effectué par : | | | | | | | | | | | | | Date : | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------|------------|---|--|-------|---|---|------------------------|--|--------|---|--------------------------|--------|---|-------|-----------------------|----------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Fonction : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Raison sociale : | | | | Service : | | | | Installateur : | | | | Mode d'utilisation : | | | | | | | | |
| Adresse : | | | | Local : | | | | Appareil : | | Type : | | I (mA) : | | | | | | | | |
| | | | | | | | | HT max utilisée (kV) : | | | | t (min par semaine) : | | | | | | | | |
| | | | | | | | | Filtration : | | | | W (mA·min par semaine) : | | | | | | | | |
| | | | | Cas du scanner : largeur du faisceau l (cm) : | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Paroi | \dot{H}_{max} | Γ_R | W | Rayonnement primaire | | | | Rayonnement diffusé | | | | Rayonnement de fuite | | | | Epaisseur Pb calculée | Protection existante | | Protection à ajouter | |
| | | | | $F_P = \frac{\dot{H}_P \cdot T}{\dot{H}_{max}} = \frac{\Gamma_R \cdot W \cdot R \cdot T}{\dot{H}_{max} \cdot a^2}$ | Pb mm | k | b | d | $F_s = \frac{\dot{H}_s \cdot T}{\dot{H}_{max}} = \frac{\Gamma_R \cdot W \cdot k \cdot T}{\dot{H}_{max} \cdot b^2 \cdot a^2}$ | Pb mm | $C_x = \frac{\dot{H}_g \cdot T}{\dot{H}_{max}} = \frac{C_g \cdot W \cdot f \cdot T}{\dot{H}_{max} \cdot c^2 \cdot Q}$ | f | c | Q | F_x | | Pb mm | Nature mm | Eq. Pb mm | Nature mm |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Commentaire : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Commentaire : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Commentaire : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Commentaire : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Retour d'expérience : Interrogations des utilisateurs

Enquête auprès des différents utilisateurs

Interrogations des utilisateurs :

- Comment définir une charge de travail réaliste ?
- Choix du débit d'équivalent de dose maximal (\dot{H}_{\max})
- Quels types de rayonnements à considérer pour les calculs de protection ?
- Quelle hauteur de protection (justification de 2 m) ?

Analyse du retour d'expérience (1)

La charge de travail hebdomadaire W (mA.min/semaine)

→ La charge de travail peut être calculée ou prise en compte des valeurs indicatives

→ Responsabilité de l'exploitant

Le choix du H_{\max}

Le débit d'équivalent de dose maximal hebdomadaire est issu des limites réglementaires

Sur la base des 2 000 heures de travail par an et de 50 semaines par an soit 40 heures de travail par semaine

| Arrêté Zonage | H_{\max} (mSv/semaine) | Code du travail | H_{\max} (mSv/semaine) |
|---|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| Zone non réglementée <i>80 μSv (mois)</i> | 0,02 | 1 mSv/an | 0,02 |
| Zone surveillée <i>7,5 μSv (1h)</i> | 0,3 | ZS si l'exposition > 1 mSv/an * | 0,12 |
| Zone contrôlée verte <i>25 μSv (1h)</i> | 1 | ZC si l'exposition > 6 mSv/an * | 0,4 |

Limites les plus restrictives

Analyse du retour d'expérience (2)

Le choix des rayonnements

➔ Détermination du type de rayonnement à considérer pour les calculs de protection des parois

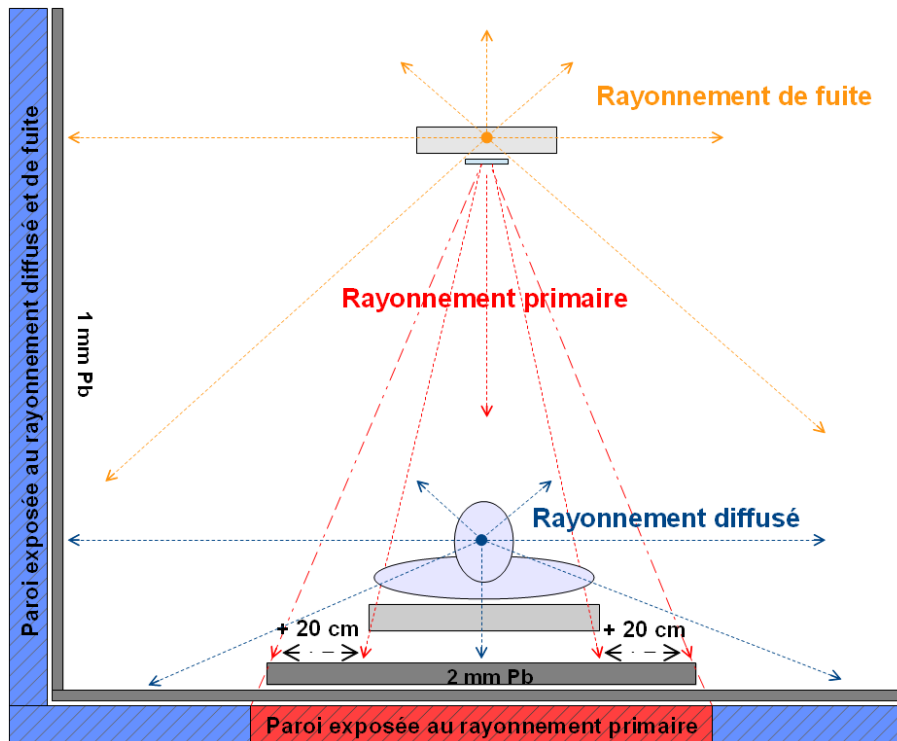


Schéma représentant les différents rayonnements

Le rayonnement primaire :

- issu du tube à rayons X
- délimité par le dispositif de collimation
- intensité élevée

Le rayonnement diffusé :

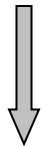
- issu principalement du patient
- émis dans toutes les directions
- intensité plus faible ($\approx 1\ 000$ fois plus faible que le ryt primaire)

Le rayonnement de fuite de la gaine :

- issu de la source
- émis dans toutes les directions
- intensité très faible

Analyse du retour d'expérience (3)

Le choix des rayonnements



❖ Rayonnement primaire sur la paroi située en sortie du détecteur

❖ Rayonnement diffusé et de fuite pour toutes les autres parois

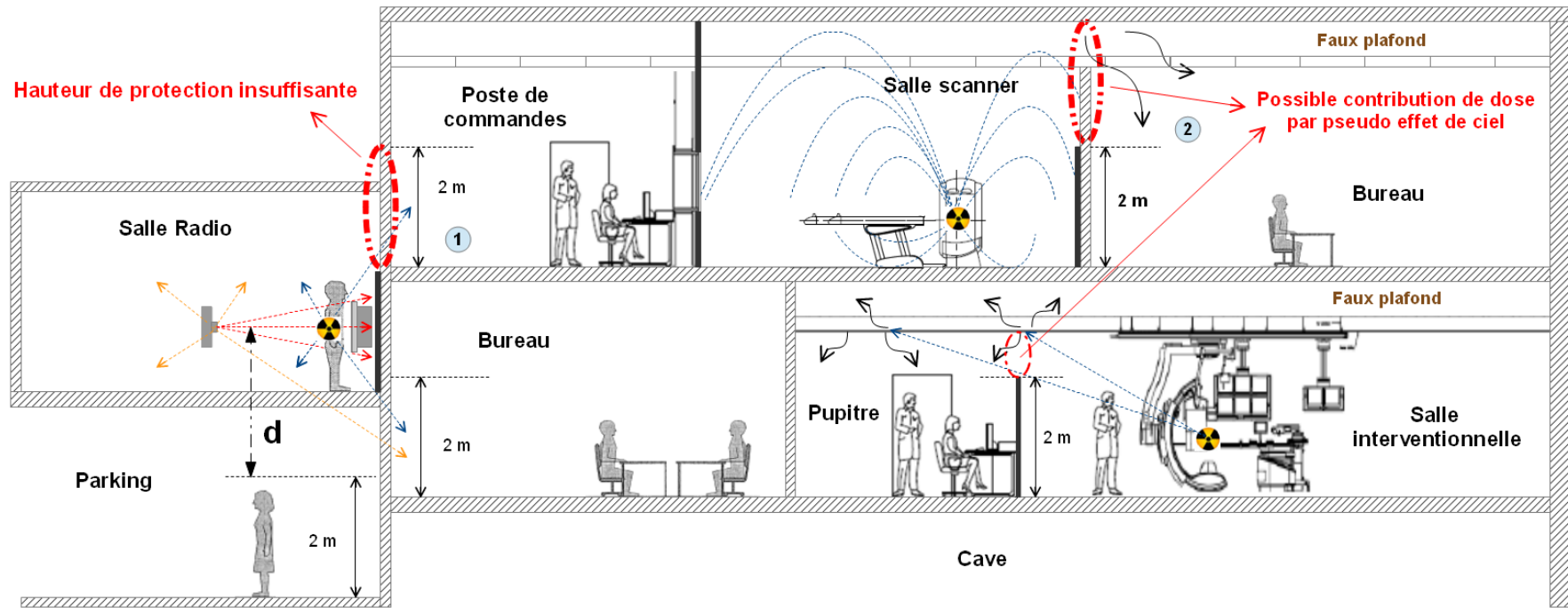


❖ Rayonnement diffusé et de fuite pour toutes les autres parois.

→ Le faisceau primaire est en permanence intercepté par les éléments constitutifs de l'appareil lui-même.

Analyse du retour d'expérience (4)

Les distances et la justification des 2m de hauteur



Exemples de justification de hauteur de protection (vue en coupe)

- 1 Locaux adjacents à une installation avec des niveaux à demi-étages
- 2 Possibilité d'un pseudo effet de ciel (faux plafond, paravent plombé)

Mesure réalisée : Ryt. direct, diffusé ou fuite

Résultats pour une table équipée d'un amplificateur de brillance :

| Salle télécommandée 1: SIEMENS ICONOS | Scopie : Amplificateur de luminance Graphie : Plaques photo simulables (24x30 cm) | | |
|---|--|----------------------|----------------------------|
| Mode utilisé | Haute tension (kV) | Charge totale (mA.s) | Distance foyer – détecteur |
| Graphie (24 x 30) | 81 | 50 | 115 cm |



- ① Devant le détecteur : 3 500 μ Gy
- ② En sortie du détecteur : 0,030 μ Gy
- ③ Mesure à 1m : 4 μ Gy

- ➔ Facteur d'atténuation du rayonnement primaire dans le détecteur : \approx 100 000
- ➔ Rayonnement diffusé \approx 1 000 fois plus faible que le rayonnement primaire
- ➔ Rayonnements à considérer pour les calculs : **Diffusé + Fuite**

Exemple : salle de radiologie conventionnelle (1)

Salle disposant d'une suspension plafonnière équipée d'un tube à rayons X.

Les examens réalisés sont les suivants (semaine la plus pénalisante) :

- 90 radiographies des membres sur une table horizontale ;
- 60 radiographies du thorax sur le « Potter » mural n° 1 ;
- 30 radiographies du rachis lombaire sur le « Potter » mural n° 2.

Cas général traitant à la fois les trois types de rayonnement :

- Rayonnement primaire
- Rayonnement diffusé
- Rayonnement de fuite

Futur guide d'aide à la mise en œuvre de la nlle norme NFC 15-160



Exemple: salle de radiologie conventionnelle (2)

Détermination de la charge de travail W (basée sur 40 heures de travail)

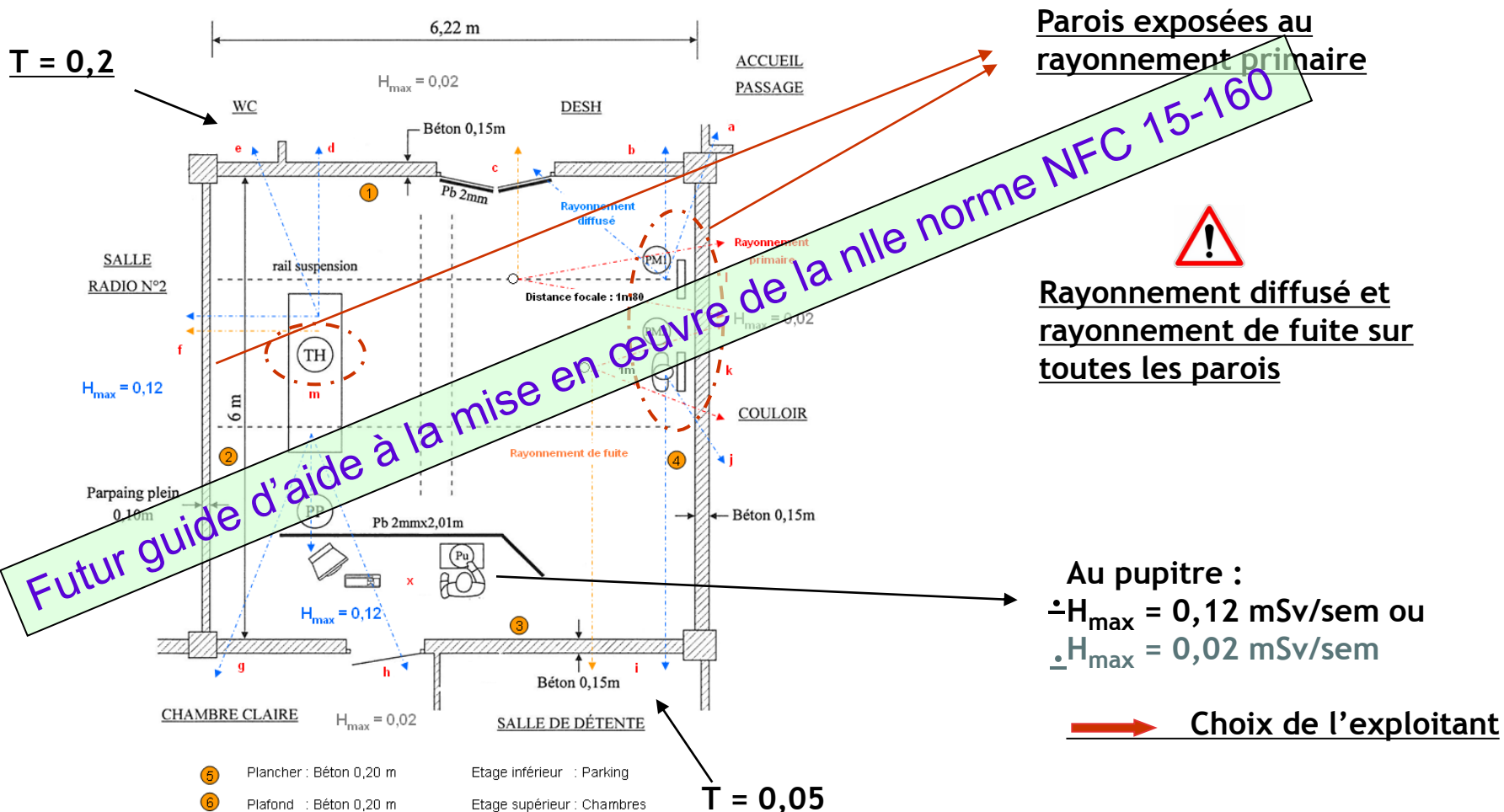
| Procédures | Cliché(s) / examen | HT max (kV) | Charge (mA.s) | Examens / sem | W (mA.min/sem) |
|-----------------|---------------------------|-------------|---------------|---------------|----------------|
| Poumons | 1 cliché (Face) | 120 | 4 | 60 | 4 |
| Membres | 2 clichés (Face + Profil) | 60 | 40 | 90 | 120 |
| Rachis lombaire | 2 clichés (Face) | 80 | 50 | 30 | 100 |
| | 1 cliché (Profil) | 100 | 100 | | |
| | | | Total | 180 | 224 |

| Salle de radiologie conventionnelle - environ 180 examens / semaine | | | |
|--|--|--|--|
| Haute Tension maximale utilisée : 120 kV Filtration ⁽¹⁾ : > 2,5 mm Al | | W = 225 mA.min / sem W _{norme} = 300 mA.min / sem | |
| Type de rayonnement : Primaire derrière le PM n°1, le PM n°2, et sous la table de radiographie ; - Diffusé + Fuite sur toutes les parois. | | | |
| Γ_r ⁽²⁾ = 12 mSv.m ² / mA.min | Q = 180 mA.min / h | f ⁽³⁾ = 0,5 | X _{1/2 Pb} ⁽²⁾ (125 kV) = 0,28 mm |
| C _g = 1 mSv.m ² / h | k ⁽²⁾ = 2,5 x 10 ⁻³ m ² | b ⁽⁴⁾ = 0,8 m | X _{1/10 Pb} ⁽²⁾ (125 kV) = 0,93 mm |

Futur guide d'aide à la mise en œuvre de la nle norme NFC 15-160

Exemple: salle de radiologie conventionnelle (3)

Identification des secteurs à protéger



Exemple: salle de radiologie conventionnelle (4)

Résultat des calculs

| Paroi | Secteurs à calculer | T ⁽¹⁾ | R ⁽²⁾ | Distances (m) | | | | H _{max} | Facteurs d'atténuation | | | Épaisseurs de plomb (mm) | | | |
|------------------|---------------------|------------------|------------------|---------------|-----|-----|------|------------------|------------------------|----------------|----------------|--------------------------|----------------|----------------|-------------------------------|
| | | | | a | b | c | d | | F _p | F _s | F _g | e _p | e _s | e _g | e _l ⁽³⁾ |
| 1 | a | 1 | | | | 2,8 | 1,7 | 0,02 | 180 | 4 | | 1,3 | 0,5 | 1,6 | |
| | b | 0,05 | | | | 1,5 | 1,5 | | 12 | <1 | | 0,45 | 0 | 0,5 | |
| | c | 0,05 | | | | 1,5 | 2,3 | | 5 | <1 | | 0,25 | 0 | 0,3 | |
| | d | 0,05 | | | | 2,3 | 2,3 | | 5 | <1 | | 0,25 | 0 | 0,3 | |
| | e | 0,05 | | | | 2,4 | 2,4 | | 18 | 1,5 | | 0,55 | 0,1 | 0,9 | |
| 2 | | 1 | | | 1,4 | 1,4 | 0,12 | 45 | 3 | | 0,85 | 0,4 | 1,2 | | |
| 3 | g | 1 | | | 3,4 | 3,4 | 0,02 | 45 | 3 | | 0,85 | 0,4 | 1,2 | | |
| | h | 1 | | | 3,7 | 3,7 | | 40 | 2 | | 0,8 | 0,25 | 1,1 | | |
| | i | 0,05 | | | 3,7 | 3,7 | | 2 | <1 | | 0,1 | 0 | 0,1 | | |
| 4 | j | 0,2 | | | 1,7 | 1,2 | 0,02 | 75 | 2 | | 1 | 0,25 | 1,3 | | |
| | k | 0,2 | 1 | 1,4 | | | | 14 000 | | | 3 | | 1,8 | | |
| 5 ⁽⁴⁾ | l | 0,2 | 0,1 | 2,2 | | | 550 | | | 1,75 | | 1,9 | | | |
| | m | 0,05 | 1 | 3 | | | 750 | | | 1,85 | | 1,9 | | | |
| 5 ⁽⁴⁾ | Plancher | 0,05 | | | 2,2 | 2,2 | | 5 | <1 | | 0,25 | 0 | 0,3 | | |
| 6 ⁽⁴⁾ | Plafond | 1 | | 0,8 | 1,8 | 1,8 | | 160 | 10 | | 1,25 | 0,85 | 1,6 | | |
| PU | x | 1 | | | 1,7 | 1,7 | 0,12 | 30 | 2 | | 0,7 | 0,25 | 1 | | |

Distances les plus pénalisantes

Facteur d'orientation R

Taux d'occupation T :
Chambre claire T = 1
Salle d'attente T = 0,05

Épaisseur importante de plomb lorsque la paroi est exposée au primaire

Futur guide d'aide à la mise en œuvre de la nile norme NFC 15-160

EXEMPLES

Cas 1 : radiologie médicale (radiographie)

Détermination des points de calcul

Réalisation de calculs de protections

- Rayonnement primaire
- Rayonnements diffusé et de fuite

Cas 2 : radiologie dentaire (panoramique)

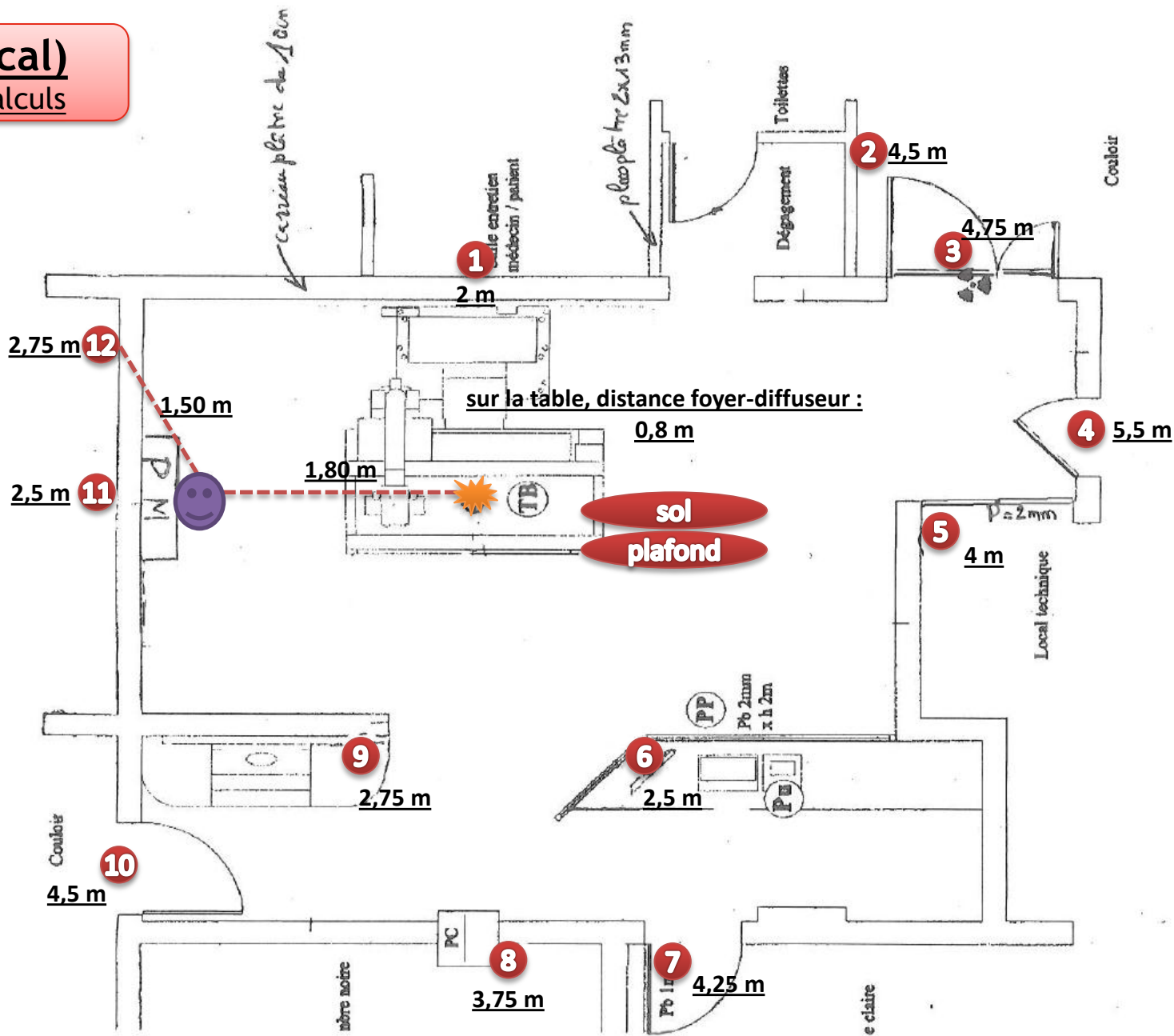
Réalisation de calculs de protection

Cas 3 : radiologie industrielle

Réalisation de calculs de protection

Cas 1 (médical)

Réalisation des calculs



Domaine : imagerie médicale (graphie uniquement)

HT nominale : 150 kV

HT max : 120 kV

Filtration : 3 mm Al

1/4 des examens réalisés sur le potter mural

Cas 1

Rayonnement primaire Potter mural (point 11)

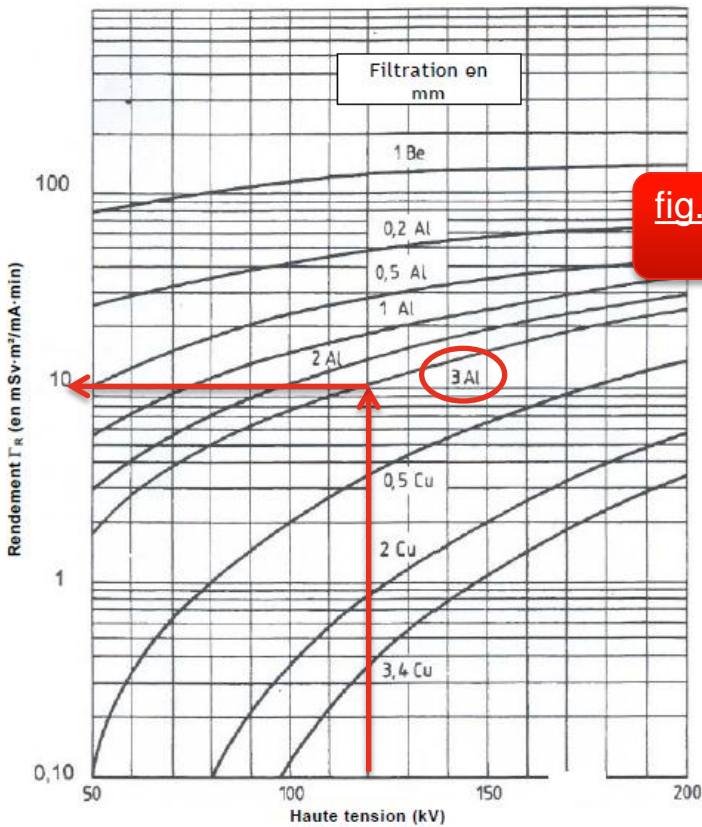


fig. 2a (3 mm Al - 120 kV) :
10 mSv.m² / mA.min

tab. 1 :
300 mA.min/semaine

§4.2.2 :
0,3

ASN & DGT :
1

$$F_p = \frac{\Gamma_R \cdot W \cdot R \cdot T}{\dot{H}_{max} \cdot a^2}$$

zone non réglementée :
0,02 mSv/semaine

plan :
2,5 m

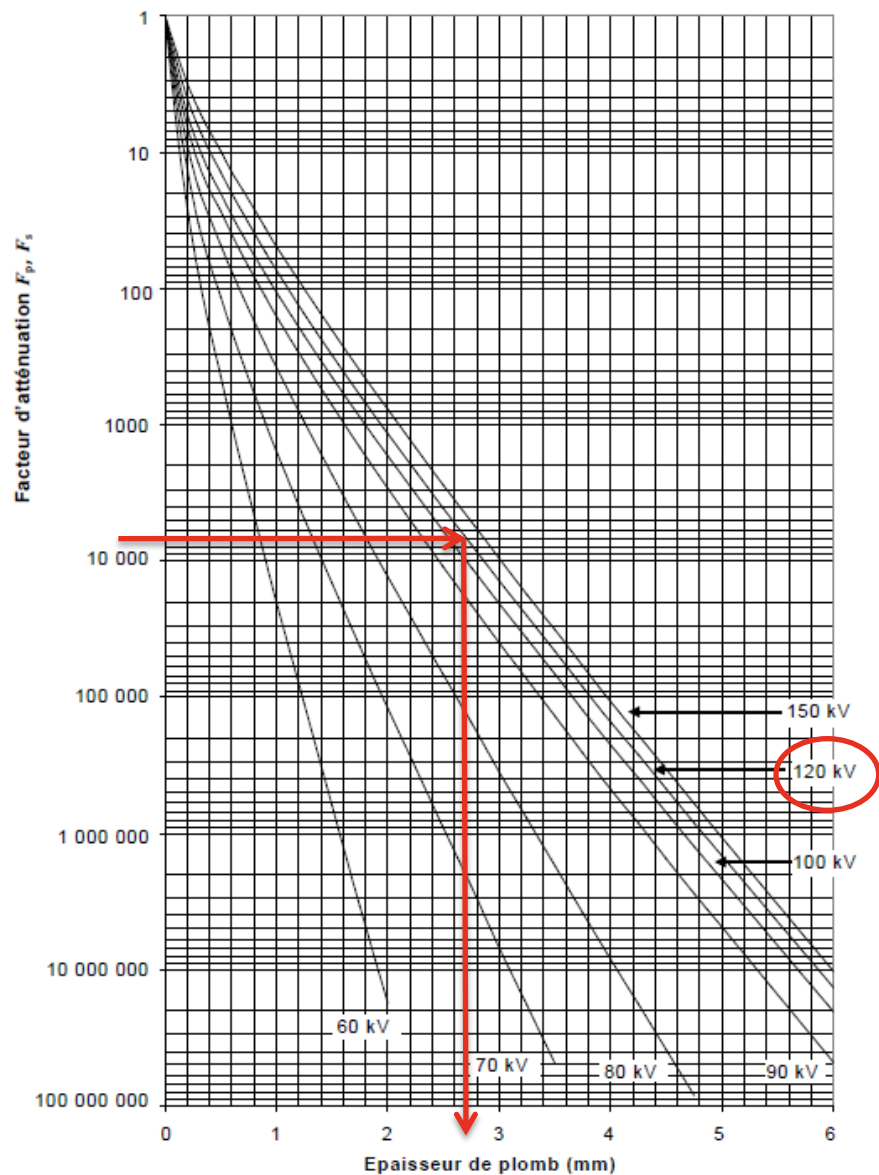
Cas 1

Rayonnement primaire

$$F_p = 7200$$

$$e_p = 2,75 \text{ mm}$$

$$e = 2,75 \text{ mm}$$



Cas 1

Rayonnement diffusé et de fuite

Bureau médecin (point 1)

tab. 1 :
300 mA.min/semaine

fig. 2a (3 mm Al - 120 kV) :
10 mSv.m² / mA.min

tab. 3 (120 kV) :
0,0025

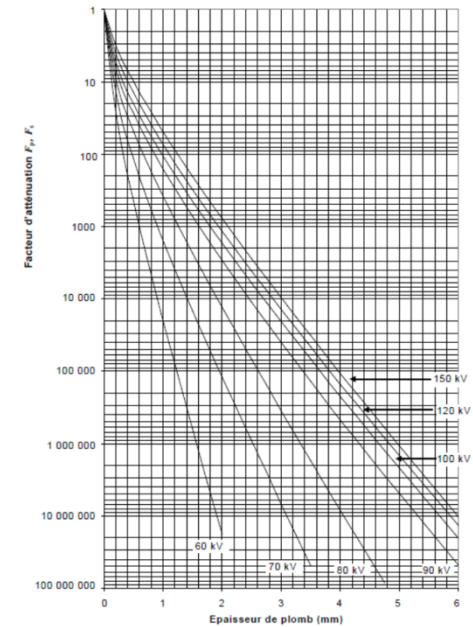
ASN & DGT :
1

$$F_s = \frac{I_R \cdot W \cdot k \cdot T}{\dot{H}_{max} \cdot b^2 \cdot d^2}$$

zone non réglementée :
0,02 mSv/semaine

plan :
2 m

Distance foyer-diffuseur :
0,8 m



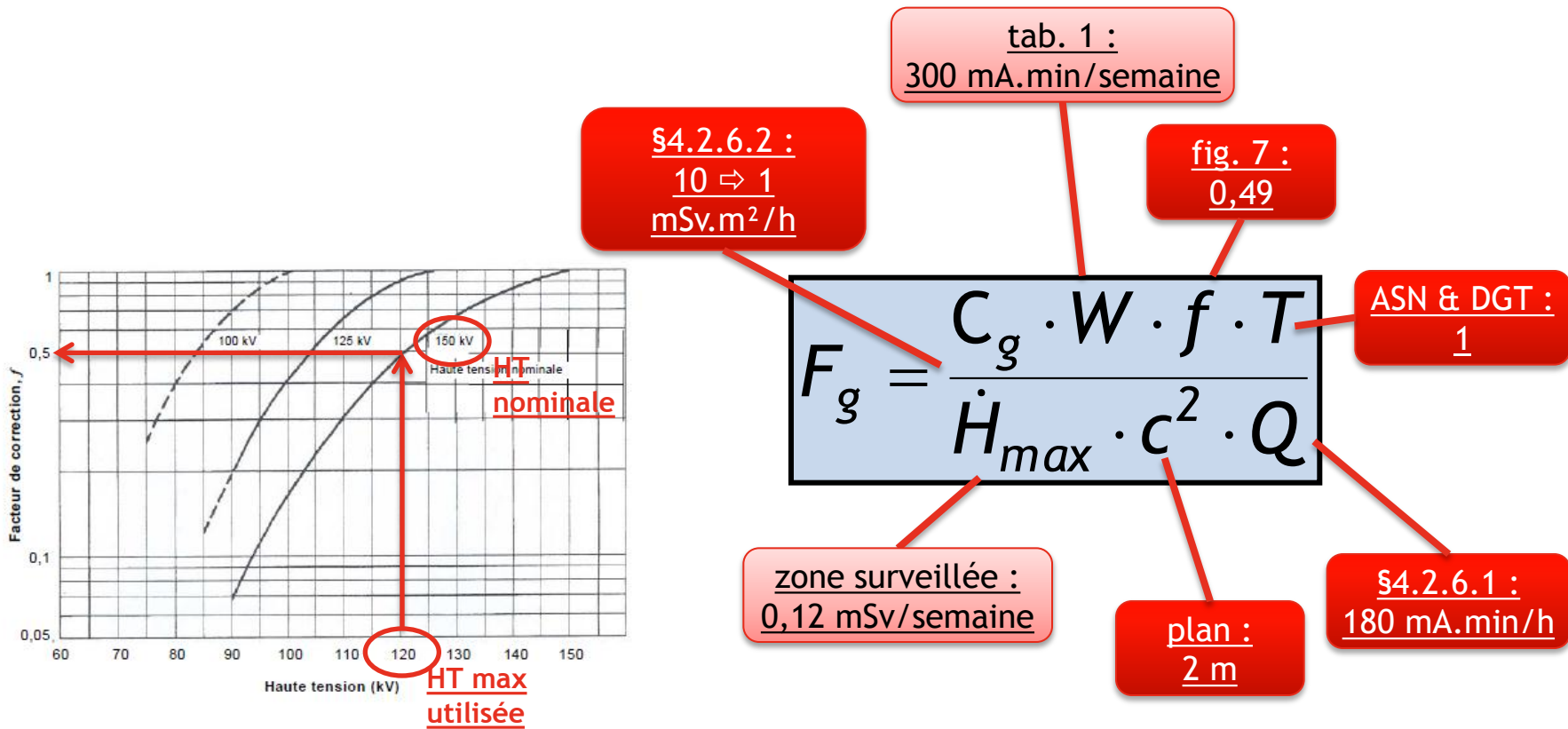
$$F_s = 146,5$$

$$e_s = 1,25 \text{ mm}$$

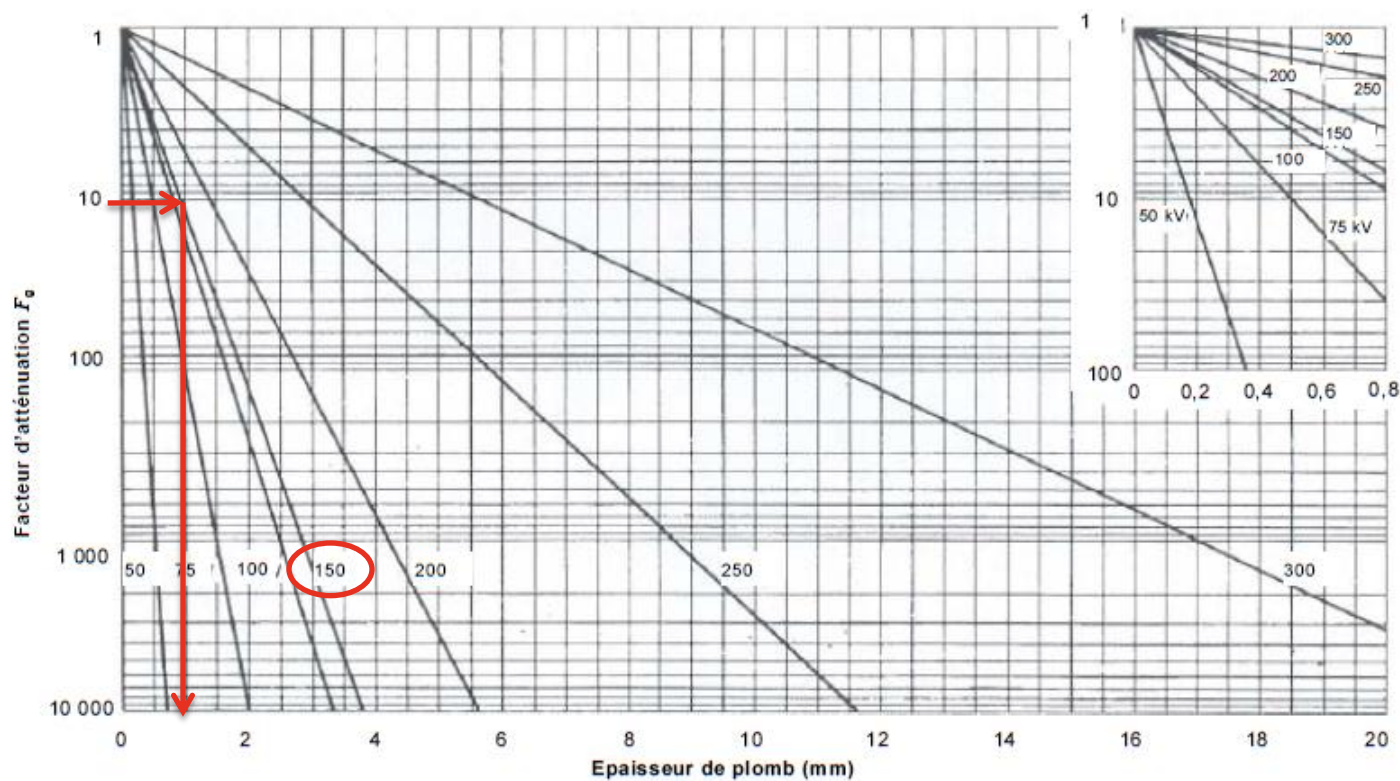
Cas 1

Rayonnement diffusé et de fuite

Bureau médecin (point 1)



Cas 1



Rayonnement de fuite

$$F_g = 10,3 \quad e_g = 1 \text{ mm}$$

Cas 1

Règle des épaisseurs

Si les épaisseurs des écrans de protection e_s et e_g , déduites de F_s et F_g , diffèrent par au moins une couche de déci-transmission, la plus élevée des 2 épaisseurs suffit.

Si les épaisseurs e_s et e_g diffèrent par moins d'une couche de déci-transmission, une épaisseur de demi transmission doit être ajoutée à la plus forte des 2 valeurs pour obtenir l'épaisseur de l'écran de protection nécessaire

Application au point 1

$$e_s = 1,25 \text{ mm et } e_g = 1 \text{ mm}$$

$$c_{1/2} = 0,28 \text{ mm et } c_{1/10} = 0,93 \text{ mm (tab. 4)}$$

$$|e_s - e_g| = 0,25 \text{ mm} < c_{1/10}$$

$$e = \max(e_s, e_g) + c_{1/2} = e_s + c_{1/2} = 1,25 + 0,28 = 1,53 \text{ mm}$$

$$e = 1,53 \text{ mm}$$

| | | | |
|---|---|-------------------------------|--|
| Calcul effectué par : | Etablissement: | | |
| Fonction : | Adresse : | | |
| Date : | | | |
| Application : Domaine médical: Imagerie radiologique générale avec graphie unique | Service : | | |
| Installateur : | Local : | | |
| Appareil : | HT nominale (kV) : 150 | | |
| Type : | HT max utilisée (kV) : 120 | | |
| PARAMETRES UTILISES POUR LES CALCULS : | Filtration : Matériau : Al Epaisseur (mm) : 3 | | |
| | Largeur du faisceau (cm) : (cas du scanner) | | |
| Γ_R (mSv.m ² /mA.min) : | Valeur proposée par la norme | Valeur retenue pour le calcul | Epaisseur de déci-transmission (mm Pb) : 0,93 |
| k (m ²) : | 10,0 | 10,0 | Epaisseur de demi-transmission (mm Pb) : 0,28 |
| C _g (mSv.m ² /h) : | 0,0025 | 0,0025 | MODE D'UTILISATION : |
| f : | 10 => 1 | 1 | Intensité maximale (mA) : |
| Q (mA.min/h) : | 0,49 | 0,49 | Durée d'utilisation maximale hebdomadaire (min par semaine) : |
| W (mA.min par semaine) : | 180 | 180 | Charge de travail maximale hebdomadaire (mA.min par semaine) : 300 |
| | 300 | 300 | |

| Pari | Zone | H _{max} mSv/sem | W mA.min | T - | Rayonnement primaire | | | | Rayonnement diffusé | | | | Rayonnement de fuite | | | e mm Pb | Protection existante | | | Protection à ajouter | | Hauteur (m) ou Surf. (m ²) |
|------|---|-----------------------------|-------------|--------|----------------------|--------|---------------------|-------------------------|---------------------|--------|---------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|-------------------------|------------|----------------------|-----------|--------------|----------------------|-----------|---|
| | | | | | R - | a m | F _p - | e _p mm Pb | b m | d m | F ₅ - | e ₅ mm Pb | c m | F _g - | e _g mm Pb | | Nature | Ep. mm | Eq. Pb mm | Nature | Ep. mm | |
| 1 | Publique | 0,02 | 300 | 1 | | | | | 0,8 | 2 | 146,48 | 1,25 | 2 | 10,265 | 0,96 | 1,53 | Plâtre (0,84) | 100 | 0,32 | Plomb (11,3) | 1,21 | |
| 2 | Publique | 0,02 | 300 | 1 | | | | | 0,8 | 4,5 | 28,935 | 0,80 | 4,5 | 2,0277 | 0,30 | 1,08 | Plâtre (0,84) | 26 | 0,08 | Plomb (11,3) | 1,00 | |
| 3 | Publique | 0,02 | 300 | 1 | | | | | 0,8 | 4,75 | 25,97 | 0,70 | 4,75 | 1,8199 | 0,25 | 0,98 | | | | Plomb (11,3) | 0,98 | |
| 4 | Publique | 0,02 | 300 | 1 | | | | | 0,8 | 5,5 | 19,37 | 0,60 | 5,5 | 1,3574 | 0,13 | 0,88 | | | | Plomb (11,3) | 0,88 | |
| 5 | Publique | 0,02 | 300 | 1 | | | | | 0,8 | 4 | 36,621 | 0,80 | 4 | 2,5663 | 0,39 | 1,08 | Plâtre (0,84) | 100 | 0,32 | Plomb (11,3) | 0,76 | |
| 6 | Surveillée | 0,12 | 300 | 1 | | | | | 0,8 | 2,5 | 15,625 | 0,60 | 2,5 | 1,095 | 0,04 | 0,88 | | | | Plomb (11,3) | 0,88 | |
| 7 | Publique | 0,02 | 300 | 1 | | | | | 0,8 | 4,25 | 32,439 | 0,80 | 4,25 | 2,2733 | 0,34 | 1,08 | | | | Plomb (11,3) | 1,08 | |
| | Si le paravent du pupitre a une protection équivalente à 1 mm Pb, la porte doit être renforcée. Avec une protection au niveau du pupitre équivalente à 2 mm, aucun renfort n'est nécessaire | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Publique | 0,02 | 300 | 1 | | | | | 0,8 | 3,75 | 41,667 | 0,90 | 3,75 | 2,9199 | 0,45 | 1,18 | Plâtre (0,84) | 100 | 0,32 | Plomb (11,3) | 0,86 | |
| 9 | Surveillée | 0,12 | 300 | 1 | | | | | 0,8 | 2,25 | 19,29 | 0,60 | 2,25 | 1,3518 | 0,13 | 0,88 | Plâtre (0,84) | 100 | 0,32 | Plomb (11,3) | 0,56 | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|------------------------------|--|---|-------------------------------|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Calcul effectué par : | | | | Etablissement: | | | | | | | | | | | | |
| Fonction : | | | | Adresse : | | | | | | | | | | | | |
| Date : | | | | Service : | | | | | | | | | | | | |
| Application : Domaine médical: Imagerie radiologique générale avec graphie unique | | | | Local : | | | | | | | | | | | | |
| Installateur : | | | | HT nominale (kV) : 150 | | | | | | | | | | | | |
| Appareil : | | | | HT max utilisée (kV) : 120 | | | | | | | | | | | | |
| Type : | | | | Filtration : Matériau : Al Epaisseur (mm) : 3 | | | | | | | | | | | | |
| PARAMETRES UTILISES POUR LES CALCULS : | | | | Largeur du faisceau (cm) : (cas du scanner) | | | | | | | | | | | | |
| | | Valeur proposée par la norme | | | Valeur retenue pour le calcul | | | Epaisseur de déci-transmission (mm Pb) : 0,93 | | | | | | Epaisseur de demi-transmission (mm Pb) : 0,28 | | |
| Γ _R (mSv.m ² /mA.min) : | | 10,0 | | | 10,0 | | | MODE D'UTILISATION : | | | | | | Intensité maximale (mA) : | | |
| k (m ²) : | | 0,0025 | | | 0,0025 | | | Durée d'utilisation maximale hebdomadaire (min par semaine) : | | | | | | Charge de travail maximale hebdomadaire (mA.min par semaine) : 300 | | |
| C _g (mSv.m ² /h) : | | 10 => 1 | | | 1 | | | | | | | | | | | |
| f : | | 0,49 | | | 0,49 | | | | | | | | | | | |
| Q (mA.min/h) : | | 180 | | | 180 | | | | | | | | | | | |
| W (mA.min par semaine) : | | 300 | | | 300 | | | | | | | | | | | |

| Pari | Zone | H _{max} mSv/sem | W mA.min | T - | Rayonnement primaire | | | | Rayonnement diffusé | | | | Rayonnement de fuite | | | e mm Pb | Protection existante | | | Protection à ajouter | | |
|--|----------|-----------------------------|-------------|--------|----------------------|--------|---------------------|-------------------------|---------------------|--------|---------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|-------------------------|------------|----------------------|-----------|--------------|----------------------|-----------|---|
| | | | | | R - | a m | F _p - | e _p mm Pb | b m | d m | F _s - | e _s mm Pb | c m | F _g - | e _g mm Pb | | Nature | Ep. mm | Eq. Pb mm | Nature | Ep. mm | Hauteur (m) ou Surf. (m ²) |
| 10 | Publique | 0,02 | 300 | 1 | | | | | 0,8 | 4,5 | 28,935 | 0,80 | 4,5 | 2,0277 | 0,30 | 1,08 | Plâtre (0,84) | 100 | 0,32 | Plomb (11,3) | 0,76 | |
| avec 0,56 mm ajoutés au point 9, il faudrait ajouter 0,2 mm sur la porte. En pratique, 1 mm sera ajouté au point 9 et aucune protection supplémentaire ne sera nécessaire sur la porte | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | Publique | 0,02 | 300 | 1 | 0,3 | 2,5 | 7200 | 2,75 | | | | | | | | 2,75 | Plâtre (0,84) | 100 | 0,32 | Plomb (11,3) | 2,43 | |
| 12 | Publique | 0,02 | 300 | 1 | | | | | 1,8 | 1,5 | 51,44 | 0,90 | 2,75 | 5,4296 | 0,70 | 1,18 | Plâtre (0,84) | 100 | 0,32 | Plomb (11,3) | 0,86 | |
| sol | Publique | 0,02 | 300 | 1 | 1 | 2,8 | 19133 | 3,2 | | | | | | | | 3,20 | Béton (2,3) | 200 | 2,28 | Plomb (11,3) | 0,92 | |
| plafond | Publique | 0,02 | 300 | 1 | | | | | 0,8 | 2,4 | 101,73 | 1,20 | 1,6 | 16,04 | 1,15 | 1,48 | Béton (2,3) | 200 | 2,28 | Plomb (11,3) | 0,00 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | |
|---|---|--|-------------------------------|
| Calcul effectué par : | Etablissement: | | |
| Fonction : | Adresse : | | |
| Date : | | | |
| Application : Domaine dentaire: Imagerie radiologique dentaire panoramique | Service : | | |
| Installateur : | Local : | | |
| Appareil : | HT nominale (kV) : 70 | | |
| Type : | HT max utilisée (kV) : 70 | | |
| PARAMETRES UTILISES POUR LES CALCULS : | Filtration : Matériau : Al Epaisseur (mm) : 2,5 | | |
| | Largeur du faisceau (cm) : (cas du scanner) | | |
| | Epaisseur de déci-transmission (mm Pb) : 0,52 | | |
| Epaisseur de demi-transmission (mm Pb) : 0,17 | | MODE D'UTILISATION : Intensité maximale (mA) : 7 Durée d'utilisation maximale hebdomadaire (min par semaine) : 3,2 Charge de travail maximale hebdomadaire (mA.min par semaine) : 22,4 | |
| Γ_R (mSv.m ² /mA.min) : | Valeur proposée par la norme | | Valeur retenue pour le calcul |
| k (m ²) : | 5,5 | | 5,5 |
| C _g (mSv.m ² /h) : | 0,0001 | | 0,0001 |
| f : | 1 | | 1 |
| Q (mA.min/h) : | 1,00 | 1,00 | |
| W (mA.min par semaine) : | 30 | 30 | |
| | 100 | 22,4 | |

| Paroi | Zone | H _{max} mSv/sem | W mA.min | T - | Rayonnement primaire | | | | Rayonnement diffusé | | | | Rayonnement de fuite | | | e mm Pb | Protection existante | | | Protection à ajouter | | |
|------------------------------------|------------|-----------------------------|-------------|--------|----------------------|--------|---------------------|-------------------------|---------------------|--------|---------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|-------------------------|------------|----------------------|-----------|--------------|----------------------|-----------|---|
| | | | | | R - | a m | F _p - | e _p mm Pb | b m | d m | F _s - | e _s mm Pb | c m | F _g - | e _g mm Pb | | Nature | Ep. mm | Eq. Pb mm | Nature | Ep. mm | Hauteur (m) ou Surf. (m ²) |
| 1 cloison salle d'attente | Publique | 0,02 | 22,4 | 1 | | | | | 0,3 | 0,9 | 8,44993 | 0,20 | 0,6 | 103,704 | 1,01 | 1,01 | Plâtre (0,84) | 100 | 0,45 | Plomb (11,3) | 0,56 | |
| 2 porte salle d'attente | Publique | 0,02 | 22,4 | 1 | | | | | 0,3 | 1,3 | 4,04997 | 0,10 | 1 | 37,3333 | 0,79 | 0,79 | | | | Plomb (11,3) | 0,79 | |
| 3 cloison entre les 2 portes | Publique | 0,02 | 22,4 | 1 | | | | | 0,3 | 2 | 1,71111 | 0,10 | 1,7 | 12,9181 | 0,56 | 0,73 | Plâtre (0,84) | 100 | 0,45 | Plomb (11,3) | 0,28 | |
| 4 porte couloir secrétariat | Publique | 0,02 | 22,4 | 1 | | | | | 0,3 | 3,6 | 0,52812 | | 3,3 | 3,42822 | 0,27 | 0,27 | | | | Plomb (11,3) | 0,27 | |
| 5 cloison | Publique | 0,02 | 22,4 | 1 | | | | | 0,3 | 4,4 | 0,35354 | | 4,1 | 2,2209 | 0,18 | 0,18 | Plâtre (0,84) | 100 | 0,45 | Plomb (11,3) | 0,00 | |
| 6 vitre | Publique | 0,02 | 22,4 | 1 | | | | | 0,3 | 5,5 | 0,22626 | | 5,2 | 1,38067 | 0,08 | 0,08 | | | | Verre (2,5) | 8,00 | |
| 6bis vitre | Surveillée | 0,12 | 22,4 | 1 | | | | | 0,3 | 5,5 | 0,03771 | | 5,2 | 0,23011 | | 0,00 | | | | Verre (2,5) | 0,00 | |
| 7 cloison WC | Publique | 0,02 | 22,4 | 1 | | | | | 0,3 | 6,7 | 0,15247 | | 6,4 | 0,91146 | | 0,00 | Plâtre (0,84) | 100 | 0,45 | Plomb (11,3) | 0,00 | |
| 8 fenêtre | Publique | 0,02 | 22,4 | 1 | | | | | 0,3 | 3 | 0,76049 | | 2,6 | 5,52268 | 0,38 | 0,38 | | | | Plomb (11,3) | 0,38 | |

Cas 3 (industriel)

Réalisation des calculs

Domaine : imagerie radiologique industrielle

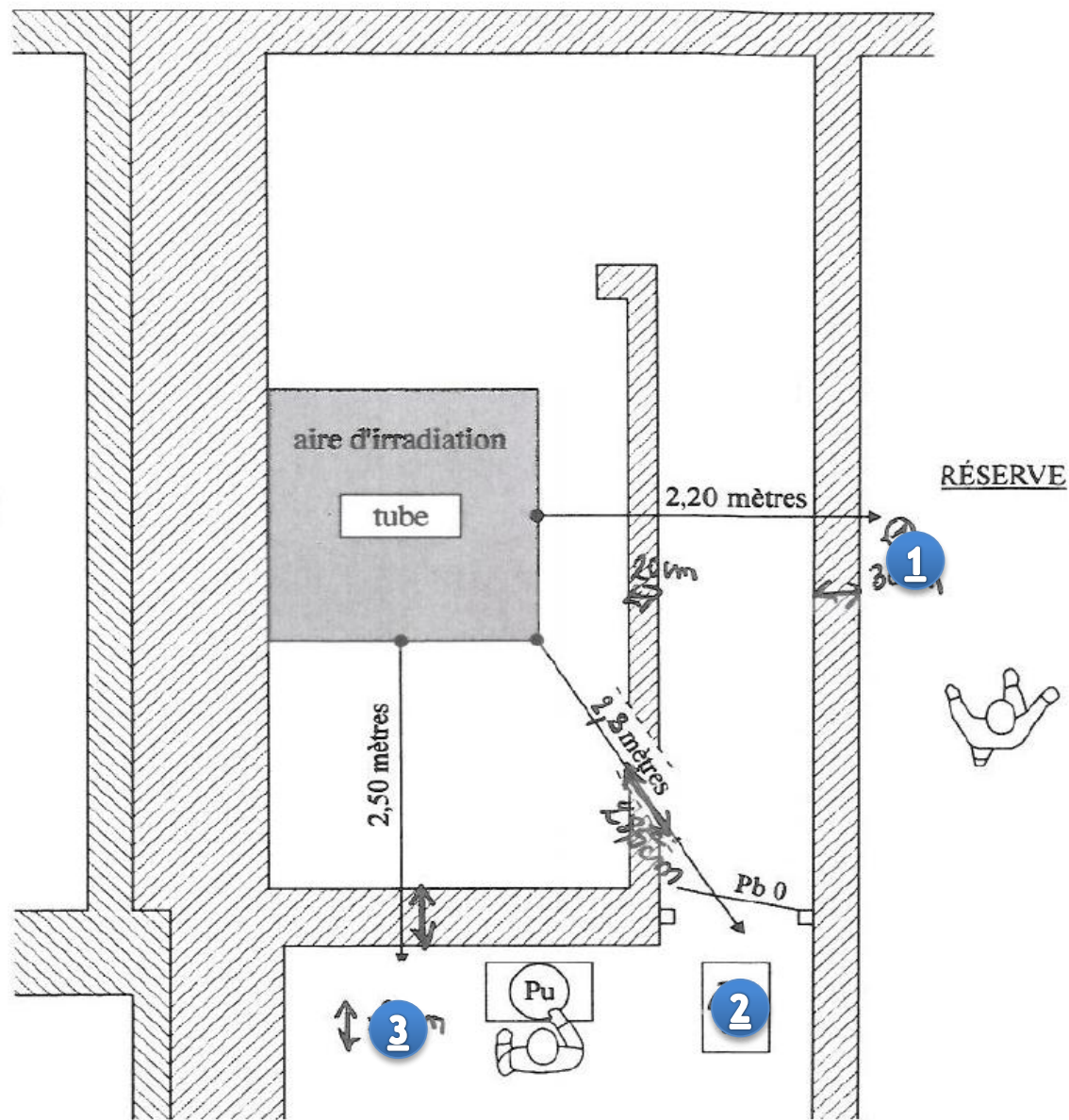
HT nominale : 200 kV

HT max : 200 kV

Filtration : 2,5 mm Cu

Charge de travail : 6000 mA.min

SALLE
GAM 80



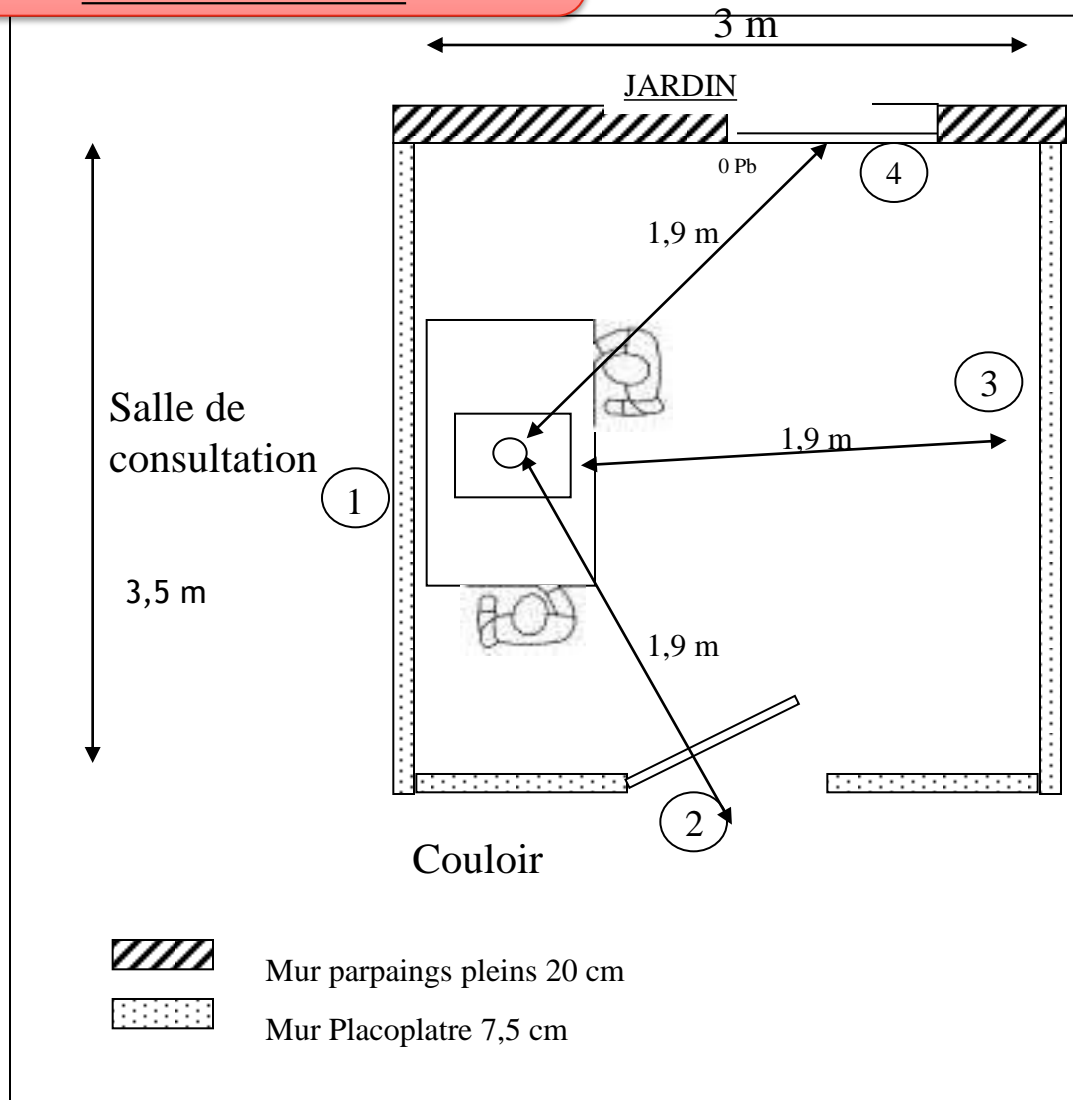
PARKING

| | | | | | |
|---|------------------------------|-------------------------------|---|--|--|
| Calcul effectué par : | | | Etablissement: | | |
| Fonction : | | | Adresse : | | |
| Date : | | | Service : | | |
| Application : Domaine industriel et scientifique: Imagerie radiologique industrielle | | | Local : | | |
| Installateur : | | | HT nominale (kV) : 200 | | |
| Appareil : | | | HT max utilisée (kV) : 200 | | |
| Type : | | | Filtration : Matériau : Cu Epaisseur (mm) : 2,5 | | |
| PARAMETRES UTILISES POUR LES CALCULS : | | | Largeur du faisceau (cm) : (cas du scanner) | | |
| | Valeur proposée par la norme | Valeur retenue pour le calcul | Epaisseur de déci-transmission (mm Pb) : 1,7 | | |
| Γ_R (mSv.m ² /mA.min) : | 5,0 | 5,0 | Epaisseur de demi-transmission (mm Pb) : 0,52 | | |
| k (m ²) : | 0,0028 | 0,0028 | MODE D'UTILISATION : | | |
| C _g (mSv.m ² /h) : | 10 | 10 | Intensité maximale (mA) : | | |
| f : | 1,00 | 1,00 | Durée d'utilisation maximale hebdomadaire (min par semaine) : | | |
| Q (mA.min/h) : | 900 | 900 | Charge de travail maximale hebdomadaire (mA.min par semaine) : 6000 | | |
| W (mA.min par semaine) : | 6000 à 9000 | 6000 | | | |

| Pari | Zone | H _{max} mSv/sem | W mA.min | T - | Rayonnement primaire | | | | Rayonnement diffusé | | | | Rayonnement de fuite | | | e mm Pb | Protection existante | | | Protection à ajouter | | |
|------|----------|-----------------------------|-------------|--------|----------------------|--------|---------------------|-------------------------|---------------------|--------|---------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|-------------------------|-------------|----------------------|-----------|--------------|----------------------|-----------|---|
| | | | | | R - | a m | F _p - | e _p mm Pb | b m | d m | F _s - | e _s mm Pb | c m | F _g - | e _g mm Pb | | Nature | Ep. mm | Eq. Pb mm | Nature | Ep. mm | Hauteur (m) ou Surf. (m ²) |
| 1 | Publique | 0,02 | 6000 | 1 | 0,3 | 2,2 | 93196 | 10 | | | | | | | 10,00 | Béton (2,3) | 500 | 9,33 | Plomb (11,3) | 0,67 | | |
| 2 | Publique | 0,02 | 6000 | 1 | 0,1 | 2,8 | 19178 | 7,5 | | | | | | | 7,50 | Béton (2,3) | 285 | 4,33 | Plomb (11,3) | 3,17 | | |
| 3 | Publique | 0,02 | 6000 | 1 | 0,1 | 2,5 | 24057 | 8 | | | | | | | 8,00 | Béton (2,3) | 300 | 4,66 | Plomb (11,3) | 3,34 | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Cas 4 (installation vétérinaire petits animaux)

Réalisation des calculs



HT max. utilisée : 120 kV

Filtration : 3 mm Al

W : 300 mA.mn/sem

$\Gamma = 10 \text{ mSv.m}^2/(\text{mA.min})$

\dot{H}_{max}

0,02 mSv/sem.

Installation radiologique vétérinaire petits animaux

HT max. utilisée : 120 kV

Filtration : 3 mm Al

W : 300 mA.mn/sem

$\Gamma = 10 \text{ mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$

$k = 0,0022 \text{ m}^2$

$C_g = 1 \text{ mSv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$

$f = 1$

$Q = 180 \text{ mA}\cdot\text{min}\cdot\text{h}^{-1}$

Paroi 1 (ZNR)

$$\left. \begin{array}{l} F_s = 25 \Rightarrow E_p(\text{Pb}) = 0,5 \text{ mm} \\ F_g = 4,5 \Rightarrow E_p(\text{Pb}) = 0,5 \text{ mm} \end{array} \right\} E_p(\text{Pb}) = 0,8 \text{ mm}$$

Paroi 2-3-4 (ZNR)

$$\left. \begin{array}{l} F_s = 1,7 \Rightarrow E_p(\text{Pb}) = 0,1 \text{ mm} \\ F_g = 0,3 \Rightarrow E_p(\text{Pb}) = 0 \text{ mm} \end{array} \right\} E_p(\text{Pb}) = 0,4 \text{ mm}$$

Conclusion

La révision de la norme NFC 15-160 permet de proposer une méthode de calcul qui :

- Implique l'exploitant par le choix de la valeur de W , fonction de son activité ;
- Est homogène avec les méthodes de calcul des autres pays et en particulier de pays européens ;
- Ne ramène pas la radioprotection à une surface et des dimensions d'installation ;
- S'adapte aux (éventuelles) évolutions de la RP par le prise en compte de T , \dot{H}_{\max} ...
- Permet de mener conjointement une réflexion sur la protection et l'optimisation.

AFNOR :

Norm'Info

**11, rue Francis de Pressencé
93571 La Plaine Saint Denis Cedex**

Tél : 01 41 62 76 44

E-mail : norminfo@afnor.org

<http://www.boutique.afnor.org>

Bibliographie

NF C 15-100:2002, *Installations électriques à basse tension*

Amendement 1 (2008)

Amendement 2 (2008)

**UTE C 18-510:1988, *Recueil d'instructions générales de sécurité d'ordre électrique*
(+ mise à jour 2004)**

NF C 74-000:1989, *Radiologie médicale – Terminologie*

CEI 60050-881:1983, *Vocabulaire Electrotechnique International. Radiologie et physique radiologique*

ICRP PUBLICATION 3:1960, *Protection against X-rays up to energies of 3 MeV and beta- and gamma-rays from sealed sources*

NCRP REPORT No. 147:2004, *Structural shielding design for medical X-ray imaging facilities*

NF EN 1125:2008, *Quincaillerie pour le bâtiment - Fermetures anti-panique manœuvrées par une barre horizontale, destinées à être utilisées sur des voies d'évacuation - Exigences et méthodes d'essai*

NOTE : Les dates citées en référence sont celles des normes en vigueur lors de l'édition du présent document. Ces normes et publications sont mises en vente à l'Union technique de l'Electricité et de la Communication, 5 Rue Chantecoq, 92800 Puteaux. <http://www.ute-fr.com/>.



Merci pour votre attention.