



**Avant-projet de norme soumis à enquête probatoire jusqu'au :  
XX mmmm 200X**

Pr NF C 15-160

Indice de classement C 15-160

**T1 Installations pour la production et l'utilisation de rayonnement X**

**T2 Règles générales**

E : Installation for the generation and application of X-rays – General requirements

Avant-projet de norme française homologuée

Est destinée à remplacer les normes homologuées NF C 15-160 (novembre 1975) et son Amendement 1 (septembre 1984), NF C 15-161 (décembre 1990), NF C 15-162 (novembre 1977), NF C 15-163 (décembre 1981) et son Amendement 1 (avril 2002) et NF 15-164 (novembre 1976).

---

Correspondance

---

Analyse

---

Modifications

**AVERTISSEMENT** : LE PRESENT DOCUMENT N'EST PAS UNE NORME FRANÇAISE. IL EST DIFFUSE POUR EXAMEN ET OBSERVATIONS. IL EST SUSCEPTIBLE DE MODIFICATION SANS PREAVIS ET NE DOIT PAS ETRE CITE COMME NORME FRANÇAISE AVANT SA PUBLICATION EN TANT QUE TELLE.

LE PRESENT AVANT-PROJET EST DISTRIBUE TEL QU'IL EST PARVENU A L'UTE. LE TRAVAIL DE REDACTION ET DE COMPOSITION DE TEXTE SERA REALISE A L'UTE AU STADE DE PUBLICATION.

**PR NF C 15-160**

**Installations pour la production et l'utilisation de rayons X  
Règles générales**

## **AVANT-PROPOS**

La présente norme a pour objet de définir les règles générales d'installation des appareils électriques pour la production et l'utilisation des RAYONS X et, en particulier les règles de calcul de la protection radiologique.

Les règles concernant la protection contre les risques d'ordre électrique, sont applicables pour tous les types d'installations.

---

## 1. – INTRODUCTION

### 1.1. – Domaine d'application

La présente norme concerne les INSTALLATIONS RADIOLOGIQUES pour la production et l'utilisation de RAYONS X quel que soit leur usage : médical (y compris dentaire), vétérinaire, industriel ou scientifique.

Elle concerne également les INSTALLATIONS RADIOLOGIQUES correspondantes sur les sites de fabrication, de contrôle et de maintenance des appareils à RAYONS X.

Elle ne s'applique pas aux installations utilisant les rayonnements d'appareils fonctionnant sous une tension supérieure à 600 kV.

### 1.2. – Validité

La présente norme est destinée à remplacer la norme NF C 15-160 de novembre 1975, modifiée par l'amendement 1 de septembre 1984, ainsi que ses normes collatérales: NF C 15-161 de décembre 1990, NF C 15-162 de novembre 1977, NF C 15-163 de décembre 1981 modifiée par l'amendement A1 d'avril 2002 et NF 15-164 de novembre 1976.

### 1.3. – Objet

Sans préjudice à la réglementation applicable, la présente norme a pour objet de définir les conditions dans lesquelles les installations doivent être établies pour assurer à tout moment la sécurité des personnes contre les risques résultant des courants électriques et de l'action des RAYONS X.

### 1.4. – Généralités

#### 1.4.1. – Locaux ou emplacements

1.4.1.1. – Les installations à RAYONS X ne doivent être réalisées que dans des locaux ou emplacements secs ou temporairement humides <sup>(6)</sup>.

1.4.1.2. – Les locaux doivent être aérés afin :

- de respecter les conditions de ventilation requises par la réglementation en vigueur (Code du travail)
- de respecter les conditions de ventilation requises par les appareils et définies par les fabricants.

1.4.1.3. – En cas de présence de plomb, les locaux doivent être aménagés de façon à respecter la réglementation en vigueur concernant l'utilisation des matériaux toxiques.

1.4.1.4. – La signalisation dans le local ou aux accès à celui-ci, de la présence d'une source de rayonnement dans le local, doit être conforme à la réglementation applicable.

Tous les accès d'un local contenant une installation à rayons X doivent comporter une signalisation telle que ces accès ne puissent être franchis par inadvertance. Un signal lumineux et/ou sonore doit fonctionner au moins pendant la durée d'émission du TUBE RADIOGENE.

Pour les ENCEINTES A RAYONNEMENT X et les ENCEINTES AUTO PROTECTRICES A RAYONNEMENT X, la signalisation doit être apposée sur l'enceinte elle-même ; elle peut être reportée aux accès du local.

Les véhicules à l'intérieur desquels est utilisé un équipement à RAYONNEMENT X doivent être considérés comme comportant un local équipé d'une INSTALLATION RADIOLOGIQUE fixe; on considère que l'accès de ce local ne peut être franchi par inadvertance.

1.4.1.5. – L'installation doit être établie de manière à assurer le respect de la réglementation en vigueur afin d'éviter les risques d'explosion et d'incendie pouvant résulter de l'utilisation d'appareils à RAYONS X.

1.4.1.6. – La surface du local doit respecter les exigences d'installation et permettre d'assurer les interventions techniques de maintenance conformément aux instructions écrites du FABRICANT ou de son représentant.

Un espace libre de tout objet sans utilité pour les examens ou contrôles effectués, doit être assuré autour de l'appareil afin de prendre en compte la nature de l'activité et des modalités d'utilisation ou de maintenance du ou des appareils.

### 1.5. – Personnel chargé de l'exécution

La conception et l'exécution des installations doivent être confiées à des personnes qui ont les connaissances techniques et pratiques leur permettant de concevoir et d'exécuter ce travail conformément aux présentes règles.

### 1.6. – Matériel. – Installation électrique

Les matériels électriques employés doivent être conformes aux Normes Françaises applicables, ou en l'absence de celles-ci, aux Normes Européennes et être mis en œuvre conformément aux normes d'installations électriques et aux règles de l'art.

L'installation électrique doit être prévue et vérifiée pour répondre aux caractéristiques du générateur (puissance nominale et instantanée, etc.)<sup>(1) (2) (3)</sup>.

### 1.7. – Règles de protection contre les risques électriques

#### 1.7.1. – Parties d'installation mettant en œuvre des basses tensions.

1.7.1.1. – *Généralités.* – Les parties d'installation électrique du domaine basse tension doivent être conçues et réalisées conformément aux Normes Françaises ou en l'absence de celles-ci aux Normes Européennes applicables et suivant les règles de l'art en vigueur<sup>(1) (3) (4)</sup>.

1.7.1.2. – *Appareil de coupure et de sectionnement.* – Toute installation électrique comportant un équipement de RADIOLOGIE doit être munie en tête du circuit particulier d'alimentation de l'INSTALLATION RADIOLOGIQUE d'un organe de sectionnement permettant de couper simultanément le courant dans les conducteurs actifs. Ce dispositif ne doit commander aucun appareil autre que ceux faisant partie de l'équipement radiologique. La commande de l'appareil de coupure doit être placée dans un endroit du local d'utilisation qui soit très accessible, parfaitement connu du personnel et facilement repérable. Les dispositifs de sectionnement et leur installation doivent être conformes aux Normes Françaises ou en l'absence de celles-ci aux Normes Européennes applicables et être réalisés suivant les règles de l'art en vigueur<sup>(1)</sup>.

Si le dispositif de coupure est à commande manuelle, les positions "MARCHE" et "ARRÊT" doivent figurer en toutes lettres, ou par l'intermédiaire de symboles normalisés. Dans le cas d'une commande à distance, l'organe de commande doit comporter une signalisation lumineuse ou équivalente en retour pour chacune des positions "MARCHE" et "ARRÊT" de l'appareil de coupure.

1.7.1.3. – *Protection du circuit d'alimentation.* – Le circuit d'alimentation de l'équipement radiologique, ou, à défaut, chacune des dérivations de ce circuit alimentant un sous-ensemble distinct, doit être protégé par un dispositif de protection omnipolaire à maximum de courant conforme aux règlements et normes en vigueur<sup>(1) (4)</sup>.

**Note.** – Dans le cas d'utilisation dans une salle d'opération ou d'anesthésie, la protection devra être complétée par l'installation d'un appareil de coupure sensible aux très faibles courants de défaut à la terre, conformément au règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public<sup>(5) (6)</sup>.

<sup>(1)</sup> NF C 15-100 (Voir annexe III)

<sup>(2)</sup> NF C 74-100 (Voir annexe III)

<sup>(3)</sup> NF C 15-211 (Voir annexe III)

<sup>(4)</sup> UTE C 18-510 (Voir Annexe III)

<sup>(5)</sup> Code du travail

### 1.7.2. – Parties d'installation mettant en œuvre des hautes tensions.

1.7.2.1. – *Cas de plusieurs postes de travail.* – Dans le cas d'installations comportant plusieurs postes de travail alimentés par un même générateur à haute tension par l'intermédiaire d'un commutateur-sectionneur, il doit être prévu un système de signalisation alertant automatiquement, et avant l'établissement de la haute tension le poste de travail qui va être mis en service. Cette prescription est applicable aussi bien si les postes sont dans un même local que s'ils sont dans des locaux différents.

1.7.2.2. – *Protection contre les risques de CONTACT DIRECT avec des pièces nues sous tension.* – Les appareils de RADIOLOGIE doivent être conformes aux règlements et normes applicables (2) et installés conformément aux instructions du fabricant ou de son représentant et suivant les règles de l'art, afin de prévenir tout risque de CONTACT DIRECT avec des pièces nues sous haute tension.

### 1.7.3. – Protection contre les risques de CONTACT INDIRECT.

– Les appareils de RADIOLOGIE et les installations doivent être conformes aux règlements et normes applicables et installés conformément aux instructions du fabricant ou de son représentant et suivant les règles de l'art, afin de prévenir tout risque de CONTACT INDIRECT (1) (2).

## 2. – DÉFINITIONS

Les références indiquées entre parenthèses se rapportent à la norme Radiologie médicale – Terminologie <sup>(8)</sup> (références rm ...-) et au Vocabulaire Electrotechnique – Radiologie <sup>(9)</sup> (références VE ...-...).

### 2.1. – Définitions générales - Grandeurs - Mesures

2.1.1. – *Rayons X.* – *Rayonnement X.* – Rayonnement, autre que le rayonnement d'annihilation, constitué de photons, prenant naissance dans la partie extranucléaire de l'atome et ayant des longueurs d'ondes beaucoup plus courtes que celles de la lumière visible. (VE 881-02-16).

2.1.2. – *Radiologie.* – Science et application des rayonnements ionisants. (rm 40-01).

2.1.3. – *Radiothérapie.* – Thérapeutique médicale basée essentiellement sur un ou plusieurs traitements par des rayonnements ionisants. (rm 40-05).

2.1.4. – *Radiographie.* – Technique d'obtention, d'enregistrement, et éventuellement de traitement direct ou après transfert, d'informations contenues dans une image radiologique potentielle au niveau d'une surface réceptrice de l'image. (rm 41-06).

2.1.5. – *Kerma* (symbole :  $K$ ). – Le kerma,  $K$ , est le quotient de  $dE_{tr}$  par  $dm$ , où  $dE_{tr}$  est la somme des énergies cinétiques initiales de toutes les particules chargées libérées par les particules non chargées dans un élément de matière de masse  $dm$  :

$$K = \frac{dE_{tr}}{dm}$$

L'unité de KERMA est le joule par kilogramme ( $J \cdot kg^{-1}$ ). Le nom spécial de l'unité de KERMA est le gray (Gy). (rm13-10, mod.)

<sup>(6)</sup> Etablissements recevant du public (ERP) - Arrêté du 25 juin 1980 modifié portant approbation des dispositions générales du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les ERP

<sup>(7)</sup> Immeubles de grande hauteur (IGH). Arrêté du 18 octobre 1977 modifié

<sup>(8)</sup> Norme NF C 74 000 d'août 1989 (voir Annexe III).

<sup>(9)</sup> Norme CEI 60050-881 (1983) - Vocabulaire Electrotechnique International. Radiologie et physique radiologique

**2.1.6.** – *Débit de Kerma* (symbole :  $\dot{K}$ ) – KERMA par unité temps. Le DEBIT DE KERMA est déterminé par le quotient de  $dK$  par  $dt$ , où  $dK$  est l'augmentation du KERMA dans l'intervalle de temps  $dt$  :

$$\dot{K} = \frac{dK}{dt}$$

Une unité de DEBIT DE KERMA est un quotient quelconque du gray, ou de ses multiples ou sous-multiples, par une unité de temps appropriée ( $\text{Gy}\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $\text{mGy}\cdot\text{h}^{-1}$ , etc.). (rm 13-13).

**2.1.7.** – *Dose absorbée* (symbole :  $D$ ). – Energie moyenne communiquée à la matière par un rayonnement ionisant. La DOSE ABSORBEE est déterminée par le quotient de  $d\bar{\varepsilon}$  par  $dm$ , où  $d\bar{\varepsilon}$  est l'énergie moyenne communiquée par un rayonnement ionisant à un élément de matière de masse  $dm$  :

$$D = \frac{d\bar{\varepsilon}}{dm}$$

L'unité de DOSE ABSORBEE est le joule par kilogramme ( $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Le nom spécial de l'unité de DOSE ABSORBEE est le gray (Gy). (rm13-08, mod.)

**2.1.8.** – *Débit de dose absorbée* (symbole :  $\dot{D}$ ). – DOSE ABSORBEE par unité de temps. Le DEBIT DE DOSE ABSORBEE est déterminé par le quotient de  $dD$  par  $dt$ , où  $dD$  représente l'accroissement de la DOSE ABSORBEE dans l'intervalle de temps  $dt$  :

$$\dot{D} = \frac{dD}{dt}$$

Une unité de DEBIT DE DOSE ABSORBEE est un quotient quelconque du gray, ou de ses multiples ou sous-multiples, par une unité de temps appropriée ( $\text{Gy}\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $\text{mGy}\cdot\text{h}^{-1}$ , etc.). (rm 13-09).

**2.1.9.** – *Rayonnement primaire*. – Rayonnement ionisant émis directement par la cible. (rm 11-06 mod.).

**2.1.10.** – *Diffusion*. – Processus par lequel un changement de direction ou d'énergie d'une particule incidente ou d'un rayonnement incident est provoqué par une collision avec une particule ou un système de particules. (rm 12-03).

**2.1.11.** – *Rayonnement diffusé*. – Rayonnement ionisant émis lors de l'interaction d'un rayonnement ionisant avec la matière, l'interaction étant accompagnée d'une diminution de l'énergie de rayonnement et/ou d'un changement de direction de rayonnement. (rm 11-13).

**2.1.12.** – *Rayonnement de fuite*. – Rayonnement ionisant ayant traversé la barrière de protection radiologique de la source de rayonnement, ainsi que, pour certains GROUPES RADIOGENES, le rayonnement ayant traversé la fenêtre avant et après l'application de la charge (par exemple dans le cas des TUBES RADIOGENES à grille). (rm 11-15).

**2.1.13.** – *Absorption*. – *Absorption d'énergie*. – Phénomène dans lequel un rayonnement traversant une matière communique à celle-ci une partie ou la totalité de son énergie. (rm 12-05, rm 12-06).

**Note.** – La DIFFUSION, accompagnée d'un transfert d'énergie à la matière, par exemple l'effet Compton et le ralentissement des neutrons, est considérée comme étant une ABSORPTION D'ENERGIE.

**2.1.14.** – *Filtration*. – Modification des caractéristiques d'un rayonnement ionisant traversant la matière. (rm 12-11).

**Note.** – La FILTRATION peut consister en :

- une ABSORPTION préférentielle de certaines composantes d'un RAYONNEMENT X ou gamma polyénergétique accompagnant son atténuation
- une modification de la distribution de l'intensité du rayonnement sur une section droite du faisceau de rayonnement.

**2.1.15.** – *Faisceau étroit.* – Faisceau de rayonnement compris dans un angle solide aussi petit que possible pour mesurer une grandeur liée au rayonnement, en minimisant ainsi la contribution du rayonnement diffusé et en assurant, si nécessaire, l'équilibre électronique latéral. (rm 37-22).

**2.1.16.** – *Faisceau large.* – Faisceau de rayonnement compris dans un angle solide tel qu'un accroissement de cet angle n'augmente pas de façon appréciable la grandeur liée au rayonnement que l'on mesure, incorporant ainsi dans la mesure le rayonnement diffusé. (rm 37-24).

**2.1.17.** – *Épaisseur de demi-transmission.* – Épaisseur d'un matériau spécifié qui transmet dans les conditions de FAISCEAU LARGE un RAYONNEMENT X ou un rayonnement gamma ayant une énergie de rayonnement particulière ou un spectre particulier, en réduisant le DEBIT DE KERMA, le débit d'exposition ou le DEBIT DE DOSE ABSORBEE à la moitié de la valeur que l'on mesurerait en l'absence du matériau considéré.

L'ÉPAISSEUR DE DEMI-TRANSMISSION est exprimée en sous-multiples appropriés du mètre suivis de l'indication du matériau.

**2.1.18.** – *Épaisseur de déci-transmission.* – Épaisseur d'un matériau spécifié qui transmet dans les conditions de FAISCEAU LARGE un RAYONNEMENT X ou un rayonnement gamma ayant une énergie de rayonnement particulière ou un spectre particulier, en réduisant le DEBIT DE KERMA, le débit d'exposition ou le DEBIT DE DOSE ABSORBEE au dixième de la valeur que l'on mesurerait en l'absence du matériau considéré.

L'ÉPAISSEUR DE DECI-TRANSMISSION est exprimée en sous-multiples appropriés du mètre suivis de l'indication du matériau.

## **2.2. – Installations radiologiques**

**2.2.1.** – *Installation radiologique.* – Equipement radiologique installé de façon permanente ou temporaire avec tous les moyens nécessaires à l'utilisation prévue. (rm 20-24, mod.).

**2.2.2.** – *Tension nominale.* – Tension assignée par le fabricant pour l'alimentation de l'appareil (dans le cas du courant triphasé, tension entre phases).

**2.2.3.** – *Contact direct.* – Contact électrique de personnes ou d'animaux avec des PARTIES ACTIVES. (NF C 15-100, 231.2, mod.).

**2.2.4.** – *Masse – Partie conductrice accessible.* – Partie conductrice d'un matériel, susceptible d'être touchée, et qui n'est pas normalement sous tension, mais peut le devenir lorsque l'isolation principale est défaillante. (NF C 15-100, 232.8).

**Note.** – Une partie conductrice d'un matériel qui ne peut être mise sous tension en cas de défaut que par l'intermédiaire d'une MASSE n'est pas considérée comme une MASSE.

**2.2.5.** – *Partie active.* – Conducteur ou partie conductrice destiné à être sous tension en service normal, ainsi que le conducteur neutre mais, par convention, non le CONDUCTEUR PEN. (NF C 15-100, 232.4).

**Note.** – Le terme PARTIE ACTIVE n'implique pas nécessairement un risque de choc électrique.

**2.2.6.** – *Contact indirect.* – Contact électrique de personnes ou d'animaux avec des MASSES mises sous tension à la suite d'un défaut d'isolement. (NF C 15-100, 231.3, mod.).

**2.2.7.** – *Générateur radiologique.* – Dans un GROUPE RADIOGENE, ensemble de tous les éléments nécessaires à la commande et à la production de l'énergie électrique à fournir à un TUBE RADIOGENE, comprenant habituellement un ensemble transformateur haute tension et un ensemble de commande. (rm 21-01).

**2.2.8.** – *Groupe radiogène.* – Ensemble de tous les composants nécessaires à la production et à la commande de rayonnements X, comprenant au moins le GENERATEUR RADIOLOGIQUE relié à un ensemble radiogène à RAYONNEMENT X. (rm 20-17).



**2.2.9.** – *Bloc radiogène.* – Ensemble radiogène à RAYONNEMENT X comportant l'ensemble transformateur haute tension. (rm 20-07).

**2.2.10.** – *Source radiogène.* – *Emetteur radiogène.* – Appareil (ou substance) émettant ou prévu pour émettre un rayonnement ionisant (VE 75-10-015).

**2.2.11.** – *Tube radiogène.* – Tube à vide, destiné à la production d'un RAYONNEMENT X par bombardement d'une cible, habituellement portée par une anode, par des électrons émis par une cathode et accélérés par un champ électrique. (rm 22-03).

*Exemples :*

- tube à anode tournante;
- tube à double foyer

**2.2.12.** – *Gaine.* – Enveloppe comportant une fenêtre et destinée à recevoir un TUBE RADIOGENE en assurant la protection contre les chocs électriques et les rayonnements X. Elle peut éventuellement contenir d'autres composants. (rm 22-02).

**2.2.13.** – *Gaine équipée.* – Ensemble d'une GAINE avec un TUBE RADIOGENE incorporé. (rm 22-01).

**2.2.14.** – *Enceinte à rayonnement X* – Un système à rayonnement X dont la gaine équipée ou le bloc radiogène est installé dans une enceinte (désignée ci-après par le terme enceinte à rayonnement X) qui, indépendamment des structures architecturales existantes, est prévue pour renfermer au moins la partie irradiée du matériel et pour assurer par conception une atténuation suffisante du rayonnement X, tels que les niveaux de débit d'équivalent de dose à l'extérieur de l'enceinte soient inférieurs à ceux de la réglementation en vigueur.

NOTE – Une gaine équipée ou un bloc radiogène utilisé dans une partie protégée d'un bâtiment, ou un appareil à rayonnement X qui peut inclure, temporairement ou occasionnellement, une protection mobile, n'est pas considéré comme une ENCEINTE A RAYONNEMENT X.

**2.2.15.** – *Enceinte auto protectrice à rayonnement X* – Une ENCEINTE A RAYONNEMENT X qui, par conception, exclut :

- la possibilité d'introduire dans l'enceinte toute ou partie d'une personne pendant la production de rayonnement X,
- le risque d'exposition des personnes par une atténuation suffisante du rayonnement X.

**2.2.16.** – *Haute tension nominale.* – Haute tension radiogène la plus élevée admise pour des conditions de fonctionnement spécifiques. (rm 36-03).

**2.2.17.** – *Filtre.* – Dans un équipement radiologique, matériau ou dispositif destiné à effectuer une FILTRATION du faisceau de rayonnement. (rm 35-01).

**2.2.18.** – *Diaphragme.* – Dispositif de limitation du faisceau comportant une ouverture fixe ou variable, pratiquement dans un seul plan. (rm 37-29).

## **2.3. – Protection radiologique**

**2.3.1.** – *Dose équivalente* (symbole  $H_T$ ). – DOSE ABSORBEE par le tissu ou l'organe, pondérée suivant le type et l'énergie du rayonnement. L'unité de DOSE EQUIVALENTE est le sievert (Sv).

Un sievert équivaut à un joule par kilogramme ( $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$ ).

**2.3.2.** – *Equivalent de dose* (symbole  $H$ ). – Grandeur utilisée pour exprimer le risque des effets nocifs dus aux rayonnements ionisants sur les organismes vivants ; elle est donnée, au point intéressé du tissu par le produit :

$$H = Q N D$$

où :

$D$  est la DOSE ABSORBEE,

$Q$  est le facteur de qualité

$N$  est le produit de tous les autres facteurs modificatifs

L'unité d'EQUIVALENT DE DOSE est le joule par kilogramme ( $J \cdot kg^{-1}$ ). Le nom spécial de l'unité d'EQUIVALENT DE DOSE est le sievert (Sv). (rm 13-24 mod).

**2.3.3.** – *Dose efficace.* – Somme des doses équivalentes pondérées délivrées par exposition interne et externe aux différents tissus et organes du corps.

**2.3.4.** – *Débit de dose équivalente.* – Quotient de l'augmentation de DOSE EQUIVALENTE, pendant un intervalle de temps convenablement petit, par cet intervalle de temps. Le DEBIT DE DOSE EQUIVALENTE s'exprime en sieverts par heure ou multiples et sous-multiples.

**2.3.5.** – *Débit d'équivalent de dose (symbole  $\dot{H}$ )* – Quotient de  $dH$  par  $dt$ , où  $dH$  est l'accroissement de l'EQUIVALENT DE DOSE pendant l'intervalle de temps  $dt$ . (VE 881-14-02).

$$\dot{H} = \frac{dH}{dt}$$

**Note.** – L'unité SI de DEBIT D'EQUIVALENT DE DOSE est le joule par kilogramme et par seconde, dont le nom est le sievert par seconde; les sous-multiples tels que  $\mu Sv \cdot h^{-1}$  sont utilisés en pratique.

**2.3.6.** – *Durée d'utilisation hebdomadaire.* – Temps effectif pendant lequel, au cours d'une semaine, l'appareil expose des objets ou des organismes vivants à l'action de rayonnements ionisants. Il ne comprend pas les temps morts.

**2.3.7.** – *Charge de travail (symbole W)* – Quantité d'électricité par unité de temps, exprimée en mA.min par semaine. Elle indique l'importance de l'utilisation d'un appareil à rayonnement X pour un type d'application.

**2.3.8.** – *Ecran de protection radiologique.* – Barrière de protection radiologique sous forme d'un matériau absorbant prévu pour la protection radiologique. (rm 64-04).

**2.3.9.** – *Equivalent d'atténuation (symbole  $\delta$ ).* – Epaisseur d'un matériau de référence qui, substituée au matériau considéré dans un faisceau de qualité de rayonnement spécifiée et dans les conditions géométriques spécifiées, donne le même degré d'atténuation.

L'équivalent d'atténuation est exprimé en sous-multiples appropriés du mètre suivis de l'indication du matériau de référence et de la qualité de rayonnement du faisceau incident. (rm 13-37 mod.).

**2.3.10.** – *Equivalent en plomb (symbole  $\delta_{pb}$ ).* – EQUIVALENT D'ATTENUATION, exprimé en épaisseur de plomb comme matériau de référence. (rm 13-38).

**Note.** – Pour la protection contre les rayonnements ionisants il n'est pas nécessaire pour un matériau comprenant une quantité importante de plomb de spécifier la qualité de rayonnement.

**2.3.11.** – *Facteur d'atténuation (symbole F)* – Rapport du DEBIT D'EQUIVALENT DE DOSE des différents rayonnements ionisants provenant directement ou indirectement d'un appareil en utilisation au DEBIT D'EQUIVALENT DE DOSE en un point considéré.

Ce facteur ne doit être pris en considération que s'il est supérieur à 1.

### 3. – CLASSIFICATION DES INSTALLATIONS

Pour l'application des présentes règles, les installations à RAYONS X se classent d'après leur destination. On distingue notamment:

- Les installations à usage médical
- Les installations à usage dentaire
- Les installations à usage vétérinaire
- Les installations de RADIOTHERAPIE à basse énergie
- Les installations et ENCEINTES A 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

## 4. – REGLES DE PROTECTION CONTRE LES RAYONS X

### 4.1. – Données de base

**4.1.1.** – Les règles qui suivent ne sauraient conférer une sécurité absolue; elles ne dispensent pas des règles de sécurité individuelle, la mise en œuvre des RAYONNEMENTS X présentant toujours un risque par elle-même.

**4.1.2.** – La protection est à établir en fonction des critères :

- a) définissant l'utilisation de l'appareil, à savoir une valeur de la CHARGE DE TRAVAIL  $W$  exprimée en mA·min/semaine, en fonction du domaine d'utilisation (voir Tableau I) ;
- b) relatifs aux parois (y compris murs, plancher et plafond) à considérer en fonction des caractéristiques de l'irradiation (rayonnements primaire et secondaires) ;
- c) résultant des positions du TUBE RADIOGENE et de l'orientation du faisceau,
- d) d'affectation des espaces et locaux voisins ;
- e) relatifs aux limites d'exposition fixées par voie réglementaire.

NOTE : Dans le cas où plusieurs TUBES RADIOGENES sont présents dans le même local, la protection est à établir selon les situations les plus défavorables, tant en terme d'orientation des faisceaux, que des caractéristiques (charge et énergie) des faisceaux.

**4.1.3.** – Les règles qui suivent ont pour but de déterminer des épaisseurs de plomb ou de béton appropriées à la protection.

Le plomb doit être considéré à l'état laminé ou extrudé, d'une pureté minimale de 99,97 % Pb et mis en œuvre d'une façon parfaitement homogène.

Le béton considéré est le béton de densité 2,35.

### 4.2. – Méthode de calcul

Pour calculer le débit d'équivalent de dose en un point donné, il y a lieu de tenir compte de trois types différents de rayonnements, ce qui ne veut pas dire que tous ces types de rayonnements existent à la fois; ces rayonnements sont :

- le rayonnement primaire (indice p),
- le rayonnement secondaire de diffusion (indice s).
- le rayonnement de fuite (indice g comme gaine),

On distingue trois étapes :

– la détermination du débit d'équivalent de dose tel qu'il existe en un point donné d'un lieu occupé sans écran protecteur :  $\dot{H}_p$ ,  $\dot{H}_s$  ou  $\dot{H}_g$ ,

– la détermination du facteur d'atténuation  $F$ , nécessaire pour réduire le débit d'équivalent de dose dû aux rayonnements incidents,  $\dot{H}_p$ ,  $\dot{H}_s$  ou  $\dot{H}_g$ , à une valeur inférieure, ou au plus égale, à celle correspondant à la dose efficace,  $H_{\max}$ , définie par la réglementation applicable.

– la détermination de l'épaisseur théorique de plomb correspondant au facteur  $F$ .

Le facteur  $F$  dépend théoriquement des 3 composantes de l'exposition. 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).

#### 4.2.1 – CHARGE DE TRAVAIL, $W$

La CHARGE DE TRAVAIL est choisie pour la semaine de référence où la production de rayons X est la plus élevée.

En pratique,  $W$  correspond à la sommation de la charge (exprimée en mAs) de toutes les expositions réalisées pendant la semaine de référence et divisée par 60 pour l'exprimer en mA.min. Des valeurs indicatives de la charge de tube pour les appareils à RX sont données dans le tableau I, pour les applications (médicales et vétérinaires) les plus courantes dans le cas d'une utilisation optimale.

Pour les autres applications,  $W$  est calculé par la formule suivante:

$$W = I \cdot t$$

Avec :

- $W$  : 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

#### 4.2.2 – Calcul du facteur d'atténuation $F_p$ du rayonnement primaire

Le facteur d'atténuation  $F_p$  est calculé par la formule:

$$F_p = \frac{\dot{H}_p \cdot T}{\dot{H}_{\max}} = \frac{\Gamma_R \cdot W \cdot R \cdot T}{H_{\max} \cdot a^2} \quad (1)$$

Avec :

- $F_p$  = facteur d'atténuation pour le rayonnement primaire (sans dimension)
- $\dot{H}_{\max}$  = DEBIT D'EQUIVALENT DE DOSE maximal, dû au rayonnement primaire, déduit des limites réglementaires au point considéré en mSv/semaine
- $\dot{H}_p$  = DEBIT D'EQUIVALENT DE DOSE au point considéré en mSv/semaine en l'absence de protection
- $T$  = temps d'occupation du local vis-à-vis duquel est calculée la protection (voir tableau II)
- $a$  = distance du point à protéger au foyer en m (voir Figure 1).
- $\Gamma_R$  = rendement du tube (en mSv) à 1 m de la source par unité de charge (en mA.min) (voir Figures 2 ou 3, selon la HAUTE TENSION RADIOGENE et la FILTRATION.)

Note : Pour toute tension d'alimentation inférieure à 50 kV, on prendra par défaut les valeurs correspondantes à 50 kV.

- $W$  = CHARGE DE TRAVAIL en mA.min/semaine (voir tableau I)
- $R$  = facteur d'orientation (sans dimension)

Le facteur d'orientation  $R$  prend en considération le fait que les orientations du faisceau possibles et prévues de façon opérationnelle ne sont pas appliquées simultanément. Le facteur d'orientation doit être choisi compte tenu des indications du responsable de l'activité d'après les valeurs suivantes :

- a)  $R = 1,0$  utilisation du faisceau avec plus de 30% de la CHARGE DE TRAVAIL  $W$  dirigée vers la paroi considérée.
- b)  $R = 0,3$  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.
- c)  $R = 0,1$  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.

**NOTE** - Pour le rayonnement secondaire de diffusion et le rayonnement de fuite,  $R$  n'apparaît pas dans les formules de calcul, car le rayonnement est émis dans toutes les directions.

#### 4.2.3 – Détermination des protections nécessaires pour le rayonnement primaire

L'épaisseur des écrans pour le rayonnement primaire est, pour l'atténuation calculée  $F_p$ , donnée par les figures 4, 5 et 6, selon la tension d'alimentation du tube à rayonnement X.

#### 4.2.4 – Calcul du facteur d'atténuation $F_S$ du rayonnement secondaire de diffusion

Le facteur d'atténuation  $F_S$  est calculé par la formule:

$$F_S = \frac{\dot{H}_S \cdot T}{\dot{H}_{\max}} = \frac{\Gamma_R \cdot W \cdot k \cdot T}{\dot{H}_{\max} \cdot b^2 \cdot d^2} \quad (2)$$

Avec :

- $F_S$  = facteur d'atténuation pour le rayonnement secondaire de diffusion (sans dimension)
- $\dot{H}_{\max}$  = débit d'équivalent de dose maximal déduit des limites réglementaires au point considéré en mSv/semaine
- $\dot{H}_S$  = débit d'équivalent de dose au point considéré en mSv/semaine dû au rayonnement secondaire de diffusion en l'absence protection.
- $T$  = temps d'occupation du local vis-à-vis duquel est calculée la protection (voir tableau II)
- $b$  = distance du foyer au milieu de diffusion en m (voir Figure 1).
- $d$  = distance du point à protéger au milieu de diffusion en m (voir Figure 1).
- $\Gamma_R$  = rendement du tube (en mSv) à 1 m de la source par unité de charge (en mA.min) (voir Figures 2 ou 3, selon la tension d'alimentation du tube à rayonnement X et la filtration).
- $W$  = charge de travail en mA.min/semaine (voir tableau I)
- $k$  = rapport de l'exposition au rayonnement diffusé à l'exposition au rayonnement incident en  $m^2$

Le coefficient  $k$  est défini par :

$$k = \frac{\dot{H}_S \cdot r^2}{\dot{H}_p} \quad (3)$$

Avec :

$\dot{H}_S$  = débit d'équivalent de dose du rayonnement secondaire de diffusion

$r$  = distance, en mètre, du point de mesure au centre du milieu diffusant

$\dot{H}_p$  = débit d'équivalent de dose dû au rayonnement primaire à la position du milieu de diffusion

Des valeurs du coefficient  $k$  sont données dans le tableau III.

#### 4.2.5 – Détermination des protections nécessaires pour le rayonnement secondaire de diffusion

L'épaisseur des protections vis-à-vis du rayonnement secondaire de diffusion est obtenue à partir des figures 4, 5 et 6, selon la tension d'alimentation du tube à rayonnement X, pour le facteur  $F_S$  calculé.

#### 4.2.6 – Calcul du facteur d'atténuation $F_g$ du rayonnement de fuite

Le facteur d'atténuation  $F_g$  nécessaire est calculé d'après la formule :

$$F_g = \frac{\dot{H}_g \cdot T}{\dot{H}_{max}} = \frac{C_g \cdot W \cdot f \cdot T}{\dot{H}_{max} \cdot c^2 \cdot Q} \quad (4)$$

Avec :

- $F_g$  = facteur d'atténuation du rayonnement de fuite (sans dimension)
- $\dot{H}_{max}$  = débit d'équivalent de dose maximal déduit des limites réglementaires au point considéré en mSv/semaine
- $\dot{H}_g$  = débit d'équivalent de dose dû au rayonnement de fuite sans protection en mSv/semaine
- $T$  = temps d'occupation du local vis-à-vis duquel est calculée la protection (voir tableau II)
- $c$  = distance du secteur à protéger au foyer en m (voir Figure 1).
- $Q$  = produit intensité-temps maximal par heure au maximum de la tension de service nominale indiquée par le fabricant en mA·min·h<sup>-1</sup>, si cela ne conduit pas à une exigence thermique inadmissible de l'appareil à rayonnement X. Si cette valeur n'est pas connue, des valeurs indicatives de  $Q$  sont données ci-dessous au § 4.2.6.1.
- $C_g$  = DEBIT D'EQUIVALENT DE DOSE à 1 m pour le rayonnement de fuite en mSv·m<sup>2</sup>·h<sup>-1</sup>. Les valeurs données dans le § 4.2.6.2 sont des valeurs maximales à n'utiliser qu'au cas où la valeur relative à l'appareil n'est pas disponible.
- $C_g = \dot{H}_{g,r} \cdot r^2$ , où  $\dot{H}_{g,r}$  est le débit d'équivalent de dose dû au rayonnement de fuite à la distance  $r$  (en mètre) du foyer. Si celui-ci n'est pas connu, des valeurs indicatives de  $C_g$  sont données ci-dessous.
- $W$  = charge de travail en mA·min/semaine (voir tableau I)
- $f$  = facteur sans dimension, qui prend en considération le fait que le débit de dose du rayonnement de fuite n'atteint sa valeur maximale que lorsque la tension de tube de radiographie maximale admissible est utilisée. Le facteur  $f$  est obtenu pour le diagnostic d'après la Figure 7 jusqu'à une tension nominale de 150 kV. Par défaut, le facteur  $f=1$ .

##### 4.2.6.1 – Valeur indicative du facteur $Q$ (mA·min·h<sup>-1</sup>) pour le calcul du facteur d'atténuation $F_g$ du rayonnement de fuite

- (a) 10 mA·min·h<sup>-1</sup> pour des installations de radiographie dentaire avec détecteur intraoral,
- (b) 30 mA·min·h<sup>-1</sup> pour des installations panoramiques dentaires,
- (c) 180 mA·min·h<sup>-1</sup> pour d'autres installations radiographiques avec une tension nominale inférieure à 200 kV,
- (d) 900 mA·min·h<sup>-1</sup> pour la scanographie,
- (e) 900 mA·min·h<sup>-1</sup> pour des installations radiographiques avec la tension nominale de 200 kV et au dessus.

#### 4.2.6.2 – Valeur maximale indicative du facteur $C_g$ en mSv par heure à une distance de 1 m ( $\text{mSv.m}^2.\text{h}^{-1}$ ) pour le calcul du facteur d'atténuation $F_g$ du rayonnement de fuite

- a)  $0,0001 \text{ mSv.m}^2.\text{h}^{-1}$ , soit  $0,004 \text{ mSv.m}^2/\text{semaine}$  pour les appareils de cristallographie et appareils analogues.
- b)  $0,25 \text{ mSv.m}^2.\text{h}^{-1}$ , soit  $10 \text{ mSv.m}^2/\text{semaine}$  pour des installations de radiographie dentaire avec détecteur intraoral,
- c)  $1,0 \text{ mSv.m}^2.\text{h}^{-1}$ , soit  $40 \text{ mSv.m}^2/\text{semaine}$  pour les autres installations de radiologie avec des tensions nominales jusqu'à 150 kV,
- d)  $10 \text{ mSv.m}^2.\text{h}^{-1}$ , soit  $400 \text{ mSv.m}^2/\text{semaine}$  pour les installations avec des tensions nominales supérieures à 150 kV.

#### 4.2.7 – Détermination des protections nécessaires pour le rayonnement de fuite

L'épaisseur des protections contre le rayonnement de fuite est obtenue à partir de la Figure 8 pour les facteurs  $F_g$ , selon la tension d'alimentation du tube à rayonnement X.

#### 4.2.8 – Détermination des protections nécessaires pour les rayonnements secondaires de diffusion et de fuite

- Si les épaisseurs des écrans de protection déduites des facteurs  $F_s$  et  $F_g$  diffèrent par moins d'une épaisseur de déci-transmission, une épaisseur de demi-transmission doit être ajoutée à la plus forte des deux valeurs pour obtenir l'épaisseur de l'écran de protection secondaire.
- Si la différence entre les épaisseurs des écrans de protection est supérieure à au moins une épaisseur de déci-transmission, la plus élevée des deux épaisseurs suffit.

Le Tableau IV indique les épaisseurs de demi-transmission et de déci-transmission pour un rayonnement X fortement filtré (cas du RAYONNEMENT DE FUITE) dans des conditions de faisceau large pour du plomb et du béton.

### 4.3. – Atténuation par les parois

**4.3.1. – Généralités.** – Toutes les parois doivent être conçues et réalisées de façon telle que les équivalents de dose aux points pour lesquels la protection est calculée soient au plus égaux aux valeurs réglementaires à ne pas dépasser, aucun des aménagements postérieurs à la détermination de l'épaisseur de plomb ne devant réduire l'efficacité de la protection.

Les sas, orifices techniques et tout autres ouvertures doivent être prévus de telle sorte que la protection reste suffisante.

**Note.** – Au point de vue de la protection, les chicanes sont considérées comme faisant partie de la salle d'examen ou de contrôle.

**4.3.2. – Lieux à protéger.** – Les surfaces et épaisseurs des matériaux atténuants à déterminer sont celles qui assurent la protection en tous points situés entre 0 et au minimum 2 m au-dessus du sol des lieux à protéger, y compris le poste de commande, et cela, quels qu'en soient leur niveau. Il est nécessaire de justifier la limitation de cette protection à 2 m.

Pour cette détermination, les surfaces à considérer sont :

- a) pour le faisceau primaire, celles interceptant celui-ci, – DIAPHRAGME grand ouvert, et compte tenu des positions extrêmes du tube dans les conditions réelles d'utilisation – leurs dimensions linéaires (verticales et horizontales) étant majorées d'une marge de sécurité de 0,20 m pour chacun des côtés;
- b) pour les rayonnements secondaires, celles correspondant à l'ensemble des parois (verticales et horizontales), compte tenu, éventuellement, des éléments absorbants atténuants existants.

**4.3.3. – Éléments atténuants interposés.** – Pour le calcul de la protection, il sera tenu compte de tous les éléments fixes pouvant concourir à une protection permanente, que ces éléments soient liés à la SOURCE RADIOGENE ou qu'ils fassent partie de l'INSTALLATION RADIOLOGIQUE.

#### 4.4. – Equivalence en plomb de divers matériaux

Certains matériaux ont un coefficient d'atténuation des RAYONS X tel qu'il peut y avoir lieu d'en tenir compte dans les calculs de protection, ces matériaux pouvant assurer partiellement ou totalement la protection nécessaire.

L'Annexe I donne les EQUIVALENTS D'ATTENUATION en fonction de la nature du matériau atténuateur et de la tension maximale du générateur.

Lorsque d'autres matériaux que ceux précisés au tableau susmentionné sont employés, il est impératif de s'assurer de leur équivalence en plomb pour les tensions spécifiées.

Les matériaux dont on tient compte dans les calculs de protection doivent présenter tant par leur structure que par leur mise en œuvre une homogénéité suffisante, en tous points, pour ne pas modifier l'efficacité de la protection et pour la maintenir dans le temps.

#### 4.5. – Plan des salles

Un plan (vue de dessus) à l'échelle 1/50 de chacune des salles affectées en tout ou partie à la RADIOLOGIE doit être établi et tenu à jour. Ce plan coté de l'installation doit être affiché à l'entrée de la salle et doit comporter au minimum les indications suivantes:

- la haute tension pour laquelle les calculs de protection ont été effectués;
- la délimitation des zones réglementées et non réglementées (salle et locaux attenants);
- la destination des locaux attenants;
- les dispositifs de protection;
- la localisation des arrêts d'urgence;
- la localisation des dispositifs d'avertissement extérieurs à la salle;
- la nature et l'épaisseur de chacun des matériaux constituant les parois du local;
- l'implantation des appareils et, notamment, les positions extrêmes des SOURCES RADIOGENES, ainsi que les limites de la zone d'intervention (§ 1.4.1.6).

#### 4.6. – Note de calcul

Une note de calcul (voir modèle donné en Annexe II) récapitule les différents paramètres ayant été utilisés pour calculer les épaisseurs de protection des parois. Cette note précisera, en particulier:

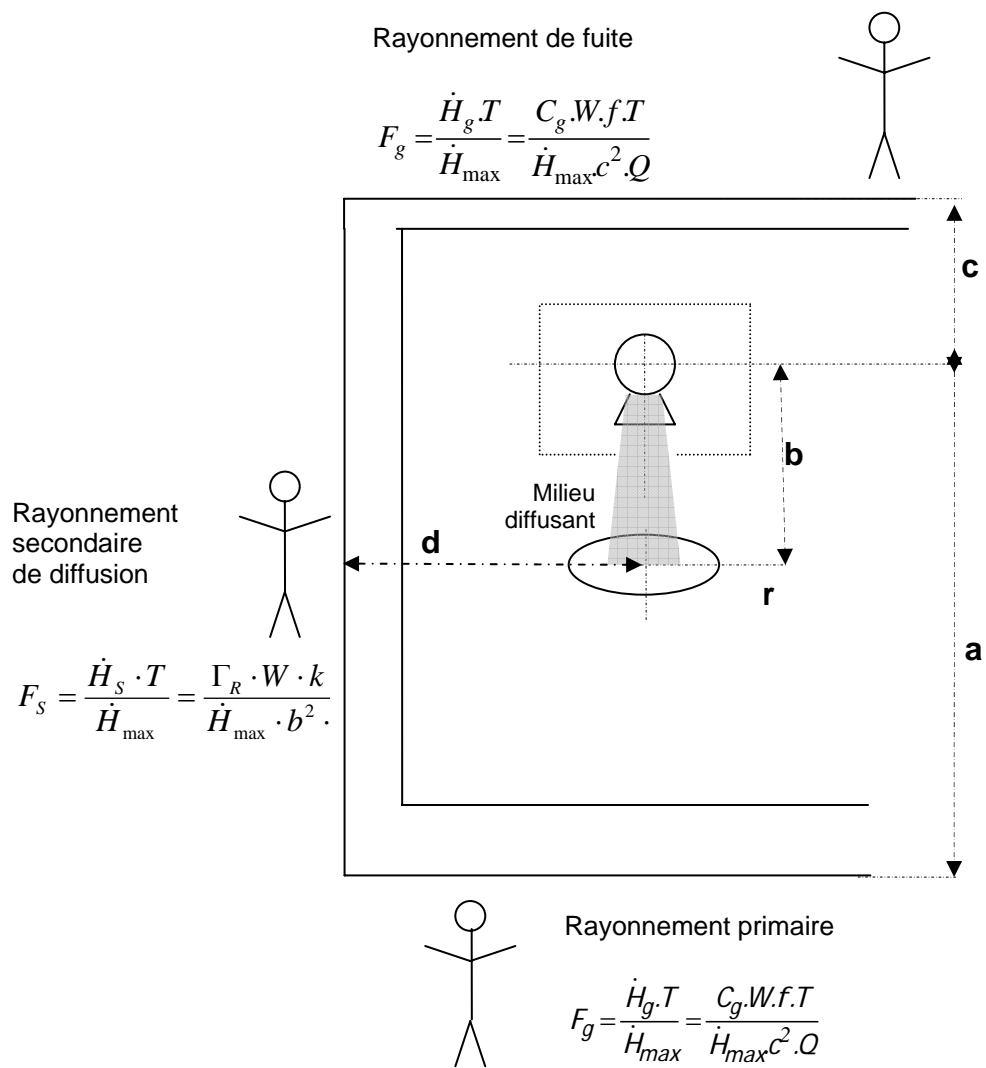
- la charge de travail  $W$  en mA.min/semaine retenue,
- le facteur d'orientation  $R$ ,
- le rendement du tube  $\Gamma_R$  en mGy.m<sup>2</sup>/mA.min
- le coefficient  $k$  en m<sup>2</sup>,
- le facteur  $Q$  en mA.min/h,
- l'épaisseur et la nature des matériaux constituant les différentes parois, sachant que chaque épaisseur réelle doit être supérieure ou égale à l'épaisseur calculée.

### 5. – VERIFICATION DES INSTALLATIONS

**5.1.** – Les installations doivent être vérifiées avant leur mise en service. En outre, toute modification d'un des éléments déterminants doit donner lieu à une nouvelle vérification de l'installation.

**5.2.** – Un rapport de conformité à la norme doit être établi. Celui-ci doit comporter notamment la note de calcul décrite au paragraphe 4.6., ainsi que le plan prévu au paragraphe 4.5 sur lequel seront précisés les points de mesures.





**Figure 1 : Schéma d'une installation de radiologie et indication des paramètres utilisés dans les calculs**

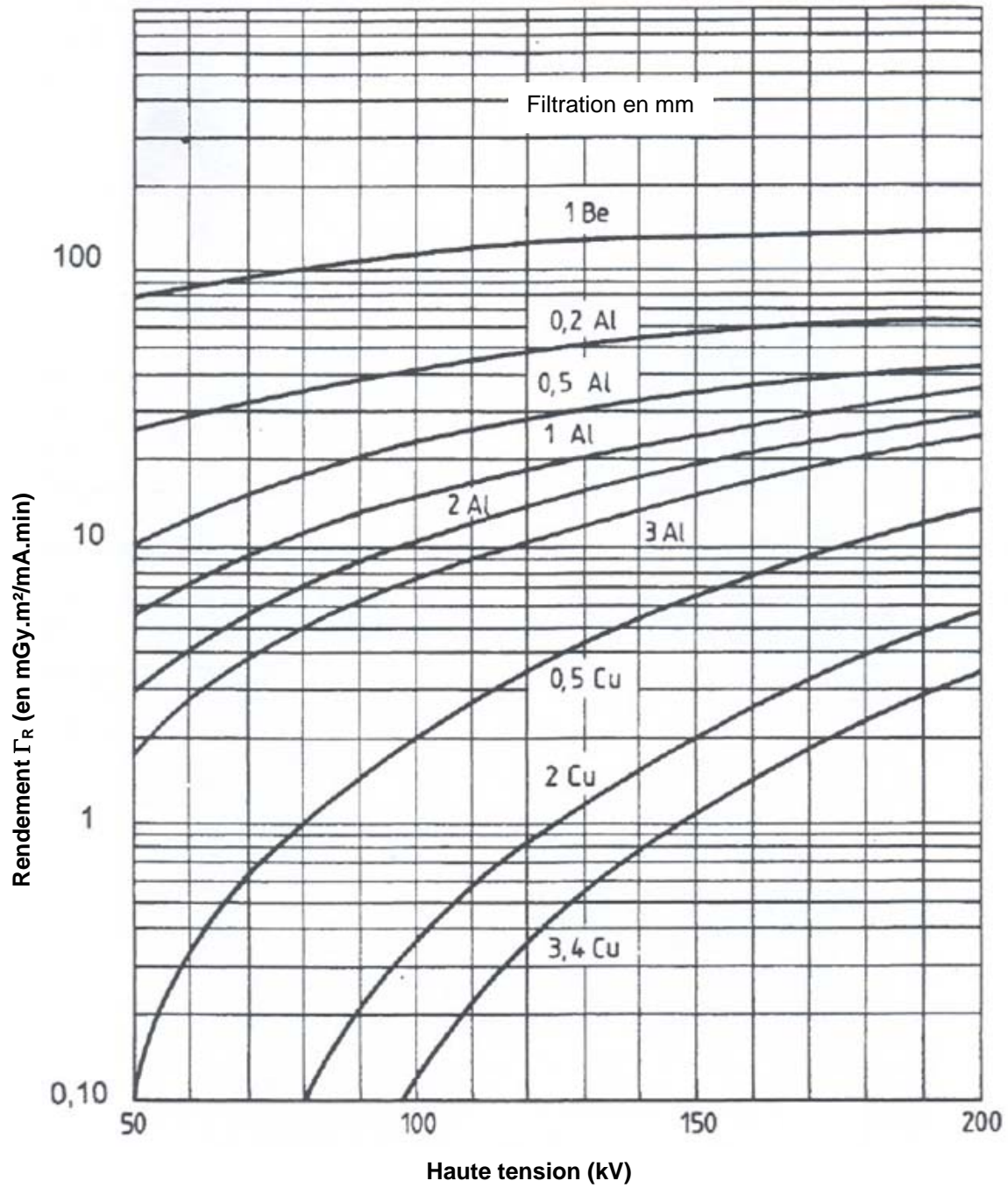


Figure 2 - Rendement  $\Gamma_R$  (en  $\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ ) d'un tube à anode de tungstène avec des filtrations totales de 1 mm Be à 3,4 mm Cu pour des tensions continues de 50 kV à 200 kV (voir 4.2.2 ou 4.2.4).

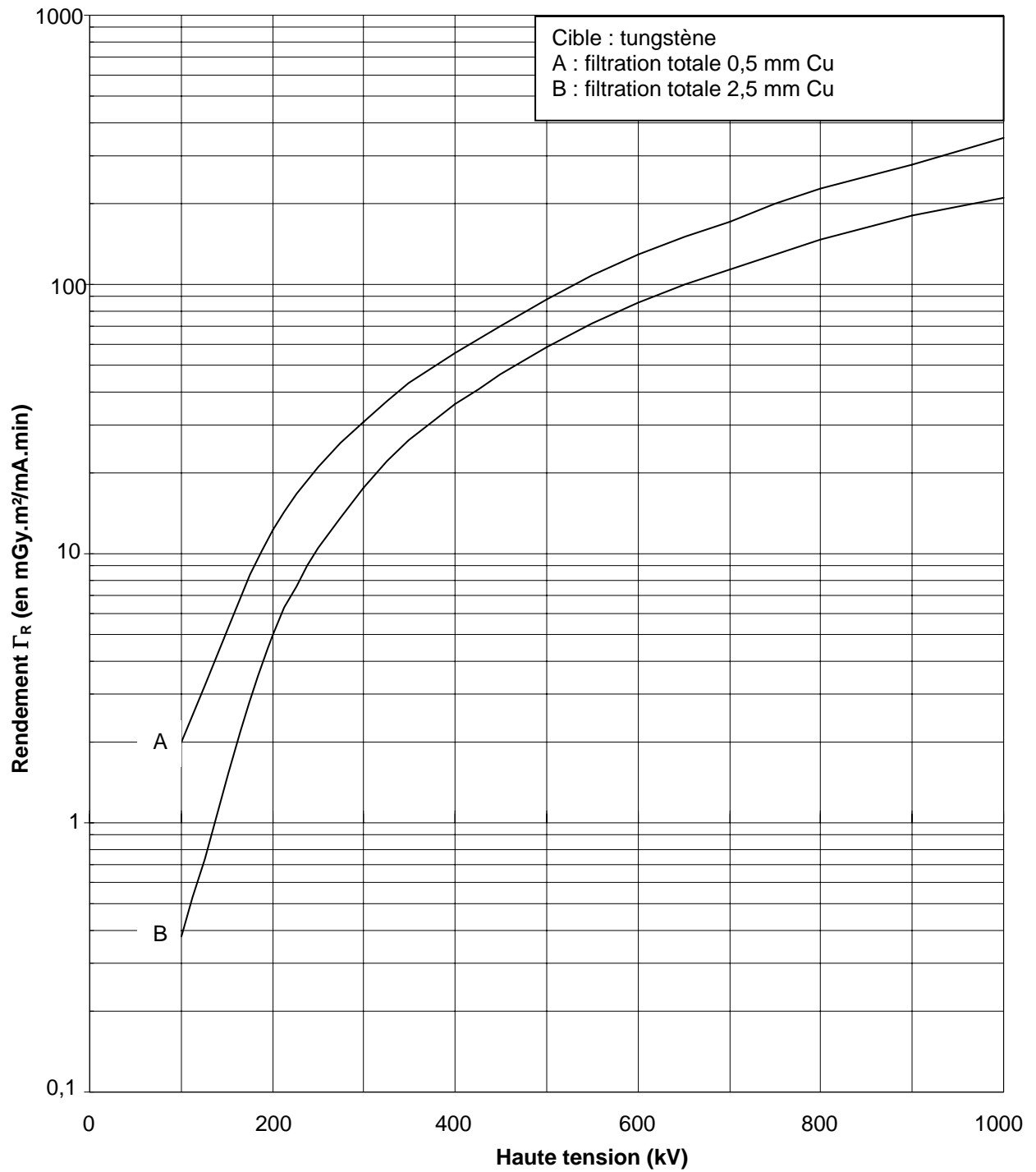


Figure 3 - Rendement  $\Gamma_R$  (en mGy.m<sup>2</sup>/mA.min) d'un tube à anode de tungstène avec des filtrations totales de 0,5 et 3 mm de Cu pour des tensions continues de 200 kV à 500 kV (voir 4.2.2 ou 4.2.4).

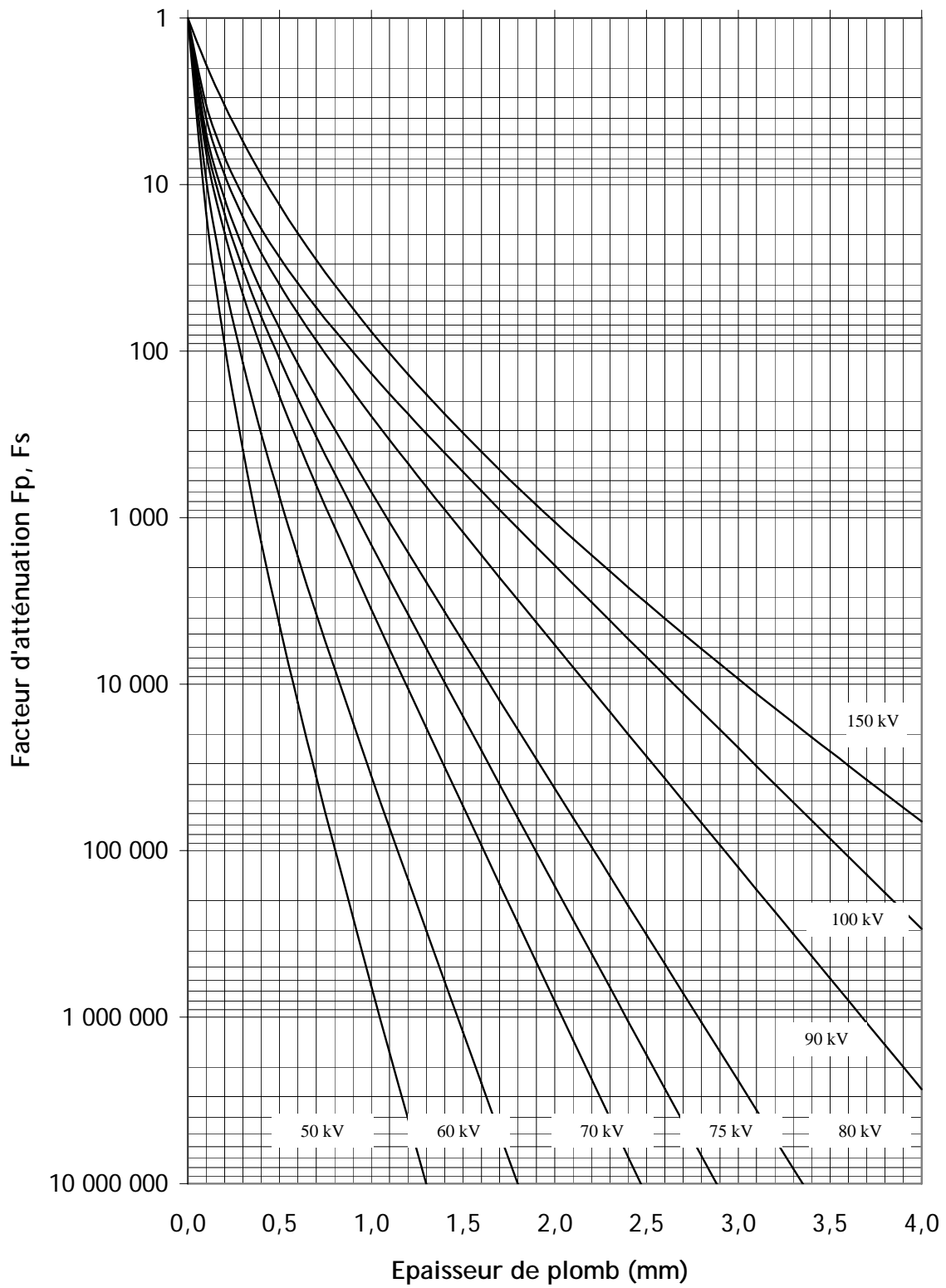


Figure 4 - Facteurs d'atténuation  $F_p$  et  $F_s$  dans le plomb pour les rayons X de 50 à 150 kV (d'après les données du rapport NCRP N° 147). (voir 4.2.3 ou 4.2.5).

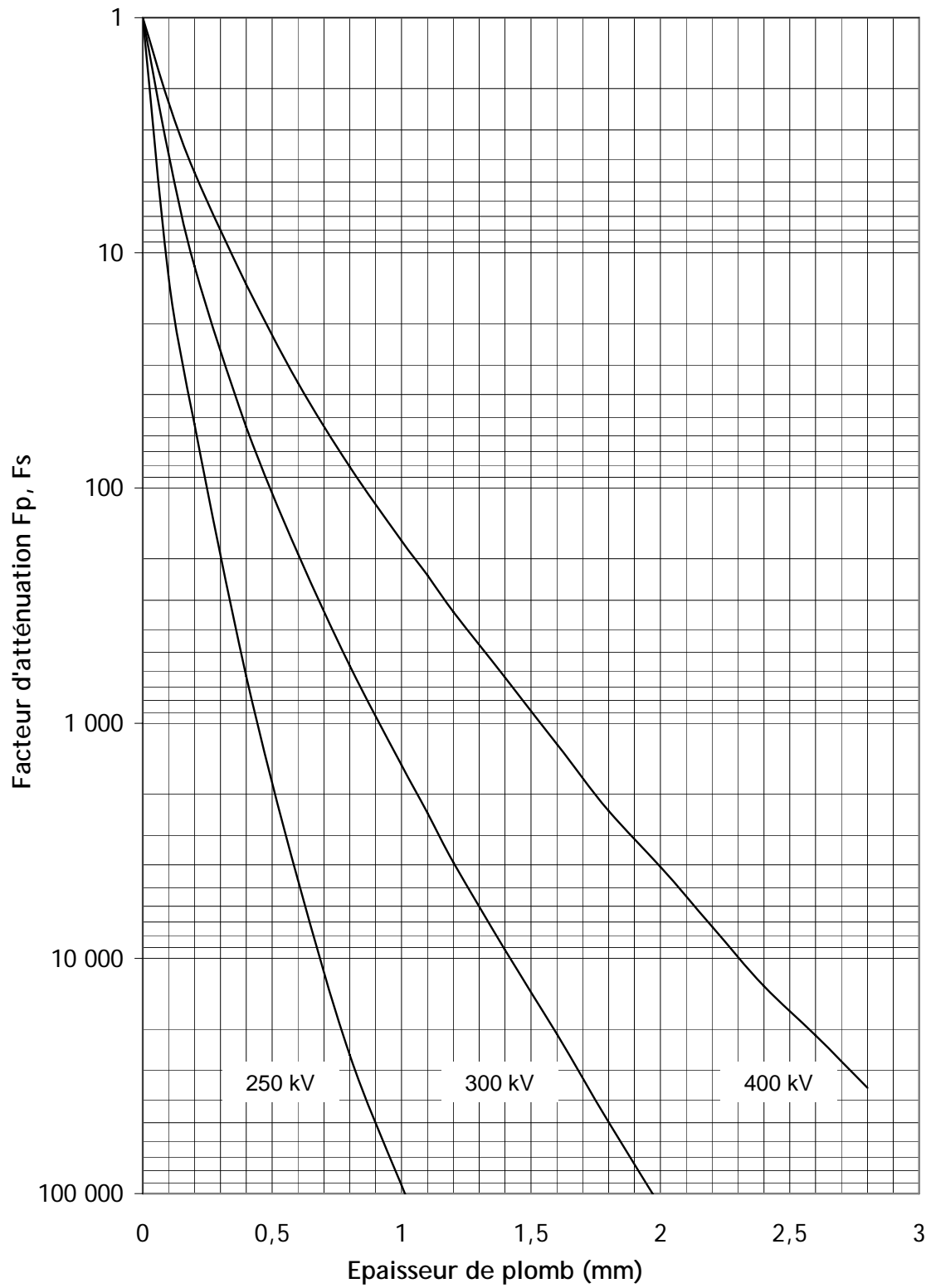


Figure 5 - Facteurs d'atténuation  $F_p$  et  $F_s$  dans le plomb pour les rayons X de 250 à 400 kV (d'après les données de la publication 33 de la CIPR). (voir 4.2.3 ou 4.2.5).

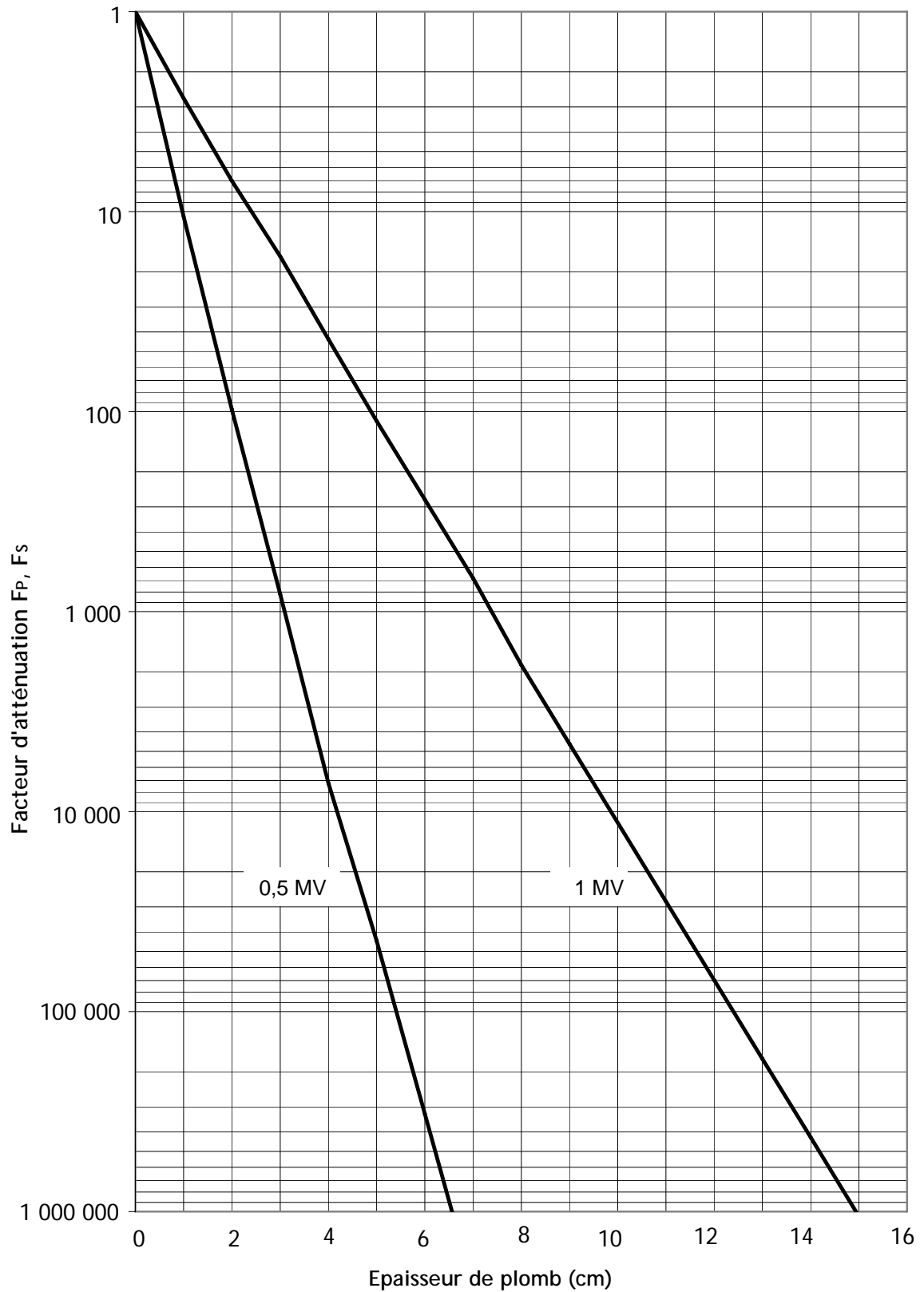


Figure 6 - Facteurs d'atténuation  $F_P$  et  $F_S$  dans le plomb pour les photons de 0,5 à 1 MV (d'après les données de la publication 33 de la CIPR). (voir 4.2.3 ou 4.2.5).

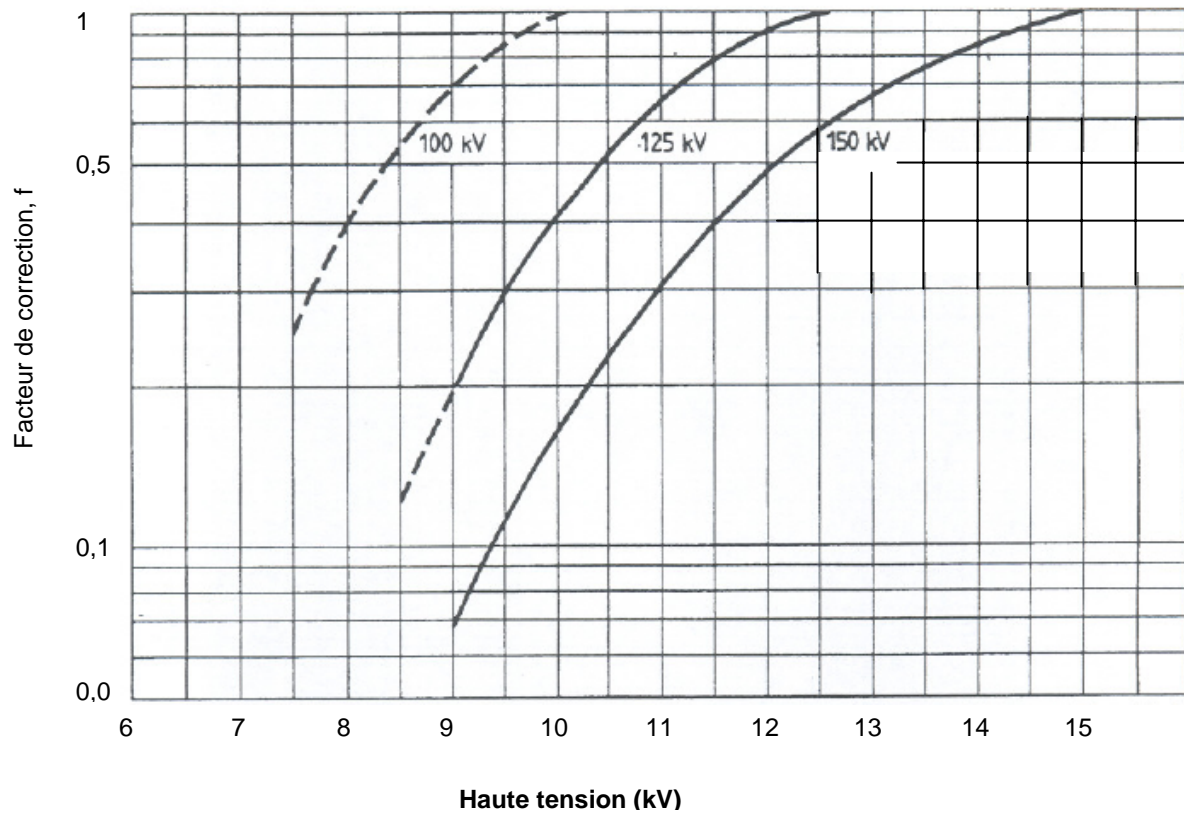
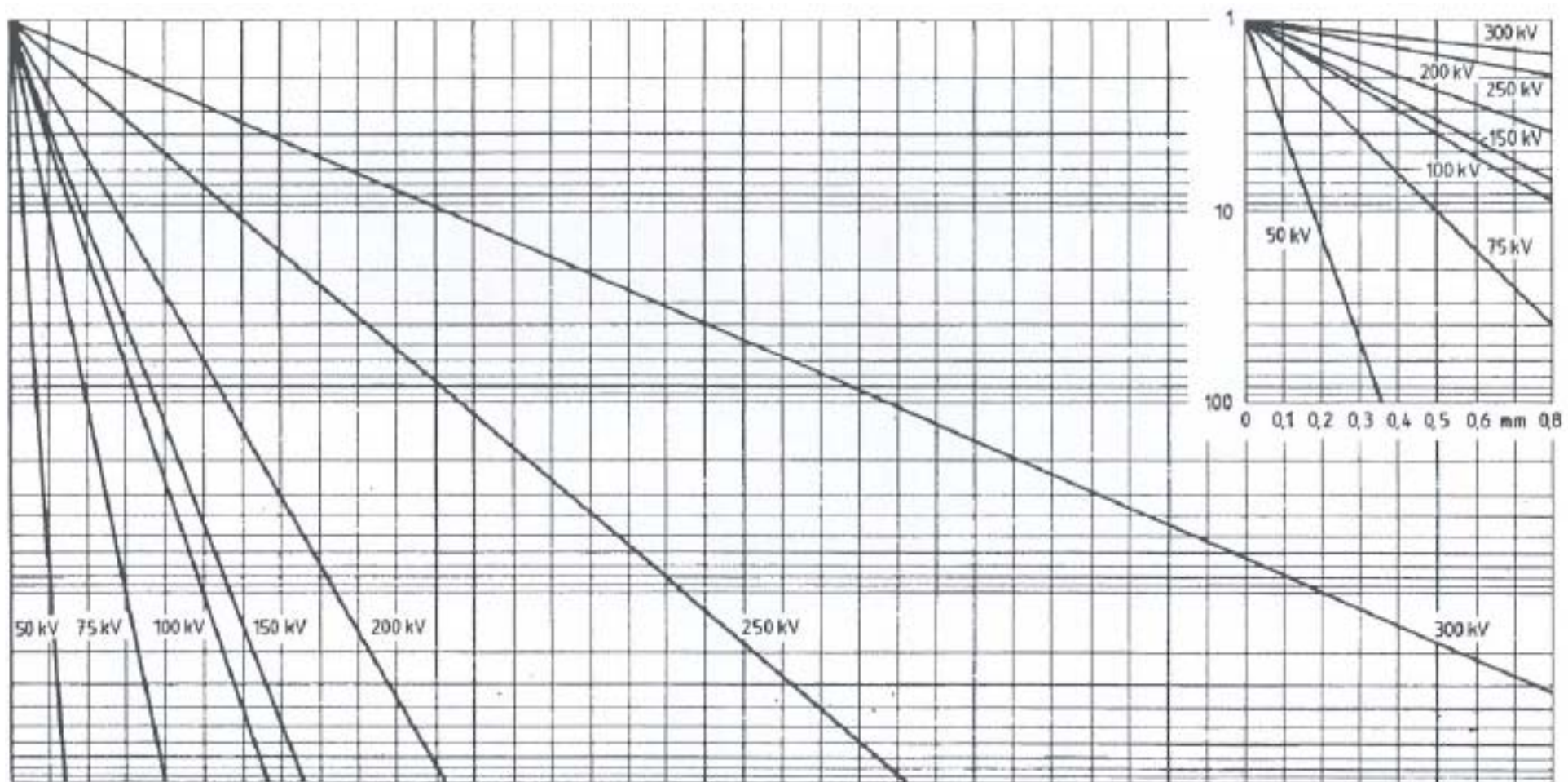


Figure 7 - Dépendance en fonction de la tension du facteur de correction selon 4.2.6 pour la gaine à 100 kV, 125 kV ou 150 kV, par rapport à une même performance de tube. Les courbes en pointillés sont des résultats d'extrapolations ou de calculs.



mm

Figure 8 – Facteurs d'atténuation  $F_0$  pour du rayonnement fortement filtré par du plomb pour la détermination des protections contre le rayonnement de fuite (voir 4.2.7).



**Tableau I : Valeurs indicatives de la charge de travail W en mA.min/semaine (voir 4.2.1)**

Applications	Charge de travail W en mA.min/semaine
<b>Domaine médical</b>	
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 intraorale	10
Imagerie radiologique dentaire panoramique	100
Imagerie radiologique dentaire volumique	200
<b>Autres domaines</b>	
<b>Vétérinaire <sup>a)</sup></b>	
Imagerie radiologique	2 à 100
Imagerie radiologique dentaire intraorale	5 à 10
Scanographie	2 500 à 5 000
a) 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.	
<b>Industriel <sup>b)</sup></b>	
Imagerie radiologique industrielle	6 000 à 9 000
Cristallographie	100 000 à 400 000
b) Ces valeurs peuvent être différentes pour les applications particulières (contrôleurs de bagages, fluorescence X, ...).	

**Tableau II : 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

**Tableau III : Rapport de l'exposition au rayonnement diffusé à l'exposition au rayonnement incident, facteur k (m<sup>2</sup>) (voir 4.2.4)**

Application	k (m <sup>2</sup> )
dentaire intraoral	0,0005
dentaire panoramique	0,0001
scannographie	0,002 (tête); 0,004 (corps entier)
mammographie	0,001
autres applications	voir tableau ci-dessous

Haute tension	k (m <sup>2</sup> )
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

**Tableau IV : Epaisseurs 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 et le béton (voir 4.2.8)**

Haute tension (kV)	Plomb		Béton	
	Epaisseur demi-transmission (cm)	Epaisseur déci-transmission (cm)	Epaisseur demi-transmission (cm)	Epaisseur déci-transmission (cm)
50	0,06	0,17	0,43	1,5
70	0,17	0,52	0,84	2,8
85	0,22	0,73	1,25	4,5
100	0,27	0,88	1,60	5,3
125	0,28	0,93	2,00	6,6
150	0,30	0,99	2,24	7,4
200	0,52	1,70	2,50	8,4
250	0,88	2,90	2,80	9,4
300	1,47	4,80	3,10	10,4

## ANNEXE I

## Equivalence en plomb de certains matériaux atténuants

MATIERE (Masse volumique g/cm <sup>3</sup> )	ÉPAISSEUR DE PLOMB (mm)	ÉPAISSEUR EQUIVALENTE DE MATIERE, EN MILLIMETRES, POUR UNE HAUTE TENSION et UNE FILTRATION DONNEE :							
		50 kV 2,5 mm Al	100 kV 2,5 mm Al	150 kV 2,5 mm Al	200 kV 2,5 mm Al	250 kV 0,5 mm Cu	300 kV 3 mm Cu	400 kV	450 kV
Fer (7,9)	0,2	1,1	1,2	2,4	3,2	3,4	3,8	4,4	4,6
	0,4	2,4	2,4	5,2	6,0	6,4	7,2	8,0	8,2
	0,6	3,8	4,0	8,0	9,2	9,4	10	11	11
	0,8	5,2	5,2	11	12	12	13	14	15
	1	6,5	6,4	14	16	16	16	16	16
	1,2		8,0	17	19	18	18	18	18
	1,4		9,2	20	23	21	20	18	18
	1,6		10	23	26	23	22	20	19
	1,8		12	26	29	26	24	21	20
	2,0		13	28	32	29	26	21	20
Béton baryté (3,2)	0,5	15	4,0	7,3	9,0	10	11	12	12
	1	31	8,5	15	19	19	21	21	21
	2		17	33	38	37	37	35	34
	3		24	51	57	53	50	44	41
	4		30	67	74	68	64	57	51
	6		44	100	105	96	88	78	73
	8		57	130	135	120	115	105	96
	10		70	165	170	145	135	116	105
	12		82	195	195	170	155	133	122
	14				230	190	180	160	150
	16				260	220	200	172	162
	18					240	220	189	178
	20						240	206	188
22						250	224	210	
Verre isolant (2,5)	0,2	20	18	18	15	15	15		
	0,4		36	36	32	27	24		
	0,6			45	44	39	34		
	0,8				50	45	38		
	1					47	42		
Aluminium (2,7)	0,2	15	16	17	15	14	12		
	0,4		30	34	30	26	20		
	0,6			44	40	37	32		
	0,8				46	42	37		
	1					46	42		
Béton (2,3)	0,5	62	44	60	56	52	50	47	47
	1	130	80	105	96	85	80	60	54
	2		140	180	165	135	125	110	100
	3		190	250	220	180	155	130	115
	4		240	300	270	220	185	150	140
	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	

MATIERE (Masse volumique g/cm <sup>3</sup> )	ÉPAISSEUR DE PLOMB (mm)	ÉPAISSEUR EQUIVALENTE DE MATIERE, EN MILLIMETRES, POUR UNE HAUTE TENSION et UNE FILTRATION DONNEE :								
		50 kV	100 kV	150 kV	200 kV	250 kV	300 kV	400 kV	450 kV	
		2,5 mm Al	2,5 mm Al	2,5 mm Al	2,5 mm Al	0,5 mm Cu	3 mm Cu			
Brique pleine (1,8)	0,5	100	70	84	76	68	62	54	54	
	1	200	120	150	130	120	105	91	85	
	2		195	260	230	190	165	143	139	
	3		260	340	310	250	210	171	153	
	4		330	420	370	300	250	203	190	
	6		450	570	490	390	330	268	250	
	8				600	470	390	317	290	
	10					540	450	338	305	
	12					610	510	383	342	
	14						570	428	385	
	16						620	466	420	
	Plaque de plâtre (0,84)	0,2	50	48	63	62	60	56	51	49
		0,4	110	89	120	110	105	95	86	80
0,6		170	130	175	155	145	130	117	111	
0,8		230	165	220	200	180	165	149	140	
1,0		290	200	270	240	220	190	171	165	
Béton cellulaire (0,63)	0,2	84	66	82	92	77	86			
	0,4	180	120	160	145	135	130			
	0,6	280	170	230	200	180	170			
	0,8	380	220	280	260	230	210			
	1,0	480	270	340	310	270	240			
	1,2		310	400	360	310	270			
	1,4		350	450	410	340	300			
	1,6		390	500	450	380	330			
	1,8		430	560	500	410	360			
	2,0		470	600	530	440	380			



**Liste des normes et des textes réglementaires cités en référence**

<b>Normes (*)</b>		<b>Références</b>
NF C 15-100. Décembre 2002	– Installations électriques à basse tension : Règles.....	1
+ A1 (août 2008 ) +A2(novembre 2008)		
NF C 74-100. Juin 1981 + A3 (juin 1984	– Appareils de radiologie. – Appareils à rayons X. – Construction et essais : Règles.....	2
NF C 15-211 Août 2006	– Installations électriques à basse tension – Installations dans les locaux à usage médical.....	3
UTE C 18-150 Novembre 1988 mise à jour 2004	– Recueil d'instructions générales de sécurité d'ordre électrique.....	4
NF C 74-000 Août 1989	– Radiologie médicale – Terminologie.....	8
CEI 60050-881. Janvier 1983	– Vocabulaire Electrotechnique International. Radiologie et physique radiologique.....	9

**Note.** – Les dates citées en référence sont celles des normes en vigueur lors de l'édition de la présente norme.

<b>Textes réglementaires</b>		<b>Références</b>
Code du travail	– Protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants .....	5
Arrêté du 25 juin 1980 modifié portant approbation des dispositions générales du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les ERP	– Etablissements recevant du public (ERP).....	6
Arrêté du 18 octobre 1977 modifié	– Immeubles de grande hauteur (IGH).....	7

(\*) 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/>