

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

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

Bernard AUBERT pour le groupe de travail UTE

Groupe de travail UTE :

Bernard AUBERT (IRSN) Animateur

Dragos LUCA (UTE) Secrétaire

Bernard AUBOIROUX (APAVE)

Jean-Paul CHARLET (GE)

André COSTA (SFPM)

Alain DELMAS (GE)

Jean DROUARD (SFPM)

Fabien FERON (ASN)

Frédéric FOURNET (IRSN)

Jérôme FRADIN (ASN)

Jean-Claude GODIN (CEGELEC)

Dominique JAEGLE (LANDAUER)

Alain JEANNEAUX (Michelin)

Marie-Pierre LABAT-CAMY (Trophy)

Bertrand LE DIRAC'H (ASN)

Jean-Denis LE NEGARET (LCIE)

Coffi MEGNIGBETO (ASN)

Marc MILLION (LANDAUER)

Cyril PINEAU (ASN)


Andry RATSIRAHONANA (CEA)

Jean-Luc REHEL (IRSN)

Catherine ROY (Formaveto)

Nicolas TOSCANO (SNITEM)

Stéphanie WINICKI (AFIB).

NORME FRANÇAISE HOMOLOGUÉE	Installations pour la production et l'utilisation de rayons X	NF C 15-160
	RÈGLES GÉNÉRALES	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 postes 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 1094 NF C 15-160 - 130 - 13099		
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 95 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).

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 (limité par exemple au 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 ou les USA.

Cette méthode de calcul vise à déterminer la protection nécessaire en un point donné compte tenu, d'une part des caractéristiques de la source et de son utilisation, et d'autre part du niveau d'exposition imposé par la réglementation ou voulu par l'exploitant en ce point.

Cette nouvelle norme a gardé le plan général de la précédente et comporte 5 paragraphes et 3 annexes :

1. - INTRODUCTION

2. - DEFINITIONS

3. - CLASSIFICATION DES INSTALLATIONS

4. - REGLES DE PROTECTION CONTRE LES RAYONS X

5. - VERIFICATION DES INSTALLATIONS

ANNEXE 1 - Equivalence en plomb de certains matériaux

ANNEXE 2 - Note de calcul

ANNEXE 3 - Liste des normes et textes réglementaires cités en référence

Méthodologie de calcul des protections

Prise en compte 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,
- b) relatifs aux parois (y compris murs, plancher et plafond) à considérer en fonction des caractéristiques de l'irradiation (rayonnements primaire, diffusés et de fuite),
- c) résultant des positions du tube radiogène et de l'orientation du faisceau,
- d) d'affectation des espaces et locaux voisins,
- e) relatifs aux limites d'exposition fixées par voie réglementaire, afin de déterminer des épaisseurs de plomb ou de béton appropriées à la protection.

Cette nouvelle norme couvre tous les types d'installations (médical, industriel...) utilisant les rayonnements d'appareils fonctionnant sous une haute tension inférieure à 600 kV.

Méthode de calcul

Prise en compte du débit de dose lié aux trois types de rayonnement :

- le rayonnement primaire, H_p
- le rayonnement diffusé, H_s
- le rayonnement de fuite, H_g

On distingue trois étapes :

1. Calcul du débit d'équivalent de dose tel qu'il existe en un point donné d'un lieu occupé sans écran protecteur.
2. Détermination du facteur d'atténuation F_p , F_s ou F_g , nécessaire pour réduire le débit d'équivalent de dose à une valeur inférieure, ou au plus égale, à la valeur retenue H_{max} .
3. Détermination de l'épaisseur théorique de plomb déduite des facteurs F_p , F_s ou F_g .

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

$$F_p = \frac{H_p \cdot T}{H_{max}} = \frac{\Gamma_R \cdot W \cdot R \cdot T}{H_{max} \cdot a^2}$$

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

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

a = distance du point à protéger au foyer en m

Charge de travail W en mA·min par semaine (1)

Domaine médical	
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 endobuccale	10
Imagerie radiologique dentaire panoramique	100
Imagerie radiologique dentaire volumique	200

Charge de travail W en mA·min par semaine (2)

Autres domaines	
Vétérinaire ^{a)}	
Imagerie radiologique	2 à 100
Imagerie radiologique dentaire endobuccale	5 à 10
Scanographie	2 500 à 5 000

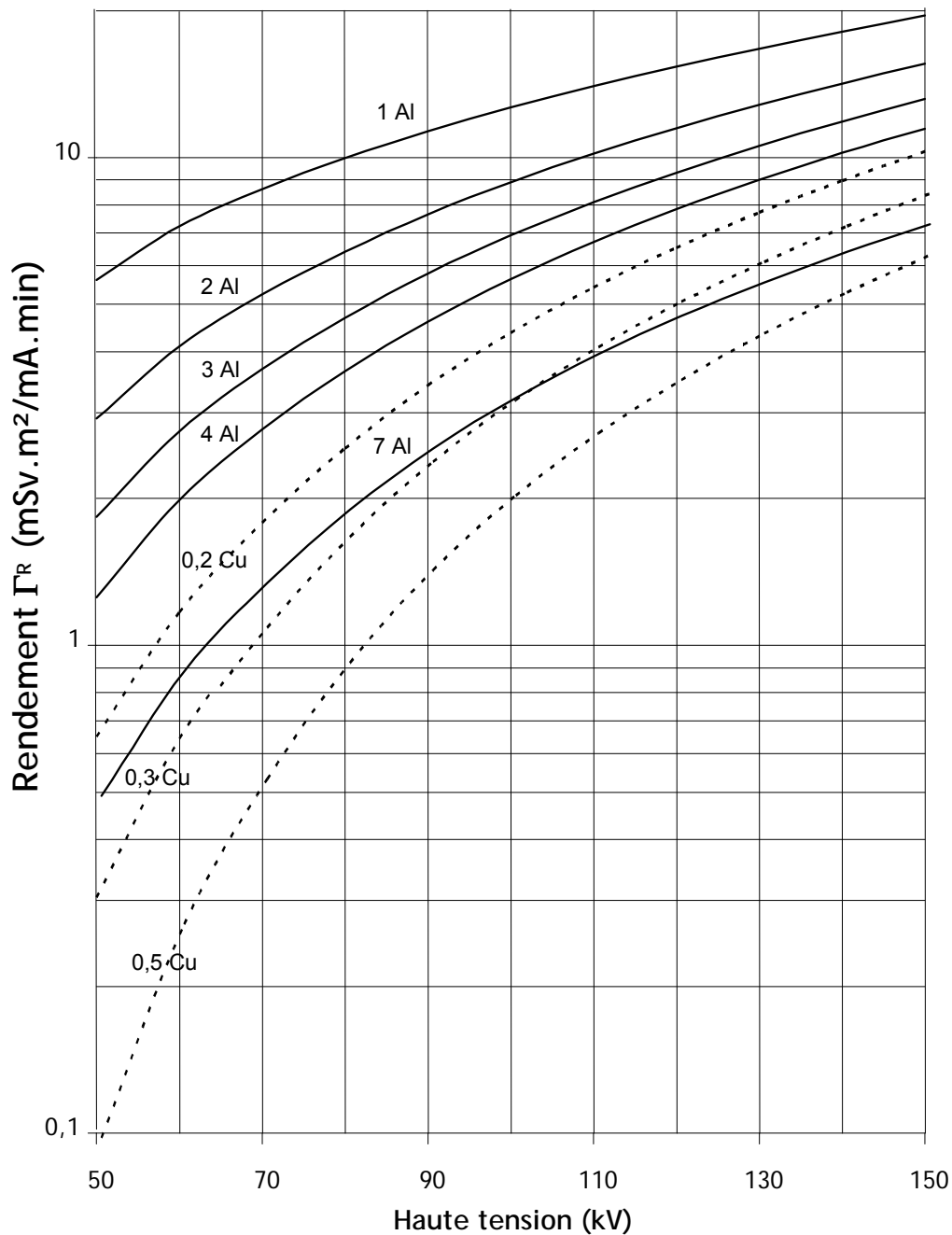
a) Ces valeurs tiennent compte de la différence d'activité entre un cabinet conventionnel et un cabinet dédié à l'imagerie, ainsi que des différences de taille des animaux à radiographier.

Industriel ou scientifique ^{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, ...) ou pour les appareils utilisés en dehors de leur destination finale (développement, maintenance d'appareils).

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



Rendement Γ_R à 1 m de la cible d'un tube à anode de tungstène avec des filtrations totales de 1 mm Al à 0,5 mm Cu pour des hautes tensions continues de 50 kV à 150 kV

Facteur d'atténuation vis à vis du rayonnement diffusé, F_S

$$F_S = \frac{H_S \cdot T}{H_{\max}} = \frac{\Gamma_R \cdot W \cdot k \cdot T}{H_{\max} \cdot b^2 \cdot d^2}$$

b = distance du foyer au milieu de diffusion en m

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

k = coefficient en m^2 caractérisant la contribution du rayonnement diffusé à 1 m du milieu de diffusion par rapport à la contribution du rayonnement primaire

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.

Par exemple : - pour un scanographe avec 64 rangées de détection, $l = 4 \text{ cm}$
 - pour un scanographe avec 128 rangées de détection, $l = 8 \text{ cm}$

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

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

$$F_g = \frac{H_g \cdot T}{H_{max}} = \frac{C_g \cdot W \cdot f \cdot T}{H_{max} \cdot c^2 \cdot Q}$$

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

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

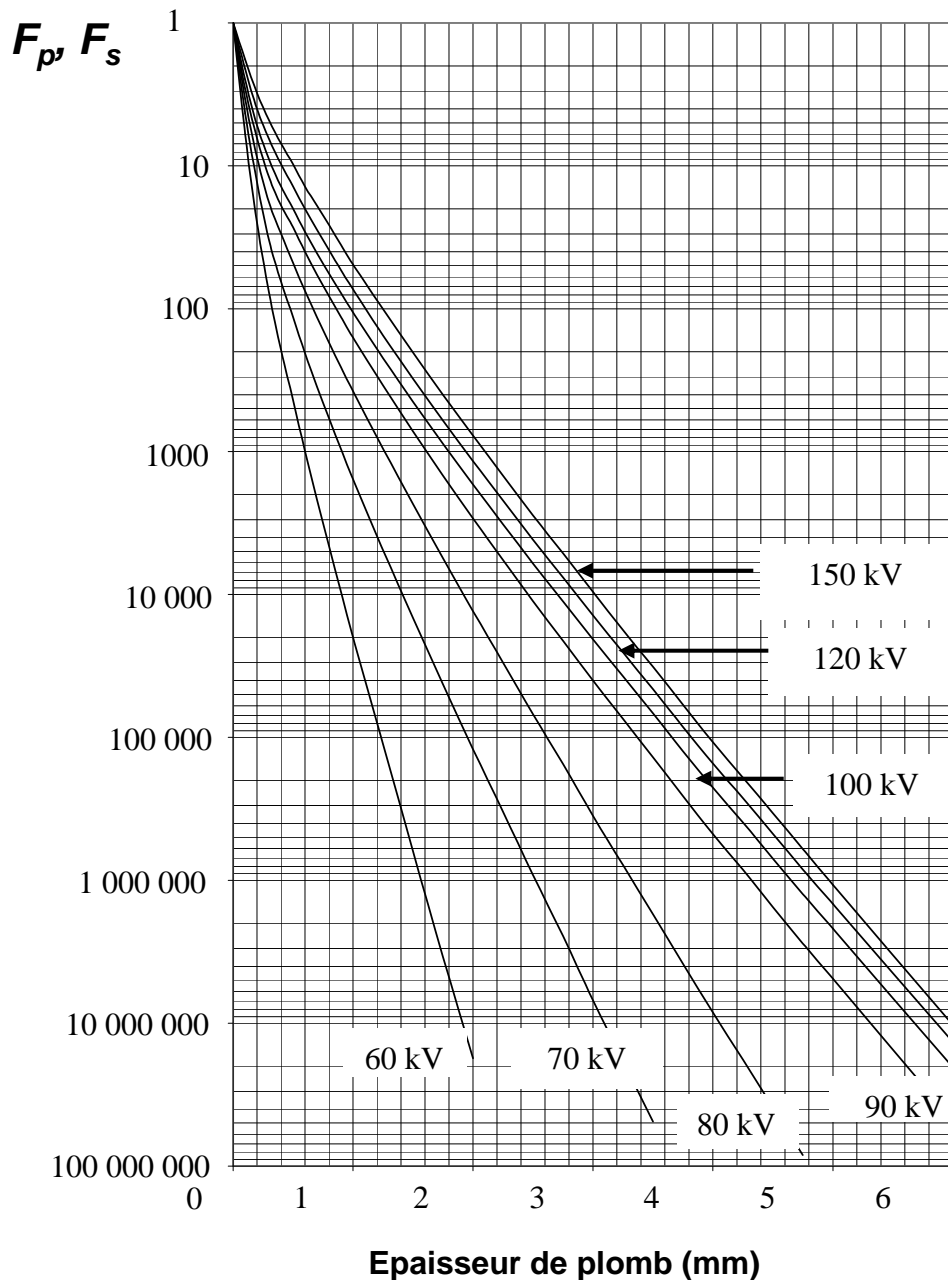
Q = produit intensité·temps maximal par heure au maximum de la tension de service nominale indiquée par le fabricant en $\text{mA} \cdot \text{min} \cdot \text{h}^{-1}$

Valeur maximale indicative du facteur Cg (en $\text{mSv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$)

Installation	facteur Cg ($\text{mSv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$)
Appareils de cristallographie et appareils analogues,	0,0001
Radiologie dentaire avec détecteur endobuccal	0,25
Autres installations de radiologie avec HT < 150 kV	1,0
Installations de radiologie avec HT \geq à 150 kV.	10

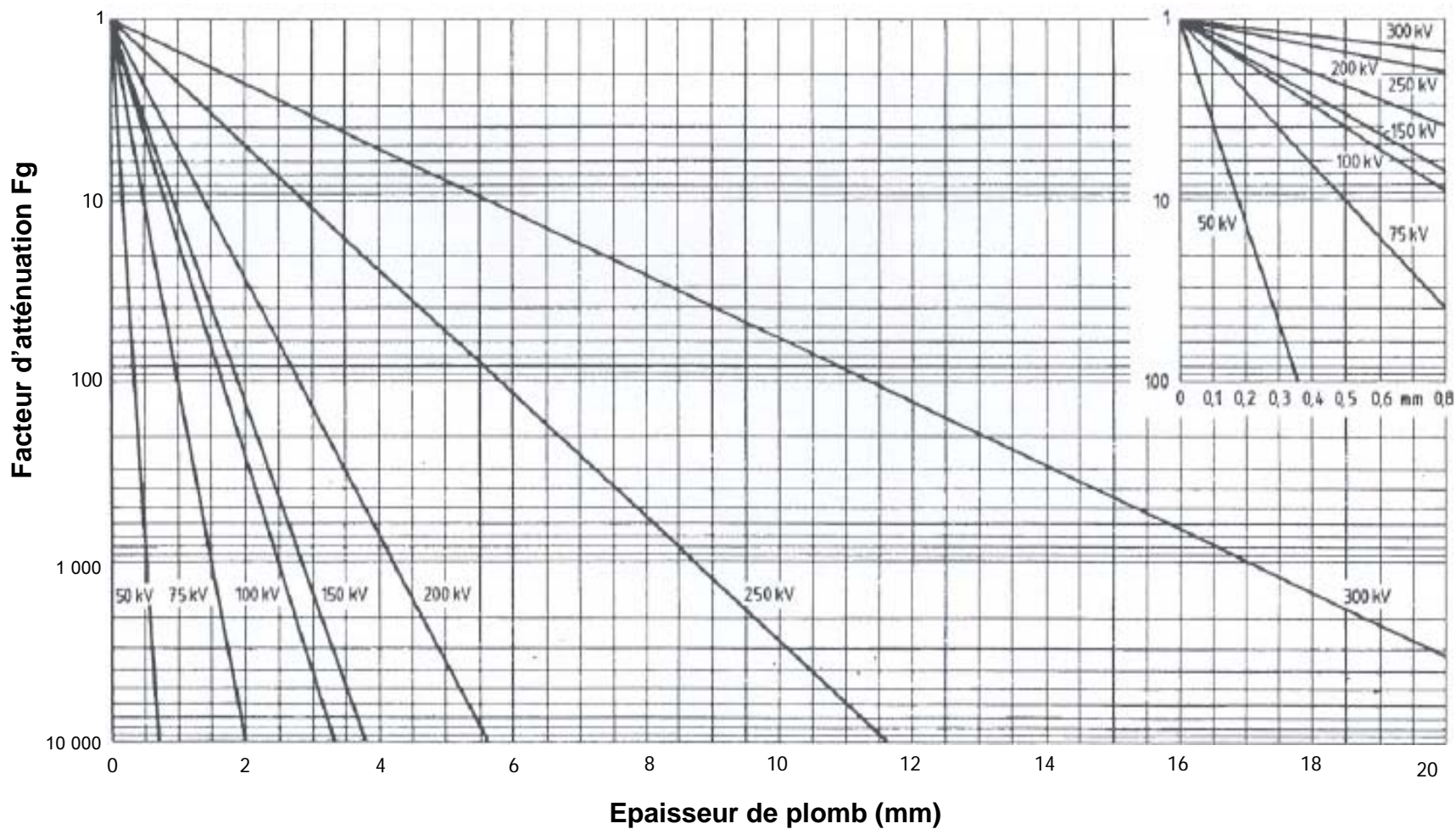
Valeur par défaut du facteur Q (mA·min h⁻¹)

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



Facteurs d'atténuation F_p et F_s dans le plomb pour les rayons X générés par des hautes tensions de 50 à 150 kV pour le plomb

Facteurs d'atténuation F_g pour le plomb



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

2 documents de référence :

- Code du travail : 1 mSv - 6 mSv ou 20 mSv/an
- Arrêté « Zonage » : 0,080 mSv/mois ou 0,075 mSv en une heure

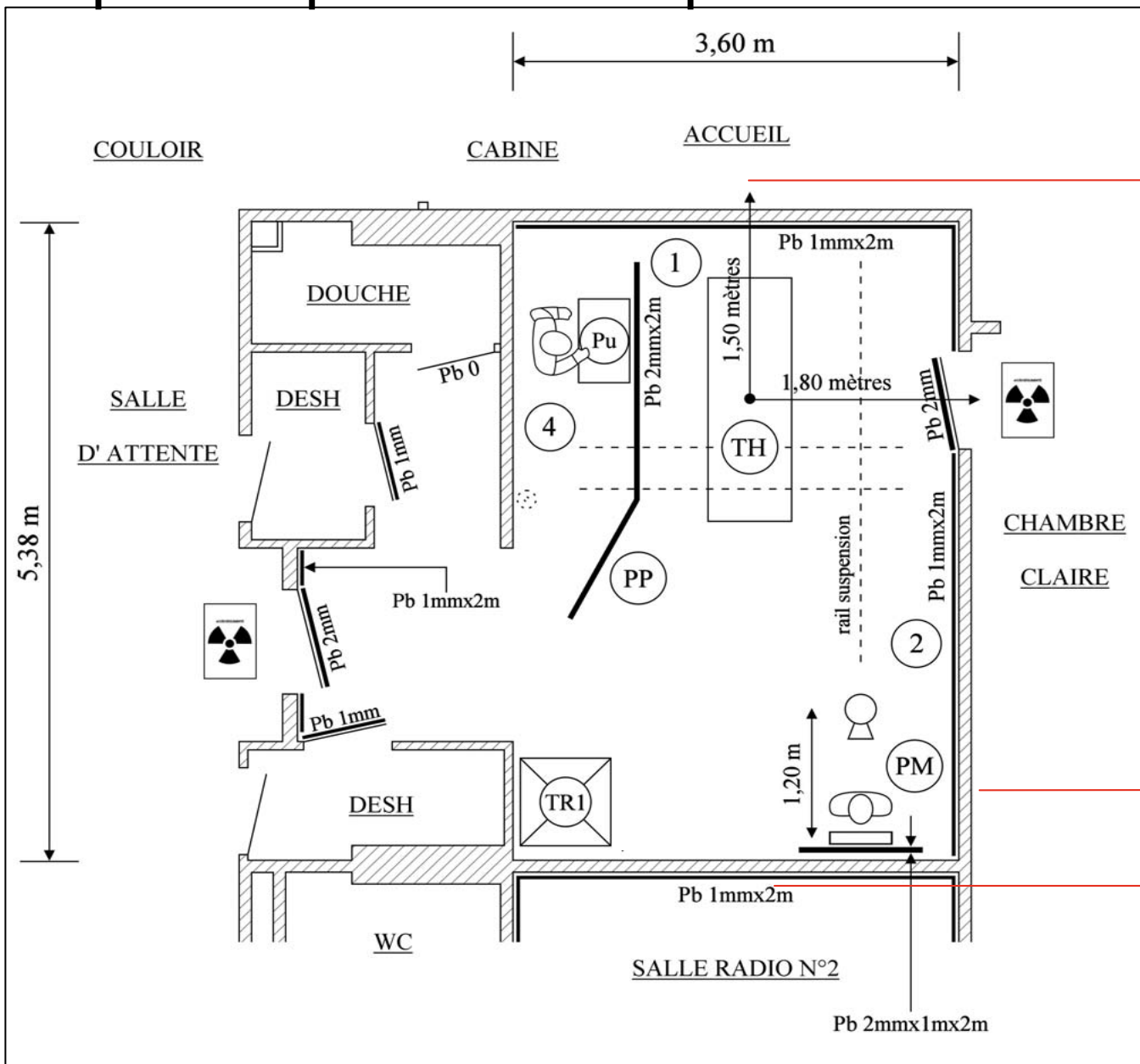
Sur la base de 2000 h/an et 50 semaines/an, le CT conduit à :

- ZNR < 0,020 - ZS < 0,120 et ZC < 0,400 mSv/semaine

Sur la base des hypothèses de l'arrêté « Zonage »

- ZNR < 0,020 et ZS < 0,300 mSv/semaine

Suspension plafonnière et potter horizontal et mural



\dot{H}_{max}

0,02 mSv/sem.

0,12 mSv/sem.

0,4 mSv/sem.

Suspension plafonnière avec table et potter horizontal et potter mural

HT max. utilisée : 120 kV

Filtration : 3 mm Al

W : 300 mA.mn/sem

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

R = 0,1

$k = 0,0025 \text{ m}^2$

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

f = 1

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

Accueil (ZNR)

$F_s = 330 \Rightarrow E_p(\text{Pb}) = 1,4 \text{ mm}$

$F_g = 37 \Rightarrow E_p(\text{Pb}) = 1,5 \text{ mm Pb}$

} $E_p(\text{Pb}) = 1,8 \text{ mm}$

Chambre claire (ZS)

$F_s = 39 \Rightarrow E_p(\text{Pb}) = 0,7 \text{ mm}$

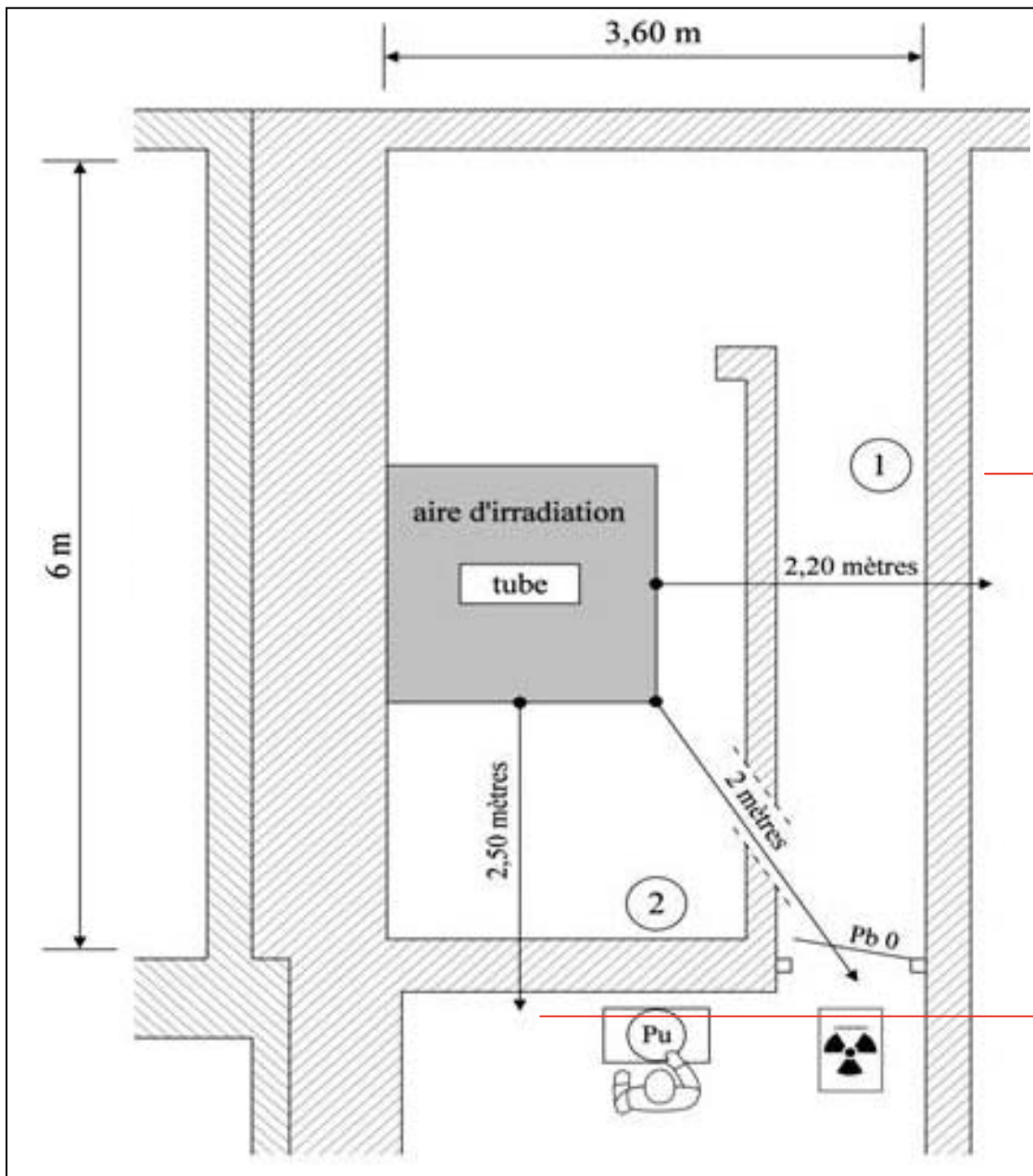
$F_g = 4,3 \Rightarrow E_p(\text{Pb}) = 0,5 \text{ mm Pb}$

} $E_p(\text{Pb}) = 1,0 \text{ mm}$

Salle radio n° 2 (ZC)

$F_p = 520$

$\Rightarrow E_p(\text{Pb}) = 1,7 \text{ mm}$



Installation radiologique industrielle

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

0,02 mSv/sem.

0,02 mSv/sem.

Installation radiologique industrielle

HT max. utilisée : 200 kV

$I = 10 \text{ mA}$

$W : 30.000 \text{ mA.mn/sem}$

$\Gamma = 6,5 \text{ mSv.m}^2/(\text{mA.min})$

Paroi 1 (ZNR)

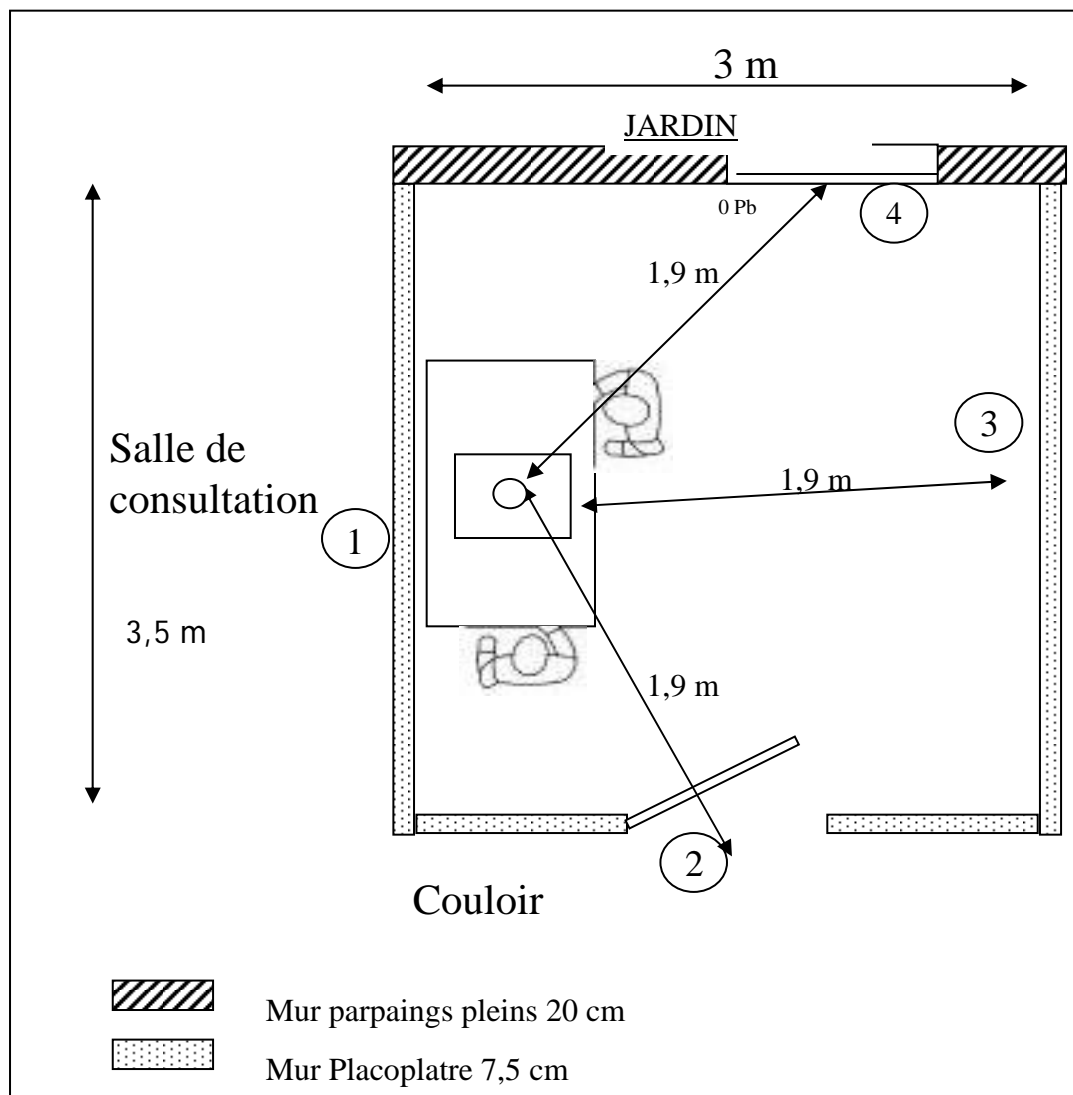
$R = 0,3$

$F_p = 4.10^6 \Rightarrow E_p (\text{Pb}) = < 2 \text{ mm}$

Paroi 2 (ZNR)

$R = 0,1$

$F_p = 10^6 \Rightarrow E_p (\text{Pb}) < 1,5 \text{ mm}$



Installation radiologique vétérinaire petits animaux

\dot{H}_{\max}
0,02 mSv/sem.

Installation radiologique vétérinaire petits animaux

HT max. utilisée : 120 kV

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

Filtration : 3 mm Al

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

W : 300 mA.mn/sem

$$f = 1$$

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

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

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 qui :

- Implique l'exploitant par le choix de la valeur de W , fonction de son activité ;
- Est homogène avec ce qui se pratique dans les autres pays et en particulier certains 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 , H_{\max} ...