



## DOSIMEX-GX 3.2

✓ APPLICATION NORME NF C15-160 (2018)

Secteur d'activité :	Medical	Calcul effectué par :	DOSIMEX				
Domaine :	imagerie radiologique générale	Date :	04/05/2019 09:59:50				
Appareil :	Appareil						
HT utilisée (kV) :	100	Local adjacent :	Lieux d'occupation transitoire				
Filtration :	Aluminium 1mm	T occupation :	0.2				
$\Gamma_R$ (mGy.m2/min/mA) :	1.59E+01	Paroi :	Beton cellulaire	Equivalent Pb			
Largeur Faisceau l (cm) :		Epaisseur (mm) :	10	0			
W mA.min/mois :	1600	Hmax $\mu$ Sv/mois :	80				
Rayonnement primaire	R 1		a 1	Hp×T $\mu$ Sv/mois 5.09E+03	Fp 6.36E+04	Xpb 3.5	
Rayonnement diffusé	k (m²) 0.0022	b 1	d 1	Hs×T $\mu$ Sv/mois 1.12E+01	Fs 1.40E+02	Xpb 1.1	
Rayonnement de fuite	f 1	c 1	Q 180	Cg 1	Hg×T $\mu$ Sv/mois 1.78E+00	Fg 2.23E+01	Xpb 0.66
Epaisseur équivalente de protection de plomb calculée (mm)						3.5	

Alain VIVIER, Gérald LOPEZ  
SEPTEMBRE 2019



## SOMMAIRE

<b>PARTIE I.</b>	<b>APPLICATION « FEUILLE DE CALCUL NF C15-160 ».....</b>	<b>3</b>
I- 1 :	PREAMBULE : UN PETIT MOT SUR LA VERSION 2018 DE LA NORME NF C 15-1603	
I- 2 :	LES LACUNES DE LA NORME NF C 15-160 (2018).....	4
I- 3 :	MISE EN ŒUVRE DE L'APPLICATION DE LA NF C 15-160.....	6
I.3.1	<i>L'option 15-160</i> .....	6
I- 4 :	ONGLET « ACTIVITE & LOCAL ADJACENT » .....	7
I- 5 :	ONGLET « GENERATEUR X » .....	12
I- 6 :	ONGLET « IMPACT DU AU RAYONNEMENT PRIMAIRE ».....	14
I- 7 :	ONGLET « IMPACT DU AU RAYONNEMENT DIFFUSE » .....	15
I- 8 :	ONGLET « IMPACT DU AU RAYONNEMENT DE FUITE » .....	16
I- 9 :	ONGLET « RESULTATS ».....	17
<b>PARTIE II.</b>	<b>VALIDATION .....</b>	<b>18</b>



## Partie I. APPLICATION « FEUILLE DE CALCUL NF C15-160 »

---

### I- 1 : PREAMBULE : UN PETIT MOT SUR LA VERSION 2018 DE LA NORME NF C 15-160

Les différences avec la version 2011 sont relativement nombreuses et d'importances variables. Parmi les plus importantes on peut citer

- L'utilisation de l'équivalent de dose  $H^*(10)$  en sievert en lieu et place du kerma air en gray. Cette modification n'est pas explicitée dans la nouvelle norme et reste peu visible car la version de 2011 utilisait déjà l'unité « sievert » au lieu de « gray » pour des valeurs en kerma air. Cette modification est importante car elle modifie parfois significativement, notamment pour les faibles filtrations, les valeurs de rendement et d'atténuation. Notons aussi que sur l'aspect radioprotection, cette modification va dans le bon sens, le kerma air n'étant pas une grandeur de protection, mais une grandeur métrologique
- Les charges  $W$  pour les domaines médicaux et vétérinaires sont maintenant calculées sur 1 mois (§ 5.3.1). Pour le domaine industriel, et en particuliers pour les utilisations en continu des générateurs  $X$ , la charge est rapportée à 1 heure (§ 5.3.2). Par contre la norme a omis de donner les tableaux des valeurs indicatives pour ces charges. Nous avons repris dans cette application les valeurs de la norme de 2011 et les avons rapporté respectivement à 1 mois ( $\times 4$ ) pour le domaine médical et vétérinaire et à 1 heure ( $/40$ ) pour le domaine industriel)
- La prise en compte de la surface éclairée pour calculer le débit d'équivalent de dose en rétrodiffusé. La norme propose un jeu de coefficient  $\alpha$  (*voir manuel 2 sur le modèle physique du générateur X*) tiré du rapport CEA R-6452 (*Laurent Bourgois, Stéphanie Ménard, CEA 2017*). Ces coefficients sont donnés pour 5 milieux - eau, TNT, Béton, fer, plomb- pour une filtration de 6 mm d'aluminium et 1 mm de béryllium. Cette dernière modification, même si elle reste assez limitée en données, représente une amélioration notable par rapport à la version de 2011
- Une extension des Hautes Tensions de 25 kV à 1 MV au lieu de 50 kV à 600 MV pour la version 2011.



## I- 2 : LES LACUNES DE LA NORME NF C 15-160 (2018)

La norme comportent quelques lacunes qu'il nous a fallu combler pour pouvoir réaliser une application automatisé :

- **Lacune 1** : les valeurs indicatives  $W$  ont été oubliés. Elles devaient apparaître dans le § 4.3 cité en référence, mais ce chapitre n'existe pas (voir § 5.3.2). Nous avons repris pour l'application de la version 2018 les valeurs indicatives de la version 2011 (tableau 1) en rapportant les valeurs à 1 moi pour le domaine médical et 1 h pour le domaine industriel
- **Lacune 2** : la règle d'arrondi introduite au § 5.7 est incomplète : la règle d'arrondi n'est pas précisée pour  $e > 3$  mm. Pour les valeurs inférieures à 3 on a par exemple 2,1 mm arrondi à 2 mm et 2,11 mm arrondi à 2,5 mm.

Cette règle n'est pas précisée pour les valeurs supérieures à 3 où le pas d'arrondi est égal à 1 mm

Nous avons alors adopté la règle suivante pour  $n$  entier :

$$n \leq e' \leq n + 0,1 \Rightarrow e = n$$

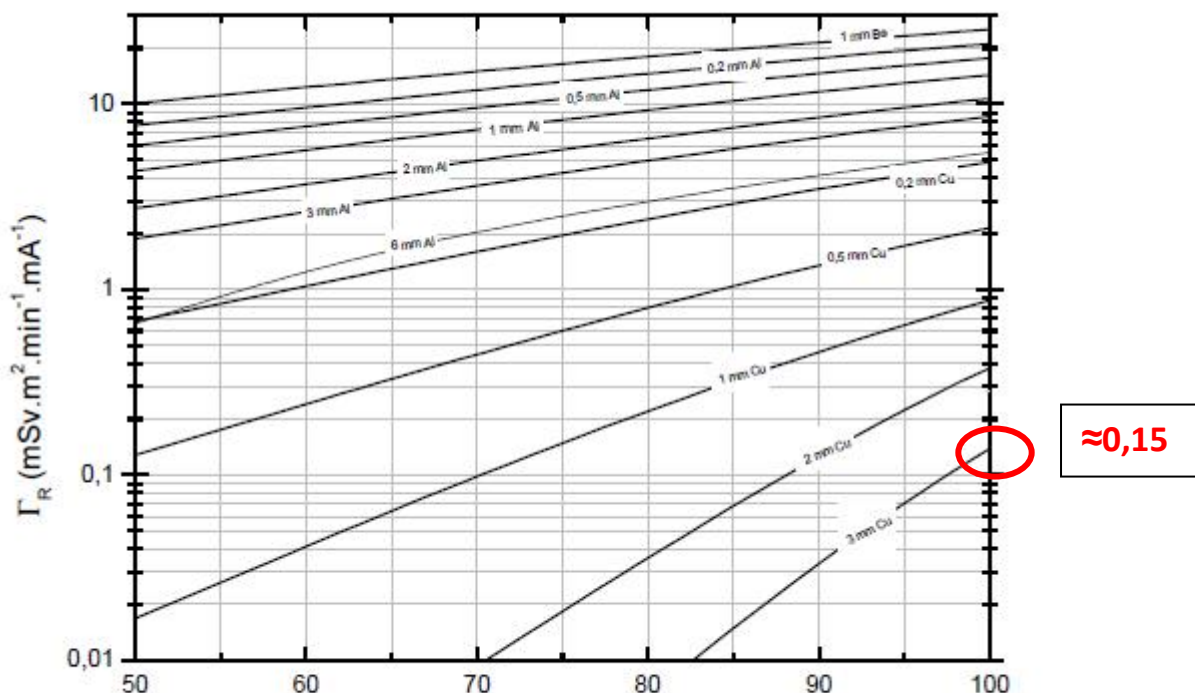
$$n + 0,1 < e' \leq n + 1,1 \Rightarrow e = n + 1$$

Exemple :  $e' = 3,1$  mm alors  $e = 3$  mm  
 $e' = 3,11$  mm alors  $e = 4$  mm

Cette règle est discutable il nous fallait trancher en attendant une éventuelle et hypothétique correction. A noter qu'un tel arrondi va dans le sens de la surprotection donc respecte le principe fondamental de la surestimation en radioprotection

- **Lacune 3** : il existe des écarts entre les différentes représentations pour certaines valeurs de références pour les rendements

Par exemple des différences apparaissent entre certaines valeurs des abaques des rendements présentées dans la norme et les valeurs numériques des références indiquées, ici l'ouvrage *Applied Physics of External Radiation Exposure* (Rodolphe Antoni et Laurent Bourgois, Springer 2017)



Ambient dose equivalent rate— $H^*(10)$ —to 1 m due to bremsstrahlung photons of a tungsten target bombarded with energy electron  $E$  and intensity 1 mA

Filtration	None	0.2 mm Al	0.5 mm Al	1 mm Al	2 mm Al	3 mm Al	0.2 mm Cu	0.5 mm Cu	1 mm Cu	2 mm Cu	3 mm Cu
E(KV)	mSv/min	mSv/min	mSv/min	mSv/min	mSv/min	mSv/min	mSv/min	mSv/min	mSv/min	mSv/min	mSv/min
50	1.01E + 01	7.69E + 00	6.00E + 00	4.35E + 00	2.75E + 00	1.87E + 00	6.75E + 00	1.28E + 01	1.69E + 02	5.72E + 04	2.92E + 05
100	2.73E + 01	2.31E + 01	1.94E + 01	1.59E + 01	1.22E + 01	9.94E + 00	5.97E + 00	3.02E + 00	1.46E + 00	6.41E + 01	2.79E + 01
120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.31E + 00	6.91E + 01
150	4.60E + 01	4.07E + 01	3.63E + 01	3.13E + 01	2.53E + 01	2.18E + 01	1.57E + 01	9.50E + 00	5.78E + 00	3.05E + 00	1.89E + 00
200	6.28E + 01	5.74E + 01	5.24E + 01	4.67E + 01	3.97E + 01	3.57E + 01	2.76E + 01	1.90E + 01	1.32E + 01	8.92E + 00	5.63E + 00
250	8.44E + 01	7.95E + 01	7.38E + 01	6.72E + 01	5.82E + 01	5.21E + 01	4.29E + 01	3.11E + 01	2.30E + 01	1.56E + 01	1.20E + 01
300	1.04E + 02	9.97E + 01	9.40E + 01	8.67E + 01	7.68E + 01	7.03E + 01	6.01E + 01	4.56E + 01	3.48E + 01	2.52E + 01	2.02E + 01
350	1.25E + 02	1.23E + 02	1.17E + 02	1.10E + 02	9.93E + 01	9.14E + 01	8.02E + 01	6.28E + 01	5.06E + 01	3.78E + 01	3.08E + 01
400	1.46E + 02	1.44E + 02	1.37E + 02	1.29E + 02	1.18E + 02	1.10E + 02	9.74E + 01	7.86E + 01	6.30E + 01	4.91E + 01	4.12E + 01
450	1.83E + 02	1.74E + 02	1.67E + 02	1.58E + 02	1.46E + 02	1.37E + 02	1.25E + 02	1.02E + 02	8.42E + 01	6.61E + 01	5.52E + 01
500	2.07E + 02	2.02E + 02	1.94E + 02	1.85E + 02	1.72E + 02	1.63E + 02	1.50E + 02	1.26E + 02	1.05E + 02	8.37E + 01	7.09E + 01
600	2.69E + 02	2.62E + 02	2.54E + 02	2.43E + 02	2.30E + 02	2.18E + 02	2.03E + 02	1.73E + 02	1.49E + 02	1.22E + 02	1.05E + 02
700	3.55E + 02	3.48E + 02	3.43E + 02	3.33E + 02	3.17E + 02	3.02E + 02	2.88E + 02	2.54E + 02	2.22E + 02	1.87E + 02	1.61E + 02
800	4.22E + 02	4.15E + 02	4.07E + 02	3.97E + 02	3.79E + 02	3.65E + 02	3.52E + 02	3.13E + 02	2.77E + 02	2.41E + 02	2.14E + 02
900	5.02E + 02	4.91E + 02	4.84E + 02	4.73E + 02	4.59E + 02	4.44E + 02	4.24E + 02	3.81E + 02	3.43E + 02	2.95E + 02	2.66E + 02

Exemple : pour une filtration de 3 mm de cuivre et une HT de 100 kV le rendement « abaque » est de l'ordre de 0,15 mSv.m<sup>2</sup>.min<sup>-1</sup>.mA<sup>-1</sup> et égal exactement à 0,279 mSv.m<sup>2</sup>.min<sup>-1</sup>.mA<sup>-1</sup> dans le tableau de référence, soit 100 % d'écart.

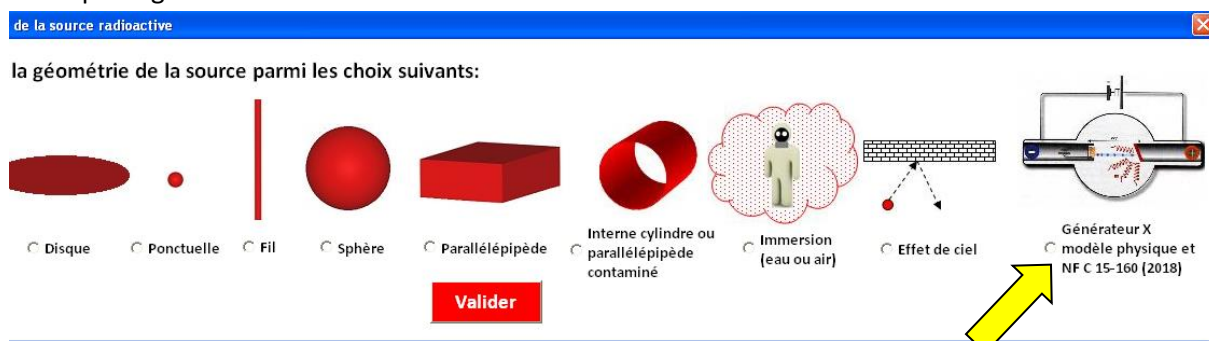
Pour l'application de la norme 15-160 nous avons conservé les valeurs tableaux, proche des valeurs calculées avec le modèle physique (voir dossier de validation générateur X pour le primaire)



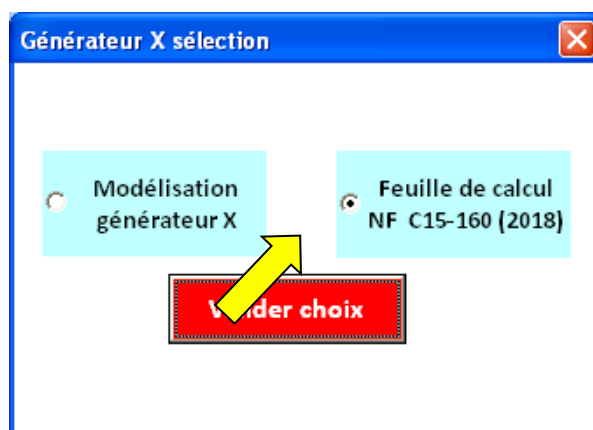
## I- 3 : MISE EN ŒUVRE DE L'APPLICATION DE LA NF C 15-160

### I.3.1 L'OPTION 15-160

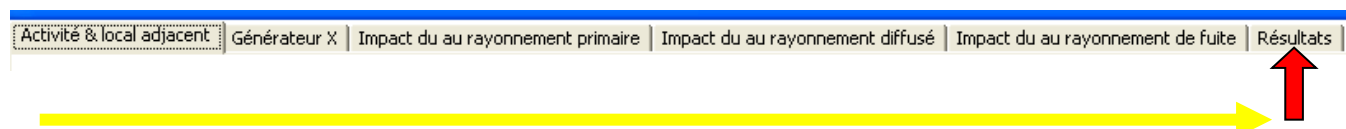
Cliquez sur l'option générateur X :



Puis choisir l'option NF C 15-160



Une boîte de dialogue avec 6 onglets apparaît. Il faut renseigner les 5 premiers onglets avant de pouvoir lancer le calcul automatique :





## I- 4 : ONGLET « ACTIVITE & LOCAL ADJACENT »

Cet onglet propose, après saisie de l'activité (1) et du domaine d'emplo (2) i, une valeur indicative de charge de travail W en mA.min

Activité

Domaine d'activité

Medical

Application

Medical

Vétérinaire

Industriel

Valeur indicative NFC 15-160 de 2011  
Ramenée à 1 mois pour le médical et 1 h  
pour l'industriel

Activité

Domaine d'activité

Medical

Application

imagerie radiologique générale avec scopie et graphie

imagerie radiologique générale avec graphie uniquement

imagerie radiologique pulmonaire seule

imagerie radiologique diagnostique en angiographie et cardiologie

imagerie radiologique au bloc opératoire

imagerie radiologique interventionnelle (hors bloc opératoire)

Mammographie

scanographie

NFC 15-160 de 2011  
Ramenée à 1 mois pour le médical et 1 h  
pour l'industriel

. Les valeurs données (3) ici sont extrapolées de la norme de 2011, les valeurs ayant été omises dans la version 2018 (voir préambule) :

Activité

Domaine d'activité

Medical

Application

imagerie radiologique générale avec scopie et graphie

Charge de travail

1600

sur 1 mois

Valeur indicative NFC 15-160 de 2011  
Ramenée à 1 mois pour le médical et 1 h  
pour l'industriel

Cette valeur est ajustable par l'opérateur en fonction de sa charge réelle de travail qu'il lui revient de déterminer.



La saisie du domaine d'activité conditionne la durée sur laquelle la dose est intégrée

Une dose maximale de 80  $\mu\text{Sv}$  :intégrée sur 1 mois pour les domaine médicaux et vétérinaire :

**Activité**

Domaine d'activité **Medical**

Application **imagerie radiologique générale avec scopie et graphie**

Charge de travail **1600** mA.min sur 1 mois

*Valeur indicative NFC 1  
Ramenée à 1 mois pour l'industriel*

Hmax ( $\mu\text{Sv}$  sur 1 mois) **80**

Une dose maximale de 0,5  $\mu\text{Sv}$  :intégrée sur 1 heure pour le domaine industriel :

**Activité**

Domaine d'activité **Industriel**

Application **Imagerie radiologique industrielle**

Charge de travail **225** mA.min sur 1 h

*Valeur indicative NFC 15-160 de 2011  
Ramenée à 1 mois pour le médical et 1 h pour l'industriel*

Hmax ( $\mu\text{Sv}$  sur 1 h) **0.5**

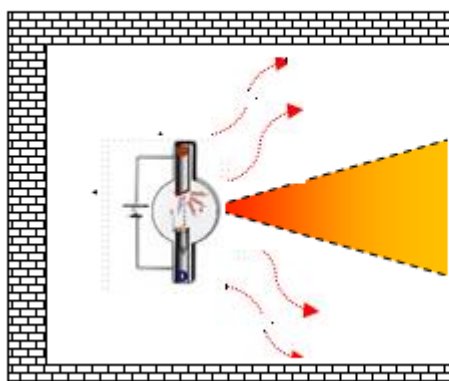
L'utilisateur a toutefois la possibilité de modifier, sous sa responsabilité, ces valeurs de doses





Il faut ensuite caractériser le local adjacent (4) que l'on cherche à protéger (cf tableau B 1)

### Caractéristique du local où doit être déterminée la protection

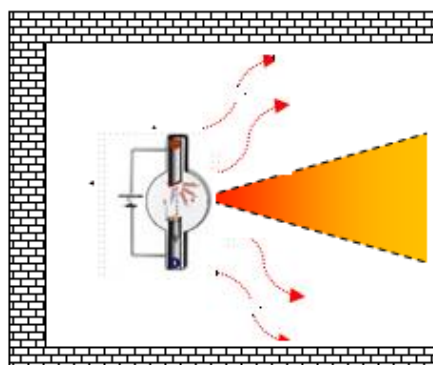


Nature du local
Lieux d'occupation transitoire
Déshabilloirs et sas
Autres pièces adjacentes
Epaisseur (mm)

(4)

On notera que la dénomination des locaux a été modifiée : 3 types de locaux pour 6 dans la version 2011

Le choix d'un local conditionne la valeur du facteur d'occupation, modifiable si l'opérateur le souhaite:



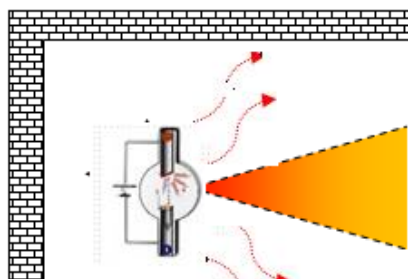
Nature du local
Autres pièces adjacentes
Cloison
Epaisseur (mm)

Facteur d'occupation du local

1

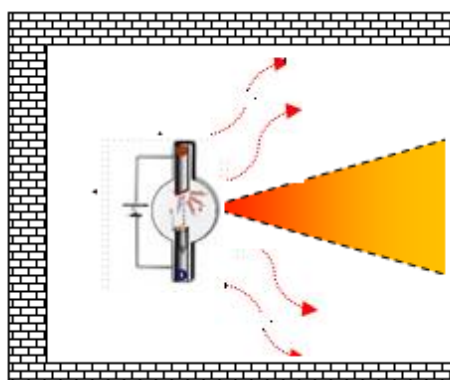
(val. normative NFC 15-160/ 2018)

Il faut ensuite choisir la nature (5) et l'épaisseur (6) de la cloison existante. On notera que la version 2018 propose un matériau supplémentaire : le béton cellulaire



Nature du local
Autres pièces adjacentes
Cloison
Béton cellulaire
Béton cellulaire
Plâtre
Brique pleine

(5)



Nature du local
Autres pièces adjacentes
Cloison
Béton cellulaire
Epaisseur (mm)
100

Ecran équiv.



Dans la calcul final, cette cloison sera convertie en « équivalent plomb » en fonction de la HT choisie, et retranchée à l'épaisseur totale de plomb nécessaire, en l'absence de la cloison, pour tenir la contrainte de dose. Ces équivalences sont données dans les tableaux C1, C2 et C3 de la norme NF C 15-160 (2018). On peut noter que la norme précise que ces équivalences sont données pour une filtration donnée, mais que cette filtration n'est pas précisée.

L'épaisseur équivalente est donnée dans la feuille finale de calcul, mais un module indépendant (7) a été implémenté et permet d'avoir immédiatement la valeur équivalente donnée par la norme :

**Calcul d'équivalent d'écran**

Détermination selon les tableaux C1, C2 et C3 de la norme 15-160 (2018)

HT utilisation (kV) : 120

Cloison : Béton cellulaire

Epaisseur (mm) : 100

**Calculer**

Epaisseur de Pb équivalente (mm) : 0.2

Si les valeurs de HT et d'épaisseurs ne correspondent pas exactement aux valeurs des tableaux, les règles sont les suivantes :

**Règle 1** : si la HT n'existe pas, on prend la HT immédiatement supérieure

**Règle 2** : si l'épaisseur n'existe pas, on prend la valeur d'équivalence plomb inférieure.

Attention : si l'épaisseur est plus faible que l'épaisseur minimale donnée dans le tableau, l'équivalence plomb est alors prise à 0

! Compte-tenu de la règle 2 nous avons, à titre exceptionnel et uniquement pour le verre, extrapolé les épaisseurs minimales en introduisant un équivalent plomb à 0,1 mm au lieu de 0,2. En effet pour le verre cela conduisait dans la plupart des cas, notamment en dentaire, à devoir plomber des parois vitrées alors que les mesures montraient que le risque était nul. Les valeurs ont été extrapolées linéairement, ce qui dans ce domaine est justifié

Exemple :

Pour 50 kV le minimum norme est : 20 mm de verre équivalent 0,2 mm de plomb.. Pour une épaisseur de 18 mm de verre on obtient alors (règle 2) 0 mm équivalent plomb

Nous avons ainsi rajouté un nouveau minimum de 0,1 mm équivalent plomb pour 10 mm de verre

Ainsi pour 18 mm de verre nous prenons 0,1 en équivalent plomb.



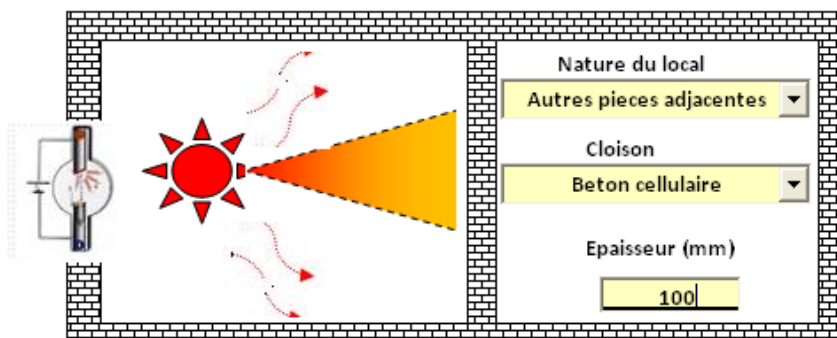
La dernière étape sur cet onglet consiste à choisir les modes d'irradiation de la cloison :

**Mode 1** : Par le faisceau primaire

Et/ou

**Mode 2** : Le rayonnement diffusé et les fuites de gaine

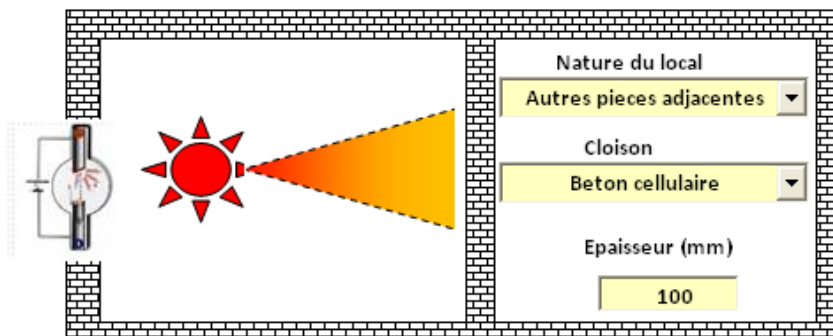
Mode 1 + 2 :



☒ Local exposé par le rayonnement primaire

☒ Local exposé par le rayonnement diffusé et le rayonnement de fuite

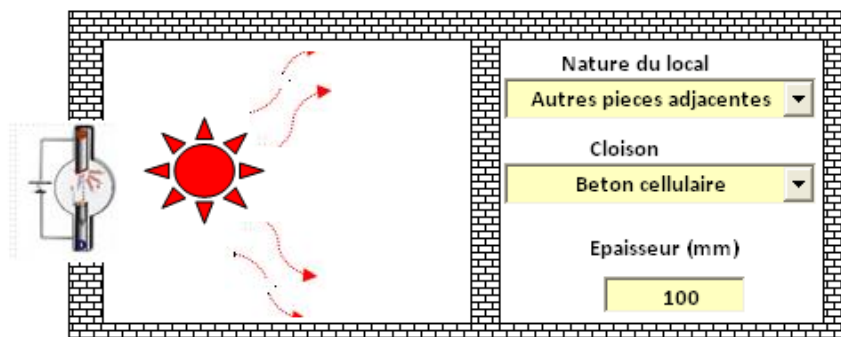
Mode 1 seul :



☒ Local exposé par le rayonnement primaire

☐ Local exposé par le rayonnement diffusé et le rayonnement de fuite

Mode 2 seul



☐ Local exposé par le rayonnement primaire

☒ Local exposé par le rayonnement diffusé et le rayonnement de fuite



## I- 5 : ONGLET « GENERATEUR X »

Les informations saisies dans cet onglet serviront principalement au calcul du rendement  $\Gamma_x$  associé au générateur X. Il faut tout d'abord pour cela saisir la valeur de la haute tension d'utilisation (HT en kV) :

**Alimentation**  
HT utilisation (kV)   
HT nominale (kV)

HT utilisation < HT nominale impacte le facteur f (rayonnement de fuite) voir fig.A8 NF c15-160

☐ Filtration inhérente ou gaine (Acier)

La HT nominale est prise par défaut égale à la valeur d'utilisation. Mais elle peut être supérieure, diminuant alors le débit de fuite de gaine via le facteur f (cf 15-160 fig. A 8). Une utilisation à une tension inférieure à la tension nominale du générateur X permet de limiter le risque d'exposition en diminuant le paramètre de fuite f, il est donc préférable de saisir la valeur vraie de la tension nominale pour éviter de surdimensionner inutilement la protection.

On peut alors saisir les caractéristiques de la filtration (nature et épaisseur en mm). La valeur de la HT conditionne la nature possible de la filtration (NFC 15-160 fig A 2 et A 3):

HT < 50 kV  
☒ Filtration inhérente ou gaine (Acier)

Nature   
Epaisseur

HT > 50 kV  
☒ Filtration inhérente ou gaine (Acier)

Nature   
Epaisseur



✓ Filtration inhérente ou gaine (Acier)

Nature Aluminium

Epaisseur 0.2

0.5

1

2

3

5

Pour une nature de filtration donnée, un jeu d'épaisseurs possibles est proposé, conformément aux valeurs de rendement disponibles dans la norme

Les valeurs de rendements mis sous formes d'abaques dans la norme (fig A.3 et A.4) sont tirés de l'ouvrage Applied Physics of External Exposure (Rodolphe Antoni, Laurent Bourgois, Springer 2017) :

Ambient dose equivalent rate— $H^*(10)$ —to 1 m due to bremsstrahlung photons of a tungsten target bombarded with energy electron  $E$  and intensity 1 mA

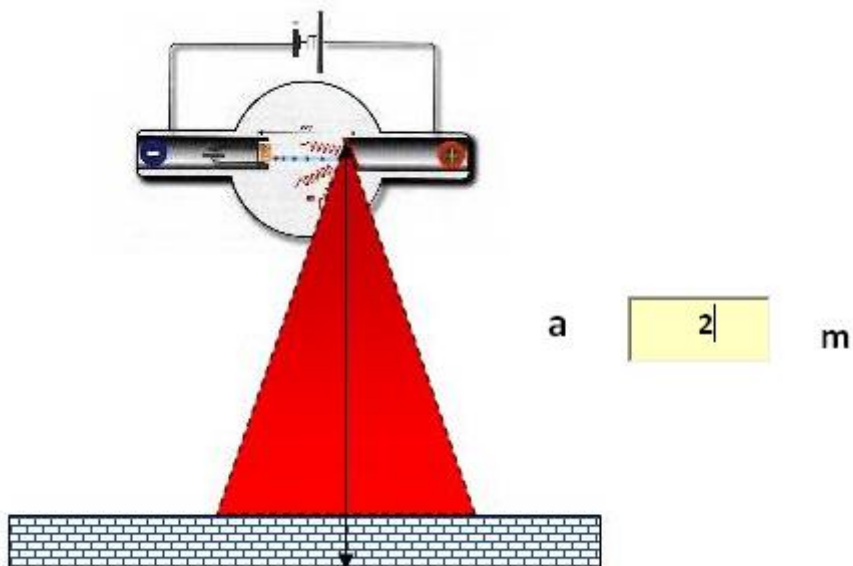
Filtration	None	0.2 mm Al	0.5 mm Al	1 mm Al	2 mm Al	3 mm Al	0.2 mm Cu	0.5 mm Cu	1 mm Cu	2 mm Cu	3 mm Cu
E(KV)	mSv/min	mSv/min	mSv/min	mSv/min	mSv/min	mSv/min	mSv/min	mSv/min	mSv/min	mSv/min	mSv/min
50	1.01E + 01	7.69E + 00	6.00E + 00	4.35E + 00	2.75E + 00	1.87E + 00	6.75E 01	1.28E - 01	1.69E - 02	5.72E - 04	2.92E - 05
100	2.73E + 01	2.31E + 01	1.94E + 01	1.59E + 01	1.22E + 01	9.94E + 00	5.97E + 00	3.02E + 00	1.46E + 00	6.41E - 01	2.79E - 01
120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.31E + 00	6.91E - 01
150	4.60E + 01	4.07E + 01	3.63E + 01	3.13E + 01	2.53E + 01	2.18E + 01	1.57E + 01	9.50E + 00	5.78E + 00	3.05E + 00	1.89E + 00
200	6.28E + 01	5.74E + 01	5.24E + 01	4.67E + 01	3.97E + 01	3.57E + 01	2.76E + 01	1.90E + 01	1.32E + 01	8.92E + 00	5.63E + 00
250	8.44E + 01	7.95E + 01	7.38E + 01	6.72E + 01	5.82E + 01	5.21E + 01	4.29E + 01	3.11E + 01	2.30E + 01	1.56E + 01	1.20E + 01
300	1.04E + 02	9.97E + 01	9.40E + 01	8.67E + 01	7.68E + 01	7.03E + 01	6.01E + 01	4.56E + 01	3.48E + 01	2.52E + 01	2.02E + 01
350	1.25E + 02	1.23E + 02	1.17E + 02	1.10E + 02	9.93E + 01	9.14E + 01	8.02E + 01	6.28E + 01	5.06E + 01	3.78E + 01	3.08E + 01
400	1.46E + 02	1.44E + 02	1.37E + 02	1.29E + 02	1.18E + 02	1.10E + 02	9.74E + 01	7.86E + 01	6.30E + 01	4.91E + 01	4.12E + 01
450	1.83E + 02	1.74E + 02	1.67E + 02	1.58E + 02	1.46E + 02	1.37E + 02	1.25E + 02	1.02E + 02	8.42E + 01	6.61E + 01	5.52E + 01
500	2.07E + 02	2.02E + 02	1.94E + 02	1.85E + 02	1.72E + 02	1.63E + 02	1.50E + 02	1.26E + 02	1.05E + 02	8.37E + 01	7.09E + 01
600	2.69E + 02	2.62E + 02	2.54E + 02	2.43E + 02	2.30E + 02	2.18E + 02	2.03E + 02	1.73E + 02	1.49E + 02	1.22E + 02	1.05E + 02
700	3.55E + 02	3.48E + 02	3.43E + 02	3.33E + 02	3.17E + 02	3.02E + 02	2.88E + 02	2.54E + 02	2.22E + 02	1.87E + 02	1.61E + 02
800	4.22E + 02	4.15E + 02	4.07E + 02	3.97E + 02	3.79E + 02	3.65E + 02	3.52E + 02	3.13E + 02	2.77E + 02	2.41E + 02	2.14E + 02
900	5.02E + 02	4.91E + 02	4.84E + 02	4.73E + 02	4.59E + 02	4.44E + 02	4.24E + 02	3.81E + 02	3.43E + 02	2.95E + 02	2.66E + 02

Les valeurs comprises entre 50 kV et 100 kV , ont été interpolés linéairement par pas de 10 keV



## I- 6 : ONGLET « IMPACT DU AU RAYONNEMENT PRIMAIRE »

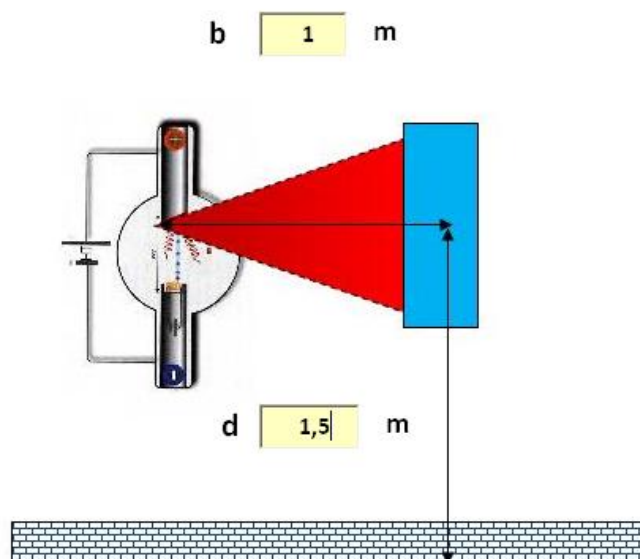
Si le local où doit être déterminée la protection est concerné par ce type de rayonnement (option préalablement sélectionnée dans l'onglet « *Activité & local adjacent* ») cet onglet sera alors visible, l'opérateur aura uniquement à saisir la distance **en mètre** séparant le générateur X du point de mesure considéré cette distance est notée « a » s'exprime en mètre.





## I- 7 : ONGLET « IMPACT DU AU RAYONNEMENT DIFFUSE »

Si le local où doit être déterminé la protection est concerné par ce type de rayonnement (option préalablement sélectionnée dans l'onglet « *Activité & local adjacent* ») cet onglet sera alors visible, l'opérateur aura à saisir la distance « b » séparant le générateur X de l'élément radiographié et la distance « c » séparant l'objet radiographié du point de mesure considéré. Ces distances s'expriment en mètre.



Une différence notable (voir préambule) apparaît ici dans la version 218. Il est possible de prendre en considération la surface éclairée, lorsqu'elle est connue, par le faisceau primaire pour estimer l'intensité du rayonnement diffusé via le coefficient alpha (fig A.7) :

Détermination coefficient de diffusion k

Connaissez-vous la nature et la surface du milieu de diffusion ?

☒ Oui

Nature Eau

Surface éclairée (cm2) 400

☐ Non

Ces coefficients alpha proviennent du rapport CEA R-6452

Pour approfondir cet aspect, voir aussi le dossier de validation du générateur X.

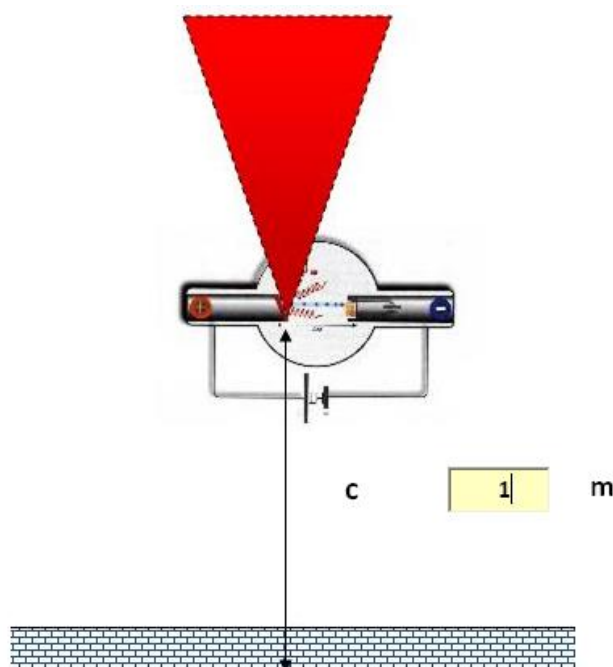
Lorsque la surface n'est pas connue, le calcul utilise les valeurs par défaut du coefficient k donnée dans les tableaux B.2a et B.2b de la norme NF C 15-160





## I- 8 : ONGLET « IMPACT DU AU RAYONNEMENT DE FUITE »

Si le local où doit être déterminée la protection est concerné par ce type de rayonnement (option préalablement sélectionnée dans l'onglet « *Activité & local adjacent* ») cet onglet sera alors visible, l'opérateur aura à saisir la distance « c » séparant le générateur X du point de mesure considéré.



De son côté l'application propose en fonction des données préalablement saisie par l'opérateur (domaine d'utilisation et haute tension) les valeurs indicatives de rendement de rayonnement de fuite ( $C_g^1$ ), ainsi que la valeur « Q » correspondant au produit de l'intensité maximum d'alimentation du générateur X par le temps maximum d'utilisation par heure. Ces données indicatives données par la norme NF C 15-160 sont modifiables si nécessaire par l'opérateur.

**Q : produit intensité.temps maximal par  
heure de fonctionnement (mA.min.h-1)**

180

(valeur indicative NF C 15-160 tableau B4)

**$C_g$  : Débit d'équivalent de dose à 1 m pour le  
rayonnement de fuite (mSv.m<sup>2</sup>.h-1)**

1

(valeur indicative NF C 15-160 tableau B 5)

<sup>1</sup> Outre les exceptions liées au domaine d'utilisation, la valeur de  $C_g$  est égale à 1 pour toutes les HT ≤ 150 kV





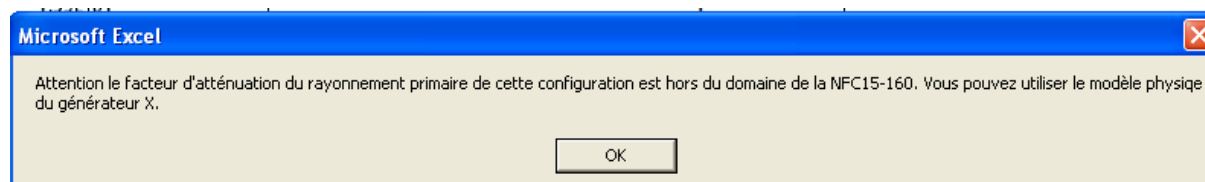
## I- 9 : ONGLET « RESULTATS »

Après avoir rentré toutes les données nécessaires, les calculs s'effectuent à partir de cet onglet et présentent les résultats dans un tableau intégré à la boîte de dialogue. Il est possible de modifier les paramètres d'entrés et relancer les calculs sans sortir de la boîte de dialogue. Les mêmes résultats sont reportés sur la feuille de synthèse

Secteur d'activité : Medical		Calcul effectué par : DOSIMEX	
Domaine : imagerie radiologique générale		Date : 04/05/2019 19:04:08	
Appareil :		Appareil	
HT utilisée (kV) : 100		Local adjacent : Lieux d'occupation transitoire	
Filtration : Aluminium 1mm		T occupation : 0.2	
$\Gamma_R$ (mGy.m2/min/mA) : 1.59E+01		Paroi : Beton cellulaire Equivalent Pb	
Largeur Faisceau l (cm) :		Epaisseur (mm) : 100 0.2	
W mA.min/mois : 1600		Hmax $\mu$ Sv/mois : 80	
Rayonnement primaire	R 1	a 2	Hp x T $\mu$ Sv/mois 1.27E+03
Rayonnement diffusé	k (m <sup>2</sup> ) 22.96E-04	b 1	d 1,5
Rayonnement de fuite	f 1	c 1	Q 180
		Cg 1	Hg x T $\mu$ Sv/mois 1.78E+00
			Fg 2.23E+01
			Xpb 0.66
Epaisseur équivalente de protection de plomb calculée (mm)			2.9
Epaisseur arrondie (§ 5.7) réelle de plomb nécessaire e' (mm)			3

On notera qu'un dernier paramètre, le facteur d'orientation R, peut être modifié dans la feuille de calcul. Il est par défaut égal à 1

Si les facteurs d'atténuations sont supérieurs aux valeurs maximales des abaques (variables suivant les HT), le calcul n'est pas réalisé. L'utilisateur peut alors utiliser le modèle physique proposé qui lui n'est pas limité en facteur d'atténuation





## Partie II. VALIDATION

---



# Calcul des protections selon norme NFC 15-160 pour :

100 kV

Paramètres d'entrée (ordre appli Dosimex)

Application  
manuelle 15-160

DOSIMEX Appli 15-160

Domaine d'activité	Médical
Application	Imagerie radiologique au bloc opératoire
W	2400 mA.min
Nature du local	Autre
Cloison	Béton
Epaisseur	100 mm

Hmax	80 µSv	80 µSv
Facteur R	1	1
Facteur d'occupation	1	1
Equivalent Pb	1.0 mm	1.0 mm

Tension Nominale:	100 kV
<i>Tension d'utilisation:</i>	<i>140 kV</i>
filtration	Al 1 mm

facteur f	0.18	0.15
Rendement	15 mSv.m2/min/mA	15.9 mSv.m2/min/mA

primaire	
Distance a	2.00 m

Calcul primaire( § 5.4.1)		Appli
HpxT	9.00E+03 mSv	9.54E+03 mSv
Fp	1.13E+05	1.19E+05
Pb Calculé	3.60 mm	3.8 mm

Calcul final primaire seul

Epaisseur totale retenue	3.6 mm	
Epaisseur Pb à rajouter	2.6 mm	Appli
Arrondi à	2.50 mm	3.00 mm

Diffusé	
Distance b	0.80 m
Distance d	2.00 m

Calcul diffusé ( § 5.5.1)		Appli
Alpha	5.75E-06	
k=alpha*surf ou valeur norme	2.88E-03	2.70E-03



calcul alpha (O/N)	oui
Surface	500 cm2
milieu diffuseur	eau

HsxT	40.4 mSv	42.8 mSv
Fs	5.05E+02	5.35E+02
Pb calculé( es)	1.6 mm	1.60 mm

Fuite	
Distance c	2.00 m

Calcul fuite (§ 5.5.2)		Appli
Q	180	180
Cg	1	1
HgxT	0.60 mSv	0.50 mSv
Fg	7.50	6.25
Pb calculé (eg)	0.7 mm	0.66 mm

Abs(es-eg)	0.9 mm
Couche déci :	0.84 mm
eg-es  <=c.déci?	NON
Couche demi:	0.25 mm
épaisseur retenue diffusé+fuite	1.6 mm

		Appli
Epaisseur totale retenue	1.6 mm	1.6
Epaisseur Pb à rajouter	0.6 mm	
Arrondi à	1.00 mm	1.00 mm

Calcul final diffusé + fuite seul



# Calcul des protections selon norme NFC 15-160 pour :

150 kV

Paramètres d'entrée (ordre appli Dosimex)

Application  
manuelle 15-  
160

DOSIMEX Appli  
15-160

Domaine d'activité	médical
Application	Imagerie radiologique
W	1400 mA.min
Nature du local	autre
Cloison	brique 150mm
nature exposition	primaire +diffusée +fuite

Hmax	80 µSv	80 µSv
------	--------	--------

Facteur d'occupation	1	1
Equivalent Pb	1.0 mm	1.0 mm

Tension Nominale:	150kV
Tension d'utilisation:	140 kV
filtration	Al 2mm

facteur f	0.8	0.87
Rendement	24	23

primaire	
Distance a	3.00 m

Diffusé	
Distance b	1.20 m
Distance d	3.00 m
calcul alpha	oui
Surface	1600 cm2
milieu diffuseur	eau

Alpha	6.2E-6	
k=alpha*surf ou valeur norme	9.92E-03	9.64E-05

Fuite	
Distance c	3.00 m

Q	180	180
Cg	1	1



Facteur R	0.3
-----------	-----

### Calcul final primaire seul

Calcul primaire( § 5.4.1)		Appli
Hp	1120 mSv	1070 mSv
Fp	1.40E+04	1.3E+4
Pb Calculé	3.20 mm	3.2 mm

Epaisseur totale retenue	3.2 mm	
Epaisseur Pb à rajouter	2.2 mm	Appli
Arrondi à	2.50 mm	2.50 mm

Calcul diffusé ( § 5.5.1)		Appli
Hs	25.7 mSv	24 mSv
Fs	321	300
Pb calculé( es)	1.8 mm	1.70 mm

Calcul fuite (§ 5.5.2)		Appli
Hg	0.69 mSv	0.75 mSv
Fg	8.64	9.40
Pb calculé (eg)	1.59 mm	0.95 mm

Abs(es-eg)	0.21 mm
Couche déci :	0.96 mm
eg-es <=c.déci?	OUI
Couche demi:	0.29 mm
épaisseur retenue diffusé+fuite	2.09 mm

### Calcul diffusé + fuite seul

		Appli
Epaisseur totale retenue	2.09 mm	1.99
Epaisseur Pb à rajouter	1.09 mm	
Arrondi à	1.00 mm	1.00 mm







