



COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE
ET AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES

**ÉVALUATION PAR CALCUL MONTE-CARLO
DES FACTEURS DE DIFFUSION EN TERMES D'ÉQUIVALENT DE DOSE,
DES RAYONNEMENTS ISSUS D'UN GÉNÉRATEUR X,
POUR LE CALCUL DES ÉQUIVALENTS DE DOSE SECONDAIRES.
CONSTITUTION D'UNE BASE DE DONNÉES.**

par

**Laurent BOURGOIS
Stéphanie MÉNARD**

CEA / DAM ILE DE FRANCE

2017

DIRECTION DES SYSTÈMES
D'INFORMATION

CEA / SACLAY 91191 GIF-SUR-YVETTE CEDEX FRANCE



**RAPPORT
CEA-R-6452**

- Rapport CEA-R-6452 -

CEA/DAM – Île-de-France

ÉVALUATION PAR CALCUL MONTE-CARLO
DES FACTEURS DE DIFFUSION EN TERMES D'ÉQUIVALENT DE DOSE,
DES RAYONNEMENTS ISSUS D'UN GÉNÉRATEUR X,
POUR LE CALCUL DES ÉQUIVALENTS DE DOSE SECONDAIRES.
CONSTITUTION D'UNE BASE DE DONNÉES.

par

Laurent BOURGOIS
Stéphanie MÉNARD

- Janvier 2017 –

RAPPORT CEA-R-6452 – Laurent BOURGOIS Stéphanie MÉNARD

« Évaluation par calcul Monte-Carlo des facteurs de diffusion en termes d'équivalent de dose, des rayonnements issus d'un générateur X, pour le calcul des équivalents de dose secondaires. Constitution d'une base de données. »

Résumé - Les facteurs de diffusion α , permettant d'évaluer le débit d'équivalent de dose secondaire dû aux rayonnements diffusés, par de l'eau, de la TNT, du béton, de l'acier ou du plomb ont été calculés à l'aide du code Monte-Carlo MCNP6. Les photons sont issus du rayonnement de freinage dû à l'interaction d'électrons d'énergie de 50 keV à 800 keV sur une cible de tungstène représentant un générateur de rayons X utilisant des hautes tensions de 50 à 800 kV. L'évolution du facteur de diffusion α a été étudiée en fonction des tensions d'utilisation, de l'angle de diffusion, des filtrations et des matériaux de différents diffuseurs. Les valeurs ont été comparées à des valeurs mesurées et on remarque un bon accord entre les mesures et les calculs. L'ensemble de ces valeurs a pour objectif de compléter celles issues de la norme NFC 15-160.

2017 – Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives – France

RAPPORT CEA-R-6452 – Laurent BOURGOIS Stéphanie MÉNARD

« Scatter factors calculation with a Monte-Carlo code for assessing dose equivalent rate due to scattered radiation by a X-rays facility. Database constitution »

Abstract - The scatter factors α for assessing dose equivalent rate due to scattered radiation by water, TNT, concrete, steel or lead were calculated using the Monte-Carlo code MCNP6. The bremsstrahlung photons are due to the interaction of electrons of energy from 50 keV to 800 keV on a tungsten target representing an X-ray device using high voltages from 50 to 800 kV. The evolution of the scatter factors α has been studied as a function of operating voltages, scattered angle, filtration thicknesses and scattered materials. The values were compared to measured values and there was good agreement between the measurements and the calculations. All these values are intended to supplement those derived from the NFC 15-160 standard.

2017 – Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives – France

Evaluation par calcul Monte-Carlo des facteurs de diffusion en termes d'équivalent de dose, des rayonnements issus d'un générateur X, pour le calcul des équivalents de dose secondaires. Constitution d'une base de données.

Scatter factors calculation with a Monte-Carlo code for assessing dose equivalent rate due to scattered radiation by a X-rays facility. Database constitution

L. Bourgois, S. Ménard

CEA, DAM, DIF, Bruyères-le-Châtel, 91297 Arpajon Cedex, France

Laurent.bourgois@cea.fr

Résumé :

Les facteurs de diffusion α , permettant d'évaluer le débit d'équivalent de dose secondaire dû aux rayonnements diffusés, par de l'eau, de la TNT, du béton, de l'acier ou du plomb ont été calculés à l'aide du code Monte-Carlo MCNP6. Les photons sont issus du rayonnement de freinage dû à l'interaction d'électrons d'énergie de 50 keV à 800 keV sur une cible de tungstène représentant un générateur de rayons X utilisant des hautes tensions de 50 à 800 kV. L'évolution du facteur de diffusion α a été étudiée en fonction des tensions d'utilisation, de l'angle de diffusion, des filtrations et des matériaux de différents diffuseurs. Les valeurs ont été comparées à des valeurs mesurées et on remarque un bon accord entre les mesures et les calculs. L'ensemble de ces valeurs a pour objectif de compléter celles issues de la norme NFC 15-160.

Abstract :

The scatter factors α for assessing dose equivalent rate due to scattered radiation by water, TNT, concrete, steel or lead were calculated using the Monte-Carlo code MCNP6. The bremsstrahlung photons are due to the interaction of electrons of energy from 50 keV to 800 keV on a tungsten target representing an X-ray device using high voltages from 50 to 800 kV. The evolution of the scatter factors α has been studied as a function of operating voltages, scattered angle, filtration thicknesses and scattered materials. The values were compared to measured values and there was good agreement between the measurements and the calculations. All these values are intended to supplement those derived from the NFC 15-160 standard.

I INTRODUCTION

L'arrêté du 22 août 2013 fixe les règles techniques minimales de conception auxquelles doivent répondre les installations dans lesquelles sont présents des rayonnements X produits par des appareils fonctionnant sous une haute tension inférieure ou égale à 600 kV. Il est mentionné dans cet arrêté que l'aménagement et l'accès doivent être conformes :

- soit aux exigences de radioprotection fixées par la norme française homologuée NF C 15-160 dans sa version de mars 2011,
- soit à des dispositions équivalentes dûment justifiées.

A noter que cet arrêté et la norme NF C 15-160 sont applicables aux installations médicales, de recherches et industrielles. La norme NF C 15-160 est donc applicable aux installations du CEA comportant des générateurs X. Or, cette norme comporte des imprécisions ou un manque de données notamment pour les générateurs X des domaines industriels ou de la recherche. Ainsi, dans certains cas pour les installations du CEA, l'application de cette norme impose des protections radiologiques plus importantes que nécessaires (Bourgois, 2015 ; Bourgois, 2016). Aussi, dans le cadre du pôle de compétence radioprotection, il a été décidé de proposer de nouvelles formules et données pour les calculs de générateurs X, afin de les proposer à termes lors de la révision de la norme 15-160.

Parmi les axes d'amélioration à proposer pour la révision de la norme il faut modifier les calculs des débits d'équivalent de dose dus à la diffusion du rayonnement primaire. Cette note propose des formulations nouvelles de calcul du rayonnement du diffusé.

II POSITION DU PROBLÈME ET DONNÉES DE LA LITTÉRATURE

II.1 CRITIQUE DU CALCUL DU DÉBIT D'ÉQUIVALENT DE DOSE DÛ AU RAYONNEMENT DIFFUSÉ DE LA NORME NFC 15-160

La norme NFC 15-160 propose de calculer le débit d'équivalent secondaire c'est-à-dire le débit d'équivalent de dose dû à la diffusion du rayonnement primaire dans une géométrie telle que présentée à la Figure 1 par l'équation Eq. 1.

$$\text{Eq. 1} \quad \dot{H}_{\text{sec}} = \frac{\Gamma_R}{d_1^2} \frac{k}{d_2^2}$$

Avec :

Γ_R le débit d'équivalent de dose dû au faisceau primaire à un mètre de la source (en l'absence de diffuseur) soit $\frac{\Gamma_R}{d_1^2}$ le débit d'équivalent dose dû au faisceau primaire à la surface du diffuseur (avec d_1 la distance en mètre entre la source et le diffuseur),
 d_2 la distance entre le centre du diffuseur et l'observateur (en m),
k le facteur de diffusion.

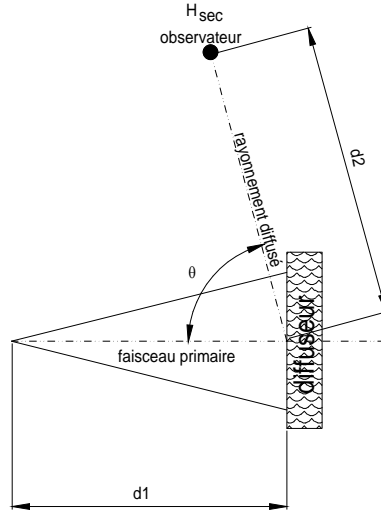


Figure 1 : Géométrie considérée pour le calcul de l'équivalent de dose secondaire

On note que le calcul proposé par la norme de l'équivalent de dose secondaire ne dépend pas de la surface de l'objet éclairé par le faisceau primaire. Or, il est démontré que l'équivalent de dose secondaire est proportionnel à la surface de l'objet éclairé.

Par exemple, Bourgois et Comte (2014) ont calculé par une méthode Monte-Carlo, l'évolution du rapport $\frac{\dot{H}_{\text{sec}}}{\Gamma_R}$ en fonction de la surface éclairée S variant de 1 cm^2 à 400 cm^2 sur un diffuseur d'eau pour des photons de 100 keV et 1 MeV pour différents angles θ (voir Figure 2).

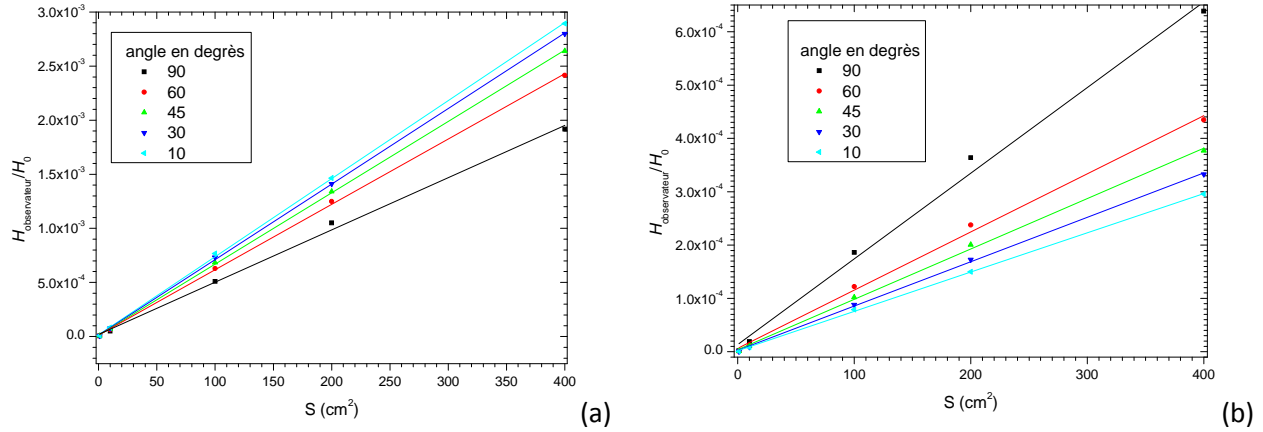


Figure 2: Evolution du facteur $\frac{\dot{H}_{\text{sec}}}{\Gamma_R}$ en fonction de la surface S pour des photons d'énergie de 100 keV (a) et 1 MeV (b). Les symboles sont les résultats des calculs, les lignes une interpolation linéaire des points calculés.

On remarque que le rapport $\frac{\dot{H}_{\text{sec}}}{\Gamma_R}$ est proportionnel à la surface éclairée avec une dispersion de moins de 10% pour une interpolation linéaire entre 1 cm^2 et 400 cm^2 .

De plus, dans la norme, la valeur du facteur de diffusion k ne dépend que de la haute tension du générateur. Or, ce facteur, outre la valeur de la haute tension du générateur, dépend :

- de l'angle de diffusion θ ,
- de la nature de l'écran diffusant,
- de la nature de la cible du générateur,
- de la nature et de l'épaisseur de la filtration du générateur.

II.2 EXPRESSION DU CALCUL DU DÉBIT D'ÉQUIVALENT DE DOSE DÛ AU RAYONNEMENT DIFFUSÉ

Pour calculer le débit d'équivalent de dose secondaire, \dot{H}_{sec} , dû à la diffusion de photons dans une géométrie telle que présentée à la figure 1, certains auteurs (Antoni et Bourgois 2013, NCRP, 2005) utilisent l'équation Eq. 2.

$$\text{Eq. 2} \quad \dot{H}_{\text{sec}} = \frac{\Gamma_R}{d_1^2} \frac{\alpha S}{d_2^2}$$

Avec :

Γ_R le débit d'équivalent de dose dû au faisceau primaire à un mètre de la source (en l'absence de diffuseur) soit $\frac{\Gamma_R}{d_1^2}$ le débit d'équivalent dose dû au faisceau primaire à la surface du diffuseur (avec

d_1 la distance en mètre entre la source et le diffuseur),

d_2 la distance entre le centre du diffuseur et l'observateur (en m),

S la surface du diffuseur éclairée par le faisceau primaire,

α le facteur de diffusion.

Le produit αS n'a pas d'unité et α est dans l'unité inverse de S . Par convention, il est pris dans cette note S en cm^2 et α en cm^{-2} .

Cette équation n'est valide que pour une surface éclairée suffisamment petite vis-à-vis de la distance d_2 afin de considérer la source diffusée comme ponctuelle vis-à-vis de l'observateur.

Comme mentionné dans le § II.2, le facteur α est dépendant de l'angle de diffusion θ , du spectre des photons et de la nature du matériau du diffuseur.

II.3 DONNÉES DANS LA LITTÉRATURE POUR LES VALEURS DU FACTEUR α

Un certain nombre de valeurs du facteur α sont données dans la littérature. On peut citer la NCRP, 1976 ; Simpkin et Dixon, 1998 ; la NCRP, 2005, Bourgois et Comte, 2014, Noto et al., 2009. A noter qu'à l'exception de la publication de Bourgois et Comte, 2014, les valeurs de α sont données pour estimer le débit de kerma dans l'air dû au rayonnement secondaire et non le débit d'équivalent de dose ambiant. De plus, la plupart de ces publications étant dédiées à l'usage médical, le diffuseur considéré est constitué d'eau et les énergies sont limitées.

Les valeurs de la littérature sont données dans le Tableau 1. Il donne la valeur du coefficient α pour une surface éclairée de 1 cm^2 pour différentes hautes tensions. Pour cette comparaison, il a été

retenu un angle de diffusion θ de 60° . Les photons de freinage sont issus de l'interaction des électrons sur les noyaux de tungstène.

	NCRP, 2005 ² (cm ⁻²)	NCRP, 1976 ³ (cm ⁻²)	Simpkin et Dixon ³ (cm ⁻²)	Noto et al., 2009 ⁴ (cm ⁻²)	Bourgois et Comte Filtration 3 mm (cm ⁻²)	Bourgois et Comte Sans filtration (cm ⁻²)	Bourgois et Comte Filtration 3 mm (cm ⁻²)	Bourgois et Comte Sans filtration (cm ⁻²)
	Diffuseur							
HT (kV) ¹	eau	Eau	Eau	eau	Eau	eau	Acier	acier
30	4,7E-06					5,8E-7		1,26E-7
50	5,1E-06	2,00E-06	1,90E-06	3,3E-6	2,6E-06	1,2E-06	7,8E-8	1E-7
100	5,9E-06	5,00E-06	4,90E-06	5,1E-6		2,5E-06		1,33E-7
150	6,7E-06	6,00E-06	5,80E-06	5,85E-6	5E-06	3,2E-06	2,7E-7	1,8E-7
200		6,75E-06				3,7E-06		2,6E-7
250		6,75E-06				3,9E-06		3,2E-7
300		6,50E-06				4,2E-06		3,8E-7
600					4,7E-6	4,3E-6	7,5E-7	6,4E-7

1 – Haute Tension en kV : correspond à l'énergie cinétique des électrons en keV

2 – cette référence ne propose pas de valeur discrète pour α mais un polynôme (3^{ème} degrés en θ et 1^{er} degrés en T) d'interpolation de différentes valeurs de la littérature permettant de le calculer entre 30 et 150 keV. Il s'agit de générateurs X filtrés

3 – Pour ces références les X sont filtrés par de l'aluminium (de 0,5 mm à 2,5 en fonction de l'énergie)

4 – filtration 2.5 mm d'aluminium

Tableau 1 : Valeur du coefficient α pour une surface éclairée de 1 cm², issue de différentes publications. L'angle de diffusion considéré est de 60° , les photons de freinage sont issus de l'interaction d'électrons sur du tungstène.

On remarque que les données existantes ne sont pas nombreuses et très axées sur le domaine médical, en termes d'énergie et de diffuseur. De plus, ces données sont exprimées en termes de kerma et non d'équivalent de dose. Il est donc intéressant de disposer d'autres données, en termes d'équivalent de dose, de type de diffuseur et d'énergie afin de mieux couvrir le spectre des installations industrielles et *de facto* celles du CEA.

III CALCULS DES NOUVELLES DONNÉES

Les calculs ont été réalisés avec le code Monte-Carlo MCNP6 version 1.0 (Pelowitz, 2013). Les sections efficaces utilisées sont mcplib04 de la bibliothèque ENDF/B-VI Release 8 (White, 2002). Les calculs ont été effectués en termes de la grandeur « équivalent de dose ambiant sous 10 mm » : $H^*(10)$. Pour cela, on considère le calcul de la fluence en un point, via le « tally » de type 5¹ pondéré

¹ Tally de type 5 : résultat de MCNP permettant le calcul de la fluence en un point de l'espace

par les facteurs de conversion « fluence-équivalent de dose ambiant sous 10 mm » de l'ICRP, 1996. Il a été vérifié que sur l'ensemble des calculs les tests statistiques étaient conformes à ceux attendus pour un tally de type 5.

La géométrie considérée est celle présentée en Figure 1, avec les distances d_1 et d_2 égales à un 1 mètre. Les photons sont émis de la source dans un cône d'angle modulable, permettant d'éclairer le diffuseur par une surface de 200 cm^2 .

Afin de s'affranchir des problèmes de convergences, le calcul a été scindé en deux. Dans un premier temps, le spectre en fluence de photons issus de l'interaction d'un faisceau parallèle d'électrons d'énergie cinétique T (correspondant à la haute tension) sur une cible de tungstène (avec un angle de 45°) a été calculé. Nous avons pris en compte pour ce calcul de spectre énergétique une filtration afin d'étudier l'influence de ce paramètre sur le facteur de diffusion. Dans ce cas, nous avons transporté dans le code MCNP les électrons et les photons (mode p e).

Dans un second temps, nous avons utilisé le spectre de photons ainsi obtenu comme une source de photons. Le faisceau est alors collimaté pour éclairer le fantôme sur une surface de 200 cm^2 . Le diffuseur simulé est un cylindre de section 450 cm^2 et de longueur 100 cm.

Dans ce second calcul, seuls les photons sont transportés (mode p), néanmoins et afin de prendre en compte les photons de freinage (dus aux photoélectrons et aux électrons Compton), le mode « thick-target bremsstrahlung approximation » a été activé. La Figure 3 donne la géométrie du calcul. A noter que la gaine du générateur X est considérée comme parfaite (toute particule arrivant dans cette partie de l'espace n'est plus transportée).

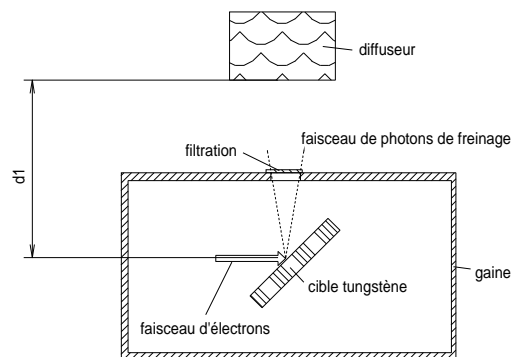


Figure 3 : géométrie pour le calcul du facteur de diffusion.

Plusieurs compositions de diffuseur ont été étudiées : eau, béton, TNT, fer et plomb.

Pour le béton et la TNT leur composition est donnée dans les Tableau 2 et Tableau 3.

Elément	Proportion en masse
H	0.022189
C	0.370160
N	0.185004
O	0.422648

Tableau 2 : composition de la TNT (densité 1.65) (d'après McConn RJ et al., 2011)

Composition	Proportion en masse
Si	20,68
Al	0,36
O	50,85
Ca	21,65
Mg	0,2
S	0,14
C	4,52
H	0,7
Fe	0,66

Tableau 3 : Composition du béton (densité 2.35) d'après Bouniol, 2001

IV RÉSULTATS DES SIMULATIONS

L'ensemble des résultats issus des simulations numériques est fourni dans les annexes.

On ne présente ici, sous forme de courbe, que quelques-uns des résultats obtenus. On notera que l'ensemble des résultats représente 2000 données.

IV.1 VARIATION DU COEFFICIENT DE DIFFUSION EN FONCTION DE L'ÉNERGIE

La Figure 4 donne les valeurs du coefficient de diffusion α , pour le fer, l'eau, la TNT, le béton et le plomb pour un angle de diffusion θ de 45° et une filtration de 1 mm de béryllium.

La Figure 5 donne les valeurs du coefficient de diffusion α , pour le fer, l'eau, la TNT, le béton et le plomb pour un angle de diffusion θ de 45° et une filtration de 1 mm de béryllium et 3 mm d'aluminium.

La Figure 6 donne les valeurs du coefficient de diffusion α , pour le fer, l'eau, la TNT, le béton et le plomb pour un angle de diffusion θ de 45° et une filtration de 1 mm de béryllium et 6 mm d'aluminium.

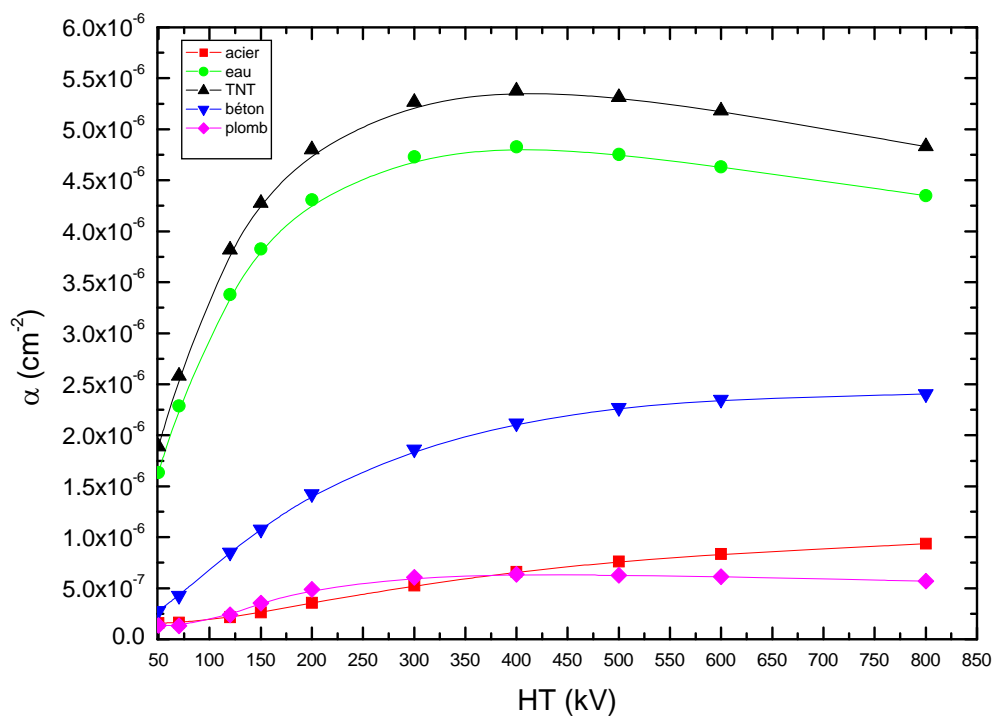


Figure 4 : facteur de diffusion en fonction de la haute tension pour le cas à 45° avec une filtration de 1 mm de Be.

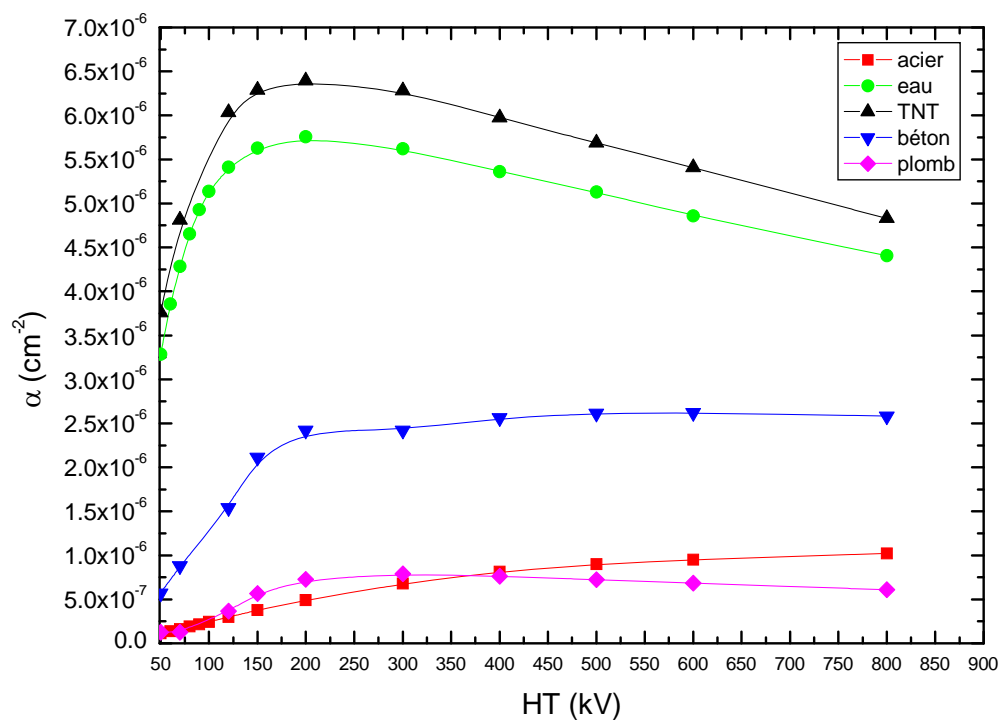


Figure 5 : facteur de diffusion en fonction de la haute tension pour le cas à 45° avec une filtration de 1 mm de Be et 3 mm d'aluminium

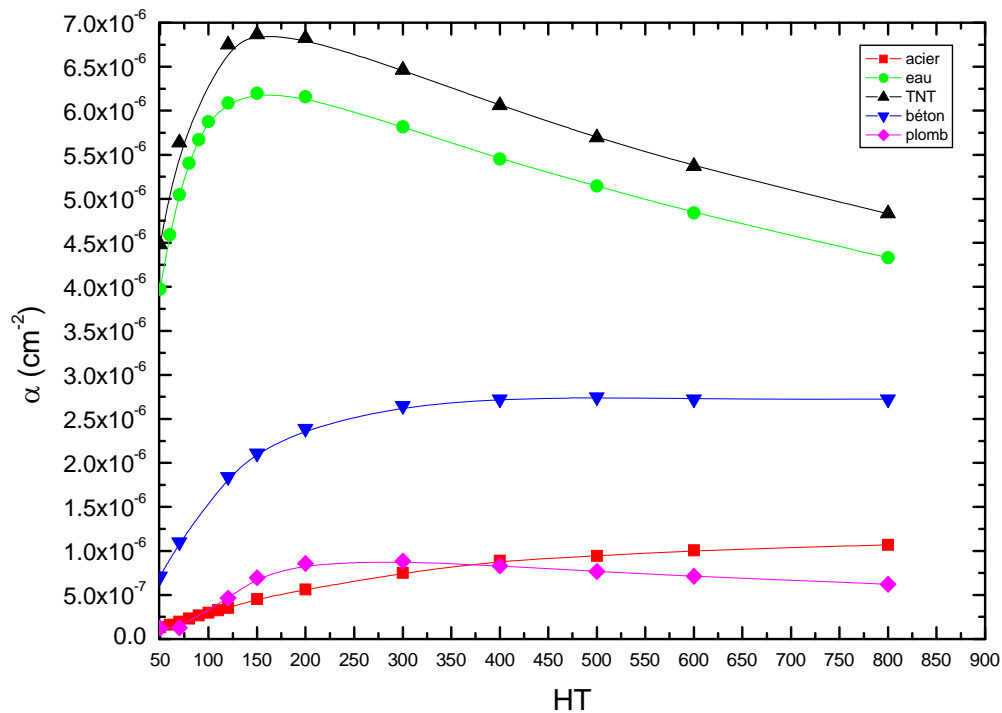


Figure 6 : facteur de diffusion en fonction de la haute tension pour le cas à 45° avec une filtration de 1 mm de Be et 6 mm d'aluminium

On remarque que la valeur de ce coefficient de diffusion est très dépendante de la nature du diffuseur, avec, par exemple, un facteur 10 entre des matériaux tels que l'eau ou la TNT et le fer ou le plomb.

Ceci est dû au type d'interactions prédominantes dans le diffuseur. En effet, une interaction de type Compton engendre un rayonnement diffusé plus important qu'un autre type d'interaction comme l'effet photoélectrique. L'importance d'un effet par rapport à un autre est directement liée à la nature du matériau et à l'énergie du photon interagissant dans celui-ci. Le Tableau 4 donne pour chaque matériau étudié, les domaines en énergie pour un type d'interaction donnée.

Le Tableau 5 donne pour une haute tension et une filtration données l'énergie moyenne du spectre issu du générateur X. Cette énergie moyenne du spectre est calculée selon la formulation classique donnée Eq. 3 (Antoni et Bourgois, 2013):

$$Eq. 3 \quad \overline{E_X} = \frac{\sum_{i=0}^n \dot{N}_i \cdot E_i}{\sum_{i=0}^n \dot{N}_i}$$

Si l'on compare le spectre moyen des X (Tableau 5) avec les domaines des énergies des interactions photoélectriques ou Compton (Tableau 4), on remarque que pour l'eau et la TNT l'interaction Compton est prédominante y compris pour des hautes tensions relativement faibles, alors que pour le plomb et le fer l'effet photoélectrique prédomine sur l'ensemble des spectres des générateurs X étudiés. Ceci explique les niveaux de rayonnements diffusés plus importants pour les matériaux tels que l'eau et la TNT comparativement à ceux du fer et du plomb.

	Domaine photoélectrique prédominant	Domaine Compton prédominant
Eau	<30 keV	>30 keV
TNT	<30 keV	>30 keV
Béton	<50 keV	>50 keV
Fer	<150 keV	>150 keV
Plomb	<600 keV	>600 keV

Tableau 4 : Domaine en énergie des interactions photoélectriques et Compton dans les différents matériaux

HT (kV)	Filtration		
	1 mm Be	1 mm Be + 3 mm alu	1 mm Be + 6 mm alu
	Energie moyenne du spectre X (keV) selon Eq. 3		
50	17 keV	33 keV	36 keV
70	20 keV	40 keV	44 keV
120	33 keV	54 keV	60 keV
150	38 keV	60 keV	65 keV
200	50 keV	70 keV	75 keV
300	66 keV	85 keV	90 keV
400	80 keV	98 keV	100 keV
500	93 keV	110 keV	118 keV
600	104 keV	120 keV	130 keV
800	127 keV	144 keV	154 keV

Tableau 5 : énergie moyenne du spectre X pour une haute tension et une filtration donnée.

IV.2 VARIATION DU COEFFICIENT DE DIFFUSION EN FONCTION DE LA FILTRATION

Les Figure 7, Figure 8 et Figure 9 représentent la variation du facteur de diffusion α en fonction de la filtration pour des hautes tensions de 50, 200 et 800 kV pour l'eau et le fer.

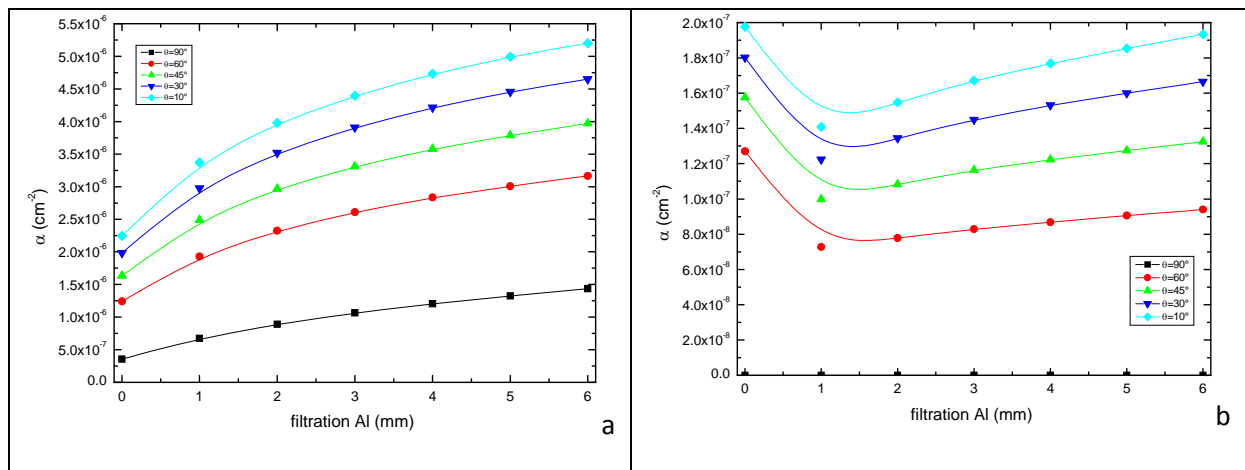


Figure 7 : facteur de diffusion en fonction de la filtration pour une HT de 50 kV pour un diffuseur eau (a) et acier (b)

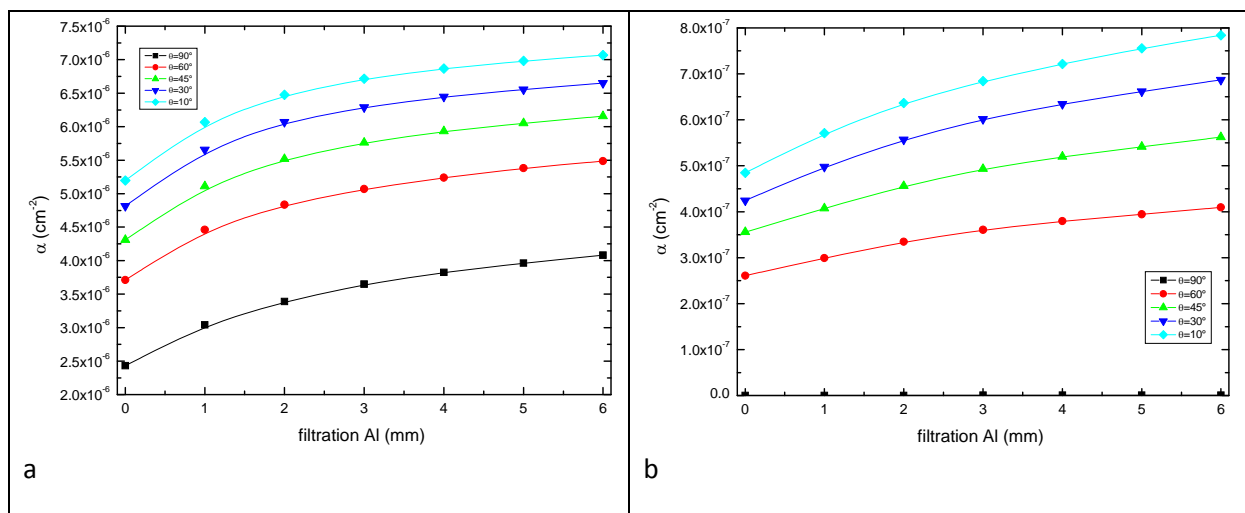


Figure 8 : facteur de diffusion en fonction de la filtration pour une HT de 200 kV pour un diffuseur eau (a) et acier (b)

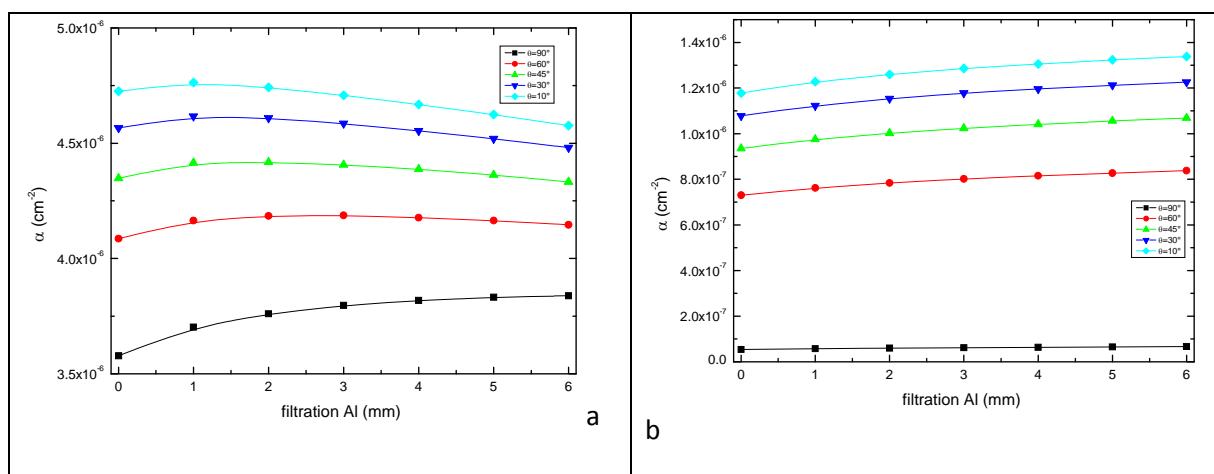


Figure 9 : facteur de diffusion en fonction de la filtration pour une HT de 800 kV pour un diffuseur eau (a) et acier (b)

On remarque que pour des tensions les plus élevées, la filtration a peu d'influence sur la valeur du facteur de diffusion. Ceci provient du fait que plus l'énergie est importante plus l'atténuation est faible et la filtration est « transparente ». Néanmoins, pour des tensions plus faibles de l'ordre de 50 kV, le facteur de diffusion est peu influencé par la filtration pour des fenêtres supérieures à 1 mm d'aluminium. On constate cependant que le facteur de diffusion est maximum pour une filtration élevée. Ce qui s'explique par le durcissement du spectre de freinage lorsque la filtration augmente.

IV.3 VARIATION DU COEFFICIENT DE DIFFUSION EN FONCTION DE L'ANGLE

Le Figure 10 représente la variation du facteur de diffusion α en fonction de l'angle de diffusion θ pour l'eau et le fer pour une filtration de 3 mm d'aluminium.

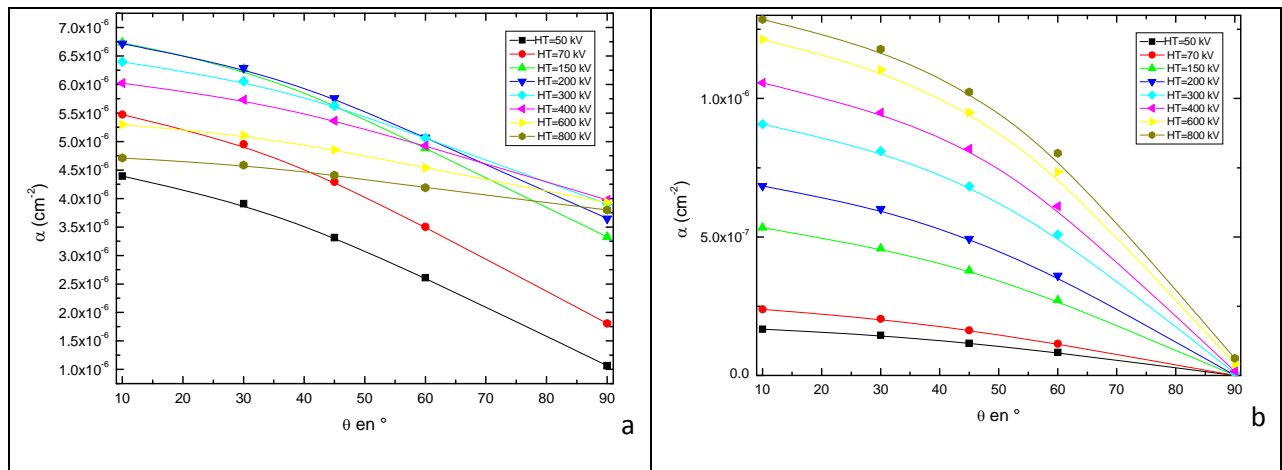


Figure 10 : facteur de diffusion en fonction de l'angle pour un diffuseur eau (a) et acier (b) (pour une filtration de 3 mm)

On remarque que, pour l'eau, l'allure des courbes en fonction de l'angle est différente selon que la haute tension est inférieure ou supérieure à 70 kV. Pour un diffuseur en acier, l'allure des courbes est identique. Ceci est dû au fait que pour l'eau, l'interaction de type photoélectrique est prépondérante jusqu'à une énergie d'environ 30 keV (soit le cas des HT de 50 et 70 kV), au-delà, l'effet Compton devient l'interaction majoritaire dans le diffuseur (soit une HT de plus de 70 kV). Pour le fer, l'effet photoélectrique est toujours celui prépondérant pour les hautes tensions étudiées (de 50 à 800 kV).

IV.4 COMPARAISON DU FACTEUR DE DIFFUSION EN TERMES DE KERMA OU D'ÉQUIVALENT DE DOSE

Les facteurs présentés dans les paragraphes précédents sont exprimés en termes d'équivalent de dose, c'est-à-dire qu'ils représentent le rapport de l'équivalent de dose diffusé par l'équivalent de dose primaire.

Néanmoins, un certain nombre de publication calcule ce facteur en termes de kerma, c'est-à-dire qu'il représente le rapport du kerma diffusé sur le kerma du faisceau primaire. Aussi, il semblait intéressant de disposer également du facteur de diffusion en termes de kerma. La Figure 11 donne l'évolution de ces facteurs pour une filtration de 3 mm d'aluminium et un angle de 45°.

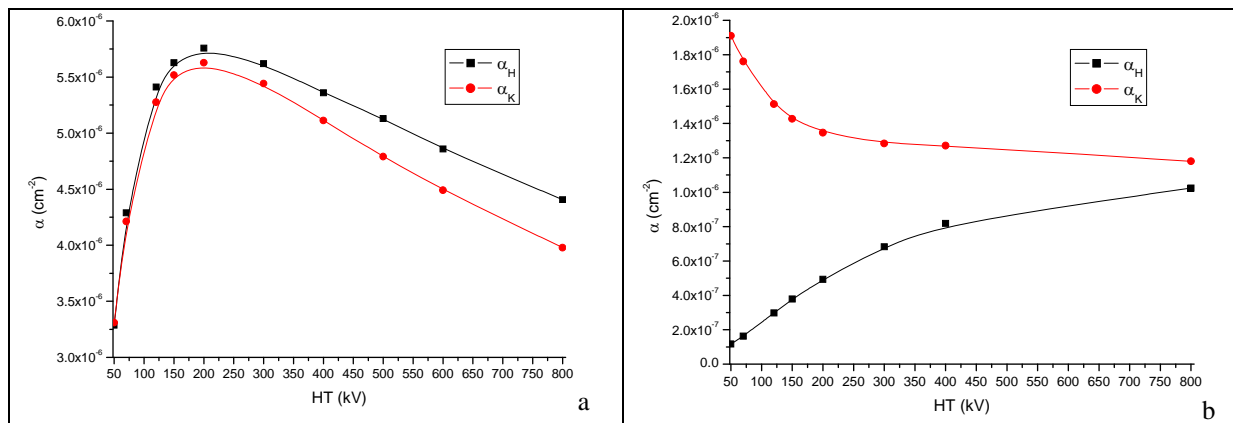


Figure 11 : Comparaison du facteur de diffusion en termes d'équivalent de dose et du kerma pour l'eau (a) et le fer (b) (filtration de 3 mm d'aluminium et un angle de 45°).

On remarque que pour un diffuseur eau, les facteurs de diffusion en termes d'équivalent de dose (α_H) ou de kerma (α_K) sont assez semblables. Par contre, pour un diffuseur fer, les deux valeurs sont très différentes notamment pour des hautes tensions faibles. Ceci provient des spectres de diffusion par le fer et plus particulièrement des raies K de fluorescence. Des exemples de spectre de diffusion pour une haute tension de 50 kV (filtration 3mm aluminium et angle de 45°) sont donnés sur la Figure 12. Pour une haute tension de 200 kV, les spectres sont représentés sur la Figure 13. On remarque sur le spectre de diffusion du fer les raies K à très basse énergie. La Figure 14 donne le rapport entre l'équivalent de dose et le kerma pour des photons mono énergétiques. On remarque qu'en deçà de 30 keV le kerma est supérieur à l'équivalent de dose, en deçà de 20 keV le kerma est très supérieur à l'équivalent de dose.

Ainsi, la valeur du facteur de diffusion en termes de kerma est très influencée par les raies caractéristiques du fer (de l'ordre de 7 keV)

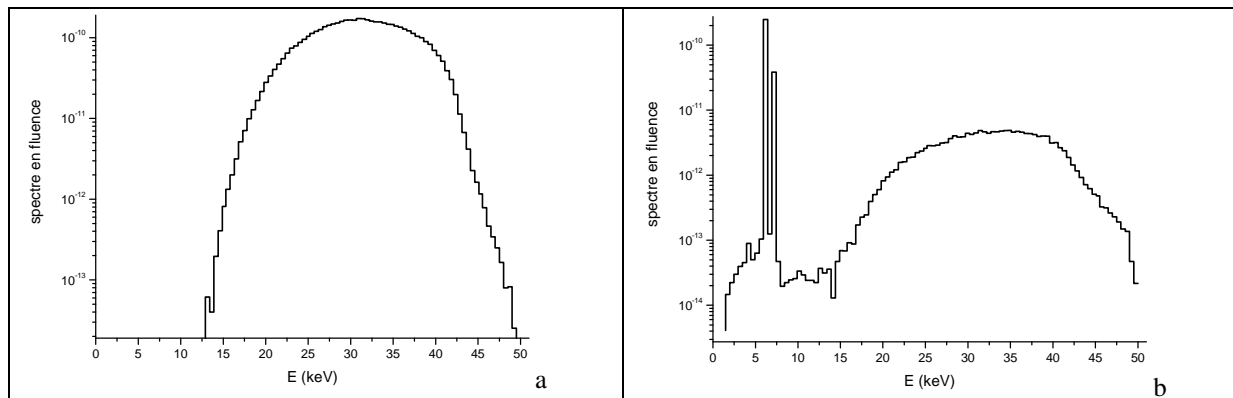


Figure 12 : Spectre du rayonnement diffusé pour une HT de 50 kV pour l'eau (a) et le fer (b) (filtration de 3 mm d'aluminium et un angle de 45°)

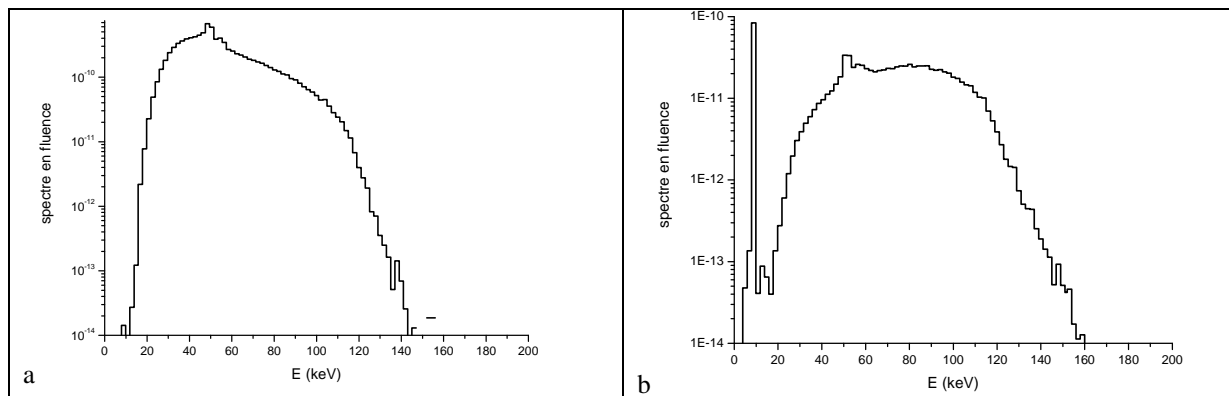


Figure 13 : Spectre du rayonnement diffusé pour une HT de 200 kV pour l'eau (a) et le fer (b) (filtration de 3 mm d'aluminium et un angle de 45°)

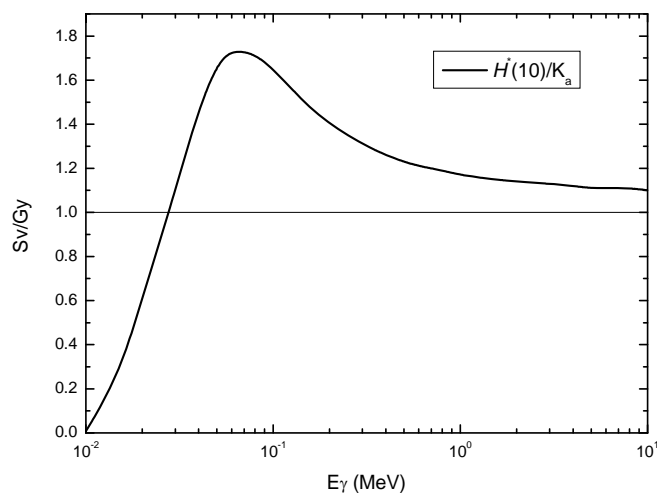


Figure 14 : rapport entre l'équivalent de dose et le kerma dans l'air (données de l'ICRP, 1996)

V COMPARAISON SIMULATION ET MESURES

Dans le cadre des travaux de révision de la norme NFC 15-160 un certain nombre de mesures ont été effectuées par P. Martel, 2016. Ces mesures, avec les données du générateur (tension -intensité), ainsi que les données géométriques (distances d_1 et d_2 , surface éclairée S) sont reproduites dans le Tableau 6.

Pour chaque cas de mesure, un calcul est également effectué avec les facteurs α présentés dans la partie précédente. La dernière colonne du tableau donne l'écart en % entre le calcul et la mesure. Cet écart varie entre 0.5% et 25%. La dispersion de cet écart en fonction de la HT est donnée dans la Figure 15. On note qu'il n'y a pas de corrélation entre la haute tension et les écarts minimaux et maximaux. Un écart maximum de 25% reste acceptable compte tenu de l'incertitude sur les mesures (sur les distances, les équivalents de dose, ...). Les incertitudes sur les mesures sont estimées à 30 %. On note néanmoins que la majorité des écarts sont compris entre -10 et +10%.

Données							Mesure	Calcul			Ecart calcul par rapport à la mesure (%)
tension (kV)	intensité (mA)	diffuseur	filtration mm alu	d ₁ (m)	d ₂ (m)	S (m ²)	H _s (mSv/h)	Γ _R (mSv/h)	alpha (cm ⁻²)	H _s (mSv/h)	
50	50	eau	3	1	1	5.76E-02	8.64E+00	1.59E+00	3.29E-06	9.04E+00	4.59E+00
50	0.44	eau	6	0.81	1	2.54E-02	3.30E-02	6.55E-01	3.97E-06	2.66E-02	-1.94E+01
60	1.24	eau	6	0.81	1	2.54E-02	1.81E-01	1.33E+00	4.59E-06	1.76E-01	-2.64E+00
60	100	eau	3	1	1	4.00E-02	2.67E+01	2.75E+00	3.85E-06	2.54E+01	-4.75E+00
70	7	eau	2.5	0.21	1	2.04E-03	3.00E+00	3.88E+00	4.29E-06	3.23E+00	7.72E+00
70	2.74	eau	6	0.81	1	1.45E-03	3.80E-02	1.99E+00	5.05E-06	3.67E-02	-3.54E+00
70	2.74	eau	6	0.81	1	6.65E-03	1.61E-01	1.99E+00	5.05E-06	1.68E-01	4.22E+00
70	2.74	eau	6	0.81	1	2.54E-02	6.30E-01	1.99E+00	5.05E-06	6.42E-01	1.95E+00
70	100	eau	3	1	1	4.00E-02	4.37E+01	3.88E+00	4.29E-06	3.99E+01	-8.78E+00
80	2.81	eau	6	0.81	1	2.54E-02	1.05E+00	3.30E+00	5.41E-06	1.17E+00	1.11E+01
80	100	eau	3	1	1	4.00E-02	6.45E+01	5.80E+00	4.65E-06	6.48E+01	3.80E-01
85	50	eau	3	1	1	5.76E-02	5.27E+01	6.60E+00	4.00E-06	4.56E+01	-1.34E+01
90	2.87	eau	6	0.81	1	2.54E-02	1.60E+00	4.50E+00	5.67E-06	1.71E+00	6.57E+00
90	100	eau	3	1	1	4.00E-02	9.18E+01	7.40E+00	4.93E-06	8.75E+01	-4.68E+00
100	2.94	eau	6	0.81	1	2.54E-02	2.37E+00	5.70E+00	5.88E-06	2.29E+00	-3.32E+00
100	50	eau	3	1	1	5.76E-02	7.92E+01	9.30E+00	5.14E-06	8.25E+01	4.21E+00
100	100	eau	3	1	1	4.00E-02	1.19E+02	9.30E+00	5.14E-06	1.15E+02	-3.43E+00
110	3	eau	6	0.81	1	2.54E-02	3.20E+00	5.70E+00	6.00E-06	2.39E+00	-2.54E+01
125	50	eau	3	1	1	5.76E-02	1.17E+02	1.40E+01	4.70E-06	1.14E+02	-2.82E+00

Tableau 6 : comparaison mesure – calcul pour un diffuseur d'eau pour un angle de 45°

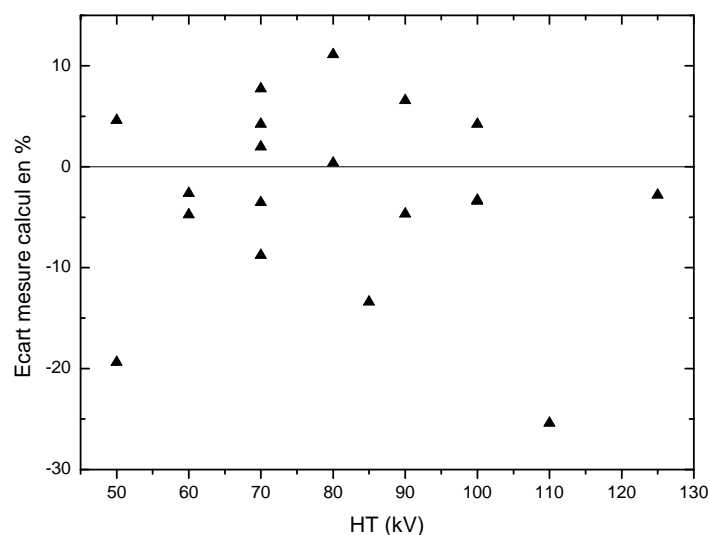


Figure 15 : écart entre la mesure et le calcul des équivalents doses dues à la diffusion sur un fantôme d'eau pour 45°.

VI CONCLUSIONS

Les données des facteurs de diffusion calculées dans cette note complètent notablement ceux édités dans la norme NFC 15-160. Ils ont été calculés pour des hautes tensions variant de 50 à 800 kV, pour différentes filtrations et différents diffuseurs ; eau, TNT, béton, fer, et pour différents angles de diffusion.

Il est à noter que les matériaux tels que l'eau et la TNT diffusent de façon plus importante que des matériaux tels que le fer et le plomb, aux énergies considérées.

Les mesures sur des diffuseurs eau pour des hautes tensions comprises entre 50 et 125 kV valident les calculs dans cette gamme d'énergie. Il serait important de compléter les mesures pour des énergies et des diffuseurs différents.

Ce travail a été effectué dans le cadre du pôle de compétence radioprotection du CEA EOTP A-POLE-H5-01-03-01.

RÉFÉRENCES

Antoni R., Bourgois L. (2013) *Physique appliquée à l'exposition externe : dosimétrie et radioprotection*. Springer Paris.

Arrêté du 22 août 2013 portant homologation de la décision n° 2013-DC-0349 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 4 juin 2013 fixant les règles techniques minimales de conception auxquelles doivent répondre les installations dans lesquelles sont présents des rayonnements X produits par des appareils fonctionnant sous une haute tension inférieure ou égale à 600 kV et abrogation de l'arrêté du 30 août 1991 déterminant les conditions d'installation auxquelles doivent satisfaire les générateurs électriques de rayons X.

Bouniol P. (2001) Bétons spéciaux de Protection Techniques de l'Ingénieur BN3740 V1

Bourgois L., Comte N. (2014) Monte Carlo method used to determine scatter fractions for estimating secondary gamma-ray and X-ray photon dose equivalent rates. *Radioprotection* 49(2), 107-113.

Bourgois (2015) Incohérences dans la norme NF C 15-160 de 2011. Présenté dans le cadre du GT de la mise à jour de la norme NF C 15-160.

Bourgois (2016) Vérification des équations de la norme NFC 15-160. Présenté dans le cadre du GT de la mise à jour de la norme NF C 15-160.

ICRP (1996) publication 74 Conversion coefficients for use in radiological protection against external radiation. *Ann. ICRP* 26 (3-4).

Martel (2016). Mesure des doses diffusées pour différents générateurs X dans le cadre de la révision de la norme NFC 15-160.

McConn RJ Jr, Gesh CJ, Pagh RT, Rucker RA, Williams RG III (2011) Compendium of Material Composition Data for Radiation Transport Modeling PIET-43741-TM-963 PNNL-15870 Rev. 1.

NCRP (1976) report 49 National Council on Radiation Protection and Measurements Structural Shielding Design and evaluation for Medical use of X-Rays and Gamma-Rays up to 10 MeV.

NCRP (2005) report 147 National Council on Radiation Protection and Measurements Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities

Norme NF C 15-160 (2011) Installation pour la production et l'utilisation de rayonnements X – Exigences de radioprotection

Noto K., Koshida K., Iida H., Yamamoto T., Kobayashi I., Kawabata C. (2009) Investigation of scatter fractions for estimating leakage dose in medical X-ray imaging facilities *Radiol. Phys. Technol.* **2**:138–144

Pelowitz D B (ed.), 2013. MCNP6 USER'S MANUAL Version 1.0 Manual Rev. 0 Editor: LA-CP-13-00634, Rev. 0.

Simpkin D.J., Dixon R.L. (1998) Secondary shielding barriers for diagnostic X-Ray facilities : scatter and leakage revisited *Health Phys.* **74**(3), 350-365

White, M. C. (2002) Photoatomic data library MCPLIB04: a new photoatomic library based on data from ENDF/B-VI release 8. Los Alamos National Laboratory Memorandum No. X-5:MCW-02-111.

Annexe

Résultats à 50 kV

eau

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	3.35E-07	1.19E-06	1.58E-06	1.91E-06	2.15E-06
1	0	3.55E-07	1.24E-06	1.63E-06	1.98E-06	2.24E-06
1	1	6.73E-07	1.93E-06	2.49E-06	2.98E-06	3.37E-06
1	2	8.89E-07	2.32E-06	2.97E-06	3.52E-06	3.98E-06
1	3	1.07E-06	2.61E-06	3.31E-06	3.91E-06	4.39E-06
1	4	1.20E-06	2.83E-06	3.58E-06	4.22E-06	4.73E-06
1	5	1.32E-06	3.01E-06	3.79E-06	4.46E-06	4.99E-06
1	6	1.44E-06	3.17E-06	3.97E-06	4.65E-06	5.20E-06

Valeur de α pour un diffuseur en eau et une HT de 50 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	2.20E-08	1.66E-07	2.32E-07	2.90E-07	3.37E-07
1	0	3.60E-08	2.54E-07	3.54E-07	4.43E-07	5.16E-07
1	1	4.39E-07	1.57E-06	2.08E-06	2.54E-06	2.91E-06
1	2	7.14E-07	2.15E-06	2.81E-06	3.39E-06	3.87E-06
1	3	9.38E-07	2.56E-06	3.31E-06	3.96E-06	4.49E-06
1	4	1.12E-06	2.87E-06	3.69E-06	4.40E-06	4.97E-06
1	5	1.28E-06	3.11E-06	3.98E-06	4.74E-06	5.34E-06
1	6	1.42E-06	3.33E-06	4.23E-06	5.01E-06	5.64E-06

Valeur de α pour un diffuseur en eau et une HT de 50 kV en termes de K

Résultats à 50 kV

TNT

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	2.41E-07	1.35E-06	1.81E-06	2.21E-06	2.51E-06
1	0	2.45E-07	1.39E-06	1.89E-06	2.30E-06	2.63E-06
1	1	4.62E-07	2.13E-06	2.84E-06	3.46E-06	3.93E-06
1	2	6.15E-07	2.55E-06	3.37E-06	4.07E-06	4.62E-06
1	3	7.42E-07	2.84E-06	3.76E-06	4.51E-06	5.11E-06
1	4	8.48E-07	3.08E-06	4.06E-06	4.85E-06	5.49E-06
1	5	9.41E-07	3.26E-06	4.28E-06	5.11E-06	5.78E-06
1	6	1.02E-06	3.41E-06	4.48E-06	5.33E-06	6.02E-06

Valeur de α pour un diffuseur en TNT et une HT de 50 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	1.57E-08	1.94E-07	2.73E-07	3.42E-07	3.99E-07
1	0	2.45E-08	2.97E-07	4.18E-07	5.25E-07	6.13E-07
1	1	3.04E-07	1.76E-06	2.41E-06	2.97E-06	3.43E-06
1	2	4.96E-07	2.40E-06	3.23E-06	3.94E-06	4.52E-06
1	3	6.58E-07	2.83E-06	3.80E-06	4.60E-06	5.26E-06
1	4	7.95E-07	3.16E-06	4.22E-06	5.10E-06	5.81E-06
1	5	9.14E-07	3.41E-06	4.54E-06	5.47E-06	6.23E-06
1	6	1.01E-06	3.63E-06	4.82E-06	5.78E-06	6.57E-06

Valeur de α pour un diffuseur en TNT et une HT de 50 kV en termes de K

Résultats à 50 kV

béton

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	5.31E-10	1.95E-07	2.80E-07	3.49E-07	4.10E-07
1	0	4.96E-10	1.98E-07	2.80E-07	3.53E-07	4.16E-07
1	1	9.88E-10	2.91E-07	4.17E-07	5.27E-07	6.21E-07
1	2	1.16E-09	3.51E-07	5.04E-07	6.38E-07	7.51E-07
1	3	1.65E-09	3.97E-07	5.70E-07	7.22E-07	8.50E-07
1	4	1.98E-09	4.34E-07	6.26E-07	7.93E-07	9.32E-07
1	5	2.02E-09	4.65E-07	6.69E-07	8.47E-07	9.97E-07
1	6	2.27E-09	4.94E-07	7.10E-07	8.99E-07	1.06E-06

Valeur de α pour un diffuseur en béton et une HT de 50 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	2.48E-11	1.28E-07	1.71E-07	2.02E-07	2.25E-07
1	0	3.57E-11	1.43E-07	1.94E-07	2.33E-07	2.63E-07
1	1	4.82E-10	2.65E-07	3.85E-07	4.88E-07	5.75E-07
1	2	7.18E-10	3.45E-07	5.01E-07	6.39E-07	7.54E-07
1	3	1.16E-09	4.02E-07	5.84E-07	7.45E-07	8.82E-07
1	4	1.48E-09	4.48E-07	6.53E-07	8.36E-07	9.86E-07
1	5	1.57E-09	4.85E-07	7.07E-07	9.03E-07	1.07E-06
1	6	1.84E-09	5.21E-07	7.58E-07	9.68E-07	1.15E-06

Valeur de α pour un diffuseur en béton et une HT de 50 kV en termes de K

Résultats à 50 kV

fer

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	1.62E-30	1.28E-07	1.58E-07	1.80E-07	1.97E-07
1	0	2.41E-30	1.27E-07	1.58E-07	1.80E-07	1.98E-07
1	1	5.37E-29	7.28E-08	9.98E-08	1.22E-07	1.41E-07
1	2	1.35E-28	7.78E-08	1.08E-07	1.35E-07	1.55E-07
1	3	2.43E-28	8.29E-08	1.16E-07	1.45E-07	1.67E-07
1	4	3.84E-28	8.68E-08	1.22E-07	1.53E-07	1.77E-07
1	5	5.53E-28	9.06E-08	1.27E-07	1.60E-07	1.85E-07
1	6	7.66E-28	9.40E-08	1.33E-07	1.67E-07	1.93E-07

Valeur de α pour un diffuseur en Fer et une HT de 50 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	7.18E-32	7.91E-07	9.31E-07	1.02E-06	1.07E-06
1	0	1.64E-31	1.17E-06	1.38E-06	1.51E-06	1.60E-06
1	1	2.39E-29	1.53E-06	2.04E-06	2.39E-06	2.64E-06
1	2	7.56E-29	1.45E-06	1.98E-06	2.35E-06	2.62E-06
1	3	1.53E-28	1.39E-06	1.91E-06	2.29E-06	2.56E-06
1	4	2.59E-28	1.35E-06	1.87E-06	2.24E-06	2.52E-06
1	5	3.91E-28	1.32E-06	1.82E-06	2.20E-06	2.47E-06
1	6	5.62E-28	1.28E-06	1.78E-06	2.15E-06	2.42E-06

Valeur de α pour un diffuseur en Fer et une HT de 50 kV en termes de K

Résultats à 50 kV

plomb

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	0	1.01E-07	1.29E-07	1.49E-07	1.64E-07
1	0	0	1.04E-07	1.34E-07	1.55E-07	1.70E-07
1	1	0	1.01E-07	1.32E-07	1.54E-07	1.71E-07
1	2	0	9.66E-08	1.27E-07	1.50E-07	1.67E-07
1	3	0	9.38E-08	1.24E-07	1.47E-07	1.65E-07
1	4	0	9.22E-08	1.23E-07	1.46E-07	1.65E-07
1	5	0	9.11E-08	1.22E-07	1.46E-07	1.64E-07
1	6	0	9.05E-08	1.21E-07	1.45E-07	1.63E-07

Valeur de α pour un diffuseur en plomb et une HT de 50 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	0.00E+00	2.33E-07	2.97E-07	3.40E-07	3.70E-07
1	0	0.00E+00	3.64E-07	4.62E-07	5.28E-07	5.73E-07
1	1	0.00E+00	2.05E-06	2.63E-06	3.02E-06	3.28E-06
1	2	0.00E+00	2.24E-06	2.93E-06	3.39E-06	3.71E-06
1	3	0.00E+00	2.25E-06	2.98E-06	3.47E-06	3.82E-06
1	4	0.00E+00	2.23E-06	2.98E-06	3.49E-06	3.85E-06
1	5	0.00E+00	2.21E-06	2.96E-06	3.49E-06	3.86E-06
1	6	0.00E+00	2.19E-06	2.95E-06	3.48E-06	3.85E-06

Valeur de α pour un diffuseur en plomb et une HT de 50 kV en termes de K

Résultats à 70 kV

eau

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	7.02E-07	1.75E-06	2.21E-06	2.61E-06	2.93E-06
1	0	7.20E-07	1.80E-06	2.29E-06	2.70E-06	3.02E-06
1	1	1.21E-06	2.65E-06	3.29E-06	3.84E-06	4.28E-06
1	2	1.55E-06	3.13E-06	3.87E-06	4.50E-06	4.99E-06
1	3	1.81E-06	3.50E-06	4.29E-06	4.95E-06	5.47E-06
1	4	2.03E-06	3.78E-06	4.61E-06	5.29E-06	5.85E-06
1	5	2.19E-06	4.00E-06	4.85E-06	5.55E-06	6.12E-06
1	6	2.34E-06	4.18E-06	5.05E-06	5.77E-06	6.36E-06

Valeur de α pour un diffuseur en eau et une HT de 70 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	5.67E-08	2.50E-07	3.37E-07	4.15E-07	4.80E-07
1	0	8.21E-08	3.52E-07	4.77E-07	5.85E-07	6.74E-07
1	1	8.00E-07	2.10E-06	2.69E-06	3.20E-06	3.63E-06
1	2	1.24E-06	2.84E-06	3.60E-06	4.25E-06	4.77E-06
1	3	1.59E-06	3.37E-06	4.21E-06	4.92E-06	5.50E-06
1	4	1.88E-06	3.77E-06	4.67E-06	5.42E-06	6.04E-06
1	5	2.10E-06	4.07E-06	5.01E-06	5.80E-06	6.45E-06
1	6	2.30E-06	4.32E-06	5.29E-06	6.11E-06	6.79E-06

Valeur de α pour un diffuseur en eau et une HT de 70 kV en termes de K

Résultats à 70 kV

TNT

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	4.91E-07	1.88E-06	2.50E-06	3.00E-06	3.40E-06
1	0	5.14E-07	1.96E-06	2.58E-06	3.09E-06	3.50E-06
1	1	8.80E-07	2.84E-06	3.71E-06	4.40E-06	4.96E-06
1	2	1.12E-06	3.37E-06	4.36E-06	5.16E-06	5.79E-06
1	3	1.32E-06	3.75E-06	4.81E-06	5.67E-06	6.34E-06
1	4	1.48E-06	4.02E-06	5.14E-06	6.04E-06	6.74E-06
1	5	1.62E-06	4.25E-06	5.40E-06	6.36E-06	7.06E-06
1	6	1.73E-06	4.45E-06	5.64E-06	6.61E-06	7.34E-06

Valeur de α pour un diffuseur en TNT et une HT de 70 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	3.97E-08	2.85E-07	3.96E-07	4.92E-07	5.69E-07
1	0	5.90E-08	4.01E-07	5.54E-07	6.85E-07	7.95E-07
1	1	5.82E-07	2.30E-06	3.07E-06	3.71E-06	4.24E-06
1	2	9.07E-07	3.12E-06	4.11E-06	4.92E-06	5.57E-06
1	3	1.16E-06	3.67E-06	4.79E-06	5.70E-06	6.42E-06
1	4	1.38E-06	4.06E-06	5.27E-06	6.26E-06	7.02E-06
1	5	1.56E-06	4.39E-06	5.65E-06	6.71E-06	7.51E-06
1	6	1.72E-06	4.68E-06	5.98E-06	7.07E-06	7.90E-06

Valeur de α pour un diffuseur en TNT et une HT de 70 kV en termes de K

Résultats à 70 kV

béton

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	3.86E-09	2.97E-07	4.22E-07	5.30E-07	6.16E-07
1	0	3.84E-09	3.02E-07	4.29E-07	5.39E-07	6.30E-07
1	1	8.13E-09	4.48E-07	6.40E-07	8.05E-07	9.34E-07
1	2	1.10E-08	5.42E-07	7.71E-07	9.75E-07	1.14E-06
1	3	1.36E-08	6.17E-07	8.79E-07	1.11E-06	1.29E-06
1	4	1.59E-08	6.76E-07	9.60E-07	1.21E-06	1.41E-06
1	5	1.82E-08	7.29E-07	1.03E-06	1.30E-06	1.51E-06
1	6	2.05E-08	7.76E-07	1.10E-06	1.38E-06	1.60E-06

Valeur de α pour un diffuseur en béton et une HT de 70 kV en termes de $H^*(10)$

iltration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	2.36E-10	1.41E-07	1.90E-07	2.27E-07	2.55E-07
1	0	3.31E-10	1.52E-07	2.08E-07	2.52E-07	2.86E-07
1	1	4.17E-09	3.65E-07	5.26E-07	6.67E-07	7.79E-07
1	2	7.08E-09	4.85E-07	6.98E-07	8.90E-07	1.05E-06
1	3	9.64E-09	5.76E-07	8.32E-07	1.06E-06	1.24E-06
1	4	1.22E-08	6.49E-07	9.34E-07	1.19E-06	1.39E-06
1	5	1.44E-08	7.14E-07	1.03E-06	1.30E-06	1.52E-06
1	6	1.68E-08	7.70E-07	1.10E-06	1.40E-06	1.64E-06

Valeur de α pour un diffuseur en béton et une HT de 70 kV en termes de K

Résultats à 70 kV

fer

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	1.57E-19	1.29E-07	1.65E-07	1.92E-07	2.13E-07
1	0	1.97E-19	1.26E-07	1.62E-07	1.90E-07	2.11E-07
1	1	6.76E-19	9.37E-08	1.32E-07	1.64E-07	1.90E-07
1	2	1.07E-18	1.05E-07	1.48E-07	1.86E-07	2.16E-07
1	3	1.41E-18	1.14E-07	1.63E-07	2.04E-07	2.38E-07
1	4	1.77E-18	1.23E-07	1.75E-07	2.21E-07	2.58E-07
1	5	1.19E-17	1.31E-07	1.87E-07	2.35E-07	2.75E-07
1	6	1.45E-17	1.37E-07	1.96E-07	2.47E-07	2.90E-07

Valeur de α pour un diffuseur en Fer et une HT de 70 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	9.01E-21	9.24E-07	1.09E-06	1.19E-06	1.26E-06
1	0	1.61E-20	1.22E-06	1.45E-06	1.59E-06	1.68E-06
1	1	3.30E-19	1.46E-06	1.95E-06	2.31E-06	2.56E-06
1	2	6.49E-19	1.35E-06	1.85E-06	2.22E-06	2.48E-06
1	3	9.56E-19	1.28E-06	1.76E-06	2.12E-06	2.38E-06
1	4	1.28E-18	1.22E-06	1.69E-06	2.04E-06	2.30E-06
1	5	9.05E-18	1.17E-06	1.63E-06	1.98E-06	2.23E-06
1	6	1.14E-17	1.14E-06	1.58E-06	1.93E-06	2.18E-06

Valeur de α pour un diffuseur en Fer et une HT de 70 kV en termes de K

Résultats à 70 kV

plomb

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	0.00E+00	9.98E-08	1.29E-07	1.50E-07	1.66E-07
1	0	0.00E+00	1.03E-07	1.33E-07	1.54E-07	1.70E-07
1	1	0.00E+00	9.94E-08	1.31E-07	1.54E-07	1.71E-07
1	2	0.00E+00	9.57E-08	1.27E-07	1.51E-07	1.69E-07
1	3	0.00E+00	9.37E-08	1.25E-07	1.50E-07	1.68E-07
1	4	0.00E+00	9.31E-08	1.25E-07	1.50E-07	1.69E-07
1	5	0.00E+00	9.31E-08	1.25E-07	1.50E-07	1.69E-07
1	6	0.00E+00	9.32E-08	1.25E-07	1.51E-07	1.70E-07

Valeur de α pour un diffuseur en plomb et une HT de 70 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	0	3.0085E-07	3.8491E-07	4.4181E-07	4.815E-07
1	0	0	4.3065E-07	5.5003E-07	6.2996E-07	6.8521E-07
1	1	0	2.0279E-06	2.6319E-06	3.0363E-06	3.3131E-06
1	2	0	2.1306E-06	2.8129E-06	3.2823E-06	3.6095E-06
1	3	0	2.0934E-06	2.7958E-06	3.2857E-06	3.6279E-06
1	4	0	2.047E-06	2.7553E-06	3.2521E-06	3.5998E-06
1	5	0	2.0027E-06	2.7107E-06	3.2107E-06	3.5612E-06
1	6	0	1.9529E-06	2.6552E-06	3.1554E-06	3.5085E-06

Valeur de α pour un diffuseur en plomb et une HT de 70 kV en termes de K

Résultats à 120 kV

eau

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	1.52E-06	2.75E-06	3.32E-06	3.80E-06	4.19E-06
1	0	1.56E-06	2.80E-06	3.38E-06	3.86E-06	4.24E-06
1	1	2.25E-06	3.76E-06	4.47E-06	5.05E-06	5.51E-06
1	2	2.66E-06	4.28E-06	5.04E-06	5.68E-06	6.15E-06
1	3	2.98E-06	4.64E-06	5.41E-06	6.07E-06	6.57E-06
1	4	3.21E-06	4.90E-06	5.70E-06	6.37E-06	6.86E-06
1	5	3.43E-06	5.11E-06	5.93E-06	6.59E-06	7.08E-06
1	6	3.58E-06	5.28E-06	6.09E-06	6.75E-06	7.24E-06

Valeur de α pour un diffuseur en eau et une HT de 120 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	1.78E-07	4.60E-07	5.90E-07	7.03E-07	7.99E-07
1	0	2.36E-07	5.93E-07	7.60E-07	9.04E-07	1.03E-06
1	1	1.61E-06	3.04E-06	3.72E-06	4.29E-06	4.75E-06
1	2	2.23E-06	3.90E-06	4.69E-06	5.37E-06	5.87E-06
1	3	2.68E-06	4.45E-06	5.28E-06	6.00E-06	6.55E-06
1	4	3.02E-06	4.83E-06	5.70E-06	6.45E-06	7.00E-06
1	5	3.31E-06	5.14E-06	6.03E-06	6.76E-06	7.32E-06
1	6	3.53E-06	5.37E-06	6.25E-06	6.98E-06	7.54E-06

Valeur de α pour un diffuseur en eau et une HT de 120 kV en termes de K

Résultats à 120 kV

TNT

iltration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	1.15E-06	2.95E-06	3.75E-06	4.38E-06	4.88E-06
1	0	1.18E-06	3.01E-06	3.82E-06	4.45E-06	4.95E-06
1	1	1.70E-06	4.00E-06	4.99E-06	5.80E-06	6.40E-06
1	2	2.03E-06	4.55E-06	5.63E-06	6.50E-06	7.15E-06
1	3	2.29E-06	4.91E-06	6.03E-06	6.94E-06	7.65E-06
1	4	2.46E-06	5.17E-06	6.34E-06	7.27E-06	7.99E-06
1	5	2.62E-06	5.38E-06	6.57E-06	7.51E-06	8.26E-06
1	6	2.74E-06	5.55E-06	6.75E-06	7.71E-06	8.46E-06

Valeur de α pour un diffuseur en TNT et une HT de 120 kV en termes de H^* (10)

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	1.35E-07	5.11E-07	6.82E-07	8.26E-07	9.44E-07
1	0	1.79E-07	6.64E-07	8.80E-07	1.06E-06	1.21E-06
1	1	1.22E-06	3.30E-06	4.22E-06	4.98E-06	5.56E-06
1	2	1.72E-06	4.23E-06	5.32E-06	6.22E-06	6.89E-06
1	3	2.08E-06	4.79E-06	5.97E-06	6.94E-06	7.69E-06
1	4	2.34E-06	5.19E-06	6.44E-06	7.44E-06	8.23E-06
1	5	2.56E-06	5.49E-06	6.78E-06	7.80E-06	8.62E-06
1	6	2.74E-06	5.73E-06	7.03E-06	8.08E-06	8.91E-06

Valeur de α pour un diffuseur en TNT et une HT de 120 kV en termes de K

Résultats à 120 kV

béton

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	5.76E-08	6.17E-07	8.39E-07	1.03E-06	1.19E-06
1	0	5.92E-08	6.23E-07	8.53E-07	1.05E-06	1.21E-06
1	1	9.08E-08	8.62E-07	1.18E-06	1.46E-06	1.67E-06
1	2	1.13E-07	1.01E-06	1.40E-06	1.71E-06	1.95E-06
1	3	1.35E-07	1.12E-06	1.54E-06	1.89E-06	2.16E-06
1	4	1.46E-07	1.21E-06	1.66E-06	2.03E-06	2.32E-06
1	5	1.59E-07	1.29E-06	1.76E-06	2.15E-06	2.45E-06
1	6	1.73E-07	1.35E-06	1.84E-06	2.25E-06	2.56E-06

Valeur de α pour un diffuseur en béton et une HT de 120 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	5.65E-09	1.81E-07	2.45E-07	2.96E-07	3.36E-07
1	0	7.53E-09	2.00E-07	2.75E-07	3.35E-07	3.82E-07
1	1	5.57E-08	6.53E-07	9.10E-07	1.13E-06	1.30E-06
1	2	8.25E-08	8.56E-07	1.20E-06	1.48E-06	1.70E-06
1	3	1.07E-07	1.00E-06	1.39E-06	1.72E-06	1.98E-06
1	4	1.22E-07	1.12E-06	1.55E-06	1.91E-06	2.19E-06
1	5	1.37E-07	1.21E-06	1.67E-06	2.05E-06	2.36E-06
1	6	1.53E-07	1.29E-06	1.77E-06	2.18E-06	2.50E-06

Valeur de α pour un diffuseur en béton et une HT de 120 kV en termes de K

Résultats à 120 kV

fer

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	6.80E-13	1.63E-07	2.19E-07	2.64E-07	3.00E-07
1	0	7.08E-13	1.61E-07	2.17E-07	2.63E-07	2.99E-07
1	1	1.16E-12	1.67E-07	2.36E-07	2.95E-07	3.41E-07
1	2	1.54E-12	1.92E-07	2.70E-07	3.37E-07	3.92E-07
1	3	1.73E-12	2.12E-07	2.98E-07	3.71E-07	4.30E-07
1	4	2.01E-12	2.28E-07	3.21E-07	3.99E-07	4.65E-07
1	5	2.21E-12	2.41E-07	3.38E-07	4.20E-07	4.90E-07
1	6	2.39E-12	2.54E-07	3.55E-07	4.40E-07	5.15E-07

Valeur de α pour un diffuseur en Fer et une HT de 120 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	6.90E-14	1.07E-06	1.27E-06	1.40E-06	1.48E-06
1	0	9.33E-14	1.29E-06	1.54E-06	1.69E-06	1.80E-06
1	1	7.35E-13	1.30E-06	1.77E-06	2.10E-06	2.34E-06
1	2	1.16E-12	1.18E-06	1.62E-06	1.95E-06	2.19E-06
1	3	1.42E-12	1.09E-06	1.51E-06	1.83E-06	2.06E-06
1	4	1.74E-12	1.03E-06	1.43E-06	1.73E-06	1.97E-06
1	5	1.98E-12	9.83E-07	1.37E-06	1.66E-06	1.89E-06
1	6	2.19E-12	9.50E-07	1.32E-06	1.61E-06	1.83E-06

Valeur de α pour un diffuseur en Fer et une HT de 120 kV en termes de K

Résultats à 120 kV

plomb

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	2.85E-30	1.89E-07	2.34E-07	2.62E-07	2.84E-07
1	0	2.56E-30	1.93E-07	2.39E-07	2.67E-07	2.91E-07
1	1	7.13E-30	2.39E-07	2.92E-07	3.26E-07	3.51E-07
1	2	9.75E-30	2.77E-07	3.33E-07	3.70E-07	3.98E-07
1	3	1.00E-29	3.05E-07	3.67E-07	4.07E-07	4.37E-07
1	4	1.31E-29	3.34E-07	4.00E-07	4.42E-07	4.75E-07
1	5	1.50E-29	3.61E-07	4.34E-07	4.79E-07	5.11E-07
1	6	1.37E-29	3.86E-07	4.63E-07	5.08E-07	5.40E-07

Valeur de α pour un diffuseur en plomb et une HT de 120 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	2.84E-31	4.24E-07	5.45E-07	6.27E-07	6.84E-07
1	0	3.31E-31	5.47E-07	7.03E-07	8.08E-07	8.80E-07
1	1	4.45E-30	1.97E-06	2.58E-06	2.99E-06	3.28E-06
1	2	7.23E-30	1.98E-06	2.62E-06	3.06E-06	3.37E-06
1	3	8.09E-30	1.92E-06	2.56E-06	3.01E-06	3.33E-06
1	4	1.11E-29	1.87E-06	2.50E-06	2.94E-06	3.26E-06
1	5	1.32E-29	1.83E-06	2.44E-06	2.88E-06	3.20E-06
1	6	1.23E-29	1.79E-06	2.40E-06	2.83E-06	3.13E-06

Valeur de α pour un diffuseur en plomb et une HT de 120 kV en termes de K

Résultats à 150 kV

eau

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	1.91E-06	3.19E-06	3.77E-06	4.26E-06	4.64E-06
1	0	1.93E-06	3.23E-06	3.83E-06	4.31E-06	4.69E-06
1	1	2.61E-06	4.09E-06	4.79E-06	5.38E-06	5.82E-06
1	2	3.02E-06	4.58E-06	5.31E-06	5.92E-06	6.38E-06
1	3	3.32E-06	4.88E-06	5.64E-06	6.27E-06	6.74E-06
1	4	3.54E-06	5.13E-06	5.89E-06	6.51E-06	6.96E-06
1	5	3.72E-06	5.30E-06	6.05E-06	6.66E-06	7.12E-06
1	6	3.86E-06	5.45E-06	6.20E-06	6.80E-06	7.25E-06

Valeur de α pour un diffuseur en eau et une HT de 150 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	2.71E-07	5.98E-07	7.47E-07	8.78E-07	9.86E-07
1	0	3.46E-07	7.54E-07	9.43E-07	1.10E-06	1.23E-06
1	1	1.95E-06	3.39E-06	4.07E-06	4.66E-06	5.12E-06
1	2	2.59E-06	4.22E-06	4.99E-06	5.64E-06	6.14E-06
1	3	3.04E-06	4.70E-06	5.52E-06	6.20E-06	6.72E-06
1	4	3.36E-06	5.06E-06	5.88E-06	6.56E-06	7.07E-06
1	5	3.60E-06	5.30E-06	6.12E-06	6.78E-06	7.29E-06
1	6	3.80E-06	5.50E-06	6.31E-06	6.97E-06	7.47E-06

Valeur de α pour un diffuseur en eau et une HT de 150 kV en termes de K

Résultats à 150 kV

TNT

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	1.45E-06	3.38E-06	4.21E-06	4.88E-06	5.42E-06
1	0	1.48E-06	3.43E-06	4.28E-06	4.94E-06	5.49E-06
1	1	2.01E-06	4.35E-06	5.35E-06	6.17E-06	6.78E-06
1	2	2.34E-06	4.84E-06	5.92E-06	6.79E-06	7.44E-06
1	3	2.56E-06	5.17E-06	6.29E-06	7.18E-06	7.86E-06
1	4	2.74E-06	5.40E-06	6.53E-06	7.44E-06	8.13E-06
1	5	2.88E-06	5.57E-06	6.72E-06	7.64E-06	8.35E-06
1	6	3.01E-06	5.72E-06	6.87E-06	7.79E-06	8.51E-06

Valeur de α pour un diffuseur en TNT et une HT de 150 kV en termes de H^* (10)

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	2.07E-07	6.56E-07	8.55E-07	1.02E-06	1.17E-06
1	0	2.66E-07	8.30E-07	1.08E-06	1.29E-06	1.46E-06
1	1	1.51E-06	3.68E-06	4.62E-06	5.41E-06	6.00E-06
1	2	2.03E-06	4.54E-06	5.64E-06	6.54E-06	7.22E-06
1	3	2.37E-06	5.06E-06	6.23E-06	7.17E-06	7.90E-06
1	4	2.62E-06	5.41E-06	6.61E-06	7.58E-06	8.33E-06
1	5	2.83E-06	5.66E-06	6.88E-06	7.87E-06	8.65E-06
1	6	3.00E-06	5.86E-06	7.08E-06	8.08E-06	8.86E-06

Valeur de α pour un diffuseur en TNT et une HT de 150 kV en termes de K

Résultats à 150 kV

béton

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	1.09E-07	7.85E-07	1.06E-06	1.30E-06	1.48E-06
1	0	1.10E-07	7.99E-07	1.08E-06	1.31E-06	1.50E-06
1	1	1.62E-07	1.06E-06	1.45E-06	1.76E-06	1.99E-06
1	2	1.95E-07	1.23E-06	1.65E-06	2.00E-06	2.27E-06
1	3	2.23E-07	1.35E-06	1.80E-06	2.18E-06	2.48E-06
1	4	2.43E-07	1.44E-06	1.93E-06	2.33E-06	2.64E-06
1	5	2.63E-07	1.51E-06	2.03E-06	2.44E-06	2.76E-06
1	6	2.77E-07	1.57E-06	2.11E-06	2.54E-06	2.87E-06

Valeur de α pour un diffuseur en béton et une HT de 150 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	1.35E-08	2.14E-07	2.91E-07	3.52E-07	4.00E-07
1	0	1.71E-08	2.43E-07	3.31E-07	4.02E-07	4.59E-07
1	1	1.08E-07	8.18E-07	1.13E-06	1.38E-06	1.57E-06
1	2	1.51E-07	1.05E-06	1.42E-06	1.74E-06	1.99E-06
1	3	1.85E-07	1.21E-06	1.63E-06	1.99E-06	2.27E-06
1	4	2.11E-07	1.33E-06	1.80E-06	2.18E-06	2.48E-06
1	5	2.36E-07	1.42E-06	1.92E-06	2.32E-06	2.64E-06
1	6	2.53E-07	1.50E-06	2.02E-06	2.44E-06	2.77E-06

Valeur de α pour un diffuseur en béton et une HT de 150 kV en termes de K

Résultats à 150 kV

fer

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	5.28E-11	1.95E-07	2.65E-07	3.21E-07	3.63E-07
1	0	5.27E-11	1.94E-07	2.64E-07	3.21E-07	3.67E-07
1	1	6.56E-11	2.14E-07	3.00E-07	3.68E-07	4.26E-07
1	2	7.22E-11	2.46E-07	3.43E-07	4.19E-07	4.86E-07
1	3	8.48E-11	2.71E-07	3.79E-07	4.58E-07	5.33E-07
1	4	9.26E-11	2.94E-07	4.09E-07	4.92E-07	5.72E-07
1	5	1.01E-10	3.10E-07	4.32E-07	5.21E-07	6.03E-07
1	6	1.20E-10	3.24E-07	4.52E-07	5.44E-07	6.30E-07

Valeur de α pour un diffuseur en Fer et une HT de 150 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	6.93E-12	1.11E-06	1.32E-06	1.46E-06	1.55E-06
1	0	8.74E-12	1.29E-06	1.55E-06	1.72E-06	1.82E-06
1	1	4.64E-11	1.24E-06	1.69E-06	2.01E-06	2.24E-06
1	2	5.93E-11	1.11E-06	1.53E-06	1.84E-06	2.07E-06
1	3	7.47E-11	1.03E-06	1.43E-06	1.72E-06	1.95E-06
1	4	8.52E-11	9.80E-07	1.36E-06	1.64E-06	1.86E-06
1	5	9.55E-11	9.39E-07	1.30E-06	1.57E-06	1.79E-06
1	6	1.16E-10	9.05E-07	1.26E-06	1.52E-06	1.73E-06

Valeur de α pour un diffuseur en Fer et une HT de 150 kV en termes de K

Résultats à 150 kV

plomb

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	1.16E-29	2.92E-07	3.51E-07	3.92E-07	4.20E-07
1	0	1.13E-29	2.94E-07	3.53E-07	3.94E-07	4.23E-07
1	1	1.69E-29	3.69E-07	4.49E-07	4.99E-07	5.32E-07
1	2	1.77E-29	4.25E-07	5.12E-07	5.68E-07	6.06E-07
1	3	1.87E-29	4.73E-07	5.67E-07	6.29E-07	6.69E-07
1	4	1.92E-29	5.11E-07	6.15E-07	6.78E-07	7.19E-07
1	5	1.96E-29	5.45E-07	6.55E-07	7.21E-07	7.67E-07
1	6	1.96E-29	5.78E-07	6.94E-07	7.64E-07	8.13E-07

Valeur de α pour un diffuseur en plomb et une HT de 150 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	1.45E-30	4.88E-07	6.28E-07	7.24E-07	7.90E-07
1	0	1.78E-30	6.14E-07	7.91E-07	9.10E-07	9.92E-07
1	1	1.13E-29	1.99E-06	2.60E-06	3.02E-06	3.30E-06
1	2	1.38E-29	1.99E-06	2.62E-06	3.06E-06	3.36E-06
1	3	1.56E-29	1.94E-06	2.56E-06	3.00E-06	3.32E-06
1	4	1.68E-29	1.89E-06	2.51E-06	2.95E-06	3.26E-06
1	5	1.76E-29	1.86E-06	2.47E-06	2.90E-06	3.21E-06
1	6	1.80E-29	1.84E-06	2.44E-06	2.87E-06	3.17E-06

Valeur de α pour un diffuseur en plomb et une HT de 150 kV en termes de K

Résultats à 200 kV

eau

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	2.40E-06	3.66E-06	4.25E-06	4.75E-06	5.14E-06
1	0	2.43E-06	3.71E-06	4.31E-06	4.82E-06	5.20E-06
1	1	3.04E-06	4.46E-06	5.11E-06	5.66E-06	6.07E-06
1	2	3.39E-06	4.83E-06	5.52E-06	6.07E-06	6.47E-06
1	3	3.65E-06	5.07E-06	5.76E-06	6.29E-06	6.72E-06
1	4	3.82E-06	5.24E-06	5.93E-06	6.45E-06	6.87E-06
1	5	3.96E-06	5.38E-06	6.05E-06	6.55E-06	6.98E-06
1	6	4.08E-06	5.49E-06	6.16E-06	6.65E-06	7.07E-06

Valeur de α pour un diffuseur en eau et une HT de 200 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	4.49E-07	8.39E-07	1.02E-06	1.18E-06	1.31E-06
1	0	6.32E-07	1.16E-06	1.41E-06	1.62E-06	1.79E-06
1	1	2.42E-06	3.84E-06	4.50E-06	5.07E-06	5.50E-06
1	2	3.01E-06	4.52E-06	5.24E-06	5.84E-06	6.28E-06
1	3	3.39E-06	4.89E-06	5.63E-06	6.21E-06	6.68E-06
1	4	3.65E-06	5.15E-06	5.88E-06	6.45E-06	6.91E-06
1	5	3.84E-06	5.34E-06	6.05E-06	6.60E-06	7.06E-06
1	6	3.99E-06	5.47E-06	6.18E-06	6.72E-06	7.16E-06

Valeur de α pour un diffuseur en eau et une HT de 200 kV en termes de K

Résultats à 200 kV

TNT

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	1.86E-06	3.88E-06	4.75E-06	5.46E-06	5.98E-06
1	0	1.90E-06	3.95E-06	4.80E-06	5.53E-06	6.06E-06
1	1	2.38E-06	4.71E-06	5.70E-06	6.50E-06	7.11E-06
1	2	2.65E-06	5.08E-06	6.13E-06	6.95E-06	7.58E-06
1	3	2.86E-06	5.34E-06	6.39E-06	7.22E-06	7.89E-06
1	4	3.01E-06	5.52E-06	6.59E-06	7.42E-06	8.07E-06
1	5	3.12E-06	5.66E-06	6.72E-06	7.55E-06	8.22E-06
1	6	3.23E-06	5.77E-06	6.82E-06	7.66E-06	8.31E-06

Valeur de α pour un diffuseur en TNT et une HT de 200 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	3.50E-07	9.16E-07	1.16E-06	1.38E-06	1.54E-06
1	0	4.94E-07	1.26E-06	1.60E-06	1.89E-06	2.11E-06
1	1	1.91E-06	4.13E-06	5.09E-06	5.88E-06	6.49E-06
1	2	2.37E-06	4.83E-06	5.90E-06	6.75E-06	7.41E-06
1	3	2.68E-06	5.23E-06	6.33E-06	7.20E-06	7.91E-06
1	4	2.90E-06	5.50E-06	6.61E-06	7.50E-06	8.20E-06
1	5	3.06E-06	5.69E-06	6.80E-06	7.68E-06	8.39E-06
1	6	3.19E-06	5.83E-06	6.93E-06	7.81E-06	8.50E-06

Valeur de α pour un diffuseur en TNT et une HT de 200 kV en termes de K

Résultats à 200 kV

béton

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	2.22E-07	1.04E-06	1.40E-06	1.68E-06	1.90E-06
1	0	2.28E-07	1.07E-06	1.43E-06	1.71E-06	1.92E-06
1	1	3.00E-07	1.33E-06	1.76E-06	2.10E-06	2.37E-06
1	2	3.44E-07	1.49E-06	1.96E-06	2.33E-06	2.62E-06
1	3	3.83E-07	1.60E-06	2.11E-06	2.50E-06	2.82E-06
1	4	4.12E-07	1.69E-06	2.23E-06	2.63E-06	2.96E-06
1	5	4.45E-07	1.77E-06	2.30E-06	2.73E-06	3.07E-06
1	6	4.75E-07	1.83E-06	2.39E-06	2.83E-06	3.17E-06

Valeur de α pour un diffuseur en béton et une HT de 200 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	3.80E-08	2.91E-07	3.93E-07	4.74E-07	5.35E-07
1	0	5.41E-08	3.62E-07	4.89E-07	5.89E-07	6.67E-07
1	1	2.22E-07	1.06E-06	1.42E-06	1.71E-06	1.93E-06
1	2	2.86E-07	1.30E-06	1.72E-06	2.06E-06	2.33E-06
1	3	3.36E-07	1.45E-06	1.93E-06	2.30E-06	2.59E-06
1	4	3.74E-07	1.57E-06	2.08E-06	2.46E-06	2.78E-06
1	5	4.12E-07	1.66E-06	2.18E-06	2.59E-06	2.92E-06
1	6	4.46E-07	1.74E-06	2.28E-06	2.70E-06	3.04E-06

Valeur de α pour un diffuseur en béton et une HT de 200 kV en termes de K

Résultats à 200 kV

fer

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	3.72E-10	2.62E-07	3.51E-07	4.21E-07	4.81E-07
1	0	3.98E-10	2.61E-07	3.56E-07	4.25E-07	4.85E-07
1	1	5.80E-10	2.99E-07	4.07E-07	4.97E-07	5.71E-07
1	2	6.32E-10	3.35E-07	4.56E-07	5.57E-07	6.37E-07
1	3	8.62E-10	3.61E-07	4.93E-07	6.01E-07	6.84E-07
1	4	8.79E-10	3.80E-07	5.20E-07	6.34E-07	7.21E-07
1	5	9.29E-10	3.95E-07	5.41E-07	6.62E-07	7.55E-07
1	6	9.01E-10	4.09E-07	5.62E-07	6.87E-07	7.84E-07

Valeur de α pour un diffuseur en Fer et une HT de 200 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	6.86E-11	1.15E-06	1.38E-06	1.53E-06	1.63E-06
1	0	1.02E-10	1.34E-06	1.63E-06	1.81E-06	1.94E-06
1	1	4.61E-10	1.16E-06	1.57E-06	1.88E-06	2.10E-06
1	2	5.62E-10	1.05E-06	1.43E-06	1.73E-06	1.95E-06
1	3	8.06E-10	9.80E-07	1.35E-06	1.63E-06	1.84E-06
1	4	8.51E-10	9.31E-07	1.28E-06	1.55E-06	1.75E-06
1	5	9.16E-10	8.97E-07	1.24E-06	1.50E-06	1.70E-06
1	6	9.07E-10	8.69E-07	1.20E-06	1.46E-06	1.65E-06

Valeur de α pour un diffuseur en Fer et une HT de 200 kV en termes de K

Résultats à 200 kV

plomb

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	1.98E-29	3.90E-07	4.76E-07	5.30E-07	5.69E-07
1	0	1.80E-29	4.00E-07	4.88E-07	5.42E-07	5.80E-07
1	1	1.87E-29	4.88E-07	5.92E-07	6.57E-07	7.04E-07
1	2	1.93E-29	5.53E-07	6.70E-07	7.40E-07	7.94E-07
1	3	2.03E-29	6.02E-07	7.29E-07	8.04E-07	8.57E-07
1	4	2.15E-29	6.41E-07	7.77E-07	8.57E-07	9.15E-07
1	5	2.22E-29	6.76E-07	8.17E-07	9.02E-07	9.63E-07
1	6	2.23E-29	7.10E-07	8.58E-07	9.48E-07	1.01E-06

Valeur de α pour un diffuseur en plomb et une HT de 200 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	3.33E-30	5.83E-07	7.54E-07	8.69E-07	9.50E-07
1	0	4.22E-30	7.93E-07	1.03E-06	1.18E-06	1.29E-06
1	1	1.36E-29	1.93E-06	2.53E-06	2.93E-06	3.22E-06
1	2	1.58E-29	1.92E-06	2.53E-06	2.95E-06	3.25E-06
1	3	1.75E-29	1.86E-06	2.46E-06	2.87E-06	3.17E-06
1	4	1.92E-29	1.82E-06	2.40E-06	2.81E-06	3.10E-06
1	5	2.02E-29	1.79E-06	2.36E-06	2.75E-06	3.04E-06
1	6	2.06E-29	1.77E-06	2.32E-06	2.71E-06	2.99E-06

Valeur de α pour un diffuseur en plomb et une HT de 200 kV en termes de K

Résultats à 300 kV

eau

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	2.97E-06	4.11E-06	4.67E-06	5.12E-06	5.47E-06
1	0	3.01E-06	4.15E-06	4.73E-06	5.17E-06	5.52E-06
1	1	3.46E-06	4.67E-06	5.26E-06	5.71E-06	6.05E-06
1	2	3.71E-06	4.91E-06	5.48E-06	5.91E-06	6.27E-06
1	3	3.90E-06	5.06E-06	5.63E-06	6.05E-06	6.40E-06
1	4	4.03E-06	5.17E-06	5.71E-06	6.13E-06	6.47E-06
1	5	4.12E-06	5.23E-06	5.76E-06	6.17E-06	6.52E-06
1	6	4.20E-06	5.29E-06	5.82E-06	6.22E-06	6.55E-06

Valeur de α pour un diffuseur en eau et une HT de 300 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	8.18E-07	1.28E-06	1.51E-06	1.70E-06	1.85E-06
1	0	1.09E-06	1.68E-06	1.98E-06	2.22E-06	2.41E-06
1	1	2.95E-06	4.18E-06	4.78E-06	5.27E-06	5.63E-06
1	2	3.39E-06	4.63E-06	5.22E-06	5.68E-06	6.07E-06
1	3	3.66E-06	4.86E-06	5.44E-06	5.90E-06	6.27E-06
1	4	3.84E-06	5.00E-06	5.56E-06	6.00E-06	6.36E-06
1	5	3.96E-06	5.09E-06	5.63E-06	6.06E-06	6.41E-06
1	6	4.05E-06	5.15E-06	5.68E-06	6.10E-06	6.43E-06

Valeur de α pour un diffuseur en eau et une HT de 300 kV en termes de K

Résultats à 300 kV

TNT

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	2.37E-06	4.37E-06	5.21E-06	5.88E-06	6.40E-06
1	0	2.42E-06	4.42E-06	5.27E-06	5.94E-06	6.46E-06
1	1	2.77E-06	4.93E-06	5.86E-06	6.57E-06	7.12E-06
1	2	2.98E-06	5.19E-06	6.12E-06	6.83E-06	7.40E-06
1	3	3.12E-06	5.33E-06	6.28E-06	7.00E-06	7.57E-06
1	4	3.24E-06	5.45E-06	6.36E-06	7.07E-06	7.64E-06
1	5	3.33E-06	5.52E-06	6.43E-06	7.14E-06	7.70E-06
1	6	3.39E-06	5.56E-06	6.46E-06	7.17E-06	7.72E-06

Valeur de α pour un diffuseur en TNT et une HT de 300 kV en termes de H^* (10)

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	6.56E-07	1.40E-06	1.71E-06	1.98E-06	2.19E-06
1	0	8.78E-07	1.83E-06	2.24E-06	2.58E-06	2.85E-06
1	1	2.37E-06	4.48E-06	5.40E-06	6.12E-06	6.68E-06
1	2	2.74E-06	4.95E-06	5.88E-06	6.62E-06	7.22E-06
1	3	2.96E-06	5.18E-06	6.14E-06	6.89E-06	7.48E-06
1	4	3.11E-06	5.33E-06	6.25E-06	6.98E-06	7.57E-06
1	5	3.23E-06	5.42E-06	6.34E-06	7.06E-06	7.63E-06
1	6	3.30E-06	5.47E-06	6.37E-06	7.08E-06	7.65E-06

Valeur de α pour un diffuseur en TNT et une HT de 300 kV en termes de K

Résultats à 300 kV

béton

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	4.43E-07	1.44E-06	1.84E-06	2.17E-06	2.40E-06
1	0	4.50E-07	1.46E-06	1.86E-06	2.20E-06	2.43E-06
1	1	5.16E-07	1.68E-06	2.14E-06	2.52E-06	2.80E-06
1	2	5.82E-07	1.82E-06	2.30E-06	2.69E-06	3.00E-06
1	3	6.19E-07	1.92E-06	2.42E-06	2.83E-06	3.14E-06
1	4	6.62E-07	2.00E-06	2.52E-06	2.94E-06	3.25E-06
1	5	6.93E-07	2.06E-06	2.59E-06	3.01E-06	3.33E-06
1	6	7.20E-07	2.11E-06	2.65E-06	3.08E-06	3.41E-06

Valeur de α pour un diffuseur en béton et une HT de 300 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	1.18E-07	4.74E-07	6.15E-07	7.30E-07	8.12E-07
1	0	1.57E-07	5.91E-07	7.65E-07	9.09E-07	1.01E-06
1	1	4.28E-07	1.41E-06	1.81E-06	2.15E-06	2.39E-06
1	2	5.19E-07	1.63E-06	2.07E-06	2.42E-06	2.71E-06
1	3	5.71E-07	1.76E-06	2.23E-06	2.60E-06	2.90E-06
1	4	6.21E-07	1.86E-06	2.35E-06	2.74E-06	3.03E-06
1	5	6.58E-07	1.93E-06	2.43E-06	2.83E-06	3.13E-06
1	6	6.90E-07	1.99E-06	2.50E-06	2.90E-06	3.21E-06

Valeur de α pour un diffuseur en béton et une HT de 300 kV en termes de K

Résultats à 300 kV

fer

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	3.53E-09	3.96E-07	5.24E-07	6.20E-07	6.97E-07
1	0	3.51E-09	3.97E-07	5.26E-07	6.23E-07	7.01E-07
1	1	4.25E-09	4.48E-07	5.94E-07	7.08E-07	7.92E-07
1	2	7.92E-09	4.82E-07	6.43E-07	7.65E-07	8.57E-07
1	3	8.86E-09	5.08E-07	6.83E-07	8.09E-07	9.07E-07
1	4	9.60E-09	5.32E-07	7.13E-07	8.43E-07	9.50E-07
1	5	1.04E-08	5.48E-07	7.27E-07	8.73E-07	9.81E-07
1	6	1.09E-08	5.65E-07	7.50E-07	9.00E-07	1.01E-06

Valeur de α pour un diffuseur en Fer et une HT de 300 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	1.02E-09	1.16E-06	1.40E-06	1.56E-06	1.67E-06
1	0	1.33E-09	1.29E-06	1.59E-06	1.78E-06	1.91E-06
1	1	3.83E-09	1.07E-06	1.45E-06	1.72E-06	1.92E-06
1	2	7.57E-09	9.91E-07	1.34E-06	1.60E-06	1.79E-06
1	3	8.77E-09	9.46E-07	1.28E-06	1.53E-06	1.72E-06
1	4	9.88E-09	9.19E-07	1.25E-06	1.48E-06	1.67E-06
1	5	1.06E-08	9.00E-07	1.21E-06	1.45E-06	1.63E-06
1	6	1.13E-08	8.82E-07	1.19E-06	1.42E-06	1.60E-06

Valeur de α pour un diffuseur en Fer et une HT de 300 kV en termes de K

Résultats à 300 kV

plomb

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	3.62E-23	4.89E-07	5.98E-07	6.64E-07	7.11E-07
1	0	3.79E-23	4.93E-07	6.05E-07	6.72E-07	7.19E-07
1	1	4.21E-23	5.64E-07	6.95E-07	7.70E-07	8.23E-07
1	2	4.37E-23	6.11E-07	7.50E-07	8.32E-07	8.88E-07
1	3	4.71E-23	6.44E-07	7.92E-07	8.78E-07	9.39E-07
1	4	6.53E-23	6.84E-07	8.37E-07	9.25E-07	9.85E-07
1	5	9.35E-23	7.06E-07	8.64E-07	9.56E-07	1.02E-06
1	6	7.71E-23	7.25E-07	8.86E-07	9.83E-07	1.05E-06

Valeur de α pour un diffuseur en plomb et une HT de 300 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	1.09E-23	6.98E-07	9.06E-07	1.05E-06	1.15E-06
1	0	1.50E-23	9.01E-07	1.17E-06	1.35E-06	1.48E-06
1	1	3.97E-23	1.72E-06	2.25E-06	2.62E-06	2.87E-06
1	2	4.43E-23	1.65E-06	2.18E-06	2.54E-06	2.80E-06
1	3	4.94E-23	1.60E-06	2.11E-06	2.47E-06	2.72E-06
1	4	6.98E-23	1.58E-06	2.08E-06	2.42E-06	2.66E-06
1	5	1.02E-22	1.55E-06	2.03E-06	2.36E-06	2.60E-06
1	6	8.41E-23	1.52E-06	1.99E-06	2.32E-06	2.55E-06

Valeur de α pour un diffuseur en plomb et une HT de 300 kV en termes de K

Résultats à 400 kV

eau

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	3.27E-06	4.29E-06	4.80E-06	5.18E-06	5.48E-06
1	0	3.30E-06	4.33E-06	4.83E-06	5.21E-06	5.50E-06
1	1	3.67E-06	4.69E-06	5.16E-06	5.54E-06	5.86E-06
1	2	3.87E-06	4.84E-06	5.30E-06	5.68E-06	5.96E-06
1	3	3.97E-06	4.92E-06	5.36E-06	5.73E-06	6.02E-06
1	4	4.06E-06	4.99E-06	5.43E-06	5.76E-06	6.04E-06
1	5	4.12E-06	5.02E-06	5.44E-06	5.77E-06	6.04E-06
1	6	4.18E-06	5.04E-06	5.45E-06	5.76E-06	6.03E-06

Valeur de α pour un diffuseur en eau et une HT de 400 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	1.20E-06	1.70E-06	1.96E-06	2.16E-06	2.32E-06
1	0	1.51E-06	2.14E-06	2.44E-06	2.68E-06	2.88E-06
1	1	3.24E-06	4.26E-06	4.75E-06	5.15E-06	5.48E-06
1	2	3.56E-06	4.54E-06	5.01E-06	5.41E-06	5.70E-06
1	3	3.72E-06	4.67E-06	5.11E-06	5.49E-06	5.79E-06
1	4	3.84E-06	4.75E-06	5.19E-06	5.52E-06	5.81E-06
1	5	3.91E-06	4.79E-06	5.20E-06	5.53E-06	5.80E-06
1	6	3.98E-06	4.80E-06	5.20E-06	5.51E-06	5.77E-06

Valeur de α pour un diffuseur en eau et une HT de 400 kV en termes de K

Résultats à 400 kV

TNT

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	2.66E-06	4.55E-06	5.35E-06	5.97E-06	6.46E-06
1	0	2.68E-06	4.57E-06	5.38E-06	5.99E-06	6.49E-06
1	1	2.97E-06	4.94E-06	5.76E-06	6.40E-06	6.91E-06
1	2	3.12E-06	5.09E-06	5.90E-06	6.55E-06	7.05E-06
1	3	3.24E-06	5.18E-06	5.97E-06	6.62E-06	7.11E-06
1	4	3.31E-06	5.23E-06	6.02E-06	6.65E-06	7.14E-06
1	5	3.38E-06	5.26E-06	6.04E-06	6.67E-06	7.14E-06
1	6	3.42E-06	5.30E-06	6.06E-06	6.67E-06	7.13E-06

Valeur de α pour un diffuseur en TNT et une HT de 400 kV en termes de H^* (10)

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	9.80E-07	1.84E-06	2.21E-06	2.51E-06	2.75E-06
1	0	1.23E-06	2.30E-06	2.76E-06	3.13E-06	3.42E-06
1	1	2.63E-06	4.55E-06	5.36E-06	6.00E-06	6.51E-06
1	2	2.90E-06	4.83E-06	5.63E-06	6.29E-06	6.80E-06
1	3	3.06E-06	4.96E-06	5.75E-06	6.39E-06	6.89E-06
1	4	3.16E-06	5.02E-06	5.80E-06	6.43E-06	6.91E-06
1	5	3.23E-06	5.06E-06	5.81E-06	6.44E-06	6.90E-06
1	6	3.28E-06	5.09E-06	5.83E-06	6.43E-06	6.87E-06

Valeur de α pour un diffuseur en TNT et une HT de 400 kV en termes de K

Résultats à 400 kV

béton

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	6.16E-07	1.69E-06	2.11E-06	2.44E-06	2.70E-06
1	0	6.23E-07	1.71E-06	2.12E-06	2.45E-06	2.72E-06
1	1	7.22E-07	1.91E-06	2.34E-06	2.71E-06	2.99E-06
1	2	7.69E-07	2.01E-06	2.47E-06	2.86E-06	3.15E-06
1	3	8.13E-07	2.08E-06	2.56E-06	2.96E-06	3.25E-06
1	4	8.46E-07	2.14E-06	2.63E-06	3.03E-06	3.32E-06
1	5	8.76E-07	2.18E-06	2.68E-06	3.08E-06	3.38E-06
1	6	8.97E-07	2.22E-06	2.72E-06	3.14E-06	3.43E-06

Valeur de α pour un diffuseur en béton et une HT de 400 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	2.23E-07	6.79E-07	8.56E-07	9.96E-07	1.11E-06
1	0	2.82E-07	8.29E-07	1.04E-06	1.20E-06	1.34E-06
1	1	6.32E-07	1.66E-06	2.04E-06	2.36E-06	2.61E-06
1	2	7.08E-07	1.82E-06	2.23E-06	2.58E-06	2.85E-06
1	3	7.64E-07	1.92E-06	2.35E-06	2.72E-06	2.98E-06
1	4	8.05E-07	1.98E-06	2.43E-06	2.80E-06	3.07E-06
1	5	8.39E-07	2.03E-06	2.49E-06	2.86E-06	3.13E-06
1	6	8.64E-07	2.07E-06	2.53E-06	2.91E-06	3.18E-06

Valeur de α pour un diffuseur en béton et une HT de 400 kV en termes de K

Résultats à 400 kV

fer

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	1.50E-08	4.93E-07	6.55E-07	7.70E-07	8.61E-07
1	0	1.52E-08	4.97E-07	6.60E-07	7.76E-07	8.68E-07
1	1	1.76E-08	5.54E-07	7.34E-07	8.63E-07	9.61E-07
1	2	1.41E-08	5.87E-07	7.85E-07	9.09E-07	1.01E-06
1	3	1.51E-08	6.11E-07	8.18E-07	9.49E-07	1.06E-06
1	4	1.58E-08	6.39E-07	8.50E-07	9.81E-07	1.09E-06
1	5	1.62E-08	6.55E-07	8.68E-07	1.00E-06	1.12E-06
1	6	1.74E-08	6.75E-07	8.90E-07	1.02E-06	1.14E-06

Valeur de α pour un diffuseur en Fer et une HT de 400 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	5.82E-09	1.13E-06	1.39E-06	1.56E-06	1.68E-06
1	0	7.42E-09	1.23E-06	1.53E-06	1.73E-06	1.87E-06
1	1	1.66E-08	1.03E-06	1.38E-06	1.63E-06	1.81E-06
1	2	1.42E-08	9.69E-07	1.31E-06	1.54E-06	1.72E-06
1	3	1.54E-08	9.41E-07	1.27E-06	1.49E-06	1.66E-06
1	4	1.64E-08	9.26E-07	1.25E-06	1.45E-06	1.62E-06
1	5	1.68E-08	9.12E-07	1.22E-06	1.42E-06	1.59E-06
1	6	1.81E-08	9.09E-07	1.21E-06	1.41E-06	1.57E-06

Valeur de α pour un diffuseur en Fer et une HT de 400 kV en termes de K

Résultats à 400 kV

plomb

iltration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	1.90E-18	5.11E-07	6.30E-07	7.03E-07	7.49E-07
1	0	2.08E-18	5.16E-07	6.35E-07	7.07E-07	7.56E-07
1	1	3.74E-18	5.69E-07	7.00E-07	7.82E-07	8.39E-07
1	2	4.49E-18	5.97E-07	7.35E-07	8.21E-07	8.80E-07
1	3	7.44E-18	6.21E-07	7.63E-07	8.52E-07	9.14E-07
1	4	8.14E-18	6.41E-07	7.91E-07	8.85E-07	9.45E-07
1	5	8.89E-18	6.62E-07	8.14E-07	9.07E-07	9.71E-07
1	6	9.51E-18	6.74E-07	8.30E-07	9.25E-07	9.92E-07

Valeur de α pour un diffuseur en plomb et une HT de 400 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	7.94E-19	7.68E-07	1.00E-06	1.16E-06	1.27E-06
1	0	1.08E-18	9.49E-07	1.24E-06	1.43E-06	1.57E-06
1	1	3.80E-18	1.52E-06	1.99E-06	2.31E-06	2.54E-06
1	2	4.79E-18	1.44E-06	1.89E-06	2.21E-06	2.43E-06
1	3	8.15E-18	1.38E-06	1.82E-06	2.12E-06	2.33E-06
1	4	9.01E-18	1.33E-06	1.75E-06	2.05E-06	2.25E-06
1	5	9.91E-18	1.30E-06	1.71E-06	1.99E-06	2.20E-06
1	6	1.06E-17	1.27E-06	1.66E-06	1.94E-06	2.14E-06

Valeur de α pour un diffuseur en plomb et une HT de 400 kV en termes de K

Résultats à 500 kV

eau

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	3.47E-06	4.33E-06	4.74E-06	5.08E-06	5.34E-06
1	0	3.48E-06	4.34E-06	4.75E-06	5.10E-06	5.35E-06
1	1	3.75E-06	4.58E-06	4.98E-06	5.32E-06	5.56E-06
1	2	3.88E-06	4.68E-06	5.07E-06	5.39E-06	5.62E-06
1	3	3.97E-06	4.73E-06	5.10E-06	5.41E-06	5.63E-06
1	4	4.03E-06	4.76E-06	5.12E-06	5.41E-06	5.62E-06
1	5	4.08E-06	4.77E-06	5.12E-06	5.40E-06	5.61E-06
1	6	4.11E-06	4.77E-06	5.11E-06	5.38E-06	5.57E-06

Valeur de α pour un diffuseur en eau et une HT de 500 kV en termes de H^* (10)

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	1.53E-06	2.03E-06	2.27E-06	2.47E-06	2.63E-06
1	0	1.86E-06	2.45E-06	2.73E-06	2.97E-06	3.16E-06
1	1	3.35E-06	4.17E-06	4.58E-06	4.92E-06	5.18E-06
1	2	3.58E-06	4.35E-06	4.74E-06	5.06E-06	5.30E-06
1	3	3.70E-06	4.43E-06	4.79E-06	5.09E-06	5.32E-06
1	4	3.78E-06	4.46E-06	4.80E-06	5.09E-06	5.30E-06
1	5	3.83E-06	4.47E-06	4.80E-06	5.07E-06	5.27E-06
1	6	3.86E-06	4.46E-06	4.78E-06	5.03E-06	5.22E-06

Valeur de α pour un diffuseur en eau et une HT de 500 kV en termes de K

Résultats à 500 kV

TNT

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	2.82E-06	4.56E-06	5.29E-06	5.87E-06	6.30E-06
1	0	2.84E-06	4.58E-06	5.31E-06	5.89E-06	6.32E-06
1	1	3.06E-06	4.82E-06	5.56E-06	6.13E-06	6.57E-06
1	2	3.18E-06	4.92E-06	5.65E-06	6.22E-06	6.64E-06
1	3	3.25E-06	4.97E-06	5.69E-06	6.24E-06	6.66E-06
1	4	3.31E-06	5.00E-06	5.70E-06	6.25E-06	6.65E-06
1	5	3.35E-06	5.02E-06	5.71E-06	6.24E-06	6.63E-06
1	6	3.39E-06	5.02E-06	5.70E-06	6.21E-06	6.60E-06

Valeur de α pour un diffuseur en TNT et une HT de 500 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	1.25E-06	2.17E-06	2.56E-06	2.88E-06	3.13E-06
1	0	1.52E-06	2.62E-06	3.08E-06	3.46E-06	3.75E-06
1	1	2.75E-06	4.43E-06	5.15E-06	5.72E-06	6.15E-06
1	2	2.94E-06	4.62E-06	5.33E-06	5.89E-06	6.30E-06
1	3	3.05E-06	4.69E-06	5.38E-06	5.92E-06	6.33E-06
1	4	3.12E-06	4.72E-06	5.39E-06	5.92E-06	6.31E-06
1	5	3.17E-06	4.73E-06	5.39E-06	5.89E-06	6.27E-06
1	6	3.20E-06	4.73E-06	5.36E-06	5.85E-06	6.22E-06

Valeur de α pour un diffuseur en TNT et une HT de 500 kV en termes de K

Résultats à 500 kV

béton

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	7.66E-07	1.84E-06	2.25E-06	2.58E-06	2.83E-06
1	0	7.73E-07	1.85E-06	2.27E-06	2.60E-06	2.85E-06
1	1	8.50E-07	2.00E-06	2.45E-06	2.79E-06	3.06E-06
1	2	8.98E-07	2.08E-06	2.54E-06	2.90E-06	3.17E-06
1	3	9.39E-07	2.15E-06	2.61E-06	2.98E-06	3.25E-06
1	4	9.70E-07	2.20E-06	2.67E-06	3.03E-06	3.31E-06
1	5	9.99E-07	2.23E-06	2.71E-06	3.08E-06	3.35E-06
1	6	1.03E-06	2.27E-06	2.75E-06	3.11E-06	3.39E-06

Valeur de α pour un diffuseur en béton et une HT de 500 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	3.40E-07	8.65E-07	1.07E-06	1.22E-06	1.35E-06
1	0	4.15E-07	1.02E-06	1.26E-06	1.45E-06	1.59E-06
1	1	7.67E-07	1.76E-06	2.15E-06	2.45E-06	2.69E-06
1	2	8.38E-07	1.89E-06	2.30E-06	2.62E-06	2.86E-06
1	3	8.89E-07	1.97E-06	2.39E-06	2.71E-06	2.95E-06
1	4	9.25E-07	2.02E-06	2.45E-06	2.77E-06	3.02E-06
1	5	9.56E-07	2.07E-06	2.49E-06	2.82E-06	3.06E-06
1	6	9.84E-07	2.10E-06	2.52E-06	2.85E-06	3.10E-06

Valeur de α pour un diffuseur en béton et une HT de 500 kV en termes de K

Résultats à 500 kV

fer

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	2.26E-08	5.78E-07	7.56E-07	8.84E-07	9.77E-07
1	0	2.29E-08	5.82E-07	7.60E-07	8.89E-07	9.83E-07
1	1	2.53E-08	6.26E-07	8.19E-07	9.58E-07	1.06E-06
1	2	2.68E-08	6.56E-07	8.59E-07	1.00E-06	1.11E-06
1	3	2.82E-08	6.80E-07	8.90E-07	1.04E-06	1.15E-06
1	4	2.94E-08	7.00E-07	9.13E-07	1.07E-06	1.18E-06
1	5	3.05E-08	7.16E-07	9.34E-07	1.09E-06	1.20E-06
1	6	3.17E-08	7.31E-07	9.53E-07	1.11E-06	1.23E-06

Valeur de α pour un diffuseur en Fer et une HT de 500 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	1.10E-08	1.12E-06	1.38E-06	1.56E-06	1.68E-06
1	0	1.34E-08	1.19E-06	1.49E-06	1.68E-06	1.82E-06
1	1	2.49E-08	9.93E-07	1.32E-06	1.56E-06	1.73E-06
1	2	2.72E-08	9.51E-07	1.26E-06	1.49E-06	1.65E-06
1	3	2.91E-08	9.29E-07	1.23E-06	1.45E-06	1.61E-06
1	4	3.06E-08	9.16E-07	1.21E-06	1.42E-06	1.58E-06
1	5	3.19E-08	9.08E-07	1.20E-06	1.40E-06	1.55E-06
1	6	3.31E-08	9.02E-07	1.19E-06	1.39E-06	1.54E-06

Valeur de α pour un diffuseur en Fer et une HT de 500 kV en termes de K

Résultats à 500 kV

plomb

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	6.97E-14	5.06E-07	6.25E-07	7.01E-07	7.52E-07
1	0	7.54E-14	5.08E-07	6.28E-07	7.05E-07	7.56E-07
1	1	3.76E-14	5.46E-07	6.74E-07	7.56E-07	8.11E-07
1	2	4.06E-14	5.69E-07	7.02E-07	7.87E-07	8.45E-07
1	3	4.38E-14	5.87E-07	7.23E-07	8.11E-07	8.70E-07
1	4	4.65E-14	6.01E-07	7.41E-07	8.30E-07	8.90E-07
1	5	2.55E-14	6.12E-07	7.54E-07	8.44E-07	9.06E-07
1	6	2.63E-14	6.22E-07	7.67E-07	8.59E-07	9.21E-07

Valeur de α pour un diffuseur en plomb et une HT de 500 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	3.70E-14	7.85E-07	1.02E-06	1.19E-06	1.30E-06
1	0	4.83E-14	9.33E-07	1.22E-06	1.41E-06	1.55E-06
1	1	4.06E-14	1.32E-06	1.73E-06	2.01E-06	2.21E-06
1	2	4.54E-14	1.24E-06	1.64E-06	1.91E-06	2.10E-06
1	3	4.96E-14	1.19E-06	1.57E-06	1.83E-06	2.02E-06
1	4	5.30E-14	1.15E-06	1.52E-06	1.77E-06	1.95E-06
1	5	2.92E-14	1.12E-06	1.47E-06	1.72E-06	1.89E-06
1	6	3.01E-14	1.10E-06	1.44E-06	1.68E-06	1.85E-06

Valeur de α pour un diffuseur en plomb et une HT de 500 kV en termes de K

Résultats à 600 kV

eau

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	3.54E-06	4.27E-06	4.63E-06	4.93E-06	5.15E-06
1	0	3.56E-06	4.28E-06	4.65E-06	4.94E-06	5.16E-06
1	1	3.76E-06	4.45E-06	4.80E-06	5.08E-06	5.29E-06
1	2	3.86E-06	4.51E-06	4.85E-06	5.11E-06	5.31E-06
1	3	3.92E-06	4.54E-06	4.85E-06	5.11E-06	5.30E-06
1	4	3.97E-06	4.55E-06	4.85E-06	5.09E-06	5.27E-06
1	5	4.00E-06	4.55E-06	4.83E-06	5.06E-06	5.23E-06
1	6	4.02E-06	4.54E-06	4.82E-06	5.04E-06	5.19E-06

Valeur de α pour un diffuseur en eau et une HT de 600 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	1.80E-06	2.27E-06	2.50E-06	2.69E-06	2.84E-06
1	0	2.12E-06	2.65E-06	2.91E-06	3.13E-06	3.31E-06
1	1	3.38E-06	4.04E-06	4.38E-06	4.66E-06	4.88E-06
1	2	3.55E-06	4.16E-06	4.48E-06	4.74E-06	4.94E-06
1	3	3.64E-06	4.19E-06	4.49E-06	4.73E-06	4.92E-06
1	4	3.69E-06	4.20E-06	4.48E-06	4.71E-06	4.88E-06
1	5	3.72E-06	4.20E-06	4.46E-06	4.67E-06	4.83E-06
1	6	3.74E-06	4.18E-06	4.43E-06	4.63E-06	4.77E-06

Valeur de α pour un diffuseur en eau et une HT de 600 kV en termes de K

Résultats à 600 kV

TNT

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	2.91E-06	4.51E-06	5.17E-06	5.69E-06	6.08E-06
1	0	2.93E-06	4.52E-06	5.18E-06	5.70E-06	6.09E-06
1	1	3.10E-06	4.69E-06	5.35E-06	5.86E-06	6.25E-06
1	2	3.19E-06	4.75E-06	5.40E-06	5.90E-06	6.28E-06
1	3	3.25E-06	4.77E-06	5.41E-06	5.90E-06	6.26E-06
1	4	3.29E-06	4.78E-06	5.41E-06	5.88E-06	6.23E-06
1	5	3.32E-06	4.78E-06	5.39E-06	5.85E-06	6.20E-06
1	6	3.35E-06	4.77E-06	5.37E-06	5.82E-06	6.16E-06

Valeur de α pour un diffuseur en TNT et une HT de 600 kV en termes de H^* (10)

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	1.49E-06	2.42E-06	2.82E-06	3.13E-06	3.38E-06
1	0	1.75E-06	2.83E-06	3.28E-06	3.65E-06	3.93E-06
1	1	2.80E-06	4.30E-06	4.93E-06	5.42E-06	5.80E-06
1	2	2.95E-06	4.41E-06	5.03E-06	5.51E-06	5.87E-06
1	3	3.02E-06	4.44E-06	5.04E-06	5.51E-06	5.85E-06
1	4	3.07E-06	4.45E-06	5.03E-06	5.48E-06	5.81E-06
1	5	3.11E-06	4.44E-06	5.00E-06	5.43E-06	5.75E-06
1	6	3.13E-06	4.42E-06	4.97E-06	5.38E-06	5.69E-06

Valeur de α pour un diffuseur en TNT et une HT de 600 kV en termes de K

Résultats à 600 kV

béton

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	8.79E-07	1.93E-06	2.34E-06	2.65E-06	2.89E-06
1	0	8.87E-07	1.94E-06	2.35E-06	2.67E-06	2.90E-06
1	1	9.58E-07	2.07E-06	2.49E-06	2.82E-06	3.06E-06
1	2	1.01E-06	2.14E-06	2.57E-06	2.90E-06	3.15E-06
1	3	1.04E-06	2.18E-06	2.62E-06	2.96E-06	3.21E-06
1	4	1.07E-06	2.22E-06	2.66E-06	3.00E-06	3.25E-06
1	5	1.10E-06	2.26E-06	2.70E-06	3.03E-06	3.28E-06
1	6	1.12E-06	2.28E-06	2.72E-06	3.06E-06	3.31E-06

Valeur de α pour un diffuseur en béton et une HT de 600 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	4.54E-07	1.02E-06	1.24E-06	1.41E-06	1.54E-06
1	0	5.36E-07	1.18E-06	1.43E-06	1.62E-06	1.77E-06
1	1	8.77E-07	1.83E-06	2.20E-06	2.48E-06	2.70E-06
1	2	9.43E-07	1.93E-06	2.31E-06	2.60E-06	2.82E-06
1	3	9.87E-07	1.99E-06	2.38E-06	2.67E-06	2.89E-06
1	4	1.02E-06	2.04E-06	2.42E-06	2.71E-06	2.94E-06
1	5	1.05E-06	2.07E-06	2.45E-06	2.74E-06	2.96E-06
1	6	1.07E-06	2.09E-06	2.48E-06	2.77E-06	2.99E-06

Valeur de α pour un diffuseur en béton et une HT de 600 kV en termes de K

Résultats à 600 kV

fer

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	3.31E-08	6.41E-07	8.32E-07	9.66E-07	1.06E-06
1	0	3.35E-08	6.44E-07	8.36E-07	9.71E-07	1.07E-06
1	1	3.69E-08	6.84E-07	8.87E-07	1.03E-06	1.14E-06
1	2	3.90E-08	7.12E-07	9.22E-07	1.07E-06	1.18E-06
1	3	4.09E-08	7.34E-07	9.49E-07	1.10E-06	1.21E-06
1	4	4.19E-08	7.51E-07	9.71E-07	1.13E-06	1.24E-06
1	5	4.28E-08	7.66E-07	9.90E-07	1.15E-06	1.26E-06
1	6	4.40E-08	7.80E-07	1.01E-06	1.17E-06	1.28E-06

Valeur de α pour un diffuseur en Fer et une HT de 600 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	1.86E-08	1.10E-06	1.36E-06	1.54E-06	1.66E-06
1	0	2.21E-08	1.15E-06	1.44E-06	1.63E-06	1.77E-06
1	1	3.68E-08	9.75E-07	1.28E-06	1.50E-06	1.66E-06
1	2	3.99E-08	9.43E-07	1.24E-06	1.45E-06	1.60E-06
1	3	4.22E-08	9.27E-07	1.21E-06	1.42E-06	1.56E-06
1	4	4.34E-08	9.17E-07	1.20E-06	1.40E-06	1.54E-06
1	5	4.45E-08	9.12E-07	1.19E-06	1.38E-06	1.52E-06
1	6	4.56E-08	9.08E-07	1.18E-06	1.37E-06	1.51E-06

Valeur de α pour un diffuseur en Fer et une HT de 600 kV en termes de K

Résultats à 600 kV

plomb

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	2.50E-13	4.93E-07	6.09E-07	6.84E-07	7.35E-07
1	0	2.65E-13	4.96E-07	6.12E-07	6.87E-07	7.39E-07
1	1	8.60E-13	5.24E-07	6.47E-07	7.27E-07	7.81E-07
1	2	1.03E-12	5.41E-07	6.68E-07	7.49E-07	8.05E-07
1	3	1.12E-12	5.53E-07	6.82E-07	7.65E-07	8.22E-07
1	4	1.24E-12	5.62E-07	6.94E-07	7.78E-07	8.36E-07
1	5	1.38E-12	5.70E-07	7.04E-07	7.89E-07	8.47E-07
1	6	1.53E-12	5.76E-07	7.12E-07	7.98E-07	8.57E-07

Valeur de α pour un diffuseur en plomb et une HT de 600 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	1.54E-13	7.85E-07	1.02E-06	1.19E-06	1.31E-06
1	0	1.91E-13	9.07E-07	1.18E-06	1.37E-06	1.51E-06
1	1	9.30E-13	1.17E-06	1.53E-06	1.78E-06	1.96E-06
1	2	1.14E-12	1.10E-06	1.44E-06	1.69E-06	1.86E-06
1	3	1.25E-12	1.05E-06	1.38E-06	1.61E-06	1.78E-06
1	4	1.39E-12	1.02E-06	1.34E-06	1.56E-06	1.72E-06
1	5	1.56E-12	9.89E-07	1.30E-06	1.51E-06	1.67E-06
1	6	1.72E-12	9.66E-07	1.27E-06	1.47E-06	1.62E-06

Valeur de α pour un diffuseur en plomb et une HT de 600 kV en termes de K

Résultats à 800 kV

eau

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	3.57E-06	4.08E-06	4.35E-06	4.57E-06	4.73E-06
1	0	3.58E-06	4.09E-06	4.35E-06	4.57E-06	4.73E-06
1	1	3.70E-06	4.16E-06	4.42E-06	4.62E-06	4.76E-06
1	2	3.76E-06	4.19E-06	4.42E-06	4.61E-06	4.74E-06
1	3	3.80E-06	4.19E-06	4.41E-06	4.59E-06	4.71E-06
1	4	3.82E-06	4.18E-06	4.39E-06	4.55E-06	4.67E-06
1	5	3.83E-06	4.16E-06	4.36E-06	4.52E-06	4.62E-06
1	6	3.84E-06	4.15E-06	4.33E-06	4.48E-06	4.58E-06

Valeur de α pour un diffuseur en eau et une HT de 800 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	2.18E-06	2.55E-06	2.74E-06	2.90E-06	3.03E-06
1	0	2.45E-06	2.85E-06	3.06E-06	3.24E-06	3.37E-06
1	1	3.33E-06	3.74E-06	3.97E-06	4.16E-06	4.31E-06
1	2	3.42E-06	3.78E-06	3.99E-06	4.17E-06	4.30E-06
1	3	3.47E-06	3.79E-06	3.98E-06	4.14E-06	4.25E-06
1	4	3.49E-06	3.77E-06	3.95E-06	4.10E-06	4.20E-06
1	5	3.51E-06	3.75E-06	3.92E-06	4.05E-06	4.14E-06
1	6	3.51E-06	3.73E-06	3.88E-06	4.00E-06	4.08E-06

Valeur de α pour un diffuseur en eau et une HT de 800 kV en termes de K

Résultats à 800 kV

TNT

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	2.98E-06	4.29E-06	4.85E-06	5.28E-06	5.60E-06
1	0	2.99E-06	4.30E-06	4.85E-06	5.28E-06	5.60E-06
1	1	3.09E-06	4.38E-06	4.92E-06	5.34E-06	5.64E-06
1	2	3.15E-06	4.40E-06	4.92E-06	5.33E-06	5.62E-06
1	3	3.19E-06	4.40E-06	4.91E-06	5.30E-06	5.59E-06
1	4	3.21E-06	4.39E-06	4.89E-06	5.27E-06	5.54E-06
1	5	3.23E-06	4.38E-06	4.86E-06	5.23E-06	5.49E-06
1	6	3.24E-06	4.36E-06	4.83E-06	5.18E-06	5.44E-06

Valeur de α pour un diffuseur en TNT et une HT de 800 kV en termes de H^* (10)

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	1.83E-06	2.70E-06	3.08E-06	3.38E-06	3.60E-06
1	0	2.06E-06	3.02E-06	3.44E-06	3.77E-06	4.01E-06
1	1	2.80E-06	3.96E-06	4.46E-06	4.84E-06	5.13E-06
1	2	2.88E-06	4.00E-06	4.48E-06	4.85E-06	5.12E-06
1	3	2.93E-06	4.00E-06	4.46E-06	4.81E-06	5.07E-06
1	4	2.95E-06	3.99E-06	4.43E-06	4.76E-06	5.01E-06
1	5	2.97E-06	3.96E-06	4.39E-06	4.71E-06	4.94E-06
1	6	2.97E-06	3.94E-06	4.34E-06	4.65E-06	4.88E-06

Valeur de α pour un diffuseur en TNT et une HT de 800 kV en termes de K

Résultats à 800 kV

béton

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	1.05E-06	2.03E-06	2.40E-06	2.69E-06	2.90E-06
1	0	1.06E-06	2.03E-06	2.41E-06	2.69E-06	2.90E-06
1	1	1.11E-06	2.11E-06	2.50E-06	2.79E-06	3.00E-06
1	2	1.15E-06	2.16E-06	2.55E-06	2.84E-06	3.05E-06
1	3	1.18E-06	2.20E-06	2.58E-06	2.87E-06	3.09E-06
1	4	1.21E-06	2.22E-06	2.61E-06	2.90E-06	3.11E-06
1	5	1.23E-06	2.24E-06	2.63E-06	2.91E-06	3.13E-06
1	6	1.25E-06	2.26E-06	2.64E-06	2.93E-06	3.14E-06

Valeur de α pour un diffuseur en béton et une HT de 800 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	6.62E-07	1.26E-06	1.49E-06	1.67E-06	1.80E-06
1	0	7.46E-07	1.40E-06	1.66E-06	1.85E-06	1.99E-06
1	1	1.03E-06	1.88E-06	2.20E-06	2.45E-06	2.63E-06
1	2	1.08E-06	1.94E-06	2.27E-06	2.51E-06	2.70E-06
1	3	1.11E-06	1.98E-06	2.30E-06	2.55E-06	2.73E-06
1	4	1.14E-06	2.01E-06	2.33E-06	2.57E-06	2.75E-06
1	5	1.16E-06	2.02E-06	2.35E-06	2.59E-06	2.77E-06
1	6	1.18E-06	2.04E-06	2.36E-06	2.60E-06	2.77E-06

Valeur de α pour un diffuseur en béton et une HT de 800 kV en termes de K

Résultats à 800 kV

fer

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	5.35E-08	7.27E-07	9.31E-07	1.07E-06	1.17E-06
1	0	5.40E-08	7.31E-07	9.35E-07	1.08E-06	1.18E-06
1	1	5.72E-08	7.62E-07	9.75E-07	1.12E-06	1.23E-06
1	2	5.98E-08	7.84E-07	1.00E-06	1.15E-06	1.26E-06
1	3	6.18E-08	8.02E-07	1.02E-06	1.18E-06	1.29E-06
1	4	6.35E-08	8.15E-07	1.04E-06	1.20E-06	1.31E-06
1	5	6.47E-08	8.27E-07	1.06E-06	1.21E-06	1.32E-06
1	6	6.62E-08	8.38E-07	1.07E-06	1.23E-06	1.34E-06

Valeur de α pour un diffuseur en Fer et une HT de 800 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	3.65E-08	1.05E-06	1.31E-06	1.48E-06	1.60E-06
1	0	4.13E-08	1.08E-06	1.35E-06	1.54E-06	1.67E-06
1	1	5.75E-08	9.46E-07	1.22E-06	1.42E-06	1.56E-06
1	2	6.09E-08	9.26E-07	1.20E-06	1.38E-06	1.51E-06
1	3	6.32E-08	9.18E-07	1.18E-06	1.36E-06	1.49E-06
1	4	6.51E-08	9.11E-07	1.17E-06	1.35E-06	1.47E-06
1	5	6.63E-08	9.07E-07	1.16E-06	1.34E-06	1.46E-06
1	6	6.78E-08	9.05E-07	1.16E-06	1.33E-06	1.45E-06

Valeur de α pour un diffuseur en Fer et une HT de 800 kV en termes de K

Résultats à 800 kV

plomb

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	1.47E-11	4.60E-07	5.69E-07	6.39E-07	6.88E-07
1	0	1.19E-11	4.61E-07	5.70E-07	6.40E-07	6.88E-07
1	1	2.42E-11	4.76E-07	5.89E-07	6.61E-07	7.11E-07
1	2	2.57E-11	4.85E-07	6.01E-07	6.74E-07	7.24E-07
1	3	2.66E-11	4.92E-07	6.08E-07	6.83E-07	7.34E-07
1	4	2.72E-11	4.96E-07	6.14E-07	6.89E-07	7.40E-07
1	5	2.88E-11	5.00E-07	6.18E-07	6.94E-07	7.45E-07
1	6	2.94E-11	5.03E-07	6.22E-07	6.98E-07	7.49E-07

Valeur de α pour un diffuseur en plomb et une HT de 800 kV en termes de $H^*(10)$

Filtration inhérente (mm)	Filtration complémentaire (mm)	Angle θ				
Be	Al	90°	60°	45°	30°	10°
0	0	1.09E-11	7.43E-07	9.70E-07	1.13E-06	1.24E-06
1	0	9.89E-12	8.23E-07	1.07E-06	1.25E-06	1.37E-06
1	1	2.64E-11	9.38E-07	1.23E-06	1.43E-06	1.57E-06
1	2	2.84E-11	8.84E-07	1.16E-06	1.35E-06	1.49E-06
1	3	2.96E-11	8.46E-07	1.11E-06	1.29E-06	1.42E-06
1	4	3.03E-11	8.18E-07	1.07E-06	1.25E-06	1.37E-06
1	5	3.21E-11	7.95E-07	1.04E-06	1.21E-06	1.33E-06
1	6	3.28E-11	7.76E-07	1.01E-06	1.18E-06	1.30E-06

Valeur de α pour un diffuseur en plomb et une HT de 800 kV en termes de K