

Tabliers plombés: procédé de filage et modèle de tissage

HAZOUAN Oumaima

Classes préparatoires aux grandes écoles
Professeur encadrant: HAJMI Said

18 juillet 2022



Plan

- 1 Introduction et problématique
- 2 Pourquoi le plomb, l'étain et le bismuth ?
 - Numéro atomique
 - Densité
 - Alliage Pb-Sn-Bi
- 3 Pourquoi le polypropylène ?
 - Composition atomique
 - Les avantages du polypropylène
- 4 Pourquoi les monofilaments ?
 - Filage par fusion
 - Propriétés de quelques échantillons de filaments en polypropylène
 - Spécificités des échantillons de monofilament
- 5 Pourquoi la satinette ?
 - Tissage
 - Modélisation : géométrie des tissus d'EDOUARD LUCAS
 - Principe
 - Satin carré
 - Satin symétrique
 - Armure satinette
- 6 Evaluation du coefficient d'atténuation

- 1 Introduction et problématique
- 2 Pourquoi le plomb, l'étain et le bismuth ?
- 3 Pourquoi le polypropylène ?
- 4 Pourquoi les monofilaments ?
- 5 Pourquoi la satinette ?
- 6 Evaluation du coefficient d'atténuation
- 7 Conclusion
- 8 Annexes

Introduction et problématique



Figure – Plaque de plomb



Figure – Collection des tabliers plombés

Introduction et problématique

Comment maximiser l'absorption des rayons X par les tabliers médicaux afin de diminuer l'intensité des faisceaux ionisés traversant le corps humain ?

- 1 Introduction et problématique
- 2 Pourquoi le plomb, l'étain et le bismuth ?
 - Numéro atomique
 - Densité
 - Alliage Pb-Sn-Bi
- 3 Pourquoi le polypropylène ?
- 4 Pourquoi les monofilaments ?
- 5 Pourquoi la satinette ?
- 6 Evaluation du coefficient d'atténuation
- 7 Conclusion
- 8 Annexes

Numéro atomique

TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS

Le tableau périodique des éléments est classé par groupes (colonnes) et périodes (lignes). Les éléments sont notés par leur symbole chimique, leur numéro atomique (Z) et leur nom complet.

Éléments mis en évidence :

- Sn (étain) :** Z=50, 118,710 u, groupe 14, période 5.
- Pb (plomb) :** Z=82, 207,2 u, groupe 14, période 6.
- Bi (bismuth) :** Z=83, 208,9804 u, groupe 15, période 6.

Autres éléments notables :

- He (hélium) :** Z=2, 4,0026 u, groupe 18, période 1.
- Li (lithium) :** Z=3, 6,941 u, groupe 1, période 2.
- Be (beryllium) :** Z=4, 9,0122 u, groupe 2, période 2.
- B (bor) :** Z=5, 10,811 u, groupe 13, période 2.
- C (carbone) :** Z=6, 12,011 u, groupe 14, période 2.
- N (azote) :** Z=7, 14,007 u, groupe 15, période 2.
- O (oxygène) :** Z=8, 15,999 u, groupe 16, période 2.
- F (fluor) :** Z=9, 18,998 u, groupe 17, période 2.
- Ne (néon) :** Z=10, 20,180 u, groupe 18, période 2.

Tableau périodique des éléments (version simplifiée) :

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	
87 Fr	88 Ra	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	

Figure – Position de Sn, Pb et Bi dans le tableau périodique

Densité

Élément chimique	Densité
Pb	11.34
Bi	9.78
Sn	7.31
C	2.25
H	0.09

Alliage Pb-Sn-Bi

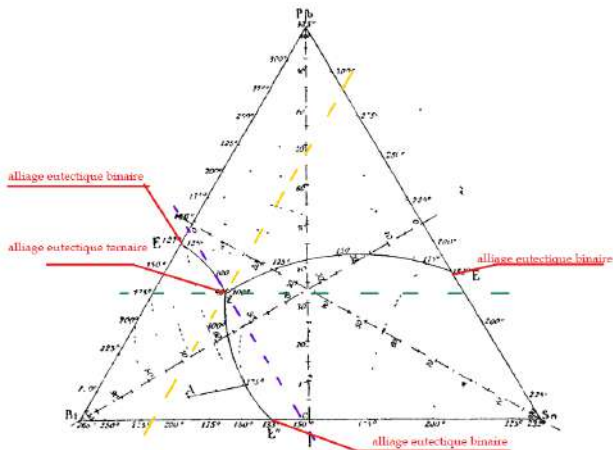


Figure – Diagramme triangulaire de thurston

- 1 Introduction et problématique
- 2 Pourquoi le plomb, l'étain et le bismuth ?
- 3 Pourquoi le polypropylène ?
 - Composition atomique
 - Les avantages du polypropylène
- 4 Pourquoi les monofilaments ?
- 5 Pourquoi la satinette ?
- 6 Evaluation du coefficient d'atténuation
- 7 Conclusion
- 8 Annexes

Composition atomique

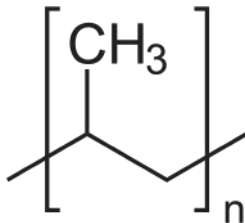


Figure – Symbole conventionnel

Les avantages du polypropylène

- Résistance
- Souplesse
- Indéchirabilité

- 1 Introduction et problématique
- 2 Pourquoi le plomb, l'étain et le bismuth ?
- 3 Pourquoi le polypropylène ?
- 4 Pourquoi les monofilaments ?**
 - Filage par fusion
 - Propriétés de quelques échantillons de filaments en polypropylène
 - Spécificités des échantillons de monofilament
- 5 Pourquoi la satinette ?
- 6 Evaluation du coefficient d'atténuation
- 7 Conclusion
- 8 Annexes

Filage par fusion

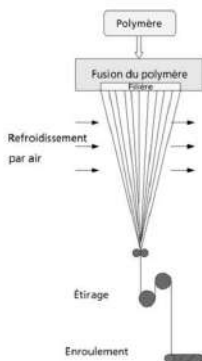


Figure – Procédée filage

Propriétés de quelques échantillons de filaments en polypropylène

échantillon	Diamètre(mm)	Denier
PPMOP4G2Z-003	11.34	41
PPMOP4G2Z-004	9.78	65
PPMOP4G2Z-005	7.31	100
PPMOP4G2Z-006	2.25	145
PPMOP4G2Z-008	0.09	257

$$D = \sqrt{d \div (7068.6 \times \rho)} \quad (1)$$

1 denier \rightarrow 1gramme par un fil de longueur 9mètres

Spécificités des échantillons de monofilament

Code	PP	Plomb	Etain	Diamètre	Chaine	Trame	Poids	épaisseur
L30	70	30	0	190	20	80	367.09	0.513
L40	60	40	0	191	20	80	388.62	0.540
L50	50	50	0	189	20	80	420.40	0.475
LT30	70	15	15	191	20	81	364.48	0.531
T30	70	0	30	190	20	81	361.38	0.509
T40	60	0	40	190	20	81	382.85	0.518
T50	50	0	50	191	20	81	417.71	0.549
R	100	0	0	190	20	80	308.23	0.525

L : plomb (lead)

T : étain (tin)

R :échantillon témoin

- 1 Introduction et problématique
- 2 Pourquoi le plomb, l'étain et le bismuth ?
- 3 Pourquoi le polypropylène ?
- 4 Pourquoi les monofilaments ?
- 5 Pourquoi la satinette ?**
 - Tissage
 - Modélisation : géométrie des tissus d'EDOUARD LUCAS
 - Armure satinette
- 6 Evaluation du coefficient d'atténuation
- 7 Conclusion
- 8 Annexes

Tissage

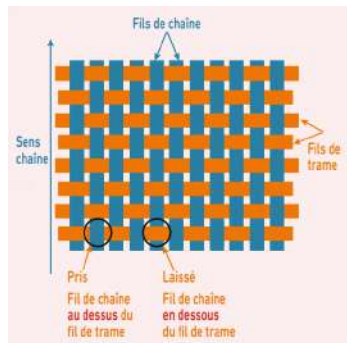


Figure – Disposition des fils de chaîne et de trame

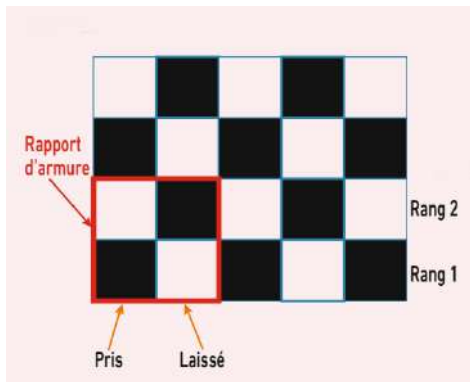


Figure – Armure

Principe

Les conditions de réalisation d'un satin régulier se trouvent satisfaits par le choix :

- $a \leq p$
- $a \wedge p = 1$

Ce qui donne :

- $x = 0, 1, 2, 3, \dots, k, \dots, p-1$;
- $y \equiv 0, a[p], 2a[p], 3a[p], \dots, ka[p], \dots, (p-1)a[p]$;

Principe

Exemples

- La toile : $(p=2, a=1)$



$(p=2, a=1)$

- le sergé : $(p>2, a \equiv 1 \pmod{p})$



$(p=3, a=1)$



$(p=3, a=2)$

Satin carré

Un satin est appelé carré lorsque l'inverse de a est confondu avec son opposé.
 Dans $\mathbb{Z}/p\mathbb{Z}$, a est solution de :

$$a^2 + 1 \equiv 0 \pmod{p} \quad (2)$$

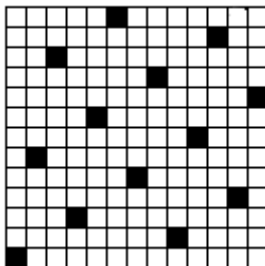


Figure – ($p=13, a=5$)

Satin symétrique

Le satin est symétrique lorsque le décochement a se confond avec son inverse modulo p . Dans $\mathbb{Z}/p\mathbb{Z}$, a solution de l'équation :

$$a^2 - 1 \equiv 0 \pmod{p} \quad (3)$$

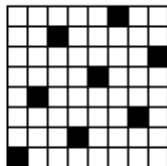


Figure – ($p=8, a=3$)

Armure satinette

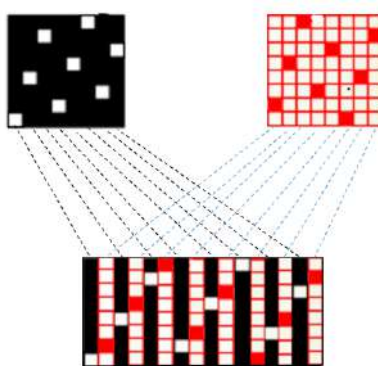


Figure – Premier modèle

Armure satinette

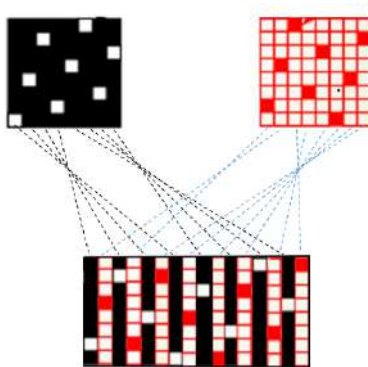


Figure – Deuxième modèle

- 1 Introduction et problématique
- 2 Pourquoi le plomb, l'étain et le bismuth ?
- 3 Pourquoi le polypropylène ?
- 4 Pourquoi les monofilaments ?
- 5 Pourquoi la satinette ?
- 6 Evaluation du coefficient d'atténuation**
 - Définition
 - Coefficients d'atténuation de quelques éléments chimiques extrait de XCOM DATABASE
 - Relation entre coefficient d'atténuation massique et linéique
 - Coefficients d'atténuation des échantillons
 - Pourcentages de l'atténuation des rayons X « XAP » en fonction de l'épaisseur

Définition

$$\frac{I}{I_0} = \exp(-\mu x) \quad (4)$$

$$\mu = -\frac{\ln\left(\frac{I}{I_0}\right)}{x} \quad (5)$$

I_0 : *intensité initiale*

I : intensité du faisceau atténué

μ : *coefficient d'atténuation linéaire* (cm^{-1})

x : épaisseur (cm)

Coefficients d'atténuation de quelques éléments chimiques extrait de XCOM DATABASE

	Pb	Sn	Bi	C	H
30 KeV	$3.44 \times 10^{+2}$	$3.01 \times 10^{+2}$	$2.94 \times 10^{+2}$	5.80×10^{-1}	3.21×10^{-5}
80 KeV	$2.74 \times 10^{+1}$	$2.22 \times 10^{+1}$	$2.16 \times 10^{+1}$	3.60×10^{-1}	2.78×10^{-5}

Relation entre coefficient d'atténuation massique et linéique

$$\mu = MAS \times \rho$$

(6)

μ : Coefficient d'atténuation linéique (cm^{-1})

MAS : Coefficient d'atténuation massique (cm^2/g)

ρ : Masse volumique (g/cm^3)

Coefficients d'atténuation des échantillons

Niveau d'énergie/ Degré d'alignement	R	L30	L40	L50	LT30	T30	T40	T50
30KeV 0°	0.21	8.80	9.89	12.87	8.40	8.35	9.32	10.67
30KeV 45°	0.21	9.07	10.38	13.85	8.23	8.44	9.96	11.30
30KeV 90°	0.21	9.55	10.79	14.35	9.10	9.48	10.17	11.61
80KeV 0°	0.08	4.46	4.55	6.04	3.42	3.11	3.61	4.84
80KeV 45°	0.08	4.78	4.83	7.22	3.98	3.96	4.07	5.51
80KeV 90°	0.08	5.30	5.45	7.67	4.48	4.31	4.75	5.76

Pourcentages de l'atténuation des rayons X « XAP » en fonction de l'épaisseur

Code	Epaisseur	0°	0°	45°	45°	90°	90°
		30KeV	80Kev	30KeV	80KeV	30KeV	80KeV
L30	0.49	97.96	83.53	98.29	85.39	98.61	88.38
L40	0.53	99.19	86.04	99.40	88.90	99.50	91.54
L50	0.44	99.40	89.35	99.61	93.20	99.68	94.36
LT30	0.52	98.04	76.50	98.00	81.21	98.59	84.73
T30	0.50	97.73	73.06	97.83	79.91	98.59	82.18
T40	0.49	98.44	77.82	98.84	80.93	99.15	85.36
T50	0.51	99.28	87.22	99.49	90.39	99.51	91.55
R	0.52	10.49	05.24	10.73	05.93	10.93	06.16

- 1 Introduction et problématique
- 2 Pourquoi le plomb, l'étain et le bismuth ?
- 3 Pourquoi le polypropylène ?
- 4 Pourquoi les monofilaments ?
- 5 Pourquoi la satinette ?
- 6 Evaluation du coefficient d'atténuation
- 7 Conclusion**
- 8 Annexes

Conclusion

- 1 Introduction et problématique
- 2 Pourquoi le plomb, l'étain et le bismuth ?
- 3 Pourquoi le polypropylène ?
- 4 Pourquoi les monofilaments ?
- 5 Pourquoi la satinette ?
- 6 Evaluation du coefficient d'atténuation
- 7 Conclusion
- 8 Annexes
 - Origine de la nomenclature du satin carré
 - Origine de la nomenclature du satin symétrique
 - Simulations

Origine de la nomenclature du satin carré

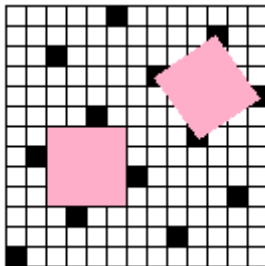


Figure – Satin carré ($p=13, a=5$)

Origine de la nomenclature du satin symétrique

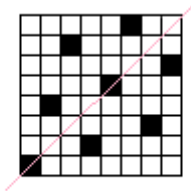


Figure – satin symétrique ($p=8, a=3$)

Dessins des armures

```
1  n=input('n:')
2  d=input('d:')
3
4
5
6  import turtle
7  def carre(x,y,taille,couleur,remplissage):
8      turtle.up()
9      turtle.goto(x,y)
10     turtle.down()
11     turtle.color(couleur)
12     if remplissage==1:
13         turtle.begin_fill()
14         for i in range(4):
15             turtle.forward(taille)
16             turtle.right(90)
17         if remplissage==1:
18             turtle.end_fill()
19
20     turtle.speed(0)
21     remplissage=1
22     for x in range(0,(int(n)-1)*10+1,10):
23         for y in range(0,((int(n)-1)*10)+1,10):
24             if y==(int(d)*x)(int(n)*10):
25                 carre(x,y,10,'black',remplissage)
26             else:
27                 carre(x,y,10,'black',1-remplissage)
28
29
30
31
32
33
```

Figure – Fonction python dessinant l'armure en vue d'arrière

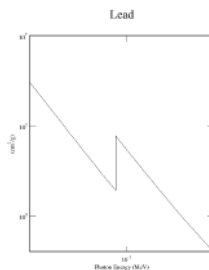
Dessins des armures

```
1 m=input('m=')
2 d=input('d=')
3
4
5
6 import turtle
7 def carre(x,y,taille,couleur,remplissage):
8     turtle.up()
9     turtle.goto(x,y)
10    turtle.down()
11    turtle.color(couleur)
12    if remplissage==1:
13        turtle.begin_fill()
14        for i in range(4):
15            turtle.forward(taille)
16            turtle.right(90)
17        if remplissage==1:
18            turtle.end_fill()
19
20    turtle.speed(0)
21    remplissage=1
22    for x in range(0,(int(m)-1)*10+1,10):
23        for y in range(0,((int(m)-1)*10)+1,10):
24            if y==(int(d)*x)%(int(m)*10):
25                carre(x,y,10,'red',1-remplissage)
26            else:
27                carre(x,y,10,'red',remplissage)
28
29
30
31
```

Figure – Fonction python dessinant l'armure en vue d'avant

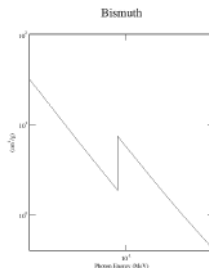
Données extraits de XCOM Database

Edge	(required) Photon Energy	Scattering		Photoelectric Absorption	Pair Production		Total Attenuation	
		Coherent	Incoherent		In Nuclear Field	In Electron Field	With Coherent Scattering	Without Coherent Scattering
		MeV	cm ² /g	cm ² /g	cm ² /g	cm ² /g	cm ² /g	cm ² /g
	3.000E-02	1.377E+00	8.228E-02	2.886E+01	0.000E+00	0.000E+00	3.032E+01	2.894E+01
	4.000E-02	9.202E-01	9.019E-02	1.335E+01	0.000E+00	0.000E+00	1.436E+01	1.344E+01
	5.000E-02	6.545E-01	9.478E-02	7.292E+00	0.000E+00	0.000E+00	8.042E+00	7.387E+00
	6.000E-02	4.900E-01	9.734E-02	4.432E+00	0.000E+00	0.000E+00	5.020E+00	4.530E+00
	8.000E-02	3.078E-01	9.923E-02	2.012E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.419E+00	2.112E+00
	8.800E-02	2.632E-01	9.928E-02	1.547E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.910E+00	1.647E+00
82 K	8.800E-02	2.632E-01	9.928E-02	7.321E+00	0.000E+00	0.000E+00	7.684E+00	7.421E+00
	1.000E-01	2.128E-01	9.894E-02	5.237E+00	0.000E+00	0.000E+00	5.549E+00	5.336E+00
	1.500E-01	1.049E-01	9.484E-02	1.815E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.015E+00	1.910E+00
	2.000E-01	6.260E-02	8.966E-02	8.464E-01	0.000E+00	0.000E+00	9.986E-01	9.360E-01
	3.000E-01	2.988E-02	8.036E-02	2.930E-01	0.000E+00	0.000E+00	4.032E-01	3.733E-01



Données extraits de XCOM Database

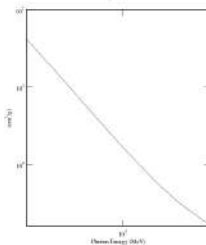
Edge	(required) Photon Energy	Scattering		Photoelectric Absorption	Pair Production		Total Attenuation	
		Coherent	Incoherent		In Nuclear Field	In Electron Field	With Coherent Scattering	Without Coherent Scattering
		MeV	cm ² /g	cm ² /g	cm ² /g	cm ² /g	cm ² /g	cm ² /g
	3.000E-02	1.406E+00	8.230E-02	3.003E+01	0.000E+00	0.000E+00	3.152E+01	3.011E+01
	4.000E-02	9.406E-01	9.025E-02	1.392E+01	0.000E+00	0.000E+00	1.495E+01	1.401E+01
	5.000E-02	6.700E-01	9.486E-02	7.613E+00	0.000E+00	0.000E+00	8.378E+00	7.708E+00
	6.000E-02	5.017E-01	9.746E-02	4.634E+00	0.000E+00	0.000E+00	5.233E+00	4.731E+00
	8.000E-02	3.153E-01	9.939E-02	2.107E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.522E+00	2.206E+00
	9.053E-02	2.572E-01	9.942E-02	1.500E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.856E+00	1.599E+00
83 K	9.053E-02	2.572E-01	9.942E-02	7.023E+00	0.000E+00	0.000E+00	7.379E+00	7.122E+00
	1.000E-01	2.179E-01	9.913E-02	5.420E+00	0.000E+00	0.000E+00	5.737E+00	5.520E+00
	1.500E-01	1.076E-01	9.507E-02	1.880E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.082E+00	1.975E+00
	2.000E-01	6.420E-02	8.991E-02	8.792E-01	0.000E+00	0.000E+00	1.033E+00	9.691E-01
	3.000E-01	3.066E-02	8.060E-02	3.052E-01	0.000E+00	0.000E+00	4.164E-01	3.858E-01



Données extraits de XCOM Database

Edge	(required) Photon Energy	Scattering		Photoelectric Absorption	Pair Production		Total Attenuation	
		Coherent	Incoherent		In Nuclear Field	In Electron Field	With Coherent Scattering	Without Coherent Scattering
	MeV	cm ² /g	cm ² /g	cm ² /g	cm ² /g	cm ² /g	cm ² /g	cm ² /g
	3.000E-02	6.914E-01	1.009E-01	4.042E+01	0.000E+00	0.000E+00	4.121E+01	4.052E+01
	4.000E-02	4.513E-01	1.077E-01	1.887E+01	0.000E+00	0.000E+00	1.943E+01	1.897E+01
	5.000E-02	3.199E-01	1.113E-01	1.027E+01	0.000E+00	0.000E+00	1.070E+01	1.038E+01
	6.000E-02	2.378E-01	1.129E-01	6.214E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.565E+00	6.327E+00
	8.000E-02	1.456E-01	1.132E-01	2.770E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.029E+00	2.883E+00
	1.000E-01	9.862E-02	1.115E-01	1.467E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.677E+00	1.578E+00
	1.500E-01	4.790E-02	1.049E-01	4.564E-01	0.000E+00	0.000E+00	6.091E-01	5.612E-01
	2.000E-01	2.827E-02	9.821E-02	1.995E-01	0.000E+00	0.000E+00	3.260E-01	2.977E-01
	3.000E-01	1.315E-02	8.720E-02	6.351E-02	0.000E+00	0.000E+00	1.639E-01	1.507E-01

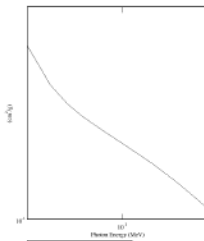
Tin









Données extraits de XCOM Database

Edge	(required) Photon Energy	Scattering		Photoelectric Absorption	Pair Production		Total Attenuation	
		Coherent	Incoherent		In Nuclear Field	In Electron Field	With Coherent Scattering	Without Coherent Scattering
	MeV	cm ² /g	cm ² /g	cm ² /g	cm ² /g	cm ² /g	cm ² /g	cm ² /g
	3.000E-02	3.365E-02	1.655E-01	5.706E-02	0.000E+00	0.000E+00	2.562E-01	2.225E-01
	4.000E-02	2.045E-02	1.653E-01	2.193E-02	0.000E+00	0.000E+00	2.076E-01	1.872E-01
	5.000E-02	1.371E-02	1.630E-01	1.042E-02	0.000E+00	0.000E+00	1.871E-01	1.734E-01
	6.000E-02	9.807E-03	1.598E-01	5.671E-03	0.000E+00	0.000E+00	1.753E-01	1.655E-01
	8.000E-02	5.711E-03	1.531E-01	2.169E-03	0.000E+00	0.000E+00	1.610E-01	1.553E-01
	1.000E-01	3.719E-03	1.466E-01	1.031E-03	0.000E+00	0.000E+00	1.514E-01	1.476E-01
	1.500E-01	1.685E-03	1.327E-01	2.706E-04	0.000E+00	0.000E+00	1.347E-01	1.330E-01
	2.000E-01	9.541E-04	1.219E-01	1.063E-04	0.000E+00	0.000E+00	1.229E-01	1.220E-01
	3.000E-01	4.264E-04	1.062E-01	2.980E-05	0.000E+00	0.000E+00	1.066E-01	1.062E-01

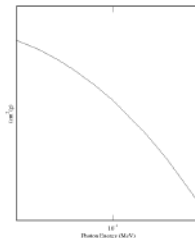
Carbon



Données extraits de XCOM Database

Edge	(required) Photon Energy	Scattering		Photoelectric Absorption	Pair Production		Total Attenuation	
								
		Coherent	Incoherent		In Nuclear Field	In Electron Field	With Coherent Scattering	Without Coherent Scattering
	MeV	cm ² /g	cm ² /g	cm ² /g	cm ² /g	cm ² /g	cm ² /g	cm ² /g
	3.000E-02	3.024E-03	3.539E-01	6.166E-05	0.000E+00	0.000E+00	3.570E-01	3.540E-01
	4.000E-02	1.712E-03	3.441E-01	2.284E-05	0.000E+00	0.000E+00	3.458E-01	3.441E-01
	5.000E-02	1.099E-03	3.344E-01	1.058E-05	0.000E+00	0.000E+00	3.355E-01	3.344E-01
	6.000E-02	7.648E-04	3.253E-01	5.649E-06	0.000E+00	0.000E+00	3.260E-01	3.253E-01
	8.000E-02	4.308E-04	3.087E-01	2.105E-06	0.000E+00	0.000E+00	3.091E-01	3.087E-01
	1.000E-01	2.760E-04	2.941E-01	9.822E-07	0.000E+00	0.000E+00	2.944E-01	2.941E-01
	1.500E-01	1.228E-04	2.650E-01	2.495E-07	0.000E+00	0.000E+00	2.651E-01	2.650E-01
	2.000E-01	6.907E-05	2.428E-01	9.625E-08	0.000E+00	0.000E+00	2.429E-01	2.428E-01
	3.000E-01	3.070E-05	2.112E-01	2.637E-08	0.000E+00	0.000E+00	2.112E-01	2.112E-01

Hydrogen



Pourcentage d'atténuation des rayons X « XAP »

$$XAP(\%) = \frac{I_0 - I}{I_0} \times 100 \quad (7)$$