
PREMIER MINISTRE

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

10.1

COEFFICIENTS D'ATTENUATION MASSIQUE
ET D'ABSORPTION MASSIQUE
EN ENERGIE
POUR LES PHOTONS DE 10 keV A 10 MeV

par

Henri JOFFRE, Lucien PAGES

Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay

Rapport CEA - R - 3655

1968

Ea

SERVICE CENTRAL DE DOCUMENTATION DU C.E.A

C.E.N. - SACLAY B.P. n°2, 91 - GIF-sur-YVETTE - France

CEA-R-3655 - JOFFRE Henri, PAGES Lucien

COEFFICIENTS D'ATTENUATION MASSIQUE
ET D'ABSORPTION MASSIQUE EN ENERGIE POUR LES
PHOTONS DE 10 keV à 10 MeV

Sommaire. - Dans ce rapport, sont donnés les éléments permettant de déterminer les valeurs des coefficients d'atténuation massique et d'absorption massique en énergie pour certains éléments et mélanges nécessaires à l'étude des matériaux équivalents aux tissus pour les photons dans le domaine d'énergie allant de 10 keV à 10 MeV.

Après un bref rappel des définitions des deux coefficients, suit, sous forme de tableaux, un recueil de ces coefficients, en fonction de l'énergie, pour les éléments simples, certains composés minéraux, composés organiques, gaz, et, particulièrement, pour les tissus mous.

1968 - Commissariat à l'Energie Atomique - France 59 p.

CEA-R-3655 - JOFFRE Henri, PAGES Lucien

MASS ATTENUATION AND MASS ENERGY ABSORPTION
COEFFICIENTS FOR 10 keV TO 10 MeV PHOTONS

Summary. - In this report are given the elements allowing the definition of the values of mass attenuation coefficients and mass energy absorption coefficients for some elements and mixtures, necessary for the study of tissue equivalent materials, for photons in the energy range 10 keV to 10 MeV.

After a short reminding of the definitions of the two coefficients, follows, in table form, a compilation of these coefficients, as a function of energy, for simple elements, for certain mineral compounds, organic compounds, gases and particularly of soft tissues.

1968 - Commissariat à l'Energie Atomique - France 59 p.

Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay
Service de Protection contre les Radiations

COEFFICIENTS D'ATTENUATION MASSIQUE
ET D'ABSORPTION MASSIQUE
EN ENERGIE POUR LES PHOTONS DE 10 keV A 10 MeV

par

Henri JOFFRE, Lucien PAGES

- Décembre 1968 -

PLAN SOMMAIRE

	Pages
1 - INTRODUCTION	1
2 - COEFFICIENT D'ATTENUATION MASSIQUE	1
2.1. Définition	1
2.2. Détermination des coefficients d'atténuation massique	2
3 - COEFFICIENT D'ABSORPTION EN ENERGIE	2
3.1. Coefficient de transfert massique	2
3.2. Coefficient d'absorption massique en énergie	3
3.3. Méthode de calcul du coefficient d'absorption massique en énergie	3
3.4. Détermination des coefficients d'absorption massique en énergie	3
4 - EVALUATION DES ERREURS	4
4.1. Erreurs sur les coefficients d'atténuation massique	4
4.2. Erreurs sur les coefficients d'absorption massique en énergie	4
TABLES	
1-1. - Masses atomiques et valeurs du rapport $\frac{N}{M}$	6
1-2 - Energies des raies K et L supérieures à 10 keV	8
1-3 - Sections efficaces totales d'atténuation pour les éléments simples	10
1-4 - Coefficients d'atténuation massique pour les éléments simples	19
1-5 - Coefficients d'atténuation massique et sections efficaces totales pour les discontinuités K	28
1-6 - Coefficients d'absorption massique en énergie pour les éléments de numéro atomique inférieur à 30	30
2-1 - Composition élémentaire de certains composés minéraux	33
2-2 - Composition élémentaire de certains composés organiques	34
2-3 - Composition élémentaire de certains gaz	35
2-4 - Coefficients d'atténuation massique pour certains composés minéraux	36
2-5 - Coefficients d'atténuation massique pour certains composés organiques	39
2-6 - Coefficients d'atténuation massique pour certains gaz	44
2-7 - Coefficients d'absorption massique en énergie pour certains composés minéraux	45

	Pages
2-8 - Coefficients d'absorption massique en énergie pour certains composés organiques	48
2-9 - Coefficients d'absorption massique en énergie pour certains gaz	53
2-10 - Composition élémentaire des tissus mous	54
2-11 - Coefficients d'atténuation massique et d'absorption massique en énergie pour les tissus mous	54
BIBLIOGRAPHIE	55

COEFFICIENTS D'ATTENUATION MASSIQUE ET D'ABSORPTION MASSIQUE EN ENERGIE POUR LES PHOTONS DE 10 keV A 10 MeV

1 - INTRODUCTION

Le présent document a pour but de rassembler les coefficients d'atténuation massique et d'absorption massique en énergie pour certains éléments et mélanges nécessaires à l'étude des matériaux équivalents aux tissus pour les photons d'énergies comprises entre 10 keV et 10 MeV.

Les coefficients tabulés par J.H. Hubbell et M.J. Berger [1] sont pris comme référence pour déterminer par interpolation et extrapolation les coefficients des éléments et mélanges ne figurant pas dans le rapport NBS 8681 [1].

2 - COEFFICIENT D'ATTENUATION MASSIQUE

2.1. Définition

Le coefficient d'atténuation massique caractérise la probabilité d'interaction d'un photon par unité de longueur dans un milieu homogène. Ce coefficient est fonction de l'énergie des photons incidents et du numéro atomique de l'élément constituant le milieu traversé.

Pour un faisceau parallèle et monoénergétique, la fraction $\frac{dI}{I}$, des photons ayant subi une interaction dans une épaisseur dx du milieu considéré, est proportionnelle au coefficient d'atténuation μ_N et à l'épaisseur de matière considérée

$$\frac{dI}{I} = -\mu_N \cdot dx$$

La fluence des photons à une profondeur x dans la matière considérée est alors donnée par la relation :

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu_N \cdot x}$$

I_0 étant la fluence des photons incidents.

De par sa définition, le coefficient d'atténuation a pour dimension l'inverse d'une longueur. Le coefficient d'atténuation linéique s'exprime en cm^{-1} , mais on utilise plus couramment le coefficient d'atténuation massique qui s'exprime en $\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ et qui est obtenu à partir des relations suivantes :

a) Pour un élément simple

$$\mu_N = \sigma \cdot \frac{6,0225 \cdot 10^{23}}{M} \quad (1)$$

σ est la section efficace totale d'interaction en cm^2 par atome.
M est la masse atomique de l'élément.

b) Dans le cas d'un mélange

$$\mu_N = \sum_i f_i (\mu_N)_i$$

f_i est la fraction massique de l'élément i dans le mélange.

2.2. Détermination des coefficients d'atténuation massique

J.H. Hubbell et M.J. Berger [1] ont déterminé les valeurs des coefficients d'atténuation massique pour certains éléments, compte tenu des résultats obtenus par de nombreux auteurs. A noter que dans ce document figure une bibliographie importante relative au calcul et à la mesure des coefficients d'atténuation.

Pour les éléments cités dans le rapport NBS 8681 [1], si l'on considère les valeurs numériques de μ_N , σ et M utilisées dans la relation (1), on constate que seule la variation de σ est une fonction monotone du numéro atomique permettant des interpolations précises. En conséquence, les coefficients d'atténuation massique, des éléments ne figurant pas dans le rapport ci-dessus, seront déterminés à partir des sections efficaces obtenues par interpolation ou extrapolation.

3 - COEFFICIENT D'ABSORPTION EN ENERGIE

3.1. Coefficient de transfert massique

La définition du coefficient de transfert massique fait intervenir le kerma.

Le kerma peut être défini comme le quotient de la somme des énergies cinétiques initiales de toutes les particules chargées ΔE_c que le rayonnement incident, indirectement ionisant, libère dans un élément de volume d'une substance donnée par la masse de matière Δm contenue dans cet élément de volume

$$K = \frac{\Delta E_c}{\Delta m}$$

Si l'on considère une fluence ϕ de photons d'énergie E, c'est-à-dire une fluence d'énergie ϕE produisant, dans le milieu considéré, un kerma K, le coefficient de transfert massique μ_T est, par définition,

$$\mu_T = \frac{K}{\phi E}$$

μ_T représente, par unité de masse, la fraction d'énergie du rayonnement incident non directement ionisant transférée au rayonnement secondaire directement ionisant produit par interaction du rayonnement incident avec la matière considérée.

3.2. Coefficient d'absorption massique en énergie

Le coefficient d'absorption massique en énergie pour les photons est par définition :

$$\mu_E = \mu_T (1 - R)$$

R est la valeur moyenne de la fraction de l'énergie cinétique initiale des particules secondaires perdue par rayonnement de freinage.

3.3. Méthode de calcul du coefficient d'absorption massique en énergie

Le coefficient d'absorption massique en énergie, exprimé en cm^2/g , peut être calculé au moyen de la relation suivante :

$$\mu_E = \left[f_\sigma \cdot \sigma_\sigma + f_c \cdot \sigma_c + f_K \cdot \sigma_K \right] \frac{N}{M}$$

σ_σ , σ_c et σ_K sont les sections efficaces, photoélectrique, compton et de production de paire, exprimées en cm^2 par atome.

Chacun des trois coefficients f_σ , f_c et f_K représente la fraction d'énergie des photons incidents cédée localement au milieu pour le mode d'interaction correspondant.

Pour le calcul des coefficients d'absorption massique en énergie, il faudra donc connaître :

- a) les sections efficaces partielles qui peuvent être calculées [2 à 7] mais qui sont données pour certains éléments par plusieurs auteurs [2-3-4-8-9].
- b) les trois coefficients f_σ , f_c et f_K ; le mode de calcul de ces coefficients est indiqué par R.T. Berger [10].

3.4. Détermination des coefficients d'absorption massique en énergie

R.T. Berger [10] a calculé les coefficients d'absorption massique en énergie pour certains éléments.

Nous ne considérerons que les éléments de numéro atomique inférieur à 30, car les éléments plus lourds ne présentent pas d'intérêt pour la réalisation des matériaux équivalents aux tissus.

Pour l'hélium, le lithium, le béryllium et le bore, nous avons calculé les coefficients d'absorption massique en énergie à partir des différentes formules données par R.T. Berger [10]. Pour ce calcul, nous avons utilisé les sections efficaces partielles de G.E. Storm, E. Gilbert, H. Israel [8]. Ces sections efficaces, pour les éléments de faible numéro atomique, diffèrent très peu de celles tabulées par C.M. Davison [2] ou J.H. Hubbell et M.J. Berger [1].

Pour les éléments ne figurant pas à la référence [10], les coefficients ont été déterminés par interpolation (extrapolation dans le cas particulier du zinc).

4 - EVALUATION DES ERREURS

4.1. Erreurs sur les coefficients d'atténuation massique

Les sources d'erreurs et l'importance de ces erreurs sont difficiles à préciser car les valeurs des coefficients d'atténuation massique, tabulées dans le rapport NBS 8681 [1], résultent d'une synthèse de valeurs théoriques et expérimentales.

Pour les coefficients déterminés dans le présent document, l'erreur commise, lors des interpolations et extrapolations, peut être estimée.

- a) si le numéro atomique est inférieur à 30, les éléments de référence sont nombreux et l'interpolation conduit à une erreur maximale inférieure à 2 %.
- b) pour les éléments de numéro atomique supérieur à 30, les discontinuités K, L, etc. apparaissent pour les énergies supérieures à 10 keV. Il s'ensuit que les interpolations et surtout les extrapolations sont peu précises et que les sections efficaces ne peuvent être déterminées qu'après avoir fait des recouvrements successifs sur les fonctions $\sigma_E = f_E(Z)$ et $\sigma_Z = f_Z(E)$. Dans ce cas, l'erreur est inférieure à 5 % pour les énergies supérieures à 100 keV mais elle devient plus importante lorsque l'énergie des photons décroît de 100 keV à 10 keV.

4.2. Erreurs sur les coefficients d'absorption massique en énergie

Pour les énergies des photons supérieures à 100 keV, R.T. Berger a choisi les valeurs des sections efficaces tabulées par G.W. Grodstein [4]. Ces valeurs diffèrent au maximum de 1 % de celles données par J.H. Hubbell et M.J. Berger [1].

Les causes d'erreurs relatives au calcul des coefficients d'absorption massique en énergie sont analysées en détail page 19 de la référence [10]. Pour les coefficients que nous avons calculés, les erreurs sur les différents termes utilisés pour le calcul sont du même ordre de grandeur que celles signalées par R.T. Berger [10] dans son document.

En ce qui concerne l'interpolation, l'erreur est inférieure à 3 %.

TABLE 1-1 - Masses atomiques et valeurs du rapport $\frac{N}{M}$

Elément	Masse atomique	$\left(\frac{N}{M}\right) \cdot 10^{-24}$	Elément	Masse atomique	$\left(\frac{N}{M}\right) \cdot 10^{-24}$
1 ^H	1,008	0,5975	35 ^{Br}	79,90	0,007537
2 ^{He}	4,003	0,1505	36 ^{Kr}	83,80	0,007187
3 ^{Li}	6,939	0,08679	37 ^{Rb}	85,47	0,007046
4 ^{Be}	9,012	0,06683	38 ^{Sr}	87,62	0,006873
5 ^B	10,81	0,05571	39 ^Y	88,91	0,006774
6 ^C	12,01	0,05014	40 ^{Zr}	91,22	0,006602
7 ^N	14,01	0,04300	41 ^{Nb}	92,91	0,006482
8 ^O	16,00	0,03764	42 ^{Mo}	95,94	0,006277
9 ^F	19,00	0,03170	43 ^{Tc}	99,00	0,006083
10 ^{Ne}	20,18	0,02984	44 ^{Ru}	101,1	0,005959
11 ^{Na}	22,99	0,02620	45 ^{Rh}	102,9	0,005853
12 ^{Mg}	24,31	0,02477	46 ^{Pd}	106,4	0,005660
13 ^{Al}	26,98	0,02232	47 ^{Ag}	107,9	0,005583
14 ^{Si}	28,09	0,02144	48 ^{Cd}	112,4	0,005358
15 ^P	30,97	0,01944	49 ^{In}	114,8	0,005245
16 ^S	32,06	0,01878	50 ^{Sn}	118,7	0,005074
17 ^{Cl}	35,45	0,01699	51 ^{Sb}	121,8	0,004947
18 ^A	39,95	0,01508	52 ^{Te}	127,6	0,004720
19 ^K	39,10	0,01540	53 ^I	126,9	0,004746
20 ^{Ca}	40,08	0,01503	54 ^{Xe}	131,3	0,004587
21 ^{Sc}	44,96	0,01340	55 ^{Cs}	132,9	0,004531
22 ^{Ti}	47,90	0,01237	56 ^{Ba}	137,3	0,004385
23 ^V	50,94	0,01182	57 ^{La}	138,9	0,004336
24 ^{Cr}	52,00	0,01158	58 ^{Ce}	140,1	0,004298
25 ^{Mn}	54,94	0,01096	59 ^{Pr}	140,9	0,004274
26 ^{Fe}	55,85	0,01078	60 Nd	144,2	0,004175
27 ^{Co}	58,93	0,01022	61 ^{Pm}	145,0	0,004153
28 ^{Ni}	58,71	0,01026	62 Sm	150,4	0,004006
29 ^{Cu}	63,55	0,009477	63 ^{Eu}	152,0	0,003963
30 ^{Zn}	65,37	0,009213	64 ^{Gd}	157,3	0,003830
31 ^{Ga}	69,72	0,008638	65 ^{Tb}	158,9	0,003790
32 ^{Ge}	72,59	0,008297	66 ^{Dy}	162,5	0,003706
33 ^{As}	74,92	0,008038	67 ^{Ho}	164,9	0,003652
34 ^{Se}	78,96	0,007627	68 ^{Er}	167,3	0,003601

Table 1-1 - suite 1

Elément	Masse atomique	$\left(\frac{M}{M}\right) \cdot 10^{-24}$
69 Tm	168,9	0,003565
70 ^{Yb}	173,0	0,003480
71 ^{Lu}	175,0	0,003442
72 ^{Hg}	178,5	0,003374
73 ^{Ta}	180,9	0,003328
74 ^W	183,9	0,003276
75 ^{Re}	186,2	0,003234
76 ^{Os}	190,2	0,003166
77 ^{Ir}	192,2	0,003133
78 ^{Pt}	195,1	0,003087
79 ^{Au}	197,0	0,003058
80 ^{Hg}	200,6	0,003002
81 ^{Tl}	204,4	0,002947
82 ^{Pb}	207,2	0,002907
83 ^{Bi}	209,0	0,002882
84 ^{Po}	210,0	0,002868
85 ^{At}	210,0	0,002868
86 ^{Rn}	222,0	0,002713

Elément	Masse atomique	$\left(\frac{M}{M}\right) \cdot 10^{-24}$
87 ^{Fr}	223,0	0,002701
88 ^{Ra}	226,0	0,002665
89 ^{Ac}	227,0	0,002653
90 Th	232,0	0,002595
91 ^{Pa}	231,1	0,002607
92 ^U	238,0	0,002530
93 ^{Np}	237,0	0,002541
94 ^{Pu}	242,0	0,002489
95 ^{Am}	243,0	0,002478
96 ^{Cm}	247,0	0,002438
97 ^{Bk}	249,0	0,002419
98 ^{Cf}	251,0	0,002399
99 ^{Es}	254,0	0,002371
100 ^{Fm}	253,0	0,002380
101 ^{Md}	256,0	0,002353
102 ^{No}	254,0	0,002371
103 ^{Mw}	257,0	0,002343

TABLE 1-2 - Energies des raies K et L supérieures à 10 keV [3]

Eléments	K	Eléments	K
	keV		keV
31 Ga	10,37	50 Sn	29,20
32 Ge	11,10	51 Sb	30,49
33 As	11,86	52 Te	31,82
34 Se	12,65	53 I	33,17
35 Br	13,48	54 Xe	34,59
36 Kr	14,32	55 Cs	35,98
37 Rb	15,20	56 Ba	37,44
38 Sr	16,11	57 La	38,93
39 Y	17,04	58 Ce	40,45
40 Zr	18,00	59 Pr	42,00
41 Nb	18,99	60 Nd	43,57
42 Mo	20,00	61 Pm	45,19
43 Tc	21,05	62 Sm	46,84
44 Ru	22,12	63 Eu	48,52
45 Rh	23,22	64 Gd	50,22
46 Pd	24,35	65 Tb	51,99
47 Ag	25,52	66 Dy	53,78
48 Cd	26,71	67 Ho	55,60
49 In	27,94	68 Er	57,47

Table 1-2 - suite

Eléments	K	L _I	L _{II}	L _{III}
	keV	keV	keV	keV
69 Tm	59,38	10,12		
70 ^{Yb}	61,31	10,49		
71 ^{Lu}	63,31	10,87	10,35	
72 ^{Hf}	65,32	11,27	10,74	
73 ^{Ta}	67,41	11,68	11,13	
74 ^W	69,52	12,09	11,54	10,20
75 ^{Re}	71,67	12,52	11,96	10,53
76 ^{Os}	73,87	12,97	12,39	10,87
77 ^{Ir}	76,11	13,42	12,82	11,21
78 ^{Pt}	78,39	13,88	13,27	11,56
79 ^{Au}	80,73	14,36	13,74	11,92
80 ^{Hg}	83,12	14,84	14,21	12,29
81 ^{Tl}	85,53	15,35	14,70	12,66
82 ^{Pb}	88,02	15,87	15,21	13,05
83 ^{Bi}	90,54	16,40	15,72	13,43
84 ^{Po}	93,11	16,94	16,24	13,82
85 ^{At}	95,74	17,49	16,79	14,22
86 ^{Em}	98,41	18,06	17,34	14,62
87 ^{Fr}	101,1	18,64	17,90	15,03
88 ^{Ra}	103,9	19,24	18,48	15,45
89 ^{Ac}	106,8	19,85	19,08	15,87
90 Th	109,6	20,46	19,69	16,30
91 ^{Pa}	112,6	21,11	20,31	16,37
92 ^U	115,6	21,76	20,95	17,17
93 ^{Np}	118,7	22,41	21,59	17,61
94 ^{Pu}	121,8	23,10	22,25	18,06
95 ^{Am}	124,9	23,80	22,94	18,52
96 ^{Cm}	128,2	24,50	23,63	18,99
97 ^{Bk}	131,5	25,23	24,34	19,47
98 ^{Cf}	134,8	25,98	25,07	19,95
99 ^{Es}	138,2	26,74	25,82	20,44
100 ^{Fm}	141,7	27,51	26,57	20,93

Energie MeV	1^{H}	2^{He}	3^{Li}	4^{Be}	5^{B}	6^{C}	7^{N}	8^{O}	9^{F}	10^{Ne}
0,010	0,644	1,43	3,27	7,78	19,5	41,1	81,4	147	245	389
0,015	0,631	1,29	2,26	3,86	7,40	13,5	24,9	43,3	70,5	110
0,020	0,619	1,24	1,98	2,98	4,70	7,54	12,4	19,9	30,8	46,8
0,030	0,598	1,20	1,83	2,51	3,40	4,59	6,30	8,82	12,5	17,3
0,040	0,577	1,16	1,75	2,36	3,03	3,85	4,84	6,11	7,80	9,92
0,050	0,562	1,12	1,69	2,26	2,86	3,55	4,30	5,18	6,29	7,65
0,060	0,546	1,09	1,64	2,18	2,75	3,37	4,02	4,76	5,64	6,66
0,080	0,517	1,04	1,55	2,07	2,59	3,13	3,70	4,30	4,99	5,68
0,100	0,494	0,986	1,48	1,97	2,47	2,97	3,49	4,01	4,58	5,17
0,150	0,444	0,888	1,33	1,78	2,22	2,67	3,12	3,56	4,05	4,46
0,200	0,407	0,814	1,22	1,63	2,04	2,43	2,86	3,27	3,68	4,10
0,500	0,290	0,578	0,867	1,16	1,45	1,74	2,02	2,31	2,61	2,90
1,000	0,211	0,422	0,633	0,844	1,06	1,27	1,48	1,69	1,90	2,11
2,000	0,147	0,300	0,440	0,590	0,737	0,886	1,03	1,18	1,33	1,48
5,000	0,0845	0,173	0,262	0,352	0,445	0,541	0,637	0,739	0,835	0,938
10,000	0,0544	0,113	0,177	0,244	0,315	0,391	0,470	0,553	0,644	0,734

TABLE 1-3 - Sections efficaces totales d'atténuation pour les éléments simples
exprimées en barn/atome

Energie MeV	¹¹ Na	¹² Mg	¹³ Al	¹⁴ Si	¹⁵ Ph	¹⁶ S	¹⁷ Cl	¹⁸ A	¹⁹ K	²⁰ Ca
0,010	580	832	1 156	1 570	2 070	2 660	3 360	4 240	5 220	6 340
0,015	171	247	344	471	620	815	1 040	1 300	1 630	1 990
0,020	72,5	104	144	197	267	352	448	554	688	838
0,030	24,4	33,6	46,2	62,0	82,0	107	136	172	214	262
0,040	13,1	17,0	22,0	28,5	36,0	46,5	58,8	72,3	90,9	112
0,050	9,35	11,6	14,3	17,8	22,2	27,3	33,3	40,6	49,6	60,6
0,060	7,82	9,25	11,0	13,3	15,6	18,8	22,6	27,3	32,7	39,0
0,080	6,41	7,27	8,29	9,47	10,9	12,6	14,5	16,4	18,8	21,8
0,100	5,76	6,42	7,17	8,02	8,95	10,0	11,2	12,5	13,9	15,7
0,150	4,96	5,45	6,00	6,53	7,08	7,66	8,29	9,02	9,74	10,6
0,200	4,50	4,93	5,38	5,83	6,26	6,74	7,23	7,76	8,25	8,85
0,500	3,18	3,48	3,77	4,06	4,36	4,65	4,94	5,24	5,53	5,83
1,000	2,32	2,53	2,75	2,96	3,17	3,38	3,59	3,81	4,02	4,23
2,000	1,63	1,78	1,94	2,09	2,24	2,39	2,54	2,70	2,85	3,01
5,000	1,05	1,16	1,27	1,39	1,50	1,62	1,74	1,86	1,99	2,12
10,000	0,828	0,930	1,04	1,14	1,25	1,37	1,49	1,62	1,75	1,88

Table 1-3 - suite 1

Energie MeV	^{21}Sc	^{22}Ti	^{23}V	^{24}Cr	^{25}Mn	^{26}Fe	^{27}Co	^{28}Ni	^{29}Cu	^{30}Zn
0,010	7 760	9 210	10 800	12 600	14 500	16 600	18 800	21 200	23 600	26 100
0,015	2 390	2 830	3 340	3 930	4 610	5 350	6 170	7 050	8 020	9 010
0,020	1 010	1 230	1 480	1 730	2 010	2 320	2 670	3 060	3 480	3 980
0,030	320	390	460	545	640	733	840	962	1 120	1 270
0,040	136	163	196	234	275	321	380	432	482	560
0,050	74,5	90,0	107	123	142	167	194	225	259	296
0,060	46,8	56,0	65,8	77,0	89,2	103	120	137	157	181
0,080	25,1	28,9	33,0	38,1	43,9	51,4	58,0	66,0	76,0	86,0
0,100	17,6	19,8	22,3	25,1	28,2	32,2	35,7	40,0	45,0	50,2
0,150	11,4	12,3	13,3	14,4	15,7	17,2	18,7	20,3	22,0	23,9
0,200	9,40	10,0	10,7	11,4	12,1	12,9	13,7	14,6	15,6	16,7
0,500	6,13	6,43	6,75	7,06	7,38	7,70	8,02	8,35	8,67	9,01
1,000	4,44	4,65	4,86	5,08	5,30	5,53	5,75	5,95	6,18	6,40
2,000	3,16	3,31	3,46	3,62	3,78	3,94	4,10	4,26	4,43	4,59
5,000	2,24	2,36	2,50	2,63	2,77	2,93	3,06	3,20	3,37	3,50
10,000	2,01	2,15	2,30	2,45	2,60	2,76	2,91	3,07	3,26	3,42

Table 1-3 - suite 2

Energie MeV	³¹ Ga	³² Ge	³³ As	³⁴ Se	³⁵ Br	³⁶ Kr	³⁷ Rb	³⁸ Sr	³⁹ Y	⁴⁰ Zr
0,010	3 840	4 360	4 900	5 430	6 260	7 000	7 870	8 710	9 780	10 900
0,015	10 200	11 400	12 700	14 000	15 400	16 900	2 500	2 850	3 150	3 500
0,020	4 540	5 120	5 710	6 360	7 040	7 850	8 650	9 520	10 200	11 300
0,030	1 430	1 620	1 820	2 040	2 280	2 540	2 810	3 100	3 450	3 800
0,040	640	725	810	905	1 010	1 130	1 260	1 410	1 570	1 740
0,050	335	385	433	485	549	610	685	765	850	935
0,060	207	233	263	295	329	364	405	460	517	570
0,080	98,5	111	124	138	153	170	189	209	231	257
0,100	56,2	63,2	70,5	78,4	87,2	97,3	108	119	131	143
0,150	25,8	28,0	30,5	33,3	36,4	39,6	43,2	46,9	50,7	54,7
0,200	18,0	19,2	20,5	21,9	23,3	24,6	26,2	27,8	29,8	31,7
0,500	9,36	9,73	10,1	10,5	10,9	11,3	11,7	12,1	12,5	12,9
1,000	6,62	6,84	7,05	7,28	7,52	7,75	7,98	8,21	8,45	8,70
2,000	4,75	4,91	5,07	5,23	5,40	5,56	5,74	5,91	6,08	6,25
5,000	3,65	3,81	3,97	4,13	4,30	4,46	4,63	4,80	4,97	5,14
10,000	3,59	3,76	3,95	4,14	4,33	4,53	4,73	4,94	4,14	5,36

Table 1-3 - suite 3

Energie MeV	⁴¹ Nb	⁴² Mo	⁴³ Tc	⁴⁴ Ru	⁴⁵ Rh	⁴⁶ Pd	⁴⁷ Ag	⁴⁸ Cd	⁴⁹ In	⁵⁰ Sn
0,010	12 100	13 400	14 800	16 300	17 900	19 700	21 600	23 800	26 000	28 600
0,015	3 950	4 400	4 820	5 320	5 860	6 420	7 010	7 680	8 360	9 090
0,020	12 200	1 900	2 100	2 350	2 600	2 790	3 070	3 380	3 710	4 080
0,030	4 200	4 600	4 980	5 400	5 850	6 300	6 750	7 180	7 700	8 260
0,040	1 920	2 100	2 300	2 510	2 720	2 940	3 150	3 300	3 600	3 840
0,050	1 030	1 130	1 230	1 330	1 430	1 540	1 660	1 790	1 830	2 070
0,060	626	683	750	815	885	950	1 030	1 100	1 190	1 280
0,080	281	309	332	360	388	422	458	497	539	581
0,100	156	170	184	199	216	234	254	275	296	321
0,150	58,8	64,2	68,8	74,6	80,5	86,5	92,6	101	109	117
0,200	33,9	36,6	39,1	41,8	44,6	47,5	51,0	54,5	58,1	61,9
0,500	13,3	13,7	14,2	14,7	15,2	15,7	16,2	16,8	17,3	17,9
1,000	8,94	9,18	9,43	9,70	9,95	10,3	10,5	10,7	11,0	11,3
2,000	6,42	6,60	6,76	6,94	7,11	7,28	7,46	7,64	7,82	8,02
5,000	5,31	5,49	5,67	5,86	6,05	6,24	6,43	6,62	6,82	7,04
10,000	5,57	5,77	6,01	6,23	6,46	6,68	6,92	7,15	7,38	7,63

Table 1-3 - suite 4

Energie MeV	⁵¹ Sb	⁵² Te	⁵³ I	⁵⁴ Xe	⁵⁵ Cs	⁵⁶ Ba	⁵⁷ La	⁵⁸ Ce	⁵⁹ Pr	⁶⁰ Nd
0,010	31 200	34 300	37 700	41 400	45 500	49 700	54 000	58 000	62 000	66 000
0,015	10 100	10 900	11 900	13 100	14 200	15 200	16 400	17 500	18 700	20 200
0,020	4 450	4 900	5 420	5 900	6 400	6 950	7 500	8 000	8 600	9 200
0,030	1 430	1 580	1 790	1 930	2 060	2 200	2 370	2 500	2 700	2 870
0,040	4 110	4 400	4 700	4 980	5 280	5 590	5 900	1 150	1 210	1 260
0,050	2 250	2 400	2 590	2 760	2 930	3 120	3 300	3 550	3 750	3 970
0,060	1 370	1 470	1 590	1 700	1 820	1 930	2 050	2 170	2 300	2 430
0,080	630	680	731	795	850	910	970	1 030	1 090	1 150
0,100	350	375	400	430	467	500	540	570	608	640
0,150	126	135	144	154	164	174	184	195	207	219
0,200	66,0	70,0	75,0	79,5	84,0	89,0	94,0	100	106	112
0,500	18,5	19,1	19,8	20,3	21,1	21,8	22,5	23,2	24,0	24,7
1,000	11,5	11,8	12,1	12,4	12,7	13,0	13,3	13,6	13,9	14,3
2,000	8,21	8,40	8,60	8,78	8,95	9,18	9,38	9,57	9,78	9,95
5,000	7,22	7,42	7,63	7,85	8,07	8,28	8,50	8,70	8,91	9,13
10,000	7,86	8,10	8,37	8,60	8,85	9,11	9,38	9,63	9,90	10,2

Table 1-3 - suite 5

Energie MeV	^{61}Pm	^{62}Sm	^{63}Eu	^{64}Gd	^{65}Tb	^{66}Dy	^{67}Ho	^{68}Er	^{69}Tm	^{70}Yb
0,010	70 000	74 000	78 500	83 500	86 500	90 000	94 000	98 000	(")	(")
0,015	21 500	23 000	25 000	26 000	27 500	30 000	31 000	32 000	33 000	34 600
0,020	9 800	10 400	11 000	11 700	12 400	13 100	13 900	14 700	15 500	16 300
0,030	3 080	3 300	3 500	3 700	4 000	4 250	4 500	4 750	5 100	5 400
0,040	1 370	1 460	1 580	1 690	1 800	1 920	2 030	2 150	2 280	2 410
0,050	4 170	4 360	4 600	930	980	1 050	1 120	1 190	1 260	1 350
0,060	2 570	2 700	2 850	3 000	3 170	3 300	3 500	3 670	3 850	820
0,080	1 210	1 290	1 360	1 440	1 510	1 590	1 660	1 750	1 840	1 940
0,100	670	710	750	790	830	870	920	965	1 010	1 080
0,150	232	244	258	272	287	303	319	336	353	372
0,200	118	124	132	139	145	153	162	171	179	189
0,500	25,6	26,4	27,2	28,0	28,9	29,8	30,8	32,0	33,0	34,1
1,000	14,6	14,9	15,2	15,6	15,9	16,3	16,6	17,0	17,4	17,8
2,000	10,2	10,4	10,6	10,8	11,0	11,3	11,5	11,7	12,0	12,2
5,000	9,37	9,60	9,81	10,0	10,3	10,5	10,8	11,0	11,2	11,5
10,000	10,5	10,7	11,0	11,3	11,6	11,9	12,2	12,5	12,8	13,1

(") énergies comprises entre E_{L_1} et E_{L_3}

Table 1-3 - suite 6

Energie MeV	^{71}Lu	^{72}Hg	^{73}Ta	^{74}W	^{75}Re	^{76}Os	^{77}Ir	^{78}Pr	^{79}Au	^{80}Hg
0,010	(")	(")	(")	27 300	29 100	31 200	33 500	35 900	39 800	41 200
0,015	36 400	38 200	40 000	42 100	44 000	46 000	48 200	50 200	52 300	54 400
0,020	17 100	18 000	18 900	19 900	20 800	21 900	23 000	23 800	25 600	27 200
0,030	5 700	6 000	6 350	6 720	7 000	7 400	7 700	8 130	8 500	9 000
0,040	2 550	2 700	2 870	3 050	3 240	3 410	3 620	3 820	4 060	4 320
0,050	1 420	1 520	1 600	1 700	1 780	1 880	1 980	2 090	2 220	2 380
0,060	855	900	950	1 030	1 080	1 130	1 200	1 260	1 330	1 420
0,080	2 050	2 130	2 240	2 378	2 490	2 610	2 750	2 880	630	663
0,100	1 140	1 200	1 260	1 331	1 390	1 460	1 520	1 600	1 670	1 745
0,150	392	413	434	455	479	504	530	557	583	610
0,200	199	208	217	227	236	246	257	269	282	297
0,500	35,3	36,4	37,7	39,1	40,5	42,0	43,7	45,4	47,0	48,8
1,000	18,2	18,6	19,0	19,5	19,9	20,4	21,0	21,5	22,0	22,6
2,000	12,5	12,7	13,0	13,3	13,5	13,8	14,1	14,4	14,7	14,9
5,000	11,7	11,9	12,2	12,5	12,7	13,0	13,2	13,5	13,8	14,0
10,000	13,4	13,7	14,0	14,3	14,6	14,9	15,2	15,5	15,8	16,2

(") énergies comprises entre E_{L_1} et E_{L_3}

Table 1.3 - suite 7

Energie MeV	^{81}Tl	^{82}Pb	^{83}Bi	^{84}Po	^{85}At	^{86}Rn		^{92}U
0,010	44 000	47 100	50 600	54 500	58 800	63 400		94 500
0,015	(^m)	39 200(^m)	(^m)	(^m)	(^m)	(^m)		33 900
0,020	29 000	31 000	33 000	35 300	37 700	40 000		35 100(^m)
0,030	9 700	10 500	11 300	12 200	13 200	14 100		20 400
0,040	4 610	4 930	5 200	5 700	6 140	6 680		9 960
0,050	2 540	2 740	2 800	3 000	3 200	3 300		5 730
0,060	1 510	1 620	1 710	1 750	1 930	2 000		3 600
0,080	696	729	762	795	828	860		1 750
0,100	1 820	1 910	1 970	2 090	2 180	2 280		992
0,150	636	664	695	727	761	794		1 010
0,200	312	327	342	357	372	388		478
0,500	50,7	52,6	54,4	56,4	58,5	60,4		73,1
1,000	23,1	23,7	24,3	24,9	25,5	26,2		30,0
2,000	15,2	15,5	15,8	16,1	16,4	16,7		18,8
5,000	14,3	14,6	14,9	15,2	15,5	15,7		17,5
10,000	16,6	16,9	17,2	17,6	17,9	18,2		20,2

(^m) énergie comprise entre E_{L_1} et E_{L_3}

Table 1-3 - suite 8

Energie MeV	${}^1\text{H}$	${}^2\text{He}$	${}^3\text{Li}$	${}^4\text{Be}$	${}^5\text{B}$	${}^6\text{C}$	${}^7\text{N}$	${}^8\text{O}$	${}^9\text{F}$	${}^{10}\text{Ne}$
0,010	0,385	0,215	0,284	0,520	1,09	2,06	3,50	5,54	7,77	11,60
0,015	0,377	0,194	0,196	0,258	0,412	0,678	1,07	1,63	2,33	3,34
0,020	0,370	0,187	0,172	0,199	0,262	0,378	0,531	0,747	0,976	1,40
0,030	0,357	0,180	0,159	0,168	0,189	0,230	0,271	0,332	0,396	0,516
0,040	0,345	0,174	0,152	0,158	0,169	0,193	0,208	0,230	0,247	0,296
0,050	0,336	0,169	0,147	0,151	0,159	0,178	0,185	0,195	0,199	0,228
0,060	0,326	0,164	0,142	0,146	0,153	0,169	0,173	0,179	0,179	0,199
0,080	0,309	0,156	0,135	0,138	0,144	0,157	0,159	0,162	0,158	0,169
0,100	0,295	0,148	0,128	0,132	0,137	0,149	0,150	0,151	0,145	0,154
0,150	0,265	0,134	0,116	0,119	0,124	0,134	0,134	0,134	0,128	0,133
0,200	0,243	0,123	0,106	0,109	0,113	0,122	0,123	0,123	0,117	0,122
0,500	0,173	0,0870	0,0752	0,0773	0,0805	0,0870	0,0869	0,0870	0,0826	0,0864
1,000	0,126	0,0635	0,0549	0,0565	0,0588	0,0636	0,0636	0,0636	0,0601	0,0628
2,000	0,0876	0,0452	0,0382	0,0394	0,0411	0,0444	0,0444	0,0445	0,0422	0,0442
5,000	0,0505	0,0260	0,0227	0,0235	0,0248	0,0271	0,0274	0,0278	0,0265	0,0280
10,000	0,0325	0,0170	0,0154	0,0163	0,0175	0,0196	0,0202	0,0208	0,0204	0,0219

TABLE 1-4 - Coefficients d'atténuation massique pour les éléments simples
exprimés en cm^2/g

Energie MeV	¹¹ Na	¹² Mg	¹³ Al	¹⁴ Si	¹⁵ P	¹⁶ S	¹⁷ Cl	¹⁸ A	¹⁹ K	²⁰ Ca
0,010	15,2	20,6	25,8	33,6	40,2	50,0	57,1	64,0	80,4	95,3
0,015	4,48	6,11	7,67	10,1	12,1	15,3	17,7	19,6	25,1	29,9
0,020	1,90	2,57	3,22	4,22	5,19	6,61	7,61	8,36	10,6	12,6
0,030	0,638	0,833	1,03	1,33	1,59	2,01	2,31	2,59	3,29	3,94
0,040	0,342	0,422	0,492	0,610	0,700	0,873	0,998	1,09	1,40	1,69
0,050	0,245	0,288	0,319	0,381	0,432	0,513	0,566	0,612	0,764	0,911
0,060	0,205	0,229	0,246	0,284	0,303	0,353	0,384	0,412	0,503	0,586
0,080	0,168	0,180	0,185	0,203	0,212	0,237	0,246	0,247	0,290	0,327
0,100	0,151	0,159	0,160	0,172	0,174	0,188	0,190	0,188	0,214	0,236
0,150	0,130	0,135	0,134	0,140	0,138	0,144	0,141	0,136	0,150	0,159
0,200	0,118	0,122	0,120	0,125	0,122	0,127	0,123	0,117	0,127	0,133
0,500	0,0833	0,0861	0,0841	0,0871	0,0848	0,0873	0,0839	0,0790	0,0852	0,0876
1,000	0,0608	0,0627	0,0614	0,0635	0,0616	0,0635	0,0610	0,0574	0,0619	0,0636
2,000	0,0427	0,0442	0,0432	0,0447	0,0435	0,0449	0,0432	0,0407	0,0439	0,0452
5,000	0,0276	0,0288	0,0284	0,0297	0,0292	0,0304	0,0296	0,0381	0,0306	0,0318
10,000	0,0217	0,0231	0,0231	0,0245	0,0243	0,0256	0,0253	0,0244	0,0270	0,0283

Table 1-4 - suite 1

Energie MeV	^{21}Sc	^{22}Ti	^{23}V	^{24}Cr	^{25}Mn	^{26}Fe	^{27}Co	^{28}Ni	^{29}Cu	^{30}Zn
0,010	104	116	128	146	159	179	192	218	224	240
0,015	32,0	35,6	39,5	45,5	50,5	57,7	63,1	72,3	76,0	83,0
0,020	13,5	15,5	17,5	20,0	22,0	25,0	27,3	31,4	33,0	36,7
0,030	4,29	4,90	5,44	6,37	7,01	7,91	8,58	9,87	10,6	11,7
0,040	1,82	2,05	2,32	2,71	3,01	3,46	3,88	4,43	4,57	5,16
0,050	0,998	1,13	1,26	1,42	1,56	1,80	1,98	2,31	2,46	2,73
0,060	0,627	0,704	0,778	0,892	0,978	1,11	1,23	1,41	1,49	1,67
0,080	0,336	0,363	0,390	0,441	0,481	0,554	0,593	0,677	0,720	0,792
0,100	0,236	0,249	0,264	0,291	0,309	0,347	0,365	0,410	0,427	0,462
0,150	0,153	0,155	0,157	0,166	0,172	0,185	0,191	0,208	0,208	0,220
0,200	0,126	0,126	0,126	0,132	0,133	0,139	0,140	0,150	0,148	0,154
0,500	0,0821	0,0808	0,0798	0,0818	0,0809	0,0830	0,0820	0,0857	0,0822	0,0830
1,000	0,0595	0,0585	0,0574	0,0588	0,0581	0,0596	0,0588	0,0610	0,0586	0,0590
2,000	0,0423	0,0416	0,0409	0,0419	0,0414	0,0425	0,0419	0,0437	0,0420	0,0423
5,000	0,0300	0,0297	0,0296	0,0305	0,0304	0,0316	0,0313	0,0328	0,0319	0,0322
10,000	0,0269	0,0270	0,0272	0,0284	0,0285	0,0298	0,0297	0,0315	0,0309	0,0315

Table 1-4 - suite 2

Energie MeV	³¹ Ga	³² Ge	³³ As	³⁴ Se	³⁵ Br	³⁶ Kr	³⁷ Rb	³⁸ Sr	³⁹ Y	⁴⁰ Zr
0,010	33,2	36,2	39,4	41,4	47,2	50,3	55,5	59,9	66,2	72,2
0,015	87,7	94,3	102	107	116	122	17,6	19,6	21,3	23,1
0,020	39,2	42,5	45,9	48,5	53,1	56,3	60,9	65,4	69,1	74,6
0,030	12,4	13,4	14,6	15,6	17,2	18,3	19,8	21,3	23,4	25,1
0,040	5,53	6,02	6,51	6,90	7,61	8,12	8,88	9,69	10,6	11,5
0,050	2,89	3,19	3,48	3,70	4,14	4,38	4,83	5,26	5,76	6,17
0,060	1,79	1,93	2,11	2,25	2,48	2,62	2,85	3,16	3,50	3,76
0,080	0,851	0,921	0,997	1,05	1,15	1,22	1,33	1,44	1,56	1,70
0,100	0,485	0,524	0,567	0,598	0,657	0,699	0,761	0,818	0,887	0,944
0,150	0,223	0,232	0,245	0,254	0,274	0,285	0,304	0,322	0,343	0,361
0,200	0,155	0,159	0,165	0,167	0,176	0,177	0,185	0,191	0,202	0,209
0,500	0,0809	0,0807	0,0812	0,0801	0,0822	0,0812	0,0824	0,0832	0,0847	0,0852
1,000	0,0572	0,0568	0,0567	0,0555	0,0567	0,0557	0,0562	0,0564	0,0572	0,0574
2,000	0,0410	0,0407	0,0408	0,0399	0,0407	0,0400	0,0404	0,0406	0,0412	0,0413
5,000	0,0315	0,0316	0,0319	0,0315	0,0324	0,0321	0,0326	0,0330	0,0337	0,0339
10,000	0,0310	0,0312	0,0318	0,0316	0,0326	0,0326	0,0333	0,0340	0,0348	0,0354

Table 1-4 - suite 3

Energie MeV	⁴¹ Nb	⁴² Mo	⁴³ Tc	⁴⁴ Ru	⁴⁵ Rh	⁴⁶ Pd	⁴⁷ Ag	⁴⁸ Cd	⁴⁹ In	⁵⁰ Sn
0,010	78,8	84,3	90,0	97,1	105	112	121	128	136	145
0,015	25,6	27,6	29,3	31,7	34,3	36,3	39,1	41,1	43,8	46,1
0,020	79,3	11,9	12,5	13,6	14,8	15,8	17,1	18,1	19,5	20,7
0,030	27,2	28,9	30,3	32,2	34,2	35,7	37,7	38,5	40,4	41,9
0,040	12,4	13,2	14,0	15,0	15,9	16,6	17,6	18,1	18,9	19,5
0,050	6,68	7,12	7,48	7,93	8,37	8,72	9,27	9,59	9,60	10,5
0,060	4,06	4,29	4,56	4,86	5,18	5,38	5,75	5,89	6,24	6,48
0,080	1,82	1,94	2,02	2,15	2,27	2,39	2,56	2,66	2,83	2,95
0,100	1,01	1,07	1,12	1,19	1,26	1,32	1,42	1,47	1,55	1,63
0,150	0,381	0,403	0,419	0,445	0,471	0,490	0,517	0,541	0,572	0,595
0,200	0,220	0,230	0,238	0,249	0,261	0,269	0,285	0,292	0,305	0,314
0,500	0,0862	0,0859	0,0864	0,0873	0,0888	0,0889	0,0904	0,0897	0,0907	0,0907
1,000	0,0579	0,0576	0,0574	0,0578	0,0582	0,0583	0,0586	0,0574	0,0577	0,0572
2,000	0,0416	0,0414	0,0411	0,0414	0,0416	0,0412	0,0416	0,0409	0,0410	0,0407
5,000	0,0344	0,0346	0,0345	0,0349	0,0354	0,0353	0,0359	0,0355	0,0358	0,0357
10,000	0,0361	0,0362	0,0366	0,0371	0,0378	0,0378	0,0386	0,0383	0,0387	0,0387

Table 1-4 - suite 4

Energie MeV	⁵¹ Sb	⁵² Te	⁵³ I	⁵⁴ Xe	⁵⁵ Cs	⁵⁶ Ba	⁵⁷ La	⁵⁸ Ce	⁵⁹ Pr	⁶⁰ Nd
0,010	154	162	179	190	206	218	234	249	265	276
0,015	50,0	51,4	56,6	60,1	64,3	66,7	71,1	75,2	79,9	82,7
0,020	22,0	23,1	25,7	27,1	29,0	30,5	32,5	34,4	36,8	38,4
0,030	7,07	7,46	8,50	8,85	9,33	9,65	10,3	10,7	11,5	12,0
0,040	20,3	20,8	22,3	22,8	23,9	24,5	25,6	4,73	5,17	5,26
0,050	11,1	11,3	12,3	12,7	13,3	13,7	14,3	15,3	16,0	16,6
0,060	6,78	6,94	7,54	7,80	8,25	8,46	8,89	9,33	9,83	10,1
0,080	3,12	3,21	3,47	3,65	3,85	3,99	4,21	4,43	4,66	4,80
0,100	1,73	1,77	1,90	1,97	2,12	2,19	2,34	2,45	2,60	2,67
0,150	0,623	0,637	0,685	0,706	0,743	0,763	0,798	0,838	0,885	0,914
0,200	0,327	0,330	0,356	0,365	0,381	0,390	0,408	0,430	0,453	0,468
0,500	0,0915	0,0902	0,0938	0,0931	0,0956	0,0956	0,0976	0,0997	0,103	0,103
1,000	0,0570	0,0557	0,0574	0,0569	0,0575	0,0570	0,0577	0,0585	0,0595	0,0595
2,000	0,0406	0,0396	0,0408	0,0403	0,0406	0,0403	0,0407	0,0411	0,0418	0,0415
5,000	0,0357	0,0350	0,0362	0,0360	0,0366	0,0363	0,0369	0,0374	0,0381	0,0381
10,000	0,0389	0,0382	0,0397	0,0394	0,0401	0,0399	0,0407	0,0414	0,0423	0,0426

Table 1-4 - suite 5

Energie MeV	61^{Pm}	62^{Sm}	63^{Eu}	64^{Gd}	65^{Tb}	66^{Dy}	67^{Ho}	68^{Er}	69^{Tm}	70^{Yb}
0,010	287	296	311	320	328	334	343	353	(ⁿ)	(ⁿ)
0,015	86,0	88,9	93,1	95,4	99,7	103	107	112	117	120
0,020	40,2	41,7	43,6	44,8	47,0	48,5	50,8	52,9	55,3	56,7
0,030	12,6	13,2	13,9	14,2	15,2	15,8	16,4	17,1	18,2	18,8
0,040	5,61	5,85	6,26	6,47	6,82	7,12	7,41	7,74	8,13	8,39
0,050	17,1	17,5	18,2	3,45	3,71	3,89	4,09	4,29	4,49	4,70
0,060	10,5	10,8	11,3	11,5	12,0	12,2	12,8	13,2	13,7	2,85
0,080	4,96	5,17	5,39	5,52	5,72	5,89	6,06	6,30	6,56	6,75
0,100	2,74	2,84	2,97	3,03	3,15	3,22	3,36	3,47	3,60	3,76
0,150	0,951	0,977	1,02	1,04	1,09	1,12	1,16	1,21	1,26	1,29
0,200	0,483	0,497	0,523	0,532	0,550	0,567	0,592	0,616	0,638	0,658
0,500	0,105	0,106	0,108	0,107	0,110	0,110	0,112	0,115	0,118	0,119
1,000	0,0597	0,0597	0,0602	0,0596	0,0603	0,0602	0,0606	0,0612	0,0619	0,0618
2,000	0,0417	0,0417	0,0420	0,0414	0,0418	0,0418	0,0419	0,0422	0,0427	0,0425
5,000	0,0384	0,0385	0,0389	0,0385	0,0390	0,0389	0,0393	0,0396	0,0400	0,0399
10,000	0,0428	0,0429	0,0436	0,0432	0,0439	0,0440	0,0444	0,0448	0,0455	0,0454

(ⁿ) énergies comprises entre E_{L_1} et E_{L_3}

Table 1-4 - suite 6

Energie MeV	^{71}Lu	^{72}Hf	^{73}Ta	^{74}W	^{75}Re	^{76}Os	^{77}Ir	^{78}Pt	^{79}Au	^{80}Hg
0,010	(^u)	(^u)	(^u)	89,3	94,1	98,8	105	111	122	124
0,015	125	129	133	138	142	146	151	155	160	163
0,020	58,9	60,7	62,9	65,2	67,3	69,3	72,1	73,6	78,3	81,7
0,030	19,6	20,2	21,1	22,0	22,6	23,4	24,1	25,1	26,0	27,0
0,040	8,78	9,11	9,55	10,0	10,5	10,8	11,3	11,8	12,4	13,0
0,050	4,89	5,13	5,32	5,57	5,76	5,95	6,20	6,43	6,79	7,14
0,060	2,94	3,04	3,16	3,36	3,49	3,58	3,76	3,89	4,07	4,26
0,180	7,06	7,19	7,45	7,79	8,05	8,26	8,62	9,04	1,93	2,05
0,100	3,92	4,05	4,19	4,36	4,50	4,62	4,76	4,96	5,11	5,24
0,150	1,85	1,39	1,44	1,49	1,55	1,60	1,66	1,72	1,78	1,83
0,200	0,685	0,702	0,722	0,744	0,763	0,779	0,805	0,829	0,862	0,892
0,500	0,121	0,123	0,125	0,128	0,131	0,133	0,137	0,140	0,144	0,146
1,000	0,0625	0,0628	0,0632	0,0638	0,0644	0,0646	0,0656	0,0663	0,0673	0,0678
2,000	0,0429	0,0429	0,0433	0,0434	0,0438	0,0437	0,0442	0,0443	0,0448	0,0448
5,000	0,0403	0,0403	0,0405	0,0408	0,0411	0,0410	0,0414	0,0417	0,0421	0,0421
10,000	0,0460	0,0461	0,0465	0,0468	0,0472	0,0472	0,0476	0,0479	0,0484	0,0486

(^u) énergies comprises entre E_{L_1} et E_{L_3}

Table 1-4 - suite 7

Energie MeV	⁸¹ Tl	⁸² Pb	⁸³ Bi	⁸⁴ Po	⁸⁵ At	⁸⁶ Rn		⁹² U		
0,010	130	137	146	156	168	172		239		
0,015	(^m)	114 (^m)	(^m)	(^m)	(^m)	(^m)		85,7		
0,020	85,5	90,0	95,1	101	108	109		88,8 (^m)		
0,030	28,6	30,6	32,6	35,0	37,7	38,3		51,5		
0,040	13,6	14,3	15,3	16,3	17,5	18,1		25,2		
0,050	7,49	7,96	8,39	8,89	9,42	9,50		14,5		
0,060	4,45	4,72	4,93	5,22	5,51	5,56		9,11		
0,080	2,05	2,12	2,20	2,28	2,36	2,33		4,42		
0,100	5,36	5,56	5,68	5,99	6,22	6,19		2,51		
0,150	1,87	1,93	2,00	2,09	2,17	2,15		2,56		
0,200	0,919	0,950	0,986	1,02	1,06	1,05		1,21		
0,500	0,149	0,153	0,157	0,162	0,167	0,164		0,185		
1,000	0,0681	0,0689	0,0700	0,0714	0,0728	0,0711		0,0760		
2,000	0,0448	0,0451	0,0455	0,0462	0,0469	0,0454		0,0475		
5,000	0,0422	0,0424	0,0429	0,0435	0,0441	0,0426		0,0442		
10,000	0,0488	0,0491	0,0496	0,0503	0,0510	0,0494		0,0512		

(^m) énergies comprises entre E_{L_1} et E_{L_3}

Table 1-4 - suite 8

TABLE 1.5

Coefficients d'atténuation massique et sections efficaces totales pour les discontinuités K

Z	E _K keV	σ _T barns	$\frac{\mu}{N}$ cm ² /g		Z	E _K keV	σ _T barns	$\frac{\mu}{N}$ cm ² /g	
31 Ga	10,37	27 400 3 600	237 31,1		47 Ag	25,52	10 200 1 580	56,9 8,82	
32 Ge	11,10	25 500 3 360	212 27,9		48 Cd	26,71	9 700 1 530	52,0 8,20	
33 As	11,86	23 700 3 120	191 25,1		49 In	27,94	9 200 1 480	48,3 7,76	
34 Se	12,65	22 100 2 950	169 22,5		50 Sn	29,20	9 030 1 430	45,8 7,26	[1]
35 Br	13,48	20 600 2 760	155 20,8		51 Sb	30,49	8 360 1 380	41,4 6,83	
36 Kr	14,32	19 200 2 600	138 18,7		52 Te	31,82	7 980 1 330	37,7 6,28	
37 Rb	15,20	17 900 2 450	126 17,3		53 I	33,17	7 540 1 370	35,8 6,50	[1]
38 Sr	16,11	16 800 2 280	115 15,7		54 Xe	34,59	7 230 1 260	33,2 5,78	
39 Y	17,04	15 700 2 170	106 14,7		55 Cs	35,98	6 910 1 230	31,3 5,57	
40 Zr	18,00	14 800 2 080	97,7 13,7		56 Ba	37,44	6 600 1 190	28,9 5,22	
41 Nb	18,99	13 900 1 990	90,1 12,9		57 La	38,93	6 330 1 160	27,4 5,03	
42 Mo	20,00	13 200 1 900	82,9 11,9	[1]	58 Ce	40,45	6 050 1 120	26,0 4,81	
43 Tc	21,05	12 400 1 830	75,4 11,1		59 Pr	42,0	5 800 1 090	24,8 4,66	
44 Ru	22,12	11 800 1 760	70,3 10,5		60 Nd	43,57	5 550 1 050	23,2 4,38	
45 Rh	23,22	11 200 1 700	65,6 9,95		61 Pm	45,19	5 350 1 010	22,2 4,19	
46 Pd	24,35	10 600 1 640	60,0 9,28		62 Sm	46,84	5 150 980	20,6 3,93	

Table 1.5 - suite 1

Z	E _K keV	σ _T barns	μ _N cm ² /g		Z	E _K keV	σ _T barns	μ _N cm ² /g	
63 ^{Eu}	48,52	4 940 950	19,6 3,76		76 ^{Os}	73,87	3 170 650	10,0 2,06	
64 ^{Gd}	50,22	4 750 910	18,2 3,49		77 ^{Ir}	76,11	3 080 625	9,65 1,96	
65 ^{Tb}	51,99	4 580 890	17,4 3,37		78 ^{Pt}	78,39	3 040 600	9,38 1,85	[1]
66 ^{Dy}	53,78	4 420 870	16,4 3,22		79 ^{Au}	80,73	2 900 595	8,87 1,82	
67 ^{Ho}	55,60	4 260 840	15,6 3,07		80 ^{Hg}	83,12	2 800 590	8,41 1,77	
68 ^{Er}	57,47	4 120 820	14,8 2,95		81 ^{Tl}	85,53	2 700 575	7,96 1,69	
69 Tm	59,38	3 970 790	14,2 2,82		82 ^{Pb}	88,02	2 680 565	7,80 1,64	[1]
70 ^{Yb}	61,31	3 840 770	13,4 2,68		83 ^{Bi}	90,54	2 550 520	7,35 1,50	
71 ^{Lu}	63,31	3 720 750	12,8 2,58		84 ^{Po}	93,11	2 520 505	7,23 1,45	
72 ^{Hf}	65,32	3 590 730	12,1 2,46		85 ^{At}	95,75	2 440 490	7,00 1,41	
73 ^{Ta}	67,41	3 480 710	11,6 2,36		86 ^{Em}	98,41	2 350 480	6,38 1,30	
74 ^W	69,52	3 390 700	11,1 2,29	[1]	92 ^U	115,6	1 950 680	4,92 1,73	[1]
75 ^{Re}	71,67	3 260 670	10,5 2,17						

Energie MeV	${}^1\text{H}$	${}^2\text{He}$	${}^3\text{Li}$	${}^4\text{Be}$	${}^5\text{B}$	${}^6\text{C}$	${}^7\text{N}$	${}^8\text{O}$	${}^9\text{F}$	${}^{10}\text{Ne}$
0,010	0,0099	0,0337	0,0899	0,352	0,911	1,87	3,31	5,35	7,51	11,30
0,015	0,0111	0,0128	0,0284	0,0945	0,242	0,494	0,882	1,45	2,15	3,31
0,020	0,0133	0,00978	0,0145	0,0398	0,0959	0,199	0,352	0,568	0,840	1,28
0,030	0,0186	0,0101	0,0107	0,0164	0,0315	0,0595	0,101	0,161	0,227	0,349
0,040	0,0231	0,0117	0,0109	0,0135	0,0183	0,0302	0,0456	0,0673	0,0935	0,137
0,050	0,0271	0,0137	0,0123	0,0129	0,0154	0,0221	0,0295	0,0400	0,0529	0,0746
0,060	0,0306	0,0154	0,0136	0,0137	0,0154	0,0201	0,0240	0,0302	0,0374	0,0501
0,080	0,0362	0,0182	0,0160	0,0162	0,0169	0,0200	0,0216	0,0238	0,0266	0,0325
0,100	0,0406	0,0205	0,0177	0,0182	0,0189	0,0213	0,0222	0,0231	0,0235	0,0269
0,150	0,0481	0,0242	0,0210	0,0215	0,0225	0,0244	0,0247	0,0250	0,0241	0,0257
0,200	0,0525	0,0265	0,0229	0,0235	0,0245	0,0264	0,0265	0,0268	0,0257	0,0272
0,500	0,0593	0,0298	0,0258	0,0265	0,0276	0,0299	0,0299	0,0299	0,0284	0,0297
1,000	0,0555	0,0280	0,0242	0,0248	0,0258	0,0279	0,0279	0,0279	0,0265	0,0276
2,000	0,0464	0,0233	0,0203	0,0209	0,0217	0,0234	0,0235	0,0234	0,0223	0,0233
5,000	0,0316	0,0163	0,0142	0,0150	0,0158	0,0170	0,0172	0,0174	0,0167	0,0177
10,000	0,0222	0,0120	0,0107	0,0117	0,0126	0,0136	0,0141	0,0146	0,0143	0,0153

TABLE 1-6 - Coefficients d'absorption massique en énergie pour les éléments de numéro atomique inférieur à 30, exprimés en cm^2/g

Energie MeV	¹¹ Na	¹² Mg	¹³ Al	¹⁴ Si	¹⁵ P	¹⁶ S	¹⁷ Cl	¹⁸ A	¹⁹ K	²⁰ Ca
0,010	15,0	20,5	25,6	32,8	39,8	50,2	56,6	61,6	76,8	89,8
0,015	4,30	5,93	7,48	9,71	11,8	15,0	17,2	19,1	24,3	28,7
0,020	1,73	2,39	3,05	4,07	4,89	6,25	7,31	8,05	10,2	12,0
0,030	0,475	0,698	0,866	1,16	1,42	1,82	2,12	2,41	3,07	3,70
0,040	0,187	0,262	0,335	0,450	0,545	0,702	0,833	0,937	1,23	1,51
0,050	0,0969	0,135	0,170	0,225	0,272	0,349	0,415	0,469	0,606	0,746
0,060	0,0622	0,0821	0,102	0,132	0,162	0,210	0,241	0,276	0,356	0,434
0,080	0,0363	0,0448	0,0526	0,0647	0,0760	0,0952	0,109	0,123	0,156	0,188
0,100	0,0285	0,0331	0,0369	0,0440	0,0494	0,0599	0,0658	0,0724	0,0889	0,109
0,150	0,0256	0,0274	0,0281	0,0307	0,0313	0,0349	0,0377	0,0366	0,0431	0,0486
0,200	0,0264	0,0276	0,0273	0,0295	0,0289	0,0307	0,0306	0,0300	0,0337	0,0365
0,500	0,0286	0,0295	0,0288	0,0298	0,0290	0,0301	0,0289	0,0273	0,0295	0,0304
1,000	0,0267	0,0275	0,0268	0,0277	0,0269	0,0277	0,0267	0,0250	0,0270	0,0277
2,000	0,0225	0,0232	0,0227	0,0236	0,0228	0,0235	0,0226	0,0212	0,0229	0,0235
5,000	0,0173	0,0180	0,0178	0,0187	0,0183	0,0191	0,0186	0,0177	0,0192	0,0199
10,000	0,0152	0,0161	0,0162	0,0172	0,0172	0,0180	0,0178	0,0171	0,0188	0,0198

Table 1-6 - suite 1

Energie MeV	^{21}Sc	^{22}Ti	^{23}V	^{24}Cr	^{25}Mn	^{26}Fe	^{27}Co	^{28}Ni	^{29}Cu	^{30}Zn
0,010	24,5	106	115	127	135	148	153	164	160	163
0,015	30,8	33,9	37,5	42,5	46,6	50,9	55,0	61,3	61,8	68,2
0,020	12,9	14,5	15,8	18,2	19,8	22,6	24,1	27,3	28,1	32,2
0,030	3,95	4,38	4,99	5,77	6,36	7,30	7,97	9,09	9,42	10,1
0,040	1,65	1,87	2,13	2,49	2,76	3,16	3,45	3,93	4,11	4,44
0,050	0,817	0,930	1,06	1,24	1,39	1,59	1,75	2,02	2,14	2,35
0,060	0,476	0,547	0,622	0,730	0,822	0,948	1,05	1,21	1,29	1,41
0,080	0,208	0,239	0,272	0,318	0,356	0,413	0,460	0,534	0,563	0,617
0,100	0,119	0,133	0,151	0,174	0,194	0,219	0,245	0,284	0,302	0,327
0,150	0,0496	0,0541	0,0585	0,0657	0,0715	0,0803	0,0877	0,0995	0,105	0,118
0,200	0,0362	0,0373	0,0387	0,0418	0,0441	0,0486	0,0516	0,0575	0,0588	0,0624
0,500	0,0286	0,0283	0,0280	0,0287	0,0285	0,0294	0,0292	0,0307	0,0297	0,0300
1,000	0,0261	0,0256	0,0252	0,0258	0,0255	0,0261	0,0258	0,0268	0,0257	0,0259
2,000	0,0220	0,0216	0,0213	0,0218	0,0215	0,0219	0,0217	0,0226	0,0216	0,0218
5,000	0,0189	0,0187	0,0186	0,0192	0,0191	0,0197	0,0196	0,0205	0,0198	0,0201
10,000	0,0189	0,0190	0,0190	0,0197	0,0198	0,0206	0,0206	0,0218	0,0212	0,0217

Table 1-6 - suite 2

TABLE 2-1

Composition élémentaire de certains composés minéraux

	Masse moléculaire			
H ₂ O	18,02	H = 0,1119	O = 0,8881	
LiBO ₂	49,75	Li = 0,1395	B = 0,2173	O = 0,6432
Li ₂ B ₄ O ₇	169,1	Li = 0,0821	B = 0,2557	O = 0,6622
Li ₂ CO ₃	73,89	Li = 0,1878	C = 0,1626	O = 0,6496
LiF	25,94	Li = 0,2675	F = 0,7325	
Li ₂ O	29,88	Li = 0,4645	O = 0,5355	
Be ₂ C	30,04	Be = 0,6001	C = 0,3999	
BeCO ₃	69,02	Be = 0,1306	C = 0,1740	O = 0,6954
BeO	25,01	Be = 0,3603	O = 0,6397	
B ₄ C	55,26	B = 0,7826	C = 0,2174	
B ₂ O ₃	69,62	B = 0,3106	O = 0,6894	
NaBO ₃	81,80	Na = 0,2810	B = 0,1322	O = 0,5868
Na ₂ CO ₃	106	Na = 0,4338	C = 0,1133	O = 0,4529
NaI	149,9	Na = 0,1534	I = 0,8466	
NaNO ₃	85	Na = 0,2705	N = 0,1648	O = 0,5647
Na ₂ O	61,98	Na = 0,7419	O = 0,2581	
MgCO ₃	84,32	Mg = 0,2883	C = 0,1424	O = 0,5693
MgF ₂	62,31	Mg = 0,3902	F = 0,6098	
MgO	40,31	Mg = 0,6031	O = 0,3969	
Al ₂ O ₃	102	Al = 0,5293	O = 0,4707	
SiO ₂	60,08	Si = 0,4674	O = 0,5326	
CaCO ₃	100,0	Ca = 0,4004	C = 0,1200	O = 0,4796
CaF ₂	78,08	Ca = 0,5133	F = 0,4867	
CaSO ₄	136,1	Ca = 0,2944	O = 0,4701	S = 0,2355
TiO ₂	79,90	Ti = 0,5995	O = 0,4005	

TABLE 2-2

Composition élémentaire de certains composés organiques

		H	C	O	N
Hexane	C_6H_{14}	0,1637	0,8363		
Paraffine	$C_{30}H_{62}$	0,1478	0,8522		
Polyéthylène	$(CH_2)_n$	0,1437	0,8563		
Polystyrène	$(C_8H_8)_n$	0,0774	0,9226		
Stilbène	$C_{14}H_{12}$	0,0671	0,9329		
Naphtalène	$C_{10}H_8$	0,0629	0,9371		
Tétraphényl-butadiène	$C_{28}H_{22}$	0,0619	0,9381		
Anthracène	$C_{14}H_{10}$	0,0566	0,9434		
Terphényl	$C_{18}H_{14}$	0,0613	0,9387		
Bakélite	$(C_{44}H_{36}O_6)_n$	0,0549	0,7998	0,1453	
Makrolon	$(C_{16}H_{14}O_3)_n$	0,0555	0,7557	0,1888	
Plexiglas	$(C_5H_8O_2)_n$	0,0806	0,5998	0,3196	
Mylar	$(C_{10}H_8O_4)_n$	0,0420	0,6250	0,3330	
Acétate de polyvinyle	$(C_4H_6O_2)_n$	0,0703	0,5580	0,3717	
Ethylcellulose	$(C_{12}H_{22}O_5)_n$	0,0742	0,5052	0,4206	
Acétate de cellulose	$(C_{12}H_{16}O_8)_n$	0,0560	0,5000	0,4440	
Tanin	$C_{14}H_{10}O_9$	0,0313	0,5218	0,4469	
Cellophane	$(C_6H_{10}O_5)_n$	0,0622	0,4444	0,4934	
Saccharose	$C_{12}H_{22}O_{11}$	0,0648	0,4211	0,5141	
Polyoxyméthylène (Delrin)	$(CH_2O)_n$	0,0671	0,4000	0,5329	
Araldite 90 % + durcisseur 951 10 %		0,077	0,713	0,175	0,035
Rilsan	$(H_{42}C_{22}O_2N_2)_n$	0,1155	0,7208	0,0873	0,0764
Nylon 610	$(H_{30}C_{16}O_2N_2)_n$	0,1071	0,6804	0,1133	0,0992
Nylon 66	$(H_{22}C_{12}O_2N_2)_n$	0,0980	0,6368	0,1414	0,1238
Soie naturelle		0,0630	0,487	0,263	0,187
Urée	CH_4N_2	0,0671	0,2000	0,2664	0,4665

Table 2-2 - suite 1

		H	C	F	Cl
Téflon	$(C_2F_4)_n$		0,2402	0,7598	
Hostaflon	$(C_2F_3Cl)_n$		0,2063	0,4893	0,3044
Chlorure de polyvinyle	$(C_2H_3Cl)_n$	0,0484	0,3844		0,5673

TABLE 2-3

Composition élémentaire de certains gaz

		H	C	O	F
Méthane	CH_4	0,2513	0,7487		
Ethane	C_2H_6	0,2011	0,7989		
Propane	C_3H_8	0,1829	0,8171		
Butane	C_4H_{10}	0,1734	0,8266		
Ether éthylique	$C_4H_{10}O$	0,1360	0,6482	0,2158	
Gaz carbonique	CO_2		0,2729	0,7271	
Difluoréthane	$C_2H_4F_2$	0,0610	0,3637		0,5753
Tétrafluoréthylène	C_2F_4		0,2402		0,7598
Air			N = 0,755	O = 0,232	A = 0,013

Energie MeV	H ₂ O	LiBO ₂	Li ₂ B ₄ O ₇	Li ₂ CO ₃	LiF	Li ₂ O	Be ₂ C	BeCO ₃	BeO	B ₄ C
0,010	4,96	3,84	3,97	3,99	5,77	3,10	1,14	4,28	3,73	1,30
0,015	1,49	1,17	1,20	1,21	1,76	0,964	0,426	1,29	1,14	0,470
0,020	0,705	0,561	0,576	0,579	0,761	0,480	0,271	0,611	0,550	0,287
0,030	0,335	0,277	0,281	0,283	0,333	0,252	0,193	0,293	0,273	0,198
0,040	0,243	0,206	0,208	0,209	0,222	0,194	0,172	0,214	0,204	0,174
0,050	0,211	0,180	0,182	0,183	0,185	0,173	0,162	0,186	0,179	0,163
0,060	0,195	0,168	0,169	0,170	0,169	0,162	0,155	0,173	0,167	0,156
0,080	0,178	0,154	0,155	0,156	0,152	0,149	0,146	0,158	0,153	0,147
0,100	0,167	0,145	0,146	0,146	0,140	0,140	0,139	0,148	0,144	0,140
0,150	0,149	0,129	0,130	0,131	0,125	0,126	0,125	0,132	0,129	0,126
0,200	0,136	0,118	0,119	0,120	0,114	0,115	0,114	0,121	0,118	0,115
0,500	0,0966	0,0839	0,0844	0,0848	0,0806	0,0815	0,0812	0,0857	0,0835	0,0819
1,000	0,0706	0,0613	0,0617	0,0620	0,0587	0,0596	0,0593	0,0627	0,0610	0,0598
2,000	0,0493	0,0429	0,0431	0,0433	0,0411	0,0416	0,0414	0,0438	0,0427	0,0418
5,000	0,0303	0,0264	0,0266	0,0267	0,0255	0,0254	0,0250	0,0271	0,0263	0,0253
10,000	0,0221	0,0193	0,0195	0,0196	0,0191	0,0183	0,0176	0,0200	0,0192	0,0180

TABLE 2-4 - Coefficients d'atténuation massique pour certains composés minéraux
exprimés en cm²/g

Energie MeV	B ₂ O ₃	NaBO ₃	Na ₂ CO ₃	NaI (x)	NaNO ₃	Na ₂ O	MgCO ₃	MgF ₂	MgO	Al ₂ O ₃
0,010	4,16	7,67	9,34	154	7,82	12,7	9,39	12,8	14,6	16,3
0,015	1,25	2,27	2,76	48,6	2,31	3,74	2,79	3,81	4,33	4,83
0,020	0,596	1,01	1,21	22,0	1,02	1,60	1,22	1,60	1,85	2,06
0,030	0,288	0,399	0,453	7,29	0,405	0,559	0,462	0,567	0,634	0,701
0,040	0,211	0,253	0,274	18,9	0,257	0,313	0,280	0,315	0,346	0,369
0,050	0,184	0,204	0,215	10,5	0,207	0,232	0,219	0,234	0,251	0,261
0,060	0,171	0,183	0,189	6,41	0,185	0,198	0,192	0,199	0,209	0,214
0,080	0,156	0,161	0,164	2,96	0,163	0,166	0,166	0,167	0,173	0,174
0,100	0,147	0,149	0,151	1,63	0,151	0,151	0,153	0,150	0,156	0,156
0,150	0,131	0,132	0,132	0,600	0,133	0,131	0,134	0,131	0,135	0,134
0,200	0,120	0,120	0,121	0,319	0,122	0,119	0,123	0,119	0,122	0,121
0,500	0,0850	0,0851	0,0854	0,0922	0,0860	0,0843	0,0867	0,0840	0,0865	0,0855
1,000	0,0621	0,0622	0,0624	0,0579	0,0628	0,0615	0,0633	0,0611	0,0631	0,0624
2,000	0,0434	0,0435	0,0437	0,0411	0,0440	0,0432	0,0444	0,0430	0,0443	0,0433
5,000	0,0269	0,0273	0,0276	0,0349	0,0277	0,0277	0,0280	0,0274	0,0284	0,0281
10,000	0,0198	0,0206	0,0211	0,0369	0,0209	0,0215	0,0213	0,0215	0,0222	0,0220

(x) raie K pour l'iode à 33,17 keV

Table 2-4 - suite 1

Energie MeV	SiO ₂	CaCO ₃	CaF ₂	CaSO ₄	TiO ₂					
0,010	18,7	41,1	50,4	42,4	71,8					
0,015	5,59	12,8	16,5	13,2	22,0					
0,020	2,37	5,45	6,94	5,62	9,59					
0,030	0,798	1,76	2,22	1,79	3,07					
0,040	0,408	0,810	0,988	0,811	1,32					
0,050	0,282	0,480	0,564	0,481	0,756					
0,060	0,228	0,341	0,388	0,340	0,494					
0,080	0,181	0,227	0,245	0,228	0,283					
0,100	0,161	0,185	0,192	0,185	0,210					
0,150	0,137	0,144	0,144	0,144	0,147					
0,200	0,124	0,127	0,125	0,127	0,125					
0,500	0,0870	0,0872	0,0852	0,0873	0,0833					
1,000	0,0636	0,0636	0,0619	0,0636	0,0605					
2,000	0,0446	0,0448	0,0437	0,0448	0,0428					
5,000	0,0287	0,0293	0,0292	0,0296	0,0289					
10,000	0,0225	0,0237	0,0245	0,0241	0,0245					

Table 2-4 - suite 2

Energie MeV	C_6H_{14}	$C_{30}H_{62}$	$(CH_2)_n$	$(C_8H_8)_n$	$C_{14}H_{12}$	$C_{10}H_8$
0,010	1,79	1,81	1,82	1,93	1,95	1,95
0,015	0,629	0,634	0,635	0,655	0,658	0,659
0,020	0,377	0,377	0,377	0,377	0,377	0,378
0,030	0,251	0,249	0,248	0,240	0,239	0,238
0,040	0,218	0,215	0,215	0,205	0,203	0,203
0,050	0,204	0,201	0,201	0,190	0,189	0,188
0,060	0,195	0,192	0,192	0,181	0,180	0,179
0,080	0,182	0,179	0,179	0,169	0,167	0,167
0,100	0,173	0,171	0,170	0,160	0,159	0,158
0,150	0,155	0,153	0,153	0,144	0,143	0,142
0,200	0,142	0,140	0,139	0,131	0,130	0,130
0,500	0,101	0,0997	0,0994	0,0937	0,0928	0,0924
1,000	0,0738	0,0728	0,0726	0,0684	0,0678	0,0675
2,000	0,0515	0,0508	0,0506	0,0477	0,0473	0,0471
5,000	0,0309	0,0306	0,0305	0,0289	0,0287	0,0286
10,000	0,0217	0,0215	0,0215	0,0206	0,0205	0,0204

TABLE 2-5 - Coefficients d'atténuation massique pour certains composés organiques
exprimés en cm^2/g

Energie MeV	$C_{28}H_{22}$	$C_{14}H_{10}$	$C_{18}H_{14}$	$(C_{44}H_{36}O_6)_n$	$(C_{16}H_{14}O_3)_n$	$(C_5H_8O_2)_n$
0,010	1,96	1,97	1,96	2,47	2,62	3,04
0,015	0,659	0,661	0,660	0,800	0,841	0,958
0,020	0,378	0,378	0,378	0,431	0,447	0,495
0,030	0,238	0,237	0,238	0,252	0,256	0,273
0,040	0,202	0,202	0,202	0,207	0,208	0,217
0,050	0,188	0,187	0,188	0,189	0,190	0,196
0,060	0,179	0,178	0,179	0,179	0,180	0,185
0,080	0,166	0,166	0,166	0,166	0,166	0,171
0,100	0,158	0,157	0,158	0,157	0,157	0,161
0,150	0,142	0,141	0,142	0,141	0,141	0,145
0,200	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,132
0,500	0,0923	0,0919	0,0923	0,0917	0,0918	0,0939
1,000	0,0675	0,0671	0,0674	0,0670	0,0671	0,0686
2,000	0,0471	0,0468	0,0470	0,0468	0,0468	0,0479
5,000	0,0285	0,0284	0,0285	0,0285	0,0285	0,0292
10,000	0,0204	0,0203	0,0204	0,0205	0,0205	0,0210

Table 2-5 - suite 1

Energie MeV	$(C_{10}H_8O_4)_n$	$(C_4H_6O_2)_n$	$C_{12}H_{22}O_5$	$(C_{12}H_{16}O_8)_n$	$C_{14}H_{10}O_9$	$(C_6H_{10}O_5)_n$
0,010	3,15	3,24	3,04	3,51	3,56	3,67
0,015	0,982	1,01	0,960	1,08	1,09	1,13
0,020	0,501	0,515	0,497	0,541	0,543	0,560
0,030	0,269	0,277	0,275	0,282	0,280	0,288
0,040	0,212	0,217	0,219	0,218	0,214	0,221
0,050	0,190	0,195	0,198	0,194	0,191	0,196
0,060	0,179	0,184	0,186	0,182	0,178	0,184
0,080	0,165	0,170	0,172	0,168	0,164	0,169
0,100	0,156	0,160	0,163	0,158	0,154	0,159
0,150	0,140	0,143	0,146	0,141	0,138	0,142
0,200	0,127	0,131	0,133	0,129	0,126	0,130
0,500	0,0906	0,0930	0,0947	0,0918	0,0897	0,0923
1,000	0,0662	0,0680	0,0692	0,0671	0,0656	0,0675
2,000	0,0462	0,0475	0,0483	0,0469	0,0458	0,0471
5,000	0,0283	0,0290	0,0294	0,0287	0,0281	0,0289
10,000	0,0205	0,0210	0,0212	0,0209	0,0205	0,0210

Table 2-5 - suite 2

Energie MeV	$C_{12}H_{22}O_{11}$	$(CH_2O)_n$	araldite + durcisseur	$(C_{22}H_{42}O_2N_2)_n$	$(C_{16}H_{30}O_2N_2)_n$	$(C_{12}H_{22}O_2N_2)_n$
0,010	3,74	3,80	2,59	2,28	2,42	2,57
0,015	1,15	1,17	0,835	0,756	0,793	0,832
0,020	0,567	0,574	0,447	0,421	0,434	0,448
0,030	0,291	0,293	0,259	0,257	0,259	0,262
0,040	0,222	0,223	0,212	0,215	0,215	0,215
0,050	0,197	0,198	0,193	0,198	0,198	0,197
0,060	0,184	0,185	0,183	0,188	0,187	0,186
0,080	0,169	0,170	0,170	0,175	0,174	0,173
0,100	0,159	0,160	0,161	0,166	0,165	0,164
0,150	0,142	0,143	0,144	0,149	0,148	0,147
0,200	0,130	0,131	0,132	0,136	0,135	0,134
0,500	0,0926	0,0928	0,0936	0,0969	0,0962	0,0954
1,000	0,0676	0,0678	0,0684	0,0708	0,0703	0,0697
2,000	0,0473	0,0474	0,0477	0,0494	0,0490	0,0486
5,000	0,0290	0,0290	0,0290	0,0299	0,0297	0,0295
10,000	0,0211	0,0211	0,0208	0,0212	0,0212	0,0211

Table 2-5 - suite 3

Energie MeV	Soie naturelle	CH ₄ ON ₂	(C ₂ F ₄) _n	(C ₂ F ₃ Cl) _n	(C ₂ H ₃ Cl) _n	
0,010	3,14	3,55	6,40	21,6	33,2	
0,015	0,983	1,09	1,93	6,67	10,3	
0,020	0,503	0,547	0,832	2,87	4,48	
0,030	0,273	0,285	0,356	0,944	1,42	
0,040	0,215	0,220	0,234	0,464	0,657	
0,050	0,194	0,196	0,194	0,306	0,406	
0,060	0,182	0,184	0,177	0,239	0,299	
0,080	0,168	0,169	0,158	0,185	0,215	
0,100	0,159	0,160	0,146	0,160	0,179	
0,150	0,142	0,143	0,129	0,133	0,144	
0,200	0,130	0,131	0,118	0,120	0,128	
0,500	0,0924	0,0927	0,0837	0,0839	0,0894	
1,000	0,0675	0,0678	0,0609	0,0611	0,0652	
2,000	0,0471	0,0473	0,0427	0,0430	0,0458	
5,000	0,0288	0,0290	0,0266	0,0276	0,0297	
10,000	0,0208	0,0211	0,0202	0,0217	0,0235	

Table 2-5 - suite 4

Energie MeV	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₄ H ₁₀ O	CO ₂	C ₂ H ₄ F ₂	C ₂ F ₄	Air
0,010	1,64	1,72	1,75	1,77	2,58	4,59	5,24	6,40	4,76
0,015	0,602	0,617	0,623	0,626	0,843	1,37	1,61	1,93	1,44
0,020	0,376	0,376	0,377	0,377	0,457	0,646	0,722	0,832	0,683
0,030	0,262	0,256	0,253	0,252	0,269	0,304	0,333	0,356	0,315
0,040	0,231	0,224	0,221	0,219	0,222	0,220	0,233	0,234	0,225
0,050	0,218	0,210	0,207	0,205	0,203	0,190	0,200	0,194	0,193
0,060	0,208	0,201	0,198	0,196	0,193	0,176	0,184	0,177	0,178
0,080	0,195	0,188	0,185	0,183	0,179	0,161	0,167	0,158	0,161
0,100	0,186	0,178	0,176	0,174	0,169	0,150	0,156	0,146	0,151
0,150	0,167	0,160	0,158	0,157	0,152	0,134	0,139	0,129	0,134
0,200	0,152	0,146	0,144	0,143	0,139	0,123	0,127	0,118	0,123
0,500	0,109	0,104	0,103	0,102	0,0987	0,0870	0,0897	0,0837	0,0868
1,000	0,0793	0,0761	0,0750	0,0744	0,0721	0,0636	0,0654	0,0609	0,0635
2,000	0,0553	0,0531	0,0523	0,0519	0,0503	0,0445	0,0458	0,0427	0,0444
5,000	0,0330	0,0318	0,0314	0,0312	0,0304	0,0276	0,0282	0,0266	0,0276
10,000	0,0228	0,0222	0,0220	0,0218	0,0216	0,0205	0,0208	0,0202	0,0204

TABLE 2-6 - Coefficients d'atténuation massique pour certains gaz
exprimés en cm²/g

Energie MeV	H ₂ O	LiBO ₂	Li ₂ B ₄ O ₇	Li ₂ CO ₃	LiF	Li ₂ O	Be ₂ C	BeCO ₃	BeO	B ₄ C
0,010	4,75	3,65	3,78	3,80	5,53	2,91	0,959	4,09	3,55	1,12
0,015	1,29	0,989	1,02	1,03	1,59	0,790	0,254	1,11	0,962	0,297
0,020	0,506	0,388	0,402	0,404	0,619	0,311	0,103	0,435	0,378	0,118
0,030	0,145	0,112	0,116	0,116	0,169	0,0912	0,0336	0,124	0,109	0,0376
0,040	0,0624	0,0488	0,0501	0,0507	0,0714	0,0411	0,0202	0,0538	0,0479	0,0209
0,050	0,0386	0,0308	0,0314	0,0319	0,0420	0,0271	0,0166	0,0333	0,0302	0,0169
0,060	0,0302	0,0247	0,0251	0,0254	0,0310	0,0225	0,0163	0,0263	0,0243	0,0164
0,080	0,0252	0,0212	0,0214	0,0217	0,0238	0,0202	0,0177	0,0221	0,0211	0,0176
0,100	0,0251	0,0214	0,0216	0,0218	0,0219	0,0206	0,0194	0,0221	0,0213	0,0194
0,150	0,0276	0,0239	0,0240	0,0242	0,0233	0,0231	0,0227	0,0244	0,0237	0,0229
0,200	0,0297	0,0258	0,0259	0,0260	0,0250	0,0250	0,0247	0,0263	0,0256	0,0249
0,500	0,0332	0,0288	0,0290	0,0291	0,0277	0,0280	0,0279	0,0295	0,0287	0,0281
1,000	0,0310	0,0269	0,0271	0,0272	0,0259	0,0262	0,0260	0,0275	0,0268	0,0263
2,000	0,0260	0,0226	0,0227	0,0228	0,0218	0,0220	0,0219	0,0231	0,0225	0,0221
5,000	0,0190	0,0166	0,0167	0,0167	0,0160	0,0159	0,0158	0,0170	0,0165	0,0161
10,000	0,0154	0,0136	0,0138	0,0137	0,0133	0,0128	0,0125	0,0140	0,0136	0,0128

TABLE 2-7 - Coefficients d'absorption massique en énergie
pour certains composés minéraux, exprimés en cm²/g

Energie MeV	B ₂ O ₃	Na B O ₃	Na ₂ CO ₃	Na NO ₃	Na ₂ O	Mg CO ₃	MgF ₂	Mg O	Al ₂ O ₃	SiO ₂
0,010	3,97	7,47	9,14	7,62	12,5	9,22	12,6	14,5	16,1	18,2
0,015	1,07	2,09	2,58	2,13	3,56	2,61	3,63	4,15	4,64	5,31
0,020	0,421	0,832	1,03	0,847	1,43	1,04	1,44	1,67	1,88	2,20
0,030	0,121	0,232	0,286	0,236	0,394	0,301	0,411	0,485	0,534	0,628
0,040	0,0521	0,0945	0,115	0,0961	0,156	0,118	0,159	0,185	0,209	0,246
0,050	0,0324	0,0527	0,0627	0,0537	0,0822	0,0648	0,0849	0,0973	0,109	0,126
0,060	0,0256	0,0372	0,0429	0,0378	0,0539	0,0437	0,0548	0,0615	0,0682	0,0778
0,080	0,0217	0,0264	0,0288	0,0268	0,0331	0,0293	0,0337	0,0365	0,0390	0,0429
0,100	0,0218	0,0241	0,0252	0,0244	0,0271	0,0257	0,0272	0,0291	0,0304	0,0329
0,150	0,0242	0,0248	0,0252	0,0251	0,0254	0,0256	0,0254	0,0264	0,0266	0,0277
0,200	0,0261	0,0264	0,0266	0,0266	0,0265	0,0270	0,0264	0,0273	0,0271	0,0281
0,500	0,0292	0,0292	0,0293	0,0295	0,0289	0,0298	0,0288	0,0297	0,0293	0,0299
1,000	0,0272	0,0273	0,0274	0,0276	0,0270	0,0278	0,0269	0,0277	0,0273	0,0278
2,000	0,0229	0,0229	0,0230	0,0232	0,0227	0,0233	0,0227	0,0233	0,0230	0,0235
5,000	0,0169	0,0172	0,0173	0,0173	0,0173	0,0175	0,0172	0,0178	0,0176	0,0180
10,000	0,0140	0,0145	0,0147	0,0147	0,0150	0,0149	0,0150	0,0155	0,0154	0,0158

Table 2-7 - suite 1

Energie MeV	CaCO ₃	CaF ₂	CaSO ₄	TiO ₂						
0,010	38,7	47,6	40,8	65,7						
0,015	12,2	15,8	12,7	20,9						
0,020	5,10	6,57	5,27	8,92						
0,030	1,57	2,01	1,59	2,69						
0,040	0,641	0,821	0,642	1,15						
0,050	0,321	0,409	0,321	0,574						
0,060	0,191	0,241	0,191	0,340						
0,080	0,0891	0,109	0,0890	0,153						
0,100	0,0573	0,0674	0,0571	0,0890						
0,150	0,0344	0,0367	0,0343	0,0424						
0,200	0,0306	0,0312	0,0306	0,0331						
0,500	0,0301	0,0294	0,0301	0,0289						
1,000	0,0278	0,0271	0,0278	0,0265						
2,000	0,0234	0,0229	0,0235	0,0223						
5,000	0,0184	0,0183	0,0185	0,0182						
10,000	0,0166	0,0171	0,0169	0,0172						

Table 2-7 - suite 2

Energie MeV	C_6H_{14}	$C_{30}H_{62}$	$(CH_2)_n$	$(C_8H_8)_n$	$C_{14}H_{12}$	$C_{10}H_8$
0,010	1,57	1,60	1,60	1,73	1,75	1,75
0,015	0,415	0,423	0,425	0,457	0,462	0,464
0,020	0,169	0,172	0,172	0,185	0,187	0,187
0,030	0,0528	0,0535	0,0536	0,0563	0,568	0,569
0,040	0,0290	0,0292	0,0292	0,0297	0,0297	0,0298
0,050	0,0229	0,0228	0,0228	0,0225	0,0224	0,0224
0,060	0,0218	0,0217	0,0216	0,0209	0,0208	0,0208
0,080	0,0227	0,0224	0,0223	0,0213	0,0211	0,0210
0,100	0,0245	0,0242	0,0241	0,0228	0,0226	0,0225
0,150	0,0283	0,0279	0,0278	0,0262	0,0260	0,0259
0,200	0,0307	0,0303	0,0302	0,0284	0,0282	0,0280
0,500	0,0347	0,0342	0,0341	0,0322	0,0319	0,0317
1,000	0,0324	0,0320	0,0319	0,0300	0,0298	0,0296
2,000	0,0272	0,0268	0,0267	0,0252	0,0249	0,0248
5,000	0,0194	0,0192	0,0191	0,0181	0,0180	0,0179
10,000	0,0150	0,0149	0,0148	0,0143	0,0142	0,0141

TABLE 2-8 - Coefficients d'absorption massique en énergie
pour certains composés organiques, exprimés en cm^2/g

Energie MeV	$C_{28}H_{22}$	$C_{14}H_{10}$	$C_{18}H_{14}$	$(C_{44}H_{36}O_6)_n$	$(C_{16}H_{14}O_3)_n$	$(C_5H_8O_2)_n$
0,010	1,75	1,76	1,76	2,27	2,42	2,83
0,015	0,464	0,467	0,464	0,606	0,648	0,761
0,020	0,188	0,188	0,188	0,242	0,258	0,302
0,030	0,0570	0,0572	0,0570	0,0720	0,0764	0,0886
0,040	0,0298	0,0298	0,0298	0,0352	0,0368	0,0415
0,050	0,0224	0,0224	0,0224	0,0250	0,0258	0,0282
0,060	0,0208	0,0207	0,0207	0,0221	0,0226	0,0242
0,080	0,0210	0,0209	0,0210	0,0214	0,0216	0,0225
0,100	0,0225	0,0224	0,0225	0,0226	0,0227	0,0234
0,150	0,0259	0,0257	0,0259	0,0258	0,0258	0,0265
0,200	0,0280	0,0279	0,0280	0,0279	0,0279	0,0286
0,500	0,0317	0,0316	0,0317	0,0315	0,0315	0,0323
1,000	0,0296	0,0295	0,0296	0,0294	0,0294	0,0301
2,000	0,0248	0,0247	0,0248	0,0247	0,0247	0,0253
5,000	0,0179	0,0178	0,0179	0,0179	0,0179	0,0183
10,000	0,0141	0,0141	0,0141	0,0142	0,0143	0,0146

Table 2-8 - suite 1

Energie MeV	$(C_{10}H_8O_4)_n$	$(C_4H_6O_2)_n$	$C_{12}H_{22}O_5$	$(C_{12}H_{16}O_8)_n$	$C_{14}H_{10}O_9$	$(C_6H_{10}O_5)_n$
0,010	2,95	3,03	2,83	3,31	3,37	3,47
0,015	0,792	0,815	0,761	0,891	0,906	0,936
0,020	0,314	0,323	0,302	0,352	0,358	0,370
0,030	0,0916	0,0944	0,0888	0,102	0,104	0,107
0,040	0,0423	0,0435	0,0416	0,0463	0,0466	0,0481
0,050	0,0283	0,0291	0,0284	0,0303	0,0303	0,0312
0,060	0,0239	0,0246	0,0243	0,0252	0,0249	0,0257
0,080	0,0219	0,0226	0,0227	0,0226	0,0222	0,0229
0,100	0,0227	0,0233	0,0236	0,0232	0,0227	0,0234
0,150	0,0256	0,0263	0,0267	0,0260	0,0254	0,0262
0,200	0,0276	0,0284	0,0289	0,0280	0,0274	0,0282
0,500	0,0311	0,0320	0,0325	0,0315	0,0308	0,0317
1,000	0,0291	0,0298	0,0304	0,0294	0,0288	0,0296
2,000	0,0244	0,0250	0,0255	0,0247	0,0241	0,0248
5,000	0,0177	0,0182	0,0184	0,0180	0,0176	0,0181
10,000	0,0143	0,0146	0,0147	0,0145	0,0143	0,0146

Table 2-8 - suite 2

Energie MeV	$C_{12}H_{22}O_{11}$	$(CH_2O)_n$	araldite + durcisseur	$(H_{42}C_{22}O_2N_2)_n$	$(H_{30}C_{16}O_2N_2)_n$	$(H_{22}C_{12}O_2N_2)_n$
0,010	3,54	3,60	2,39	2,07	2,21	2,36
0,015	0,954	0,971	0,638	0,551	0,589	0,630
0,020	0,377	0,383	0,255	0,221	0,236	0,252
0,030	0,109	0,111	0,0756	0,0668	0,0707	0,0750
0,040	0,0488	0,0495	0,0367	0,0338	0,0352	0,0367
0,050	0,0316	0,0320	0,0259	0,0248	0,0254	0,0260
0,060	0,0260	0,0262	0,0228	0,0225	0,0228	0,0230
0,080	0,0230	0,0231	0,0220	0,0223	0,0223	0,0223
0,100	0,0235	0,0236	0,0231	0,0238	0,0237	0,0236
0,150	0,0262	0,0263	0,0263	0,0272	0,0270	0,0269
0,200	0,0283	0,0284	0,0285	0,0295	0,0293	0,0290
0,500	0,0318	0,0319	0,0322	0,0333	0,0330	0,0328
1,000	0,0297	0,0298	0,0300	0,0311	0,0309	0,0306
2,000	0,0249	0,0249	0,0252	0,0261	0,0259	0,0257
5,000	0,0182	0,0182	0,0182	0,0187	0,0186	0,0185
10,000	0,0147	0,0147	0,0145	0,0147	0,0147	0,0146

Table 2-8 - suite 3

Energie MeV	soie naturelle	CH ₄ ON ₂	(C ₂ F ₄) _n	(C ₂ F ₃ Cl) _n	(C ₂ H ₃ Cl) _n	
0,010	2,94	3,34	6,16	21,3	32,8	
0,015	0,788	0,897	1,76	6,39	9,95	
0,020	0,313	0,356	0,686	2,68	4,22	
0,030	0,0914	0,103	0,187	0,769	1,23	
0,040	0,0424	0,0468	0,0783	0,306	0,485	
0,050	0,0285	0,0307	0,0455	0,157	0,245	
0,060	0,0241	0,0253	0,0332	0,0958	0,146	
0,080	0,0223	0,0228	0,0250	0,0503	0,0713	
0,100	0,0232	0,0235	0,0230	0,0359	0,0475	
0,150	0,0261	0,0263	0,0242	0,0283	0,0331	
0,200	0,0282	0,0283	0,0259	0,0273	0,0300	
0,500	0,0318	0,0319	0,0288	0,0289	0,0308	
1,000	0,0296	0,0298	0,0268	0,0269	0,0286	
2,000	0,0249	0,0250	0,0226	0,0226	0,0241	
5,000	0,0181	0,0182	0,0168	0,0173	0,0186	
10,000	0,0145	0,0147	0,0141	0,0152	0,0164	

Table 2-8 - suite 4

Energie MeV	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₄ H ₁₀ O	CO ₂	C ₂ H ₄ F ₂	C ₂ F ₄	air
0,010	1,40	1,50	1,53	1,55	2,37	4,40	5,00	6,16	4,54
0,015	0,373	0,397	0,406	0,410	0,635	1,19	1,42	1,76	1,25
0,020	0,152	0,162	0,165	0,167	0,253	0,467	0,556	0,686	0,502
0,030	0,0492	0,0513	0,0520	0,0524	0,0758	0,133	0,153	0,187	0,145
0,040	0,0284	0,0288	0,0289	0,0290	0,0372	0,0572	0,0662	0,0783	0,0622
0,050	0,0234	0,0231	0,0230	0,0230	0,0266	0,0351	0,0401	0,0455	0,0376
0,060	0,0227	0,0222	0,0220	0,0219	0,0237	0,0274	0,0307	0,0332	0,0287
0,080	0,0241	0,0233	0,0230	0,0228	0,0230	0,0228	0,0248	0,0250	0,0234
0,100	0,0262	0,0252	0,0248	0,0246	0,0243	0,0226	0,0237	0,0230	0,0231
0,150	0,0304	0,0292	0,0287	0,0285	0,0278	0,0248	0,0257	0,0242	0,0249
0,200	0,0330	0,0316	0,0312	0,0309	0,0300	0,0267	0,0276	0,0259	0,0266
0,500	0,0373	0,0358	0,0353	0,0350	0,0339	0,0299	0,0308	0,0288	0,0299
1,000	0,0348	0,0335	0,0329	0,0327	0,0317	0,0279	0,0288	0,0268	0,0279
2,000	0,0292	0,0280	0,0276	0,0274	0,0265	0,0234	0,0242	0,0226	0,0234
5,000	0,0207	0,0199	0,0197	0,0195	0,0191	0,0173	0,0177	0,0168	0,0173
10,000	0,0158	0,0153	0,0152	0,0151	0,0150	0,0143	0,0145	0,0141	0,0143

TABLE 2-9 - Coefficients d'absorption massique en énergie pour certains gaz
exprimés en cm²/g

TABLE 2-10 - Composition élémentaire des tissus mous [12]

Elément	H	C	N	O	Na	Mg	P	S	K	Ca
Concentration pondérale en %	10,2	12,3	3,5	72,9	0,08	0,02	0,2	0,5	0,3	0,007

TABLE 2-11 - Coefficients d'atténuation massique et d'absorption massique en énergie pour les tissus mous

Energie des photons	Coefficient d'atténuation massique	Coefficient d'absorption massique en énergie
0,010	5,03	4,82
0,015	1,52	1,33
0,020	0,719	0,526
0,030	0,339	0,152
0,040	0,242	0,0652
0,050	0,211	0,0399
0,060	0,195	0,0310
0,080	0,177	0,0254
0,100	0,166	0,0251
0,150	0,147	0,0274
0,200	0,135	0,0294
0,500	0,0957	0,0329
1,000	0,0700	0,0307
2,000	0,0488	0,0258
5,000	0,0301	0,0188
10,000	0,0219	0,0153

BIBLIOGRAPHIE

- [1] HUBBELL J.H. - BERGER M.J.
Photon attenuation and energy transfer coefficients - Tabulations and discussion.
N.B.S. Report 8681 - May 10 - 1965.
- [2] DAVISSON C.M.
Alpha Beta and Gamma-Ray Spectroscopy.
Chapter 2 and Appendix
K. Siegbahn editor - North-Holland Amsterdam (1965)
- [3] WHITE G.R.
X-Ray Attenuation coefficients from 10 keV to 100 MeV.
N.B.S. Report 1003 - 1952.
- [4] GRODSTEIN G.W.
X-Ray Attenuation coefficients from 10 keV to 100 MeV.
N.B.S. Circular 583 - 1957.
- [5] COMPTON A.H. - ALLISON S.K.
X-Rays in theory and experiment.
D. Van Nostrand Company - New-York - 1954.
- [6] SEGRE E.
Experimental Nuclear Physics.
John Wiley et sons - New-York.
- [7] HEITLER W.
The quantum theory of radiation.
Clarendon Press - Oxford - 1960.
- [8] STORM G.E. - GILBERT E. - ISRAEL H.
Gamma-Ray absorption coefficients for elements 1 to 100.
Los Alamos Scientific Laboratory - Report LA 2237 - 1958.
- [9] MCGINNIES R.T.
X-Ray attenuation coefficients from 10 keV to 100 MeV.
Supplement to N.B.S. circular 583 - 1959.
- [10] BERGER R.T.
The X or Gamma-Ray energy absorption or transfer coefficient -
Tabulations and discussion.
Radiation Research 15 - 1-29 - 1961.
- [11] WAPSTRA H.H. - NIJGH G.J. - Van LIESHOUT R.
Nuclear Spectroscopy tables.
North Holland - Amsterdam - 1959 (p. 77-78).
- [12] Report of the International Commission on Radiological Units and
Measurements, (I.C.R.U.) 1959
National Bureau of Standards - Handbook 78 - p. 31 - 1961

FIN