LABORATOIRE NATIONAL HENRI BECQUEREL

MINI TABLE DE RADIONUCLÉIDES

2015

MINI TABLE OF RADIONUCLIDES

cea
LNE
Le progrès, une passion à partager
edp sciences

MINI TABLE DE RADIONUCLÉIDES

2015

MINI TABLE OF RADIONUCLIDES

This page intentionally left blank

LABORATOIRE NATIONAL HENRI BECQUEREL

MINI TABLE DE RADIONUCLÉIDES

2015

MINI TABLE OF RADIONUCLIDES

cea
LNE
Le progrès, une passion à partager
edp sciences

Conception de la maquette et de la couverture : Thierry Gourdin
ISBN : 978-2-7598-1198-4

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés, réservés pour tous pays. La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (alinéa 1er de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du code pénal.

© EDP Sciences 2015

INTRODUCTION

Le Laboratoire National Henri Becquerel (LNHB), du Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives (CEA), est mandaté par le Laboratoire National de Métrologie et d'Essais (LNE) comme laboratoire national de métrologie pour les rayonnements ionisants : radioactivité (unité : le *becquerel*) et dosimétrie des photons et particules chargées (unité : le *gray*).

PRÉAMBULE

Les travaux du LNHB et du groupe international Decay Data Evaluation Project (DDEP) menés dans le domaine des données de décroissance radioactive, se sont concrétisés par l'édition de tables de radionucléides (Monographie BIPM-5, ISBN 92-822-2206-3, ISBN 92-822-2207-1, ISBN 92-822-2218-7, ISBN 92-822-2231-4, ISBN 13 978-92-822-2234-8, ISBN 13 978-92-822-2242-3 et ISBN 13 978-92-822-2248-5) publiées sous l'égide du Bureau International des Poids et Mesures (BIPM). Ces derniers documents fournissent aux utilisateurs toutes les données caractérisant les rayonnements ionisants de façon exhaustive.

D'autre part, le LNHB a créé une base de données informatisée dénommée NUCLÉIDE disponible sur CD-Rom, ainsi que deux sites internet :
http://www.nucleide.org et **http://laraweb.free.fr**

Le présent recueil contient les paramètres les plus utiles pour caractériser un radionucléide donné, à savoir : la période radioactive et les principales émissions α, β, γ et X.

Seuls les principaux radionucléides, sélectionnés pour leur usage ou leur présence dans divers domaines médicaux ou industriels, figurent dans cette table de poche.

DESCRIPTION DES TABLES

Dans les tables, les radionucléides sont identifiés par leur symbole chimique. Ils sont classés en fonction de leur nombre de masse puis de leur numéro atomique.

Un en-tête contient le symbole, le nombre de masse, le numéro atomique, la période radioactive du radionucléide considéré ainsi que son incertitude type ($k = 1$), le ou les modes de décroissance et leur abondance, ainsi que le ou les descendants et leur période éventuelle.

Ensuite viennent les principales émissions extraites de la base NUCLÉIDE suivant les critères de sélection :

Type d'émission	Critères
α	• $I_\alpha \geq 0{,}5$ %, limité aux 10 émissions les plus intenses • Si aucune intensité $\geq 0{,}5$ %, les quatre émissions les plus intenses
β	• $I_\beta \geq 1$ %, limité aux 10 émissions les plus intenses
Électrons de conversion	• $I_{ec} \geq 1$ % et $E_{ec} \geq 5$ keV, limité aux 10 émissions les plus intenses
Électrons Auger	• ($I_{eA} \geq 1$ % et $E_{eA} \geq 5$ keV) ou ($I_{eA} \geq 50$ %)
γ	• $I_\gamma \geq 0{,}5$ %, limité aux 15 émissions les plus intenses • Si aucune intensité $\geq$ 0,5 %, les quatre émissions les plus intenses • L'émission gamma de 511 keV, signature de la désintégration β^+ est toujours donnée
X	• $I_X \geq 1$ % et $E_X \geq 5$ keV

Pour les rayonnements α, γ, X et électrons Auger, la dernière colonne indique de quel nucléide provient cette émission.

Pour les radionucléides ayant un descendant possédant un niveau métastable de période non négligeable, par exemple Mo-99 dont une partie des voies de désintégration alimente Tc-99m, les intensités des émissions gamma sont données pour les deux corps supposés à l'équilibre. Sont dans ce cas :
Rb-81 - Kr-81m ; Sr-91 - Y-91m ; Zr-95 - Nb-95m ; Mo-99 - Tc-99m ; Ru-103 - Rh-103m ; Sn-113 - In-113m ; Sb-125 - Te-125m ; Te-131m - Te-131 ; I-131 - Xe-131m ; Cs-137 - Ba-137m.

SYMBOLES ET DÉFINITIONS

$T_{1/2}$	$T_{1/2}$	Période radioactive
Desc.	Desc.	Nucléide(s) résultant de la désintégration
$Q^{+,\ -,\ \mathrm{IT},\ \alpha}$	$Q^{+,\ -,\ \mathrm{IT},\ \alpha}$	Énergie de la réaction (β^+ ou capture électronique, β^-, IT, α)
ε	ε	Capture électronique
IT	IT	Transition isomérique
En équilibre avec	In equilibrium with	Les intensités sont données pour les deux nucléides étant à l'équilibre
Auger e^-	Auger e^-	Électrons Auger K ou L
ec	Conv. e^-	Électrons de conversion
E_{max}	E_{max}	Énergie maximale de l'émission β en keV
E_{moy}	E_{avg}	Énergie moyenne de l'émission β en keV
Intensité	Intensity	Nombre d'émissions pour 100 désintégrations
Origine	Origin	Indique de quel nucléide provient cette émission
n (FS)	n (SF)	Nombre de neutrons de fission spontanée pour 100 désintégrations
Mode de production	Production mode	Seuls les principaux modes de production sont indiqués ainsi que leurs impuretés éventuelles
Référence	Reference	Laboratoire ayant réalisé l'évaluation. La date indiquée correspond à la date de dernière mise à jour dans la base NUCLÉIDE.

UNITÉS

Les valeurs recommandées sont exprimées :

- pour les périodes

	Unités
• en secondes pour $T_{1/2} \leq 60$ secondes	s
• en minutes pour $T_{1/2} > 60$ secondes	min
• en heures pour $T_{1/2} > 60$ minutes	h
• en jours pour $T_{1/2} > 24$ heures	d
• en années pour $T_{1/2} > 365$ jours	a

où 1 année tropique = 365,242 198 jours = 31 556 926 secondes ;

- pour les intensités d'émission, les valeurs sont données pour 100 désintégrations. Le nombre de décimales affichées tient compte de l'incertitude sur la valeur.

- les énergies sont exprimées en keV.

SIGLES ET AUTEURS

L'édition de ce recueil : sélection des données, mise en page, etc. a été assurée par : Marie-Martine Bé, Christophe Dulieu, Xavier Mougeot et Mark Kellett.

Les données publiées dans cette édition sont extraites, pour une grande partie, de la base de données NUCLÉIDE, à laquelle ont participé les auteurs figurant dans le tableau ci-dessous.

Les autres données proviennent de Evaluated Nuclear Structured Data File (ENSDF), base de données maintenue par Brookhaven National Laboratory et régulièrement publiée dans Nuclear Data Sheets (NDS), ou d'articles publiés dans Nuclear Physics (NP).

Sigle	Laboratoire et auteurs
CEA/LNE-LNHB ou LNHB	Laboratoire National Henri Becquerel, France M.M. Bé, V. Chisté, C. Dulieu, X. Mougeot, M.A. Kellett, N. Coursol, F. Lagoutine
ANL	Argonne National Laboratory, USA F.G. Kondev
CIEMAT	Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, Espagne M. Galán
CNDC	China Nuclear Data Center, Chine X. Huang
IAEA	International Atomic Energy Agency, Autriche A.L. Nichols
IFIN-HH	Institutul National de Fizica si Inginerie Nucleara, Roumanie A. Luca
INEEL	Idaho National Engineering and Environmental Laboratory, USA R.G. Helmer
KRI	V.G. Khlopin Radium Institute, Russie V.P. Chechev, N. Kuzmenko
KRISS	Korea Research Institute of Standards and Science, Corée du Sud K.B. Lee
LBNL	Lawrence Berkeley National Laboratory, USA E. Browne, C. Baglin
NPL	National Physical Laboratory, Royaume-Uni T.D. MacMahon, A. Pearce, A. Arinc
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Allemagne E. Schönfeld

Surrey Univ. & Manipal Univ.	University of Surrey, Royaume-Uni University of Manipal, Inde A.L. Nichols
Tsing Hua Univ.	Tsing Hua University, Chine S.C. Wu
USP	Universidade de São Paulo, Brésil V.R. Vanin, R.M. de Castro
NDS	Nuclear Data Sheets
NP	Nuclear Physics

AVERTISSEMENT

Ce document a été imprimé en 2014. Pour toutes les nouvelles évaluations et mises à jours ultérieures des données, le lecteur se référera aux documents accessibles sur : **http://www.nucleide.org/NucData.htm**

INTRODUCTION

The French Atomic Energy Commission's (CEA) Laboratoire National Henri Becquerel (LNHB) has been designated as the national metrology laboratory for measuring radioactivity (unit: *becquerel*) and photon and charged particle dosimetry (unit: *gray*) by the French National Metrology Institute (LNE).

FOREWORD

The work of the Laboratoire National Henri Becquerel (LNHB) and the Decay Data Evaluation Project (DDEP) international group in the field of radioactive decay data resulted in the publication of Tables of Radionuclides (Monographie BIPM-5, ISBN 92-822-2206-3, ISBN 92-822-2207-1, ISBN 92-822-2218-7, ISBN 92-822-2231-4, ISBN 13 978-92-822-2234-8, ISBN 13 978-92-822-2242-3 and ISBN 13 978-92-822-2248-5) published by the Bureau International des Poids et Mesures (BIPM). These documents provide users with all the comprehensive data characterizing ionizing radiations.

The Laboratoire National Henri Becquerel also created a database named NUCLÉIDE available on CD-ROM, as well as two websites:
http://www.nucleide.org and **http://laraweb.free.fr**

This booklet contains all the most useful parameters for characterizing a radionuclide, *i.e.* its radioactive half-life and its main alpha, beta, gamma and X-ray emissions.

Only the radionuclides most widely used or commonly encountered in the fields of medicine and industry are included in this pocket reference guide.

DESCRIPTION OF TABLES

In the tables, the radionuclides are designated by their chemical symbol. They are classified firstly by their mass number and secondly their atomic number.

A heading contains the symbol, the mass number, the atomic number, the radioactive half-life of the considered radionuclide as well as its standard uncertainty ($k = 1$), the mode or modes of decay and their branching fraction, and the daughter or daughters and their half-life if any.

This is followed by the main emissions, derived from the NUCLÉIDE database, selected on the basis of the following criteria:

Type of emission	Criteria
α	• $I_\alpha \geq 0{,}5\%$, restricted to the ten most intense emissions • If no intensity $\geq 0{,}5\%$ then the four most intense emissions
β	• $I_\beta \geq 1\%$, restricted to the ten most intense emissions
Conversion electrons	• $I_{ce} \geq 1\%$ and $E_{ce} \geq 5$ keV, restricted to the ten most intense emissions
Auger electrons	• ($I_{eA} \geq 1\%$ and $E_{eA} \geq 5$ keV) or ($I_{eA} \geq 50\%$)
γ	• $I_\gamma \geq 0{,}5\%$, restricted to the fifteen most intense emissions • If no intensity $\geq 0{,}5\%$ then the four most intense emissions • The 511 keV gamma emission, characteristic of the β^+ disintegration, is always given
X-ray	• $I_X \geq 1\%$ and $E_X \geq 5$ keV

For alpha, gamma, X-rays and Auger electrons, the last column indicates the nuclide emitting the particular radiation.

For radionuclides with a daughter having a metastable state with a non-negligible half-life, such as molybdenum 99, which decays, in part, to the

technetium 99 metastable state, the gamma emission intensities are given for the two nuclides in equilibrium. Hence, data for the following nuclides are given in equilibrium:
Rb-81 - Kr-81m ; Sr-91 - Y-91m ; Zr-95 - Nb-95m ; Mo-99 - Tc-99m ; Ru-103 - Rh-103m ; Sn-113 - In-113m ; Sb-125 - Te-125m ; Te-131m - Te-131 ; I-131 - Xe-131m ; Cs-137 - Ba-137m.

SYMBOLS AND DEFINITIONS

$T_{1/2}$	$T_{1/2}$	Radioactive half-life
Desc.	Desc.	Nuclide(s) resulting from the decay
$Q^{+,\ -,\ \mathrm{IT},\ \alpha}$	$Q^{+,\ -,\ \mathrm{IT},\ \alpha}$	Reaction energy (β^+ or electronic capture, β^-, IT, α)
ε	ε	Electron capture
IT	IT	Isomeric transition
En équilibre avec	In equilibrium with	The intensities are given for the two nuclides in equilibrium
Auger e^-	Auger e^-	Auger electrons K or L
ec	Conv. e^-	Conversion electrons
E_{max}	E_{max}	Maximum energy of the β emission in keV
E_{moy}	E_{avg}	Average energy of the β emission in keV
Intensité	Intensity	Number of emissions per 100 disintegrations
Origine	Origin	Indicates the nuclide emitting the radiation
n (FS)	n (SF)	Number of spontaneous fission neutrons emitted
Mode de production	Production mode	Only the main production modes are indicated, along with any associated impurities
Référence	Reference	The laboratory which made the evaluation. The date corresponds to the latest revision in the NUCLÉIDE database.

UNITS

The recommended values are given:

- for half-lives:

	Units
• in seconds for $T_{1/2} \leq 60$ seconds	s
• in minutes for $T_{1/2} > 60$ seconds	min
• in hours for $T_{1/2} > 60$ minutes	h
• in days for $T_{1/2} > 24$ hours	d
• in years for $T_{1/2} > 365$ days	a

where a tropical year = 365,242 198 days = 31 556 926 seconds;

- for emission intensities, per 100 disintegrations of the parent nuclide. The number of decimal places displayed takes into account the uncertainty on the value.

- for energies, in keV.

ACRONYMS AND AUTHORS

This booklet was created by Marie-Martine Bé, Christophe Dulieu, Xavier Mougeot and Mark Kellett; from data selection to typesetting.

The data published in this pocket edition are mainly derived from the NUCLÉIDE database, which the following authors have contributed to. Other data are taken from the Evaluated Nuclear Structured Data File (ENSDF), maintained by Brookhaven National Laboratory and regularly published in Nuclear Data Sheets (NDS), or from articles published in Nuclear Physics (NP).

Acronym	Laboratory and authors
CEA/LNE-LNHB or LNHB	Laboratoire National Henri Becquerel, France M.M. Bé, V. Chisté, C. Dulieu, X. Mougeot, M.A. Kellett, N. Coursol, F. Lagoutine
ANL	Argonne National Laboratory, USA F.G. Kondev
CIEMAT	Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, Spain M. Galán
CNDC	China Nuclear Data Center, China X. Huang
IAEA	International Atomic Energy Agency, Austria A.L. Nichols
IFIN-HH	Institutul National de Fizica si Inginerie Nucleara, Romania A. Luca
INEEL	Idaho National Engineering and Environmental Laboratory, USA R.G. Helmer
KRI	V.G. Khlopin Radium Institute, Russia V.P. Chechev, N. Kuzmenko
KRISS	Korea Research Institute of Standards and Science, South Korea K.B. Lee
LBNL	Lawrence Berkeley National Laboratory, USA E. Browne, C. Baglin
NPL	National Physical Laboratory, United Kingdom T.D. MacMahon, A. Pearce, A. Arinc
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Germany E. Schönfeld

Acronym	Laboratory and authors
Surrey Univ. & Manipal Univ.	University of Surrey, United Kingdom University of Manipal, India A.L. Nichols
Tsing Hua Univ.	Tsing Hua University, China S.C. Wu
USP	Universidade de São Paulo, Brazil V.R. Vanin, R.M. de Castro
NDS	Nuclear Data Sheets
NP	Nuclear Physics

IMPORTANT NOTE

This document was printed in 2014. For information on any new evaluations and updated data, please refer to the documents available at: **http://www.nucleide.org/NucData.htm**

LISTE DES RADIONUCLÉIDES

LIST OF RADIONUCLIDES

^{3}H ..... p 18
^{7}Be ..... p 18
^{10}Be ..... p 18
^{11}C ..... p 18
^{13}N ..... p 19
^{14}C ..... p 19
^{15}O ..... p 19
^{18}F ..... p 19
^{22}Na ..... p 20
^{24}Na ..... p 20
^{24m}Na ..... p 20
^{26}Al ..... p 20
^{28}Al ..... p 21
^{32}P ..... p 21
^{33}P ..... p 21
^{35}S ..... p 21
^{36}Cl ..... p 22
^{37}Ar ..... p 22
^{40}K ..... p 23
^{41}Ar ..... p 23
^{41}Ca ..... p 23
^{42}K ..... p 23
^{43}K ..... p 24
^{44}Sc ..... p 24
^{44}Ti ..... p 25
^{45}Ca ..... p 25
^{46}Sc ..... p 25
^{47}Ca ..... p 26
^{47}Sc ..... p 26
^{51}Cr ..... p 27
^{52}Mn ..... p 27
^{52m}Mn ..... p 28
^{52}Fe ..... p 28
^{54}Mn ..... p 29
^{55}Fe ..... p 29
^{56}Mn ..... p 30
^{56}Co ..... p 30
^{57}Co ..... p 31
^{57}Ni ..... p 31
^{58}Co ..... p 32
^{58m}Co ..... p 32
^{59}Fe ..... p 33
^{59}Ni ..... p 33
^{60}Co ..... p 34
^{60m}Co ..... p 34
^{61}Cu ..... p 35
^{63}Ni ..... p 35
^{63}Zn ..... p 36
^{64}Cu ..... p 36
^{65}Ni ..... p 37
^{65}Zn ..... p 37
^{66}Cu ..... p 38
^{66}Ga ..... p 38
^{67}Cu ..... p 39
^{67}Ga ..... p 39
^{68}Ga ..... p 40
^{68}Ge ..... p 40
^{73}Se ..... p 41
^{75}Se ..... p 41
^{76}As ..... p 42
^{79}Se ..... p 42
^{81m}Kr ..... p 42
^{81}Rb ..... p 43
^{81m}Rb ..... p 43
^{82}Br ..... p 44
^{85}Kr ..... p 44
^{85}Sr ..... p 45
^{86}Rb ..... p 45
^{87}Rb ..... p 45
^{88}Kr ..... p 46
^{88}Rb ..... p 46
^{88}Y ..... p 47
^{88}Zr ..... p 47
^{89}Sr ..... p 48
^{90}Kr ..... p 48
^{90}Rb ..... p 49
^{90m}Rb ..... p 49
^{90}Sr ..... p 50
^{90}Y ..... p 50
^{90m}Y ..... p 50
^{91}Sr ..... p 51
^{91}Y ..... p 51
^{92}Sr ..... p 52
^{92}Y ..... p 52
^{93}Zr ..... p 53
^{93m}Nb ..... p 53
^{93}Mo ..... p 54
^{94}Sr ..... p 54
^{94}Y ..... p 55
^{95}Zr ..... p 55
^{95}Nb ..... p 56
^{95m}Nb ..... p 56
^{96}Nb ..... p 57
^{99}Mo ..... p 57
^{99}Tc ..... p 58
^{99m}Tc ..... p 58
^{103}Ru ..... p 59
^{103m}Rh ..... p 59
^{103}Pd ..... p 60
^{106}Ru ..... p 60
^{106}Rh ..... p 61
^{108}Ag ..... p 61
^{108m}Ag ..... p 62
^{109}Pd ..... p 62
^{109}Cd ..... p 63
^{110}Ag ..... p 63
^{110m}Ag ..... p 64
^{111}Ag ..... p 64
^{111}In ..... p 65
^{113m}In ..... p 65
^{113}Sn ..... p 66
^{115m}In ..... p 66
^{116m}In ..... p 67
^{122}Sb ..... p 67
^{123m}Te ..... p 68
^{123}I ..... p 68

^{124}Sb ..... p 69
^{124}I ..... p 69
^{125}Sn ..... p 70
^{125}Sb ..... p 70
^{125m}Te ..... p 71
^{125}I ..... p 72
^{126}Sb ..... p 72
^{126}I ..... p 73
^{127}Sb ..... p 73
^{127}Te ..... p 74
^{127m}Te ..... p 74
^{127}Xe ..... p 75
^{128}I ..... p 75
^{129}Te ..... p 76
^{129m}Te ..... p 76
^{129}I ..... p 77
^{131}Te ..... p 77
^{131m}Te ..... p 78
^{131}I ..... p 79
^{131m}Xe ..... p 80
^{131}Cs ..... p 80
^{132}Te ..... p 81
^{132}I ..... p 81
^{133}Te ..... p 82
^{133}I ..... p 83
^{133}Xe ..... p 83
^{133m}Xe ..... p 84
^{133}Ba ..... p 84
^{134}Te ..... p 85
^{134}Cs ..... p 85
^{134m}Cs ..... p 86
^{135m}Xe ..... p 86
^{135}Cs ..... p 87
^{136}Cs ..... p 87
^{137}Cs ..... p 88
^{137m}Ba ..... p 88
^{138}Cs ..... p 89
^{138}La ..... p 89
^{139}Ba ..... p 90
^{139}Ce ..... p 90
^{140}Ba ..... p 91
^{140}La ..... p 91
^{141}Ce ..... p 92
^{143}Ce ..... p 92
^{143}Pr ..... p 93
^{144}Ce ..... p 93
^{144}Pr ..... p 94
^{147}Nd ..... p 94
^{147}Pm ..... p 95
^{147}Sm ..... p 95
^{148}Pm ..... p 95
^{148m}Pm ..... p 96
^{151}Sm ..... p 96
^{152}Eu ..... p 97
^{153}Sm ..... p 98
^{153}Gd ..... p 98
^{154}Eu ..... p 99
^{155}Eu ..... p 100
^{156}Eu ..... p 100
^{159}Gd ..... p 101
^{160}Tb ..... p 101
^{161}Tb ..... p 102
^{166}Ho ..... p 103
^{166m}Ho ..... p 103
^{169}Er ..... p 104
^{169}Yb ..... p 105
^{170}Tm ..... p 105
^{176}Lu ..... p 106
^{176m}Lu ..... p 106
^{177}Lu ..... p 107
^{178}Ta ..... p 107
^{178}W ..... p 108
^{181}W ..... p 108
^{182}Ta ..... p 109
^{185}W ..... p 109
^{186}Re ..... p 110
^{187}Re ..... p 110
^{188}Re ..... p 111
^{192}Ir ..... p 111
^{193m}Pt ..... p 112
^{194}Ir ..... p 112
^{195}Au ..... p 113
^{197}Hg ..... p 113
^{197m}Hg ..... p 114
^{198}Au ..... p 114
^{199}Au ..... p 115
^{200}Tl ..... p 115
^{200}Pb ..... p 116
^{201}Tl ..... p 116
^{201}Pb ..... p 117
^{202}Tl ..... p 117
^{203}Hg ..... p 118
^{203}Pb ..... p 118
^{204}Tl ..... p 119
^{206}Hg ..... p 119
^{206}Tl ..... p 120
^{207}Tl ..... p 120
^{207}Bi ..... p 121
^{208}Tl ..... p 121
^{209}Tl ..... p 122
^{209}Pb ..... p 122
^{209}Po ..... p 123
^{210}Tl ..... p 123
^{210}Pb ..... p 124
^{210}Bi ..... p 125
^{210}Po ..... p 125
^{211}Pb ..... p 126
^{211}Bi ..... p 126
^{211}Po ..... p 127
^{211}At ..... p 127
^{212}Pb ..... p 128
^{212}Bi ..... p 128
^{212}Po ..... p 129
^{213}Bi ..... p 129
^{213}Po ..... p 130
^{214}Pb ..... p 130
^{214}Bi ..... p 131
^{214}Po ..... p 132
^{215}Bi ..... p 132
^{215}Po ..... p 133
^{215}At ..... p 133
^{216}Po ..... p 134
^{217}At ..... p 134
^{217}Rn ..... p 134
^{218}Po ..... p 134
^{218}At ..... p 135
^{218}Rn ..... p 135
^{219}At ..... p 135
^{219}Rn ..... p 136
^{220}Rn ..... p 136
^{221}Fr ..... p 137
^{222}Rn ..... p 137
^{223}Fr ..... p 138
^{223}Ra ..... p 139
^{224}Ra ..... p 139
^{225}Ra ..... p 140

^{225}Ac ..... p 140
^{226}Ra ..... p 141
^{227}Ac ..... p 141
^{228}Ra ..... p 142
^{228}Ac ..... p 142
^{228}Th ..... p 143
^{230}Th ..... p 144
^{231}Th ..... p 144
^{231}Pa ..... p 145
^{232}Th ..... p 146
^{232}U ..... p 146
^{233}Th ..... p 147
^{233}Pa ..... p 147
^{234}Th ..... p 148
^{234m}Pa ..... p 149
^{234}U ..... p 149
^{235}U ..... p 150
^{235}Np ..... p 151
^{236}U ..... p 151
^{236}Np ..... p 152
^{236m}Np ..... p 153
^{237}U ..... p 153
^{237}Np ..... p 154
^{238}U ..... p 155
^{238}Np ..... p 156
^{238}Pu ..... p 156
^{239}U ..... p 157
^{239}Np ..... p 157
^{239}Pu ..... p 158
^{240}Pu ..... p 159
^{241}Pu ..... p 159
^{241}Am ..... p 160
^{242}Pu ..... p 160
^{242}Am ..... p 161
^{242m}Am ..... p 161
^{242}Cm ..... p 162
^{243}Am ..... p 162
^{243}Cm ..... p 163
^{244}Am ..... p 164
^{244m}Am ..... p 164
^{244}Cm ..... p 165
^{245}Cm ..... p 165
^{246}Cm ..... p 166
^{252}Cf ..... p 167

Production mode	Possible impurities
Cm-244 (n, γ) Cm-245	Cm-242, Cm-243, Cm-244
Cf-249 (α) Cm-245	*T*½ = 351 a

Reference: **KRI - 2010**

$^{246}_{96}$Cm

*T*½ : **4 723 (27) a**

Curium

Desc.: (α, 99,97385 %) **Pu-242** (373 x 10^3 a)
Q°: **5476,7 keV**

Alpha (3 lines) - Σ(Iα) omitted: 0,020 %

Energy (keV)	Intensity (%)	Type	Origin
5 343,7	20,81	α	Cm-246
5 387,5	79,17	α	Cm-246

Electrons (10 lines) - Σ(Ie–) omitted: 0,29 %

Energy (keV)	Intensity (%)	Type	Origin
6,2 – 23,0	7,20	Auger L	Pu-242
24,0	15,1	ec L	Pu-242
39,7	4,22	ec M	Pu-242
43,6	1,161	ec N	Pu-242

X (1 line)

Energy (keV)	Intensity (%)	Type	Origin
17,05	7,95	X_L	Pu-242

Gamma (2 lines)

Energy (keV)	Intensity (%)	Type	Origin
44,55	0,0279	γ	Pu-242
102,8	0,00134	γ	Pu-242

n (SF) (%)
7,7 x 10^{-2}

Production mode	Possible impurities
Cm-245 (n, γ) Cm-246	-
Cf-250 (α) Cm-246	*T*½ = 13,08 a

Reference: **ANL - 2006**

$^{252}_{98}Cf$

$T_{½}$: **2,6470 (26) a**

Californium

Desc.: (α, 96,914 %) **Cm-248** (348 x 10^3 a), (SF, 3,086 %)

$Q^{α}$: **6216,87 keV**

Alpha (4 lines) - Σ($I_α$) omitted: 0,23 %

Energy (keV)	Intensity (%)	Type	Origin
6 075,64	15,1	α	Cf-252
6 118,1	81,7	α	Cf-252

Electrons (15 lines) - Σ(I_{e^-}) omitted: 1,3 %

Energy (keV)	Intensity (%)	Type	Origin
6,3 – 24,5	5,02	Auger L	Cm-248
21,7	10,93	ec L	Cm-248
38,3	3,08	ec M	Cm-248

X (5 lines) - Σ(I_X) omitted < 0,01 %

Energy (keV)	Intensity (%)	Type	Origin
17,98	6,07	X_L	Cm-248

Gamma (3 lines)

Energy (keV)	Intensity (%)	Type	Origin
43,40	0,0152	γ	Cm-248
100,2	0,0119	γ	Cm-248
154,5	0,00051	γ	Cm-248

n (SF) (%)

11,6

Production mode	Possible impurities
Pu-239 (multiple n-captures)	-

Reference: **CEA/LNE-LNHB - 2007**