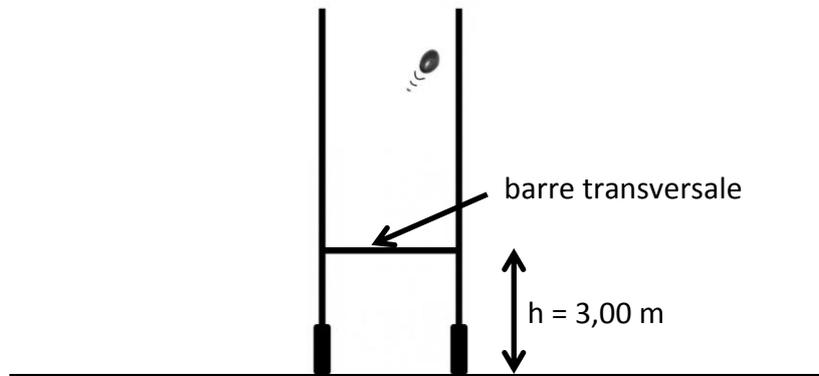




BRANCHE	SECTION(S)	ÉPREUVE ÉCRITE
Physique	B, C	Durée de l'épreuve : 3 heures Date de l'épreuve : 08 juin 2018

### I. Pénalité au rugby (17 points)

Un joueur de rugby place le ballon de rugby sur le sol à 35 m des poteaux de rugby en forme de H (représentés ci-dessous), afin de tenter une pénalité. Pour réussir la pénalité, rapportant 3 points à son équipe, il doit tirer le ballon de rugby, considéré comme corps ponctuelle de masse  $m = 450$  g, au-dessus de la barre transversale se trouvant à une hauteur  $h = 3,00$  m au-dessus du sol et entre les poteaux verticaux.

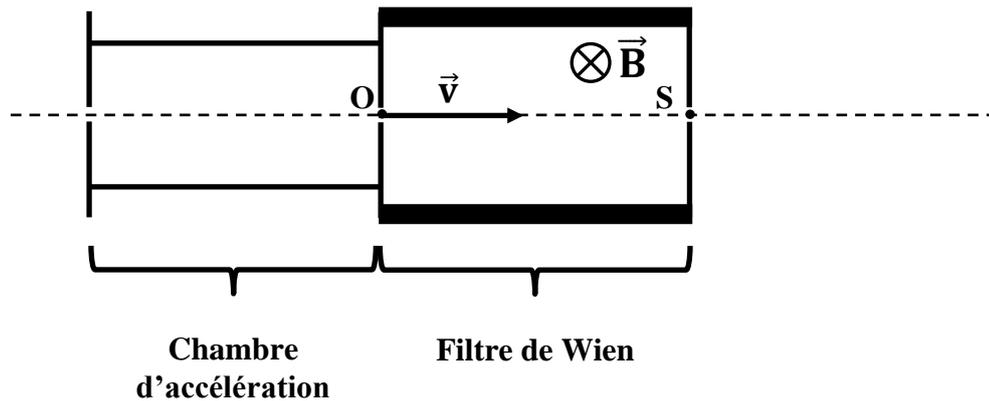


L'intensité de la vitesse initiale du ballon est  $v_0$  et l'angle de tir par rapport au sol vaut  $35^\circ$ . Malheureusement le joueur ne réussit pas la pénalité, car le ballon frappe la barre transversale.

- 1) Faites une figure soignée de la situation décrite, puis établissez l'expression du vecteur accélération et les équations horaires du mouvement. Déduisez-en finalement l'équation cartésienne du ballon. (7 pts)
- 2) Calculez l'intensité de la vitesse initiale  $v_0$  du ballon. (3 pts)
- 3) En supposant que la vitesse initiale du ballon soit de 20,40 m/s, déterminez les coordonnées du sommet de la trajectoire. (3 pts)
- 4) Calculez l'intensité de la vitesse avec laquelle le ballon frappe la barre transversale. (3 pts)
- 5) Le joueur aurait-il pu réussir la pénalité si la masse du ballon de rugby avait été plus petite ; les conditions initiales restant inchangées ? Justifiez votre réponse. (1 pt)

### II. Filtre de Wien (8 points)

Différentes particules, supposées chargées positivement, sont créées dans une chambre d'ionisation et pénètrent avec une vitesse négligeable dans une chambre d'accélération où elles sont accélérées linéairement à l'aide d'une tension accélératrice  $U_{acc}$ . Elles pénètrent ensuite dans un filtre de vitesse ou filtre de Wien tel que, uniquement les particules ayant la vitesse d'entrée voulue  $\vec{v}$  en O, parviennent à sortir du filtre avec la même vitesse de sortie  $\vec{v}$  en S. A l'intérieur du filtre règne un champ magnétique  $\vec{B}$ , tel qu'indiqué sur la figure de la page suivante, et un champ électrique  $\vec{E}$  dont les effets conjugués se compensent pour les particules ayant la vitesse d'entrée  $\vec{v}$  voulue.



- 1) Redessinez le filtre de Wien et indiquez sur la figure le champ électrique  $\vec{E}$ , la force de Lorentz  $\vec{f}_m$  ainsi que la force électrique  $\vec{F}$  pour une particule ayant la vitesse d'entrée  $\vec{v}$  voulue. Quelle relation existe entre les forces s'exerçant sur la particule ? Justifiez votre réponse. **(3 pts)**
- 2) Tracez sur la figure précédente l'allure approximative de la trajectoire d'une particule ayant une vitesse d'entrée trop petite. Justifiez votre réponse. **(2 pts)**
- 3) Laquelle des affirmations est correcte pour une particule chargée donnée ayant la vitesse d'entrée  $\vec{v}$  voulue et pour un champ électrique  $\vec{E}$  donné ? Justifiez votre choix. **(3 pts)**  
 (a) :  $B \sim U_{acc}$       (b) :  $B \sim \sqrt{U_{acc}}$       (c) :  $B \sim \frac{1}{U_{acc}}$       (d) :  $B \sim \frac{1}{\sqrt{U_{acc}}}$

### III. Fentes de Young (14 points)

Un pinceau de lumière monochromatique, de longueur d'onde  $\lambda$ , émis par un laser hélium-néon, éclaire lors d'une première expérience une double-fente composée de deux fentes parallèles séparées par une distance  $a = 0,5$  mm. Une figure d'interférence apparaît sur un écran placé perpendiculairement au pinceau lumineux à une distance  $D = 2,37$  m du plan des fentes.

- 1) Définissez la différence de marche aux 2 fentes d'un point M de l'écran. Etablissez la relation permettant de déterminer la position des centres des franges brillantes sur l'écran. Déduisez-en la formule de l'interfrange  $i$ . **(7 pts)**
- 2) Calculez la longueur d'onde  $\lambda$  de l'onde lumineuse sachant que 6 franges brillantes voisines sont séparées de 1,5 cm sur l'écran. **(3 pts)**
- 3) Une deuxième expérience similaire est effectuée et donne une deuxième figure d'interférence où les franges brillantes sont plus rapprochées que lors de la première expérience. **(4 pts)**  
 Les affirmations suivantes sont-elles correctes ? Justifiez votre réponse.
  - On a utilisé une double-fente où les fentes sont moins éloignées, tout en ne changeant pas la source lumineuse et en gardant la distance entre le plan des fentes et l'écran inchangée.
  - On a utilisé une nouvelle source monochromatique de fréquence plus élevée, tout en gardant la distance entre les deux fentes, ainsi que la distance entre le plan des fentes et l'écran inchangées.

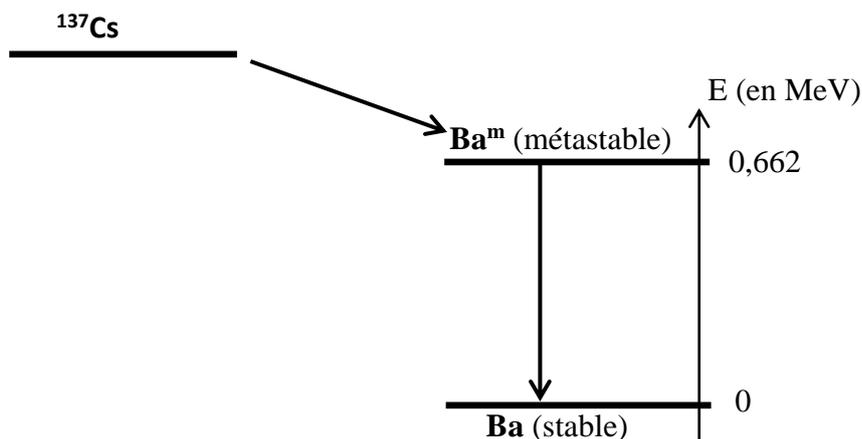
#### IV. Accélération d'un faisceau d'électrons (6 points)

Des électrons sont émis avec une vitesse initiale supposée nulle, dans un tube de Coolidge, servant à produire des rayons X, par un filament chauffé. Ils sont ensuite accélérés sous l'effet d'une tension accélératrice  $U = 50 \text{ kV}$  et vont frapper avec une vitesse  $v$  supérieure à  $0,1c$  une cible en cuivre afin de produire des rayons X.

- 1) Calculez dans le référentiel terrestre, l'énergie totale, ainsi que la vitesse d'un électron frappant la cible en cuivre. (4 pts)
- 2) Calculez la longueur d'onde associée à l'électron frappant la cible. (2 pts)

#### V. Essais nucléaires (15 points)

En 1960 la France a effectué plusieurs essais nucléaires dans le Sahara algérien dont les retombées radioactives ont été détectées jusque dans le sud de l'Europe. Lors de ces essais ont été libérés certains radioéléments tels que l'iode 131 ou le césium 137. Un noyau de césium 137 se désintègre et donne naissance à un noyau de baryum métastable (c.à.d. excité) qui se désexcite ensuite en un noyau de baryum stable tel qu'indiqué sur la figure ci-dessous.



- 1) Expliquez ce qu'on entend par radioactivité. (1 pt)
- 2) Expliquez comment un noyau peut, lors d'une désintégration  $\beta^-$ , émettre un électron, alors que, d'après le modèle de Rutherford, on sait qu'un noyau atomique ne contient aucun électron. (1 pt)
- 3) Etablissez la loi de désintégration radioactive, ainsi que la relation existant entre la demi-vie et la constante de désintégration d'un radioélément. (6 pts)
- 4) L'iode 131 libéré lors de ces essais nucléaires est-il encore présent aujourd'hui en grande quantité dans l'atmosphère? Justifiez votre réponse. (1 pt)
- 5) Ecrivez les deux équations de désintégration à partir d'un noyau de césium 137. (2 pts)
- 6) Après combien d'années l'activité du césium libéré lors des essais nucléaires a-t-elle diminué de 80% ? (2 pts)
- 7) Calculez la fréquence et la longueur d'onde du rayonnement émis lors de la désexcitation d'un noyau de baryum métastable dans l'atmosphère terrestre. (2 pts)

**Demi-vie  $T$  :** Iode 131 :  $T = 8$  jours ;  
Césium 137 :  $T = 30,17$  ans

## Relevé des principales constantes physiques

Grandeur physique	Symbole usuel	Valeur numérique	Unité
Constante d'Avogadro	$N_A$ (ou $L$ )	$6,022 \cdot 10^{23}$	$\text{mol}^{-1}$
Constante molaire des gaz parfaits	$R$	8,314	$\text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1}$
Constante de gravitation	$K$ (ou $G$ )	$6,673 \cdot 10^{-11}$	$\text{N m}^2 \text{kg}^{-2}$
Constante électrique pour le vide	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$	$8,988 \cdot 10^9$	$\text{N m}^2 \text{C}^{-2}$
Célérité de la lumière dans le vide	$c$	$2,998 \cdot 10^8$	$\text{m s}^{-1}$
Perméabilité du vide	$\mu_0$	$4\pi \cdot 10^{-7}$	$\text{H m}^{-1}$
Permittivité du vide	$\epsilon_0 = \frac{1}{\mu_0 c^2}$	$8,854 \cdot 10^{-12}$	$\text{F m}^{-1}$
Charge élémentaire	$e$	$1,602 \cdot 10^{-19}$	$\text{C}$
Masse au repos de l'électron	$m_e$	$9,1094 \cdot 10^{-31}$ $5,4858 \cdot 10^{-4}$ 0,5110	$\text{kg}$ $\text{u}$ $\text{MeV}/c^2$
Masse au repos du proton	$m_p$	$1,6726 \cdot 10^{-27}$ 1,0073 938,27	$\text{kg}$ $\text{u}$ $\text{MeV}/c^2$
Masse au repos du neutron	$m_n$	$1,6749 \cdot 10^{-27}$ 1,0087 939,57	$\text{kg}$ $\text{u}$ $\text{MeV}/c^2$
Masse au repos d'une particule $\alpha$	$m_\alpha$	$6,6447 \cdot 10^{-27}$ 4,0015 3727,4	$\text{kg}$ $\text{u}$ $\text{MeV}/c^2$
Constante de Planck	$h$	$6,626 \cdot 10^{-34}$	$\text{J s}$
Constante de Rydberg de l'atome d'hydrogène	$R_H$	$1,097 \cdot 10^7$	$\text{m}^{-1}$
Rayon de Bohr	$r_1$ (ou $a_0$ )	$5,292 \cdot 10^{-11}$	$\text{m}$
Energie de l'atome d'hydrogène dans l'état fondamental	$E_1$	-13,59	$\text{eV}$

Grandeurs liées à la Terre et au Soleil (elles peuvent dépendre du lieu ou du temps)		Valeur utilisée sauf indication contraire	
Composante horizontale du champ magnétique terrestre	$B_h$	$2 \cdot 10^{-5}$	$\text{T}$
Accélération de la pesanteur à la surface terrestre	$g$	9,81	$\text{m s}^{-2}$
Rayon moyen de la Terre	$R$	6370	$\text{km}$
Jour sidéral	$T$	86164	$\text{s}$
Masse de la Terre	$M_T$	$5,98 \cdot 10^{24}$	$\text{kg}$
Masse du Soleil	$M_S$	$1,99 \cdot 10^{30}$	$\text{kg}$

## Conversion d'unités en usage avec le SI

1 angström	$= 1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$
1 électronvolt	$= 1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
1 unité de masse atomique	$= 1 \text{ u} = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,49 \text{ MeV}/c^2$

Formules trigonométriques

$\sin^2 x + \cos^2 x = 1$ $\cos^2 x = \frac{1}{1 + \operatorname{tg}^2 x}$			$\sin^2 x = \frac{\operatorname{tg}^2 x}{1 + \operatorname{tg}^2 x}$	$1 + \operatorname{tg}^2 x = \frac{1}{\cos^2 x}$
$\sin(\pi - x) = \sin x$ $\cos(\pi - x) = -\cos x$ $\operatorname{tg}(\pi - x) = -\operatorname{tg} x$	$\sin(\pi + x) = -\sin x$ $\cos(\pi + x) = -\cos x$ $\operatorname{tg}(\pi + x) = \operatorname{tg} x$	$\sin(-x) = -\sin x$ $\cos(-x) = \cos x$ $\operatorname{tg}(-x) = -\operatorname{tg} x$		
$\sin\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \cos x$ $\cos\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \sin x$ $\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \operatorname{cotg} x$	$\sin\left(\frac{\pi}{2} + x\right) = \cos x$ $\cos\left(\frac{\pi}{2} + x\right) = -\sin x$ $\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} + x\right) = -\operatorname{cotg} x$			
$\sin(x + y) = \sin x \cos y + \cos x \sin y$ $\sin(x - y) = \sin x \cos y - \cos x \sin y$	$\cos(x + y) = \cos x \cos y - \sin x \sin y$ $\cos(x - y) = \cos x \cos y + \sin x \sin y$	$\operatorname{tg}(x + y) = \frac{\operatorname{tg} x + \operatorname{tg} y}{1 - \operatorname{tg} x \operatorname{tg} y}$ $\operatorname{tg}(x - y) = \frac{\operatorname{tg} x - \operatorname{tg} y}{1 + \operatorname{tg} x \operatorname{tg} y}$		
$\sin 2x = 2 \sin x \cos x$ $\cos 2x = \cos^2 x - \sin^2 x$	$2 \cos^2 x = 1 + \cos 2x$ $2 \sin^2 x = 1 - \cos 2x$	$\sin 2x = \frac{2 \operatorname{tg} x}{1 + \operatorname{tg}^2 x}$	$\cos 2x = \frac{1 - \operatorname{tg}^2 x}{1 + \operatorname{tg}^2 x}$	$\operatorname{tg} 2x = \frac{2 \operatorname{tg} x}{1 - \operatorname{tg}^2 x}$
$\sin 3x = 3 \sin x - 4 \sin^3 x$	$\cos 3x = -3 \cos x + 4 \cos^3 x$			
$\sin p + \sin q = 2 \sin \frac{p+q}{2} \cos \frac{p-q}{2}$ $\sin p - \sin q = 2 \sin \frac{p-q}{2} \cos \frac{p+q}{2}$ $\cos p + \cos q = 2 \cos \frac{p+q}{2} \cos \frac{p-q}{2}$ $\cos p - \cos q = -2 \sin \frac{p+q}{2} \sin \frac{p-q}{2}$	$\operatorname{tg} p + \operatorname{tg} q = \frac{\sin(p+q)}{\cos p \cos q}$ $\operatorname{tg} p - \operatorname{tg} q = \frac{\sin(p-q)}{\cos p \cos q}$			
$\sin x \cos y = \frac{1}{2} [\sin(x+y) + \sin(x-y)]$ $\cos x \cos y = \frac{1}{2} [\cos(x+y) + \cos(x-y)]$ $\sin x \sin y = \frac{1}{2} [\cos(x-y) - \cos(x+y)]$				

# TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS

<http://www.periodni.com/fr/>

PÉRIODE	GROUPE		NUMÉRO DU GROUPE RECOMMANDATIONS DE L'IUPAC (1985)																18					
	1	IIA	IIIA	IVA	V	VI	VII	VIII	9	10	11	12	IIIB	IVB	V	VI	VII	VIII	18					
1	<b>H</b> HYDROGÈNE 1 1.0079																		<b>He</b> HELIUM 2 4.0026					
2	<b>Li</b> LITHIUM 3 6.941	<b>Be</b> BÉRYLLIUM 4 9.0122																	<b>B</b> BORE 5 10.811	<b>C</b> CARBONE 6 12.011	<b>N</b> AZOTE 7 14.007	<b>O</b> OXYGÈNE 8 15.999	<b>F</b> FLUOR 9 18.998	<b>Ne</b> NÉON 10 20.180
3	<b>Na</b> SODIUM 11 22.990	<b>Mg</b> MAGNÉSIMUM 12 24.305																	<b>Al</b> ALUMINIUM 13 26.982	<b>Si</b> SILICIUM 14 28.086	<b>P</b> PHOSPHORE 15 30.974	<b>S</b> SOUFRE 16 32.065	<b>Cl</b> CHLORE 17 35.453	<b>Ar</b> ARGON 18 39.948
4	<b>K</b> POTASSIUM 19 39.098	<b>Ca</b> CALCIUM 20 40.078	<b>Sc</b> SCANDIUM 21 44.956	<b>Ti</b> TITANE 22 47.867	<b>V</b> VANADIUM 23 50.942	<b>Cr</b> CHROME 24 51.996	<b>Mn</b> MANGANESE 25 54.938	<b>Fe</b> FER 26 55.845	<b>Co</b> COBALT 27 58.933	<b>Ni</b> NICKEL 28 58.693	<b>Cu</b> CUIVRE 29 63.546	<b>Zn</b> ZINC 30 65.38	<b>Ga</b> GALLIUM 31 69.723	<b>Ge</b> GERMANIUM 32 72.64	<b>As</b> ARSENIC 33 74.922	<b>Se</b> SÉLÉNIUM 34 78.96	<b>Br</b> BROME 35 79.904	<b>Kr</b> KRYPTON 36 83.798						
5	<b>Rb</b> RUBIDIUM 37 85.468	<b>Sr</b> STRONTIUM 38 87.62	<b>Y</b> YTTRIUM 39 88.906	<b>Zr</b> ZIRCONIUM 40 91.224	<b>Nb</b> NIOBIUM 41 92.906	<b>Mo</b> MOLYBDÈNE 42 95.96	<b>Tc</b> TECHNÉTIUM 43 (98)	<b>Ru</b> RUTHÉNIUM 44 101.07	<b>Rh</b> RHODIUM 45 102.91	<b>Pd</b> PALLADIUM 46 106.42	<b>Ag</b> ARGENT 47 107.87	<b>Cd</b> CADMIUM 48 112.41	<b>In</b> INDIUM 49 114.82	<b>Sn</b> ÉTAIN 50 118.71	<b>Sb</b> ANTIMOINE 51 121.76	<b>Te</b> TELLURE 52 127.60	<b>I</b> IODE 53 126.90	<b>Xe</b> XÉNON 54 131.29						
6	<b>Cs</b> CÉSIMUM 55 132.91	<b>Ba</b> BARYUM 56 137.33	<b>La-Lu</b> Lanthanides 57-71	<b>Hf</b> HAFNIUM 72 178.49	<b>Ta</b> TANTALE 73 180.95	<b>W</b> TUNGSTÈNE 74 183.84	<b>Re</b> RHÉNIUM 75 186.21	<b>Os</b> OSMIUM 76 190.23	<b>Ir</b> IRIDIUM 77 192.22	<b>Pt</b> PLATINE 78 195.08	<b>Au</b> OR 79 196.97	<b>Hg</b> MERCURE 80 200.59	<b>Tl</b> THALLIUM 81 204.38	<b>Pb</b> PLOMB 82 207.2	<b>Bi</b> BISMUTH 83 208.98	<b>Po</b> POLONIUM 84 (209)	<b>At</b> ASTATE 85 (210)	<b>Rn</b> RADON 86 (222)						
7	<b>Fr</b> FRANCIUM 87 (223)	<b>Ra</b> RADIUM 88 (226)	<b>Ac-Lr</b> Actinides 89-103	<b>Rf</b> RUTHÉRFORDIUM 104 (267)	<b>Db</b> DUBNIUM 105 (268)	<b>Sg</b> SEABORGIUM 106 (271)	<b>Bh</b> BOHRRIUM 107 (272)	<b>Hs</b> HASSIUM 108 (277)	<b>Mt</b> MEITNERIUM 109 (276)	<b>Ds</b> DARMSTADTIUM 110 (281)	<b>Rg</b> ROENTGENIUM 111 (280)	<b>Cn</b> COPERNICIUM 112 (285)	<b>Fl</b> FLEROVIUM 113 (...)	<b>Uup</b> UNUNPENTIUM 114 (287)	<b>Lv</b> LIVERMORIUM 115 (...)	<b>Uus</b> UNUNSEPTIUM 116 (291)	<b>Uuo</b> UNUNOCTIUM 117 (...)	<b>Uu118</b> UNUNOCTIUM 118 (...)						

Copyright © 2012 Eht GeneraliC

LANTHANIDES

57 138.91	<b>La</b> LANTHANE	58 140.12	<b>Ce</b> CÉRIUM	59 140.91	<b>Pr</b> PRASÉODYME	60 144.24	<b>Nd</b> NÉODYME	61 (145)	<b>Pm</b> PROMÉTHIUM	62 150.36	<b>Sm</b> SAMARIUM	63 151.96	<b>Eu</b> EUROPIUM	64 157.25	<b>Gd</b> GADOLINIUM	65 158.93	<b>Tb</b> TERBIUM	66 162.50	<b>Dy</b> DYSPROSIUM	67 164.93	<b>Ho</b> HOLMIUM	68 167.26	<b>Er</b> ERBIUM	69 168.93	<b>Tm</b> THULIUM	70 173.05	<b>Yb</b> YTTÉRIUM	71 174.97	<b>Lu</b> LUTÉTIUM
89 (227)	<b>Ac</b> ACTINIUM	90 232.04	<b>Th</b> THORIUM	91 231.04	<b>Pa</b> PROTACTINIUM	92 238.03	<b>U</b> URANIUM	93 (237)	<b>Np</b> NEPTUNIUM	94 (244)	<b>Pu</b> PLUTONIUM	95 (243)	<b>Am</b> AMÉRICIUM	96 (247)	<b>Cm</b> CURIUM	97 (247)	<b>Bk</b> BERKÉLIUM	98 (251)	<b>Cf</b> CALIFORNIUM	99 (252)	<b>Es</b> EINSTEINIUM	100 (257)	<b>Fm</b> FERMIUM	101 (258)	<b>Md</b> MENDELÉVIUM	102 (259)	<b>No</b> NOBÉLIUM	103 (262)	<b>Lr</b> LAWRENCIUM

(1) Pure Appl. Chem., 81, No. 11, 2131-2156 (2009)

La masse atomique relative est donnée avec cinq chiffres significatifs. Pour les éléments qui n'ont pas de nucléides stables, la valeur entre parenthèses indique le nombre de masse de l'isotope de l'élément ayant la durée de vie la plus grande. Toutefois, pour les trois éléments (Th, Pa et U) qui ont une composition isotopique terrestre connue, une masse atomique est indiquée.