



BRANCHE	SECTION(S)	ÉPREUVE ÉCRITE
Physique	B, C	Durée de l'épreuve : 3 heures Date de l'épreuve : 23 septembre 2019

### I. Benny, le beagle (15)

Un dresseur de chien souhaite que son chien Benny ( $M = 9 \text{ kg}$ ) saute pour attraper une balle de masse  $m = 55 \text{ g}$  dans l'air. Dans la suite, on admet que le chien et la balle sont assimilables à des points matériels et que les forces de frottement sont négligeables.

A l'instant  $t = 0$ , le chien saute depuis un podium  $A$  (de hauteur  $y_{0,C} = 2 \text{ m}$ ) qui est posé sur le sol horizontal. La vitesse initiale du chien a une intensité  $v_{0,C} = 18 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  et l'angle entre  $\vec{v}_{0,C}$  et le sol horizontal vaut  $\alpha = 45^\circ$ . L'origine  $O$  du repère cartésien utilisé se situe au sol et à la verticale de  $A$ .

1. Etablir sur la base d'une figure les équations horaires de la position du chien. En déduire l'équation cartésienne de la trajectoire suivie par le chien (on demande les expressions littérales). (7)
2. Calculer les coordonnées du point où le chien atteint l'altitude maximale. (2)

A l'instant  $t = 0$ , la balle est lancée à partir d'une distance horizontale  $d = 1,2 \text{ m}$  de  $A$  et d'une hauteur  $h = 75 \text{ cm}$  au-dessus du sol avec une vitesse verticale  $\vec{v}_{0,B}$ .

3. Ecrire dans le repère cartésien les équations horaires (avec les valeurs numériques en unités SI) de la balle. (2)
4. Calculer  $v_{0,B}$  afin que le chien attrape la balle. (4)

### II. La sonde JUICE (10)

JUICE (Jupiter Icy Moons Explorer) est une sonde de l'agence spatiale européenne ESA destinée à étudier les trois satellites galiléens de Jupiter – Callisto, Europe et Ganymède. Prévue d'être lancée en 2022, la sonde devrait d'abord se trouver en orbite autour de Jupiter en janvier 2030, puis survoler à plusieurs reprises Callisto et Europe. JUICE se trouvera enfin sur des orbites circulaires de rayons différents autour de Ganymède.

Dans la suite, on considère que JUICE évolue sur une orbite circulaire à une altitude  $z_1 = 5000 \text{ km}$  au-dessus de la surface de Ganymède. On néglige l'interaction de la sonde avec Jupiter et les autres satellites naturels.

Données :

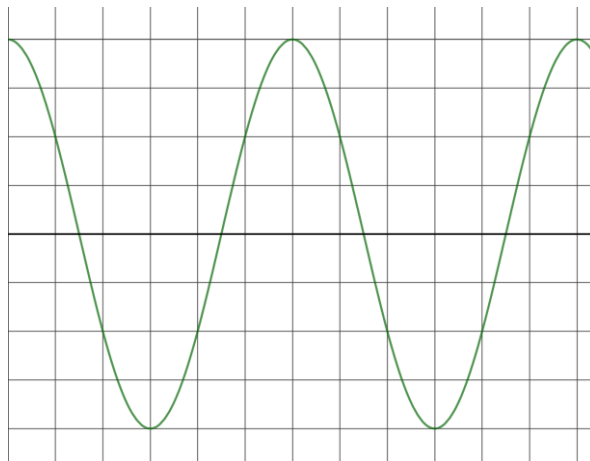
Masse $M$ de Ganymède	Diamètre de Ganymède
$1,48 \cdot 10^{23} \text{ kg}$	$5262 \text{ km}$

1. Etablir – à partir de la deuxième loi de Newton – l'expression de la norme de la vitesse  $v_1$  de la sonde en fonction de  $M$  et  $z_1$ . En déduire l'expression de la période de révolution de la sonde. Préciser le référentiel dans lequel l'étude est valable. (5)
2. Calculer la vitesse et la période (en heures) de la sonde. (3)

3. La sonde va également évoluer sur une orbite circulaire d'altitude  $z_2 = 500 \text{ km}$  au-dessus de Ganymède.  
 Commenter l'affirmation suivante : « L'intensité du champ de gravitation à l'altitude  $z_1$  est 100 fois plus faible qu'à l'altitude  $z_2$ . » (2)

### III. Oscillations électriques (10)

Un circuit est constitué d'une bobine d'inductance  $L = 57 \text{ mH}$  (de résistance négligeable) et d'un condensateur de capacité  $C$ . Il est le siège d'oscillations électriques libres relevées à l'aide d'un oscilloscope. L'évolution temporelle de la tension instantanée aux bornes du condensateur  $u_C$  est donnée par :



On donne les échelles suivantes :  $2\text{V/division}$  ;  $1\text{ms/division}$

- Déterminer la tension maximale  $U_0$  aux bornes du condensateur, la fréquence propre  $f_0$  des oscillations électriques ainsi que la capacité  $C$  du condensateur. (3)
- Calculer l'énergie électromagnétique emmagasinée dans le circuit. (1)
- Calculer l'intensité maximale du courant électrique. (1)
- Que vaut l'intensité du courant électrique lorsque la tension aux bornes du condensateur vaut  $4 \text{ V}$  ? (2)

On branche maintenant en série avec la bobine et le condensateur précédents une résistance de faible valeur ainsi qu'un générateur de tension à fréquence variable et un ampèremètre.

- Représenter schématiquement l'amplitude du courant électrique en fonction de la fréquence du générateur. Préciser le nom du phénomène observé. (3)

### IV. Ondes mécaniques (9)

Une corde élastique de masse linéique  $\mu = 5 \frac{\text{g}}{\text{m}}$  est fixée horizontalement par une de ses extrémités – notée  $S$  – à la pointe d'un vibreur qui effectue un mouvement harmonique de fréquence  $f = 20 \text{ Hz}$ . La corde est tendue par une force d'intensité  $F = 5,78 \text{ N}$ . La pointe balaye un segment vertical de longueur  $4 \text{ cm}$ .

Chaque point de la corde est repéré dans un repère cartésien  $(S, \vec{i}, \vec{j})$  par son abscisse  $x$  et son ordonnée  $y$ . On désigne par  $M_1$  et  $M_2$  les points de la corde d'abscisses  $x_1 = 1,7 \text{ m}$  respectivement  $x_2 = 2,9 \text{ m}$ .  
 On suppose qu'à l'instant initial,  $S$  passe par la position d'équilibre et se dirige dans le sens des  $y$  négatifs.

1. Déterminer l'équation  $y_s(t)$  gouvernant l'évolution temporelle de l'élongation de S. (2)
2. Calculer la longueur d'onde  $\lambda$  de l'onde qui se propage sans amortissement dans la corde. (1)
3. Ecrire – en unités SI – l'équation d'onde de l'onde qui se propage dans la corde. (1)
4. Vrai – faux (la réponse est à justifier) : (2)  
 $M_1$  et  $M_2$  sont en opposition de phase.

On reproduit maintenant avec la même corde ( $\mu = 5 \frac{g}{m}$ ) raccourcie à la longueur utile  $L' = 1,2 m$  l'expérience de Melde. Le vibreur effectue un mouvement d'amplitude  $Y_s = 1 cm$  et la fréquence est ajustée à  $f' = 100 Hz$ . La célérité de l'onde incidente – qui se propage – vaut maintenant  $c' = 48 \frac{m}{s}$ .

5. Ecrire, après justification, une relation entre  $L'$  et le nombre de fuseaux  $n$ . En déduire une relation permettant de calculer  $n$  en fonction de  $f'$ ,  $L'$  et  $c'$ . (2)
6. Déterminer le nombre de ventres de vibration qu'on va observer. (1)

### V. Scintigraphie osseuse (16)

La scintigraphie osseuse est un examen indiqué en cancérologie (détection de tumeurs osseuses) ou en rhumatologie. Elle consiste à injecter dans le sang d'un patient un produit radiopharmaceutique actif à base de technétium 99 métastable (noté par la suite  $^{99}Tc^*$ ). Le produit injecté va se fixer ensuite préférentiellement sur les zones du squelette où celui-ci se renouvelle plus rapidement. Un rayonnement  $\gamma$  émis par  $^{99}Tc^*$  possède une énergie de  $E = 141 keV$  et est détecté par une caméra. Finalement, on obtient une image reprenant la distribution du produit à l'intérieur de l'organisme.

Une infirmière injecte le produit dont l'activité initiale vaut  $A_0 = 490 MBq$  à un patient de masse  $m = 68 kg$ . On donne la constante radioactive de  $^{99}Tc^*$  :  $\lambda = 3,209 \cdot 10^{-5} s^{-1}$ .

1. Calculer le nombre de noyaux injectés  $N_0$  dans le corps du patient. (1)
2. Etablir la loi de décroissance radioactive de  $^{99}Tc^*$  faisant intervenir le nombre de noyaux injectés  $N_0$  et la constante radioactive  $\lambda$ . En déduire une relation entre la demi-vie et la constante radioactive. (7)
3. Calculer la longueur d'onde du rayonnement  $\gamma$  émis par  $^{99}Tc^*$ . (1)
4. Quelle est la durée de l'examen (en heures), sachant qu'à la fin de celui-ci, l'activité a diminué de 30% ? (3)

L'isotope  $^{99}Tc^*$  est obtenu par deux réactions successives : le molybdène 98 capte d'abord un neutron. Le produit de cette réaction fournit finalement  $^{99}Tc^*$  par décroissance radioactive.

5. Ecrire les deux réactions nucléaires permettant l'obtention de  $^{99}Tc^*$ . (2)
6. Calculer en  $MeV$  et en  $J$  l'énergie libérée lors de la désintégration radioactive de  $^{99}Mo$ . (2)

On donne :

Noyau	$^{98}Mo$	$^{99}Mo$	$^{99}Tc^*$
Masse en u	97,8824	98,8847	98,8827

## 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

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

## Formules trigonométriques

$$\sin^2 x + \cos^2 x = 1$$

$$\cos^2 x = \frac{1}{1 + \operatorname{tg}^2 x}$$

$$\sin^2 x = \frac{\operatorname{tg}^2 x}{1 + \operatorname{tg}^2 x}$$

$$1 + \operatorname{tg}^2 x = \frac{1}{\cos^2 x}$$

$$\begin{aligned} \sin(\pi - x) &= \sin x \\ \cos(\pi - x) &= -\cos x \\ \operatorname{tg}(\pi - x) &= -\operatorname{tg} x \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sin(\pi + x) &= -\sin x \\ \cos(\pi + x) &= -\cos x \\ \operatorname{tg}(\pi + x) &= \operatorname{tg} x \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sin(-x) &= -\sin x \\ \cos(-x) &= \cos x \\ \operatorname{tg}(-x) &= -\operatorname{tg} x \end{aligned}$$

$$\sin\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \cos x$$

$$\cos\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \sin x$$

$$\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \operatorname{cotg} x$$

$$\sin\left(\frac{\pi}{2} + x\right) = \cos x$$

$$\cos\left(\frac{\pi}{2} + x\right) = -\sin x$$

$$\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} + x\right) = -\operatorname{cotg} x$$

$$\begin{aligned} \sin(x + y) &= \sin x \cos y + \cos x \sin y \\ \sin(x - y) &= \sin x \cos y - \cos x \sin y \end{aligned}$$

$$\operatorname{tg}(x + y) = \frac{\operatorname{tg} x + \operatorname{tg} y}{1 - \operatorname{tg} x \operatorname{tg} y}$$

$$\begin{aligned} \cos(x + y) &= \cos x \cos y - \sin x \sin y \\ \cos(x - y) &= \cos x \cos y + \sin x \sin y \end{aligned}$$

$$\operatorname{tg}(x - y) = \frac{\operatorname{tg} x - \operatorname{tg} y}{1 + \operatorname{tg} x \operatorname{tg} y}$$

$$\begin{aligned} \sin 2x &= 2 \sin x \cos x \\ \cos 2x &= \cos^2 x - \sin^2 x \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2 \cos^2 x &= 1 + \cos 2x \\ 2 \sin^2 x &= 1 - \cos 2x \end{aligned}$$

$$\sin 2x = \frac{2 \operatorname{tg} x}{1 + \operatorname{tg}^2 x}$$

$$\cos 2x = \frac{1 - \operatorname{tg}^2 x}{1 + \operatorname{tg}^2 x}$$

$$\operatorname{tg} 2x = \frac{2 \operatorname{tg} x}{1 - \operatorname{tg}^2 x}$$

$$\sin 3x = 3 \sin x - 4 \sin^3 x$$

$$\cos 3x = -3 \cos x + 4 \cos^3 x$$

$$\sin p + \sin q = 2 \sin \frac{p+q}{2} \cos \frac{p-q}{2}$$

$$\sin p - \sin q = 2 \sin \frac{p-q}{2} \cos \frac{p+q}{2}$$

$$\cos p + \cos q = 2 \cos \frac{p+q}{2} \cos \frac{p-q}{2}$$

$$\cos p - \cos q = -2 \sin \frac{p+q}{2} \sin \frac{p-q}{2}$$

$$\operatorname{tg} p + \operatorname{tg} q = \frac{\sin(p+q)}{\cos p \cos q}$$

$$\operatorname{tg} p - \operatorname{tg} q = \frac{\sin(p-q)}{\cos p \cos q}$$

$$\sin x \cos y = \frac{1}{2} [\sin(x+y) + \sin(x-y)]$$

$$\cos x \cos y = \frac{1}{2} [\cos(x+y) + \cos(x-y)]$$

$$\sin x \sin y = \frac{1}{2} [\cos(x-y) - \cos(x+y)]$$

# TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS

18 VIIIA  
2 4.0026

PÉRIODE	NUMÉRO DU GROUPE RECOMMANDATIONS DE L'UPAC (1985)																		18 VIIIA
	1 IA	2 IIA	3 IIIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8 VIII	9 VIIIB	10	11 IB	12 IIB	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA		
1	1 1.0079 <b>H</b> HYDROGÈNE	2 4.0012 <b>He</b> HÉLIUM	3 6.941 <b>Li</b> LITHIUM	4 9.0122 <b>Be</b> BÉRYLLIUM	5 10.811 <b>B</b> BORE	6 12.011 <b>C</b> CARBONE	7 14.007 <b>N</b> AZOTE	8 15.999 <b>O</b> OXYGÈNE	9 18.998 <b>F</b> FLUOR	10 20.180 <b>Ne</b> NÉON	11 22.990 <b>Na</b> SODIUM	12 24.305 <b>Mg</b> MAGNÉSIIUM	13 26.982 <b>Al</b> ALUMINIUM	14 28.086 <b>Si</b> SILICIUM	15 30.974 <b>P</b> PHOSPHORE	16 32.065 <b>S</b> SOUFRE	17 35.453 <b>Cl</b> CHLORE	18 39.948 <b>Ar</b> ARGON	
2	19 39.098 <b>K</b> POTASSIUM	20 40.078 <b>Ca</b> CALCIUM	21 44.956 <b>Sc</b> SCANDIUM	22 47.867 <b>Ti</b> TITANE	23 50.942 <b>V</b> VANADIUM	24 51.996 <b>Cr</b> CHROME	25 54.938 <b>Mn</b> MANGANÈSE	26 55.845 <b>Fe</b> FER	27 58.933 <b>Co</b> COBALT	28 58.693 <b>Ni</b> NICKEL	29 63.546 <b>Cu</b> CUIVRE	30 65.39 <b>Zn</b> ZINC	31 69.723 <b>Ga</b> GALLIUM	32 72.64 <b>Ge</b> GERMANIUM	33 74.922 <b>As</b> ARSENIC	34 78.96 <b>Se</b> SÉLÉNIUM	35 79.904 <b>Br</b> BROME	36 83.80 <b>Kr</b> KRYPTON	
3	37 85.468 <b>Rb</b> RUBIDIUM	38 87.62 <b>Sr</b> STRONTIUM	39 88.906 <b>Y</b> YTRIIUM	40 91.224 <b>Zr</b> ZIRCONIUM	41 92.906 <b>Nb</b> NIوبيUM	42 95.94 <b>Mo</b> MOLYBDÈNE	43 (98) <b>Tc</b> TECHNÉTIIUM	44 101.07 <b>Ru</b> RUTHÉNIIUM	45 102.91 <b>Rh</b> RHODIUM	46 106.42 <b>Pd</b> PALLADIUM	47 107.87 <b>Ag</b> ARGENT	48 112.41 <b>Cd</b> CADMIUM	49 114.82 <b>In</b> INDIUM	50 118.71 <b>Sn</b> ÉTAIN	51 121.76 <b>Sb</b> ANTIMOINE	52 127.60 <b>Te</b> TELURE	53 126.90 <b>I</b> IODE	54 131.29 <b>Xe</b> XÉNON	
4	55 132.91 <b>Cs</b> CÉSIIUM	56 137.33 <b>Ba</b> BARYUM	57-71 <b>Lanthanides</b>	72 178.49 <b>Hf</b> HAFNIUM	73 180.95 <b>Ta</b> TANTALE	74 183.84 <b>W</b> TUNGSTÈNE	75 186.21 <b>Re</b> RHÉNIUM	76 190.23 <b>Os</b> OSMIUM	77 192.22 <b>Ir</b> IRIDIUM	78 195.08 <b>Pt</b> PLATINE	79 196.97 <b>Au</b> OR	80 200.59 <b>Hg</b> MERCURE	81 204.38 <b>Tl</b> THALLIUM	82 207.2 <b>Pb</b> PLOMB	83 208.98 <b>Bi</b> BISMUTH	84 (209) <b>Po</b> POLONIUM	85 (210) <b>At</b> ASTATE	86 (222) <b>Rn</b> RADON	
5	87 (223) <b>Fr</b> FRANCIUM	88 (226) <b>Ra</b> RADIUM	89-103 <b>Actinides</b>	104 (261) <b>Rf</b> RUTHERFORDIUM	105 (262) <b>Db</b> DUBNIUM	106 (266) <b>Sg</b> SEABORGIUM	107 (264) <b>Bh</b> BOHRIUM	108 (277) <b>Hs</b> HASSIUM	109 (268) <b>Mt</b> MEITNERIUM	110 (281) <b>Uu</b> UNUNIUM	111 (272) <b>Uuu</b> UNUNUNIUM	112 (285) <b>Uub</b> UNUNIUM	113 (284) <b>Uut</b> UNUNTRIUM	114 (289) <b>Uuq</b> UNUNQUADIUM	115 (288) <b>Uuq</b> UNUNQUADIUM	116 (289) <b>Uuq</b> UNUNQUADIUM	117 (289) <b>Uuq</b> UNUNQUADIUM	118 (289) <b>Uuq</b> UNUNQUADIUM	119 (289) <b>Uuq</b> UNUNQUADIUM

## Lanthanides

57 138.91 <b>La</b> LANTHANE	58 140.12 <b>Ce</b> CÉRIUM	59 140.91 <b>Pr</b> PRASEODYME	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	70 173.04 <b>Yb</b> YTTÉRIUM	71 174.97 <b>Lu</b> LUTÉTIUM
------------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------

## Actinides

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> MENDELEVIUM	102 (259) <b>No</b> NOBÉLIUM	103 (262) <b>Lr</b> LAWRENCIUM
-----------------------------------	-----------------------------------	--	----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------

(1) Pure Appl. Chem., 73, No. 4, 667-683 (2001)  
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.

Copyright © 1998-2002 EniG. (eni@krf-split.hr)