



# Concours régional 2016 des Olympiades de la chimie

## Epreuve de réflexion collaborative sur une problématique scientifique

Durée : 2h00 de préparation + 30 minutes de présentation et d'entretien devant le jury

### Description de l'épreuve

L'épreuve comprend trois parties :

1. La première partie (**5 minutes**) est la présentation d'une problématique proposée dont il est possible de ne présenter que quelques aspects bien choisis et justifiés par les candidats. L'évaluation de cette partie prend en compte : la pertinence de la présentation par rapport à la problématique, les connaissances scientifiques, la culture générale, l'intérêt porté au monde qui les entoure et qui leur permet de s'engager dans un débat de type sociétal (environnemental, économique, risque...), l'argumentation scientifique et l'aptitude à communiquer.
2. La seconde partie (**10 minutes**) est une résolution de problème. Elle fait appel aux documents fournis, ainsi qu'à des connaissances supplémentaires car les données peuvent parfois être incomplètes. Les candidats devront préparer un exposé présentant l'élaboration de la stratégie de résolution, les choix opérés, la mise en œuvre de la démarche, le(s) résultat(s) chiffré(s) obtenu(s) et l'analyse critique qu'ils en font, voire les améliorations qu'ils pourraient apporter à leur résolution. L'initiative, l'autonomie, la mobilisation de connaissances et de savoir-faire, ainsi que l'esprit critique seront particulièrement recherchés chez les candidats.
3. La troisième partie (**quinze minutes**) est un entretien avec le jury qui permettra aux candidats d'argumenter sur leurs choix, de développer des arguments, de faire avancer éventuellement une démarche de résolution non aboutie, d'améliorer le modèle retenu pour la résolution, de corriger d'éventuelles erreurs et de répondre à des questions diverses liées à la problématique étudiée.

#### Préparation de la présentation

Les candidats sont installés dans une salle au sein de laquelle ils effectuent leur préparation et leur présentation. L'équipe dispose d'un tableau, d'un ordinateur relié à un vidéoprojecteur, d'une calculatrice simple. L'ordinateur comporte un logiciel de présentation (diaporama), un traitement de texte et un tableur.

**Les candidats n'ont pas accès à internet et ne peuvent utiliser ni leur propre calculatrice ni leur téléphone portable.**

Chaque candidat dispose d'un sujet, qui par ailleurs se trouve aussi sous forme numérisée sur l'ordinateur, de manière à pouvoir éventuellement être utilisé pour la présentation.

Au cours de la préparation, les candidats travaillent ensemble sur la problématique, la résolution de problème. Ils peuvent néanmoins, à certains moments, se répartir les tâches notamment pour ce qui concerne la présentation. Une planification du travail de l'équipe s'avère nécessaire pour gagner en efficacité.

### **Présentation devant le jury**

L'équipe dispose de 15 minutes pour effectuer la présentation de son travail qui sera suivie de 15 minutes d'entretien.

Les trois candidats du groupe se répartissent **le temps de parole équitablement**, tant pour la présentation que lors de l'entretien.

Pour leur présentation, ils utilisent les supports de leur choix parmi ceux mis à disposition (papier, tableau, ordinateur...). Les formes de restitutions possibles ne se limitent pas à un texte rédigé, les communications scientifiques utilisant bien d'autres formes (courbes, schémas, graphes commentés, etc.). La durée relative aux deux parties de l'épreuve, indiquée sur le sujet doit être respectée.

La qualité de la présentation est évaluée.

A l'issue de la présentation, le jury pose des questions pendant 15 minutes sur les deux parties présentées.



## A propos des batteries lithium-ion

En France, les transports sont responsables pour une part importante de la dépendance énergétique. En 2009, la consommation d'énergie finale du secteur des transports était de près de 50 Mtep, dont 46,2 Mtep de produits pétroliers majoritairement importés, soit près de 70% de la consommation finale de pétrole.

Par ailleurs, le transport routier est à l'origine de plus de 90% des émissions de CO<sub>2</sub> du secteur des transports, et à hauteur de 50% pour les seuls véhicules particuliers. Cela équivaut, en millions de tonnes de CO<sub>2</sub> émis, à 110/120 MtCO<sub>2</sub>, sur un total, tous secteurs confondus (énergie, bâtiment, industrie, agriculture...) de près de 380 MtCO<sub>2</sub> (sources : chiffres du MEEDDM 2007 et 2008).

C'est pourquoi le développement du véhicule propre fait partie des priorités des politiques publiques, en réponse aux défis de l'énergie et du réchauffement climatique.

### **1. Problématique :**

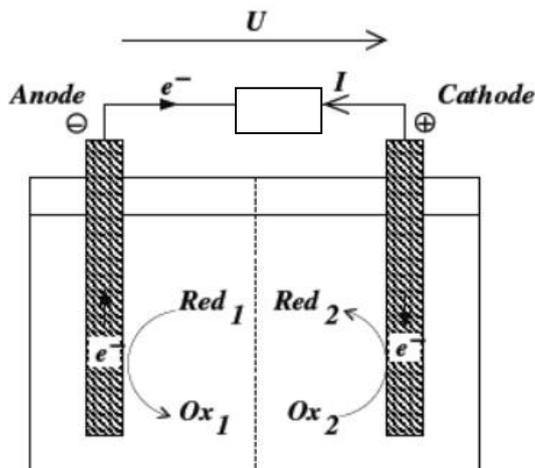
**Si on décidait de remplacer le parc automobile français à essence des particuliers par des véhicules électriques, les batteries lithium-ion seraient-elles une solution incontestable au stockage d'énergie au sein des véhicules électriques ?**

### **2. Problème ouvert :**

**Quel serait l'impact sur les émissions de CO<sub>2</sub> du remplacement d'un moteur à essence par un moteur électrique pour un trajet quotidien Poitiers-Angoulême ? Présenter une réponse chiffrée et argumentée à l'aide de vos connaissances et des documents fournis.**



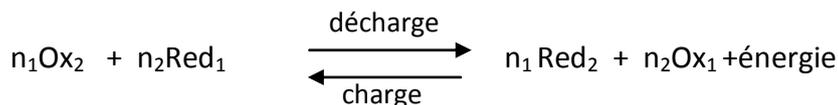
**DOCUMENT 1 : Constitution/fonctionnement d'une batterie (d'après l'actualité chimique - octobre-novembre 2011 -)**



*principe de fonctionnement d'une batterie*

Une batterie stocke l'énergie électrique de manière réversible en utilisant les propriétés d'oxydoréduction de deux matériaux : l'un réducteur (Red), l'autre oxydant (Ox). Le courant électrique utilisé lors du stockage (charge) ou produit lors de l'utilisation (décharge) met en jeu l'échange d'électrons entre ces deux composés constituant chacun une électrode. Alors que les électrons circulent dans le circuit extérieur, le transport d'espèces sous forme ionique dans un électrolyte imprégnant les électrodes permet aux réactions chimiques réversibles de se produire.

La réaction globale du système est donc :



Une batterie de véhicule électrique est constituée d'une association en série de cellules électrochimiques, en nombre suffisant pour obtenir la tension nécessaire.

**DOCUMENT 2 : Caractéristiques de différents types de batteries**

Les critères d'encombrement et de masse sont souvent les premières caractéristiques du cahier des charges. Par conséquent, la densité d'énergie (en Wh/L) et l'énergie spécifique (en Wh/kg) sont les propriétés qui détermineront la durée d'utilisation entre les recharges. C'est bien entendu un paramètre essentiel pour l'utilisateur (aussi bien pour un téléphone portable que pour une voiture électrique).

La deuxième condition pour assurer le fonctionnement correct de l'équipement est la puissance. Celle-ci, proportionnelle au courant que peut débiter l'accumulateur, est déterminée par les propriétés des composants électrochimiques, mais aussi et surtout par la technologie de fabrication. De faibles épaisseurs d'électrodes et des séparateurs très minces permettent de développer la surface du faisceau électrochimique dans le volume imparti, augmentant ainsi la cinétique et donc la puissance. Cependant, le volume des matériaux inactifs augmente en même temps (collecteurs de courant, séparateur, etc.).

On recherche donc le meilleur compromis puissance/ énergie pour une application donnée. Outre les caractéristiques électriques, la durée de vie (nombre de cycles de charge/décharge, vieillissement calendaire), la sécurité d'utilisation et le coût (en relation avec la durée de vie) , la diminution des temps de charge sont particulièrement importants pour les grosses batteries de véhicules électriques.

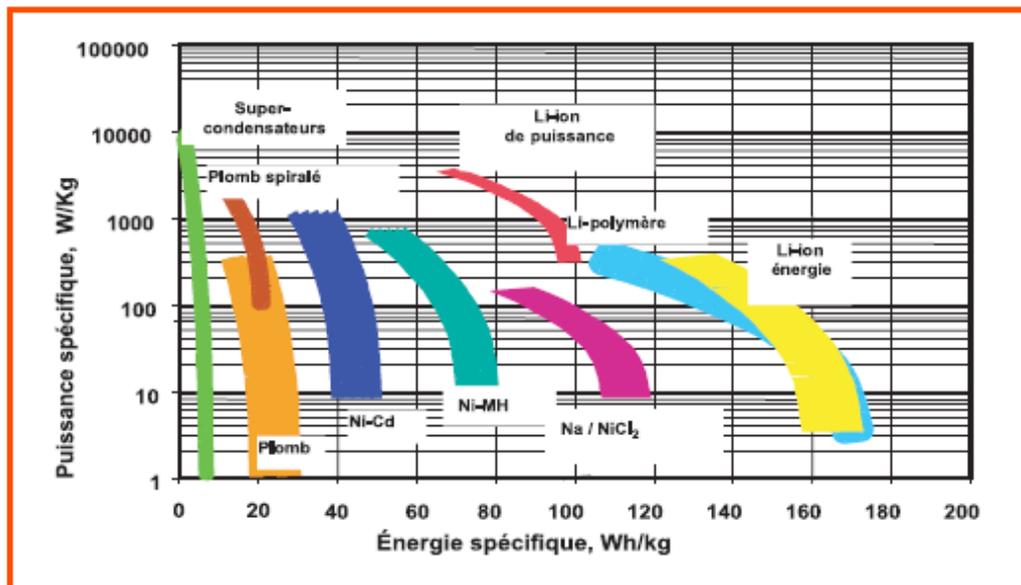
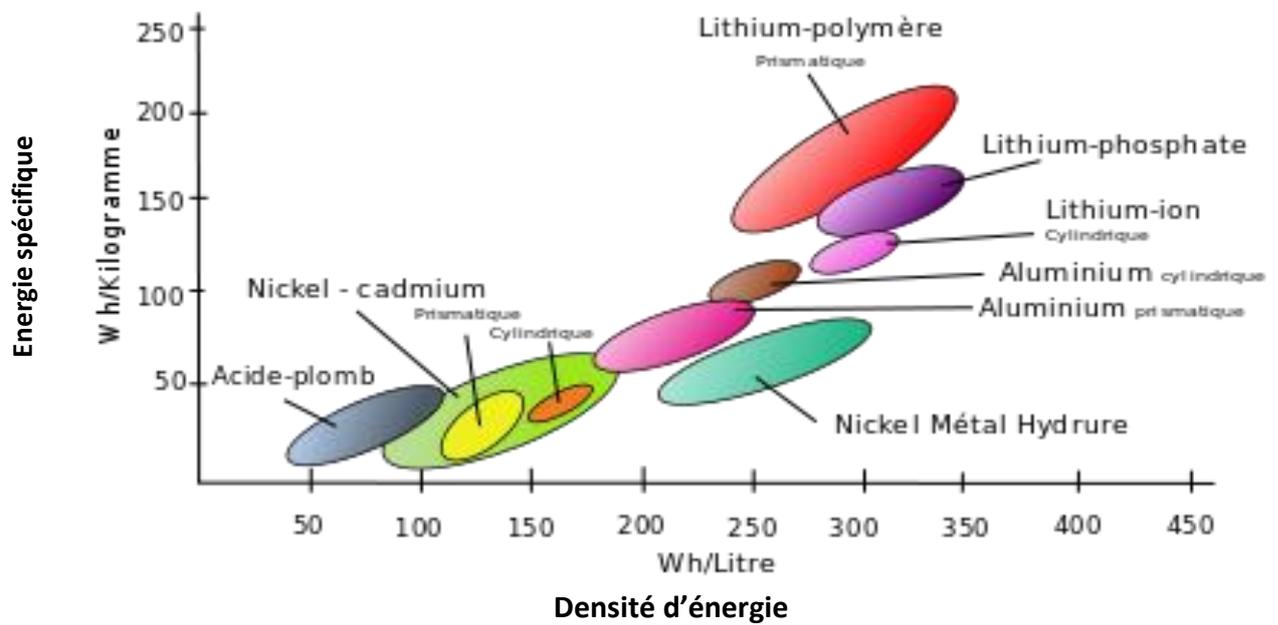


Figure 3 - Diagramme puissance/énergie pour les principaux types d'accumulateurs.

	Pb	Ni-MH	Li-ion	Li-polymères	Li-FePO4
Risques liés à l'endommagement des modules (inflammation, explosion)	Non	Non	Oui	Oui	Non
Durée de vie (nombre de cycles de charge et décharge)	300	500	750	750	2000
Respect de l'environnement (absence de composés toxiques)	Non	Non	Non	Non	Oui

### **DOCUMENT 3 : Caractéristiques de la voiture**

Puissance nécessaire au déplacement :	Sur route plate à 90km/h	15kW
	En côte de pente 8% à 90km/h	45kW
	Au démarrage	30kW

Rendement :	Moteur électrique	0,60
	Moteur à essence	0,25

### **DOCUMENT 4 : Energie d'un moteur à essence**

La réaction de combustion de l'essence fournit l'énergie nécessaire au véhicule. L'octane est l'alcane choisi comme référence pour étudier l'essence qui est un mélange complexe de plusieurs hydrocarbures. L'essence sera considérée comme un mélange d'isomères d'octane  $C_8H_{18}$ .

L'équation de la combustion complète de l'octane est :



l'énergie dégagée par la combustion d'une mole d'octane a pour valeur  $-5000 \text{ kJ.mol}^{-1}$

**DOCUMENT 5 : Approvisionnement en Lithium** (Document construit à partir de données de l'INERIS et Données industrielles et économiques (J-L Vignes))

Les batteries au lithium comptent environ 3 kg de lithium. La production mondiale : 27 000 tonnes par an. Les réserves mondiales sont localisées principalement dans des gisements inexploités, au Canada, en Afrique, en Australie, en Bolivie. Toute la filière d'approvisionnement est à créer, principalement dans des régions peu stables politiquement. Le développement de la voiture électrique présente un risque, à terme, d'avoir certains impacts géopolitiques qui rappellent ceux associés à l'exploitation des gisements d'énergies fossiles.

La production de lithium est assurée à partir de deux sources, à parts égales :

- L'exploitation de saumures de lacs salés en partie asséchés, appelés "salars" et présents principalement dans l'Altiplano de la Cordillère des Andes et au Tibet.
- L'exploitation, généralement à ciel ouvert, de gisements de pegmatites granitiques contenant des silicoaluminates de lithium : spodumène ( $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$ ), pétalite ( $\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$ ), lépidolite ( $\text{KLi}_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$ ). Le plus grand gisement connu de spodumène est situé à Greenbushes, en Australie.

**Productions**, en 2014, en t de lithium contenu : monde : 36 000 t.

Australie	13 000 t	Zimbabwe	1 000 t
Chili	12 900 t	États-Unis (estimation)	700 t
Chine	5 000 t	Portugal	570 t
Argentine	2 900 t	Brésil	400 t

Source : USGS

**Réserves minières** : en 2014, en milliers de t. Monde : 13,5 millions de t.

Chili	7 500	Portugal	60
Chine	3 500	Brésil	48
Australie	1 500	États-Unis	38
Argentine	850	Zimbabwe	23

**Document 6 : données**

1 W.h = 3600 J

# TABEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS

Adapté de <http://www.aphp.fr/plan/Air/periodic/afp/>

PÉRIODE	GROUPE		MASSÉ ATOMIQUE RELATIVE (1)																18																												
	1	2	13	14	15	16	17	18	13	14	15	16	17	18	13	14	15	16	17	18																											
1	<b>H</b> 1,0079 HYDROGÈNE	<b>He</b> 4,0026 Hélium																	<b>He</b> 4,0026 Hélium																												
2	<b>Li</b> 6,941 LITHIUM	<b>Be</b> 9,0122 Béryllium	<b>B</b> 10,811 Bore	<b>C</b> 12,011 Carbone	<b>N</b> 14,007 Azote	<b>O</b> 15,999 Oxygène	<b>F</b> 18,998 Fluor	<b>Ne</b> 20,180 Néon	<b>Al</b> 26,982 Aluminium	<b>Si</b> 28,086 Silicium	<b>P</b> 30,974 Phosphore	<b>S</b> 32,065 Soufre	<b>Cl</b> 35,453 Chlore	<b>Ar</b> 39,948 Argon	<b>K</b> 39,098 Potassium	<b>Ca</b> 40,078 Calcium	<b>Sc</b> 44,956 Scandium	<b>Ti</b> 47,867 Titane	<b>V</b> 50,942 Vanadium	<b>Cr</b> 51,996 Chrome	<b>Mn</b> 54,938 Manganèse	<b>Fe</b> 55,845 Fer	<b>Co</b> 58,933 Cobalt	<b>Ni</b> 58,693 Nickel	<b>Cu</b> 63,546 Cuivre	<b>Zn</b> 65,38 Zinc	<b>Ga</b> 69,723 Gallium	<b>Ge</b> 72,64 Germanium	<b>As</b> 74,922 Arsenic	<b>Se</b> 78,96 Sélénium	<b>Br</b> 79,904 Brome	<b>Kr</b> 83,80 Krypton															
3	<b>Na</b> 22,990 Sodium	<b>Mg</b> 24,305 Magnésium	<b>B</b> 10,811 Bore	<b>C</b> 12,011 Carbone	<b>N</b> 14,007 Azote	<b>O</b> 15,999 Oxygène	<b>F</b> 18,998 Fluor	<b>Ne</b> 20,180 Néon	<b>Al</b> 26,982 Aluminium	<b>Si</b> 28,086 Silicium	<b>P</b> 30,974 Phosphore	<b>S</b> 32,065 Soufre	<b>Cl</b> 35,453 Chlore	<b>Ar</b> 39,948 Argon	<b>K</b> 39,098 Potassium	<b>Ca</b> 40,078 Calcium	<b>Sc</b> 44,956 Scandium	<b>Ti</b> 47,867 Titane	<b>V</b> 50,942 Vanadium	<b>Cr</b> 51,996 Chrome	<b>Mn</b> 54,938 Manganèse	<b>Fe</b> 55,845 Fer	<b>Co</b> 58,933 Cobalt	<b>Ni</b> 58,693 Nickel	<b>Cu</b> 63,546 Cuivre	<b>Zn</b> 65,38 Zinc	<b>Ga</b> 69,723 Gallium	<b>Ge</b> 72,64 Germanium	<b>As</b> 74,922 Arsenic	<b>Se</b> 78,96 Sélénium	<b>Br</b> 79,904 Brome	<b>Kr</b> 83,80 Krypton															
4	<b>K</b> 39,098 Potassium	<b>Ca</b> 40,078 Calcium	<b>Sc</b> 44,956 Scandium	<b>Ti</b> 47,867 Titane	<b>V</b> 50,942 Vanadium	<b>Cr</b> 51,996 Chrome	<b>Mn</b> 54,938 Manganèse	<b>Fe</b> 55,845 Fer	<b>Co</b> 58,933 Cobalt	<b>Ni</b> 58,693 Nickel	<b>Cu</b> 63,546 Cuivre	<b>Zn</b> 65,38 Zinc	<b>Ga</b> 69,723 Gallium	<b>Ge</b> 72,64 Germanium	<b>As</b> 74,922 Arsenic	<b>Se</b> 78,96 Sélénium	<b>Br</b> 79,904 Brome	<b>Kr</b> 83,80 Krypton	<b>Rb</b> 85,468 Rubidium	<b>Sr</b> 87,62 Strontium	<b>Y</b> 88,906 Yttrium	<b>Zr</b> 91,224 Zirconium	<b>Nb</b> 92,906 Niobium	<b>Mo</b> 95,94 Molybdène	<b>Tc</b> 98 Technetium	<b>Ru</b> 101,07 Ruthénium	<b>Rh</b> 102,91 Rhodium	<b>Pd</b> 106,42 Paladium	<b>Ag</b> 107,87 Argent	<b>Cd</b> 112,41 Cadmium	<b>In</b> 114,82 Indium	<b>Sn</b> 118,71 Étain	<b>Sb</b> 121,76 Antimoine	<b>Te</b> 127,60 Tellure	<b>I</b> 126,90 Iode	<b>Xe</b> 131,29 Xénon											
5	<b>Rb</b> 85,468 Rubidium	<b>Sr</b> 87,62 Strontium	<b>Y</b> 88,906 Yttrium	<b>Zr</b> 91,224 Zirconium	<b>Nb</b> 92,906 Niobium	<b>Mo</b> 95,94 Molybdène	<b>Tc</b> 98 Technetium	<b>Ru</b> 101,07 Ruthénium	<b>Rh</b> 102,91 Rhodium	<b>Pd</b> 106,42 Paladium	<b>Ag</b> 107,87 Argent	<b>Cd</b> 112,41 Cadmium	<b>In</b> 114,82 Indium	<b>Sn</b> 118,71 Étain	<b>Sb</b> 121,76 Antimoine	<b>Te</b> 127,60 Tellure	<b>I</b> 126,90 Iode	<b>Xe</b> 131,29 Xénon	<b>Rb</b> 85,468 Rubidium	<b>Sr</b> 87,62 Strontium	<b>Y</b> 88,906 Yttrium	<b>Zr</b> 91,224 Zirconium	<b>Nb</b> 92,906 Niobium	<b>Mo</b> 95,94 Molybdène	<b>Tc</b> 98 Technetium	<b>Ru</b> 101,07 Ruthénium	<b>Rh</b> 102,91 Rhodium	<b>Pd</b> 106,42 Paladium	<b>Ag</b> 107,87 Argent	<b>Cd</b> 112,41 Cadmium	<b>In</b> 114,82 Indium	<b>Sn</b> 118,71 Étain	<b>Sb</b> 121,76 Antimoine	<b>Te</b> 127,60 Tellure	<b>I</b> 126,90 Iode	<b>Xe</b> 131,29 Xénon											
6	<b>Cs</b> 132,91 Césium	<b>Ba</b> 137,33 Baryum	<b>La-Lu</b> Lanthanides	<b>Hf</b> 178,49 Hafnium	<b>Ta</b> 180,95 Tungstène	<b>W</b> 183,84 Wolfram	<b>Re</b> 186,21 Rhenium	<b>Os</b> 190,23 Osmium	<b>Ir</b> 192,22 Iridium	<b>Pt</b> 195,08 Platine	<b>Au</b> 196,97 Or	<b>Hg</b> 200,59 Mercure	<b>Tl</b> 204,38 Thallium	<b>Pb</b> 207,2 Plomb	<b>Bi</b> 208,98 Bismuth	<b>Po</b> 209 Polonium	<b>At</b> 210 Astatote	<b>Rn</b> 222 Radon	<b>Cs</b> 132,91 Césium	<b>Ba</b> 137,33 Baryum	<b>La-Lu</b> Lanthanides	<b>Hf</b> 178,49 Hafnium	<b>Ta</b> 180,95 Tungstène	<b>W</b> 183,84 Wolfram	<b>Re</b> 186,21 Rhenium	<b>Os</b> 190,23 Osmium	<b>Ir</b> 192,22 Iridium	<b>Pt</b> 195,08 Platine	<b>Au</b> 196,97 Or	<b>Hg</b> 200,59 Mercure	<b>Tl</b> 204,38 Thallium	<b>Pb</b> 207,2 Plomb	<b>Bi</b> 208,98 Bismuth	<b>Po</b> 209 Polonium	<b>At</b> 210 Astatote	<b>Rn</b> 222 Radon											
7	<b>Fr</b> 223 Francium	<b>Ra</b> 226 Radium	<b>Ac-Lr</b> Actinides	<b>Rf</b> 104 Rutherfordium	<b>Db</b> 105 Dubnium	<b>Sg</b> 106 Seaborgium	<b>Bh</b> 107 Bohrium	<b>Hs</b> 108 Hassium	<b>Mt</b> 109 Meitnerium	<b>Uun</b> 110 Ununium	<b>Uuu</b> 111 Ununium	<b>Uub</b> 112 Unbium	<b>Uuq</b> 114 Unquadium	<b>Uup</b> 116 Unseptium	<b>Uuh</b> 118 Unoctium	<b>Uuo</b> 120 Unbinium	<b>Uuq</b> 114 Unquadium	<b>Uup</b> 116 Unseptium	<b>Uuh</b> 118 Unoctium	<b>Uuo</b> 120 Unbinium	<b>Uuq</b> 114 Unquadium	<b>Uup</b> 116 Unseptium	<b>Uuh</b> 118 Unoctium	<b>Uuo</b> 120 Unbinium	<b>Uuq</b> 114 Unquadium	<b>Uup</b> 116 Unseptium	<b>Uuh</b> 118 Unoctium	<b>Uuo</b> 120 Unbinium	<b>Uuq</b> 114 Unquadium	<b>Uup</b> 116 Unseptium	<b>Uuh</b> 118 Unoctium	<b>Uuo</b> 120 Unbinium	<b>Uuq</b> 114 Unquadium	<b>Uup</b> 116 Unseptium	<b>Uuh</b> 118 Unoctium	<b>Uuo</b> 120 Unbinium											
			<b>La</b> 138,91 Lanthane	<b>Ce</b> 140,12 Cérum	<b>Pr</b> 140,91 Praseodyme	<b>Nd</b> 144,24 Néodyme	<b>Pm</b> 145 Prométhée	<b>Sm</b> 150,36 Samarium	<b>Eu</b> 151,96 Europium	<b>Gd</b> 157,25 Gadolinium	<b>Tb</b> 158,93 Terbium	<b>Dy</b> 162,50 Dysprosium	<b>Ho</b> 164,93 Holmium	<b>Er</b> 167,26 Erbium	<b>Tm</b> 168,93 Thulium	<b>Yb</b> 173,04 Ytterbium	<b>Lu</b> 174,97 Lutétium	<b>Ac</b> 227 Actinium	<b>Th</b> 232,04 Thorium	<b>Pa</b> 231,04 Protactinium	<b>U</b> 238,03 Uranium	<b>Np</b> 237 Neptunium	<b>Pu</b> 244 Plutonium	<b>Am</b> 243 Americium	<b>Cm</b> 247 Curium	<b>Bk</b> 247 Berkélium	<b>Cf</b> 251 Californium	<b>Es</b> 252 Einsteinium	<b>Fm</b> 257 Fermium	<b>Md</b> 258 Mendelevium	<b>No</b> 259 Nobelium	<b>Lr</b> 260 Lawrencium	<b>Ac</b> 227 Actinium	<b>Th</b> 232,04 Thorium	<b>Pa</b> 231,04 Protactinium	<b>U</b> 238,03 Uranium	<b>Np</b> 237 Neptunium	<b>Pu</b> 244 Plutonium	<b>Am</b> 243 Americium	<b>Cm</b> 247 Curium	<b>Bk</b> 247 Berkélium	<b>Cf</b> 251 Californium	<b>Es</b> 252 Einsteinium	<b>Fm</b> 257 Fermium	<b>Md</b> 258 Mendelevium	<b>No</b> 259 Nobelium	<b>Lr</b> 260 Lawrencium

Copyright © 1998, 2003 Ed. de la Cité de la Chimie

(1) Pure Appl. Chem., 75, No. 4, 807-883 (2003)  
La masse atomique relative est donnée avec cinq chiffres significatifs. Pour les éléments qui n'ont pas de radioactivité connue, la valeur arrondie est indiquée. Le nombre de neutrons de l'isotope le plus abondant est indiqué en exposant de la notation.

Toutefois, pour les seuls éléments Tl, Po et U qui ont une composition isotopique connue, une masse relative arrondie est donnée.