



Concours régional 2018 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 (**10 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 (**5 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 (**15 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, carte mentale 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.



SMOG de pollution à L.A

Dépollution .

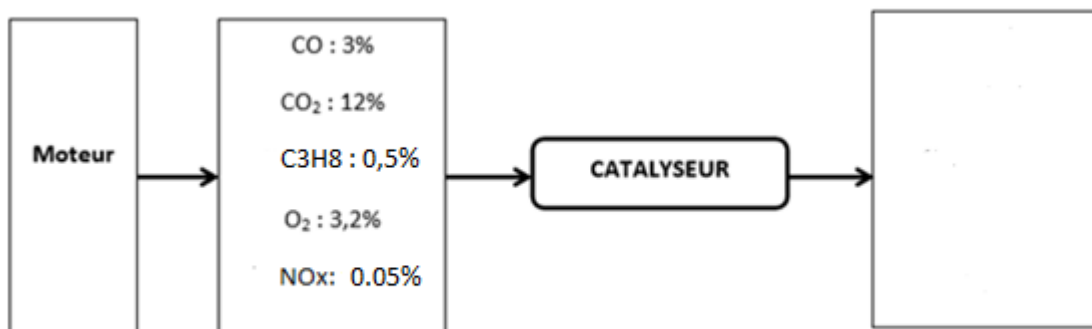
L'intensification constante du trafic et la pollution atmosphérique qui en découle, principalement au sein des agglomérations, constituent depuis de nombreuses années un problème d'intérêt majeur pour les pouvoirs publics. Dans le souci de limiter les émissions polluantes des véhicules à moteur, les pouvoirs publics ont fixé des seuils d'émissions admissibles. L'amélioration constante de la qualité des carburants (diminution de la teneur en soufre et en métaux lourds) et de la qualité des moteurs (amélioration de la combustion) ne suffit pas à compenser l'augmentation importante des niveaux de pollution de l'air par émission de gaz toxiques consécutive à l'énorme accroissement du parc automobile mondial. Dès les années 60, des lois de plus en plus sévères ont été émises pour réguler les émissions sur les trois plus grands marchés automobiles mondiaux : USA, Japon, Europe.

1. Problématique :

Les pouvoirs publics cherchent à imposer une législation de plus en plus contraignante en matière de rejet des gaz d'échappements des voitures. A l'aide de vos connaissances et des documents fournis, rédiger une synthèse sur les réponses apportées par les chimistes à ce problème de pollution de l'air par les voitures à essence. On prendra soin de définir les processus chimiques mis en jeu et les grandeurs associées. On complétera cette synthèse par une analyse critique de la réponse scientifique apportée à cette dépollution.

2. Problème ouvert :

Un analyseur de gaz d'échappement vérifie une Twingo à essence. On obtient le bilan suivant en pourcentage volumique. Une sonde à oxygène nommée « lambda » indique une valeur de 0,98. Présenter un bilan chiffré de cette dépollution en pourcentage volumique (dioxygène utilisé, rejets polluants après catalyse ..). Que pensez-vous de l'efficacité de cette dépollution?



DOCUMENT 1 : Combustion dans un moteur

En théorie, la combustion totale de l'essence conduit à la production de vapeur d'eau H₂O et de gaz carbonique CO₂, tous deux non toxiques (bien que le dernier contribue à l'effet de serre).

En réalité, et ce malgré les progrès réalisés sur les moteurs, la combustion est incomplète et conduit à des émissions de :

- monoxyde de carbone CO qui est un gaz inodore, incolore et très toxique,
- hydrocarbures imbrûlés, notés HC, dont certains (benzène en particulier) peuvent être très toxiques,
- gaz de la famille des oxydes d'azote, notés NO_x (N₂O, NO, NO₂), toxiques et qui concourent à la formation des pluies acides.

Pour les véhicules diesel, on peut en plus ajouter les particules de suie, notées PM. Lorsque leur concentration augmente dans l'air, elles entraînent et accroissent des troubles respiratoires et cardiovasculaires et peuvent provoquer des irritations oculaires et des maux de tête.

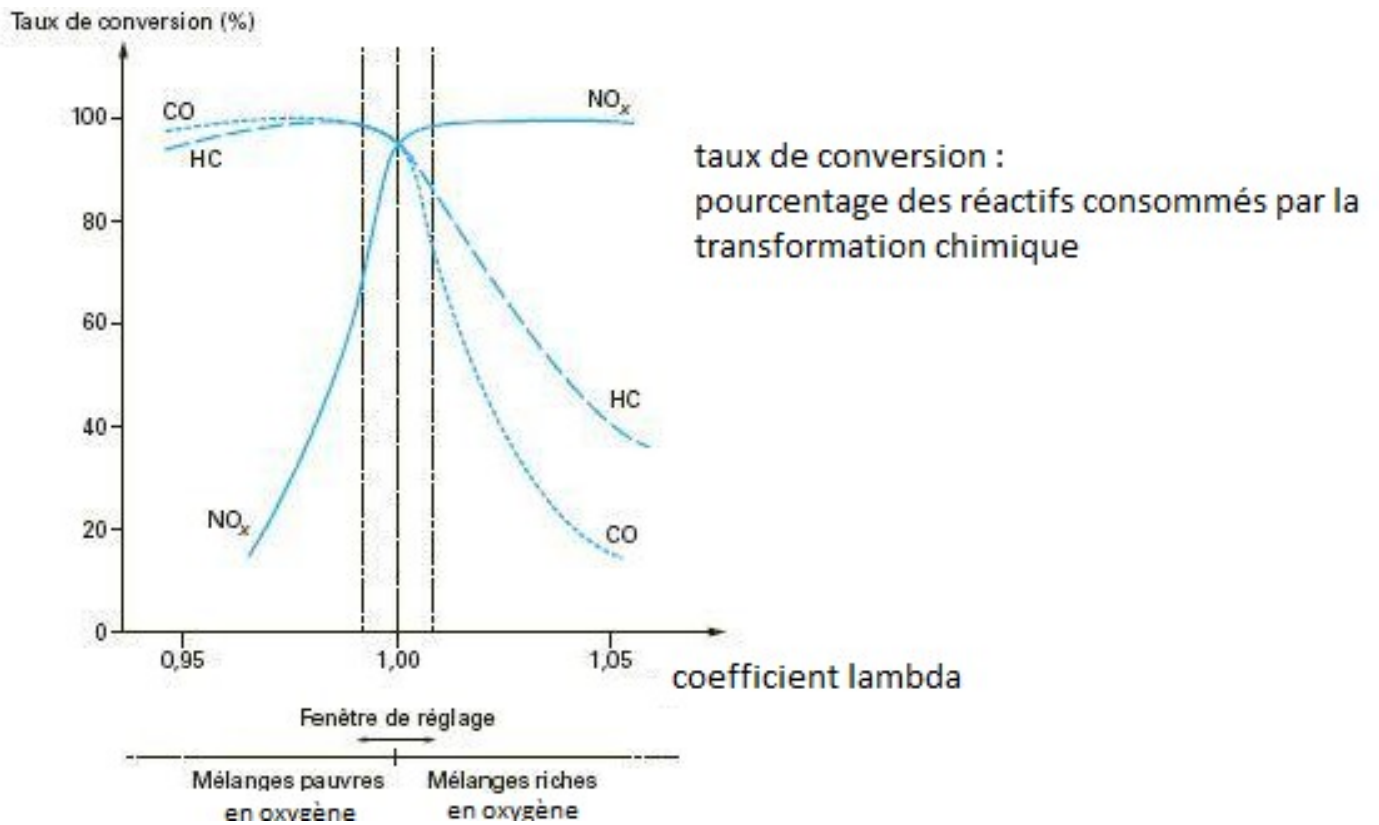
L'objectif est de transformer simultanément, très vite et à la température la plus basse possible (entre 250 et 1 000 °C) les gaz polluants (CO, HC divers dont le comportement est bien représenté par le propène, NO_x qu'on peut assimiler à NO) en gaz inoffensifs (CO₂, H₂O et N₂). CO et HC sont oxydés par le dioxygène de l'air, tandis que NO est réduit par CO. Pour mener à bien ces réactions, il faut une régulation électronique de l'injection (l'antique carburateur est rangé aux accessoires !) car les gaz d'échappements doivent être toujours très près de la stœchiométrie. Cette fonction est assurée par une sonde à oxygène dite sonde lambda qui mesure en permanence la stœchiométrie et agit, au moyen d'un calculateur, sur le rapport massique air/essence à l'injection.

Le coefficient d'air est le rapport entre la masse d'air introduite et la masse d'air théorique de 15 grammes nécessaire à la combustion complète de 1 gramme d'essence.

$$\lambda = \frac{\text{Masse d'air réelle}}{15}$$

Quand le rapport air/essence est correct, la composition des gaz d'échappement devrait ressembler aux valeurs suivantes :

- le dioxyde de carbone (CO₂) est élevé (10 à 15 %);
- le monoxyde de carbone (CO) et l'oxygène (O₂) devraient être semblables (0,2 à 1,5 % ou moins);
- les hydrocarbures (HC) seront bas (0.02% ou moins);
- les oxydes d'azote (NO_x) seront bas (0.04% ou moins).



Document 2 : film : animation sur la dépollution

<https://www.youtube.com/watch?v= hnHwjiaNA&feature=youtu.be>

Document 3 : Le pot catalytique

Le catalyseur est dit « trois-voies » car il doit assurer à la fois les oxydations de CO et des HC ainsi que la réduction des NOx.

Un site actif est une très petite particule (quelques dizaines d'atomes de métal) de palladium (Pd) ou de platine (Pt) pour les réactions d'oxydation, et de rhodium (Rh) pour la réaction de réduction : sur ce site actif, les réactifs vont s'adsorber pour pouvoir réagir chimiquement et former les produits de réaction. Comme il faut beaucoup de sites actifs, on va les disperser dans un très grand espace : on utilise la surface de très petites billes d'alumine (Al_2O_3) qui, côte à côte, représentent une très grande surface : l'aire est de $50 \text{ m}^2/\text{g}$. Cet ensemble est « collé » grâce à un support spécial le « washcoat » sur le monolithe céramique en nid d'abeille .

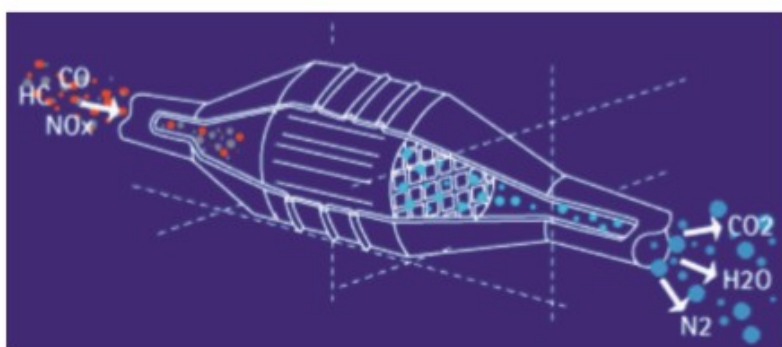
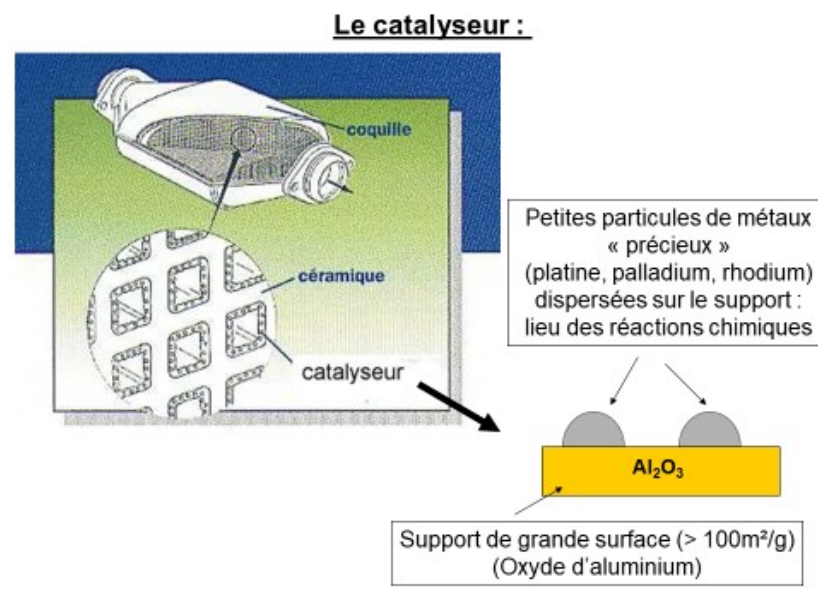


Fig. 2 - Schéma d'un pot catalytique
Avec l'aimable autorisation de Rhodia

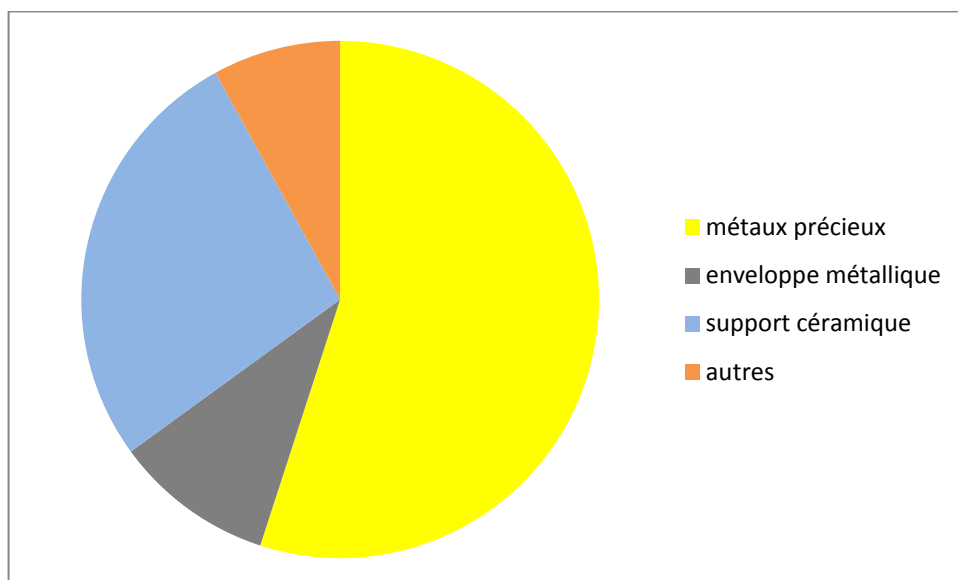
Les gaz d'échappement passent à travers le monolithe (en céramique ou métallique) composé d'une centaine de petits canaux selon une structure en nid d'abeille. Les parois des petits canaux sont enduites de la formulation catalytique composée de trois éléments clefs :

- Les métaux précieux : Pt , Pd, Rh.
- Les billes d'alumine.
- Le washcoat, dans lequel il y a de plus des composés à base d'oxyde de cérium CeO_2 (la cérine) qui servent « d'éponge à oxygène », car ils stockent et déstockent très rapidement de l'oxygène selon les besoins de la réaction catalytique : ils favorisent et améliorent ainsi le fonctionnement du pot. Les nouveaux pots catalytiques fixés près du moteur ont ainsi une efficacité quasi immédiate après le démarrage du moteur.

La surface catalytique active qui est très grande, équivalente à celle d'un terrain de football, permet d'assurer le plus de contacts possible entre le catalyseur et les gaz d'échappement et de convertir 98 % des gaz émis par le moteur.

Il faut que le catalyseur conserve ces propriétés pendant 160 000 km avec des pics d'exposition à des températures parfois supérieures à 1 000 °C. Les chimistes ont dû réaliser de grands sauts technologiques pour mettre au point des matériaux très stables dans lesquels les grains de métal précieux ne s'agglomèrent pas, ou ne s'encapsulent pas à l'intérieur des billes d'alumine, ce qui diminuerait beaucoup le nombre de sites actifs, donc l'efficacité du pot.

Le coût d'un pot catalytique se décompose comme indiqué sur le schéma ci-dessous :



Document 4 : Difficultés techniques du pot catalytique.

D'abord, la **conversion simultanée des trois gaz** (monoxyde de carbone, hydrocarbures imbrûlés, et oxydes d'azote) ne se fait efficacement que dans une fenêtre étroite de rapport air/essence de 15. Pour se maintenir au plus près de cette valeur, les constructeurs ont dû rajouter une sonde lambda, qui mesure en permanence le taux d'oxygène à la sortie du moteur. Elle transmet cette information à un ordinateur qui adapte alors l'injection d'essence dans le moteur.

» Deuxième problème : le pot catalytique doit pouvoir répondre aux **Brusques modifications de la composition des gaz**. Pour cela, on a ajouté de l'oxyde de cérium sur le support en alumine. Ce composé sert à emmagasiner l'oxygène quand le gaz d'échappement en contient beaucoup et le restitue quand il devient rare. Ainsi le taux d'oxygène reste à peu près constant.

» Troisième problème, non résolu à ce jour : la catalyse n'est efficace qu'à partir de 400°C. C'est-à-dire qu'il faut quelques minutes (10 km de trajet environ) avant que le pot catalytique ne se mette réellement en marche. Or, c'est au démarrage que les émissions de gaz toxiques sont les plus importantes. **Pour des petits trajets, il n'est donc d'aucune efficacité**, car le moteur n'a pas le temps de monter en température. Et la moitié des trajets effectués par les automobilistes sont inférieurs à cette distance ! Il existe des dispositifs qui "chauffent" artificiellement la sonde lambda, mais les performances ne sont pas encore au rendez-vous.

» Quatrième problème : **le soufre**, naturellement en faibles teneurs dans l'essence, constitue un poison qui limite la durée de vie du pot catalytique. Il se fixe sur les particules métalliques qui se bouchent. Pour cette même raison, les pots catalytiques des voitures diesel ont des alvéoles plus larges afin d'éviter leur encrassement par les particules de suie issues de la combustion de ce carburant.

» Cinquième problème : un pot catalytique est **extrêmement fragile** : un mauvais réglage de la combustion peut gravement l'endommager, laissant ainsi s'échapper de l'essence non brûlée qui s'enflammerait et détruirait les métaux catalyseurs. Et même en fonctionnement normal, sa durée de vie n'excède pas 160 000 km. Il faut donc penser à le changer sur une voiture assez ancienne.

» Enfin, le pot catalytique ne réduit pas du tout **les rejets de dioxyde de carbone** (non toxique, mais responsable de l'effet de serre) et aurait même tendance à augmenter la consommation.

Document 5 : Ressources minières

LES TERRES RARES

Les terres rares représentent le groupe des lanthanides (éléments de numéros atomiques compris entre 57 et 71, du lanthane au lutécium) auquel on ajoute, du fait de propriétés chimiques voisines (même colonne de la classification périodique), l'yttrium (Y) et le scandium (Sc). On distingue les terres cériques, légères (lanthane, cérium, praséodyme, néodyme et samarium) des terres yttriques, plus lourdes (les autres terres rares).

Malgré leur nom, les éléments constituant les terres rares ne sont pas rares. Le plus abondant, le cérium, est plus répandu dans l'écorce terrestre que le cuivre, le plus rare, le thulium, est 4 fois plus abondant que l'argent

PRODUCTIONS MINIERES : en 2016, dans le monde : 126 000 t d'oxydes de terres rares. En prenant en compte la production illégale chinoise, la production mondiale serait d'environ 221 000 t, dont 200 000 t en Chine.

Chine	105 000 t	Brésil	1 100 t
Australie	14 000 t	Thaïlande	800 t
Russie	3 000 t	Malaisie	300 t
Inde	1 700 t	Viet Nam	300 t

Source : USGS

Production par élément en 2015, sur un total de 170 000 t. Répartition par élément :

Ce	32 %	Pr	6 %
La	27 %	Sm	2 %
Nd	19 %	Dy	2 %
Y	9 %	Autres	3 %

Source : Argus

Évolution de la production minière mondiale :

	1985	1990	1994	1998	2000	2005	2010	2013	2016
Etats-Unis	13 428 t	22 700 t	20 700 t	5 000 t	5 000 t	0	0	4 000 t	0
Chine (officielle)	8 500 t	16 500 t	23 000 t	60 000 t	73 000 t	119 000 t	120 000 t	93 800 t	105 000 t
Australie	10 304 t	6 050 t	0	0	0	0	0	2 000 t	16 000 t
Russie	-	8 500	6 000 t	2 000 t	2 000 t	-	-	2 400 t	3 800 t

Source : USGS

PLATINE, PALLADIUM ET AUTRES PLATINOÏDES

PRODUCTIONS MINIERES : en t.

Platine, en 2016 : monde : 172 t, Union européenne (Finlande), en 2015 : 1 007 kg.

Afrique du Sud	120 t	Canada	9 t
Russie	23 t	États-Unis	3,9 t
Zimbabwe	13 t		

Source : USGS

Palladium, en 2016 : monde : 208 t, Union européenne (Finlande), en 2015 : 809 kg.

Russie	82 t	États-Unis	13,2 t
Afrique du Sud	73 t	Zimbabwe	10 t
Canada	23		

Source : USGS

Rhodium, en 2016 : monde : 23,2 t.

Afrique du Sud	18,5 t	Zimbabwe	1,2 t
Russie	2,5 t	Canada	0,6 t

Source : Anglo American

La production des autres platinoïdes est d'environ 30 t pour le ruthénium et de 6 t pour l'iridium.

Document 6 : Les Normes EURO (g/Km) de dépollution d'une voiture

EURO	Date	CO	HC	HC+N0x	N0x	Particules
DIESEL						
1	07/1992	2.72		0.97		0.14
2	01/1996	1.0		0.7		0.08
3	01/2000	0.64		0.56	0.50	0.05
4	01/2005	0.50		0.30	0.25	0.025
5	09/2009	0.50		0.23	0.18	0.005
6	09/2014	0.50		0.17	0.08	0.005
ESSENCE						
1	07/1992	2.72		0.97		
2	01/1996	2.2		0.5		
3	01/2000	2.2	0.20		0.15	
4	01/2005	1.0	0.10		0.08	
5	09/2009	1.0	0.10		0.06	0.005
6	09/2014	1.0	0.10		0.06	0.005

Document 7 : classification périodique

Tableau périodique des éléments chimiques

18

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18			
1 1,00794 1,1210 Hydrogène H	2 4,002602 Hélium He	3 6,941 20,2 0,88 Lithium Li	4 9,012182 9,882 1,57 Béryllium Be	5 22,989769 22,990 1,01 Sodium Na	6 24,30509 24,305 1,51 Magnésium Mg	7 39,0983 39,098 1,00 Calcium Ca	8 39,0983 39,098 1,00 Potassium K	9 85,4678 85,468 0,85 Rubidium Rb	10 132,9054 132,905 0,78 Césium Cs	11 132,9054 132,905 0,78 Francium Fr	12 223,0185 223,019 1,01 Radium Ra	13 10,811 10,811 0,94 Bore B	14 12,0107 12,011 0,84 Carbone C	15 14,0064 14,006 0,70 Azote N	16 15,9994 15,999 0,74 Oxygène O	17 18,998403 18,998 0,84 Fluor F	18 39,948 39,948 1,67 Argon Ar			
19 39,0983 39,098 1,00 Potassium K	20 40,078 40,078 1,00 Calcium Ca	21 44,95591 44,956 1,04 Scandium Sc	22 47,867 47,867 1,04 Titane Ti	23 50,9415 50,942 1,04 Vanadium V	24 50,9415 50,942 1,04 Chrome Cr	25 54,93804 54,938 1,01 Manganèse Mn	26 55,845 55,845 1,83 Fer Fe	27 58,93319 58,933 1,01 Cobalt Co	28 58,93319 58,933 1,01 Nickel Ni	29 63,546 63,546 1,06 Cuivre Cu	30 65,38 65,38 1,05 Zinc Zn	31 69,723 69,723 1,01 Gallium Ga	32 72,64 72,64 1,01 Germanium Ge	33 74,92160 74,922 1,01 Arsenic As	34 78,96 78,96 1,01 Sélénium Se	35 79,904 79,904 1,01 Brome Br	36 83,798 83,798 1,01 Krypton Kr			
37 85,4678 85,468 0,85 Rubidium Rb	38 87,62 87,62 0,85 Strontium Sr	39 88,90585 88,906 1,01 Yttrium Y	40 91,224 91,224 1,01 Zirconium Zr	41 92,90638 92,906 1,01 Niobium Nb	42 95,96 95,96 1,01 Molybdène Mo	43 98,90625 98,906 1,01 Technétium Tc	44 101,07 101,07 1,01 Ruthénium Ru	45 106,42 106,42 1,01 Rhodium Rh	46 107,8682 107,868 1,01 Argent Ag	47 107,8682 107,868 1,01 Cadmium Cd	48 112,414 112,414 1,01 Inconnu In	49 114,818 114,818 1,01 Indium In	50 118,710 118,710 1,01 Étain Sn	51 127,60 127,60 1,01 Antimoine Sb	52 126,9044 126,904 1,01 Iode I	53 131,293 131,293 1,01 Xénon Xe	54 131,293 131,293 1,01 Radon Rn			
55 132,9054 132,905 0,78 Césium Cs	56 137,327 137,327 0,89 Baryum Ba	57 174,9668 174,967 1,01 Lanthanum La	58 174,9668 174,967 1,01 Cérium Ce	59 180,9478 180,948 1,01 Praseodyme Pr	60 187,04 187,04 1,01 Neodyme Nd	61 188,054 188,054 1,01 Prométhée Pm	62 190,23 190,23 1,01 Europium Eu	63 190,23 190,23 1,01 Gadolinium Gd	64 195,084 195,084 1,01 Terbium Tb	65 197,04 197,04 1,01 Erbium Er	66 200,59 200,59 1,01 Ytterbium Yb	67 204,3833 204,383 1,01 Luéthium Lu	68 207,2 207,2 1,01 Hafnium Hf	69 208,9804 208,980 1,01 Tantalum Ta	70 208,9804 208,980 1,01 Wolfram W	71 208,9804 208,980 1,01 Rhenium Re	72 208,9804 208,980 1,01 Osmium Os	73 208,9804 208,980 1,01 Iridium Ir		
77 186,207 186,207 1,01 Plomb Pb	78 188,054 188,054 1,01 Bismuth Bi	79 196,9665 196,967 1,01 Or Au	80 196,9665 196,967 1,01 Mercure Hg	81 200,59 200,59 1,01 Thallium Tl	82 204,3833 204,383 1,01 Plomb Pb	83 208,9804 208,980 1,01 Bismuth Bi	84 208,9804 208,980 1,01 Polonium Po	85 208,9804 208,980 1,01 Astatine At	86 208,9804 208,980 1,01 Radon Rn	87 223,0185 223,019 1,01 Radium Ra	88 226,105 226,105 1,01 Actinium Ac	89 227,0380 227,038 1,01 Actinium Ac	90 232,0380 232,038 1,01 Thorium Th	91 232,0380 232,038 1,01 Protactinium Pa	92 238,0289 238,029 1,01 Uranium U	93 238,0289 238,029 1,01 Neptunium Np	94 238,0289 238,029 1,01 Plutonium Pu	95 238,0289 238,029 1,01 Americium Am		
97 158,9253 158,925 1,01 Terbium Tb	98 162,500 162,500 1,01 Dysprosium Dy	99 162,500 162,500 1,01 Erbium Er	100 167,259 167,259 1,01 Thulium Tm	101 168,9342 168,934 1,01 Ytterbium Yb	102 173,054 173,054 1,01 Lanthanum La	103 173,054 173,054 1,01 Cérium Ce	104 173,054 173,054 1,01 Praseodyme Pr	105 173,054 173,054 1,01 Neodyme Nd	106 173,054 173,054 1,01 Prométhée Pm	107 173,054 173,054 1,01 Europium Eu	108 173,054 173,054 1,01 Gadolinium Gd	109 173,054 173,054 1,01 Terbium Tb	110 173,054 173,054 1,01 Erbium Er	111 173,054 173,054 1,01 Ytterbium Yb	112 173,054 173,054 1,01 Lanthanum La	113 173,054 173,054 1,01 Cérium Ce	114 173,054 173,054 1,01 Praseodyme Pr	115 173,054 173,054 1,01 Neodyme Nd	116 173,054 173,054 1,01 Prométhée Pm	
117 173,054 173,054 1,01 Tennessé Ts	118 173,054 173,054 1,01 Oganesson Og	119 173,054 173,054 1,01 Tennessé Ts	120 173,054 173,054 1,01 Oganesson Og	121 173,054 173,054 1,01 Tennessé Ts	122 173,054 173,054 1,01 Oganesson Og	123 173,054 173,054 1,01 Tennessé Ts	124 173,054 173,054 1,01 Oganesson Og	125 173,054 173,054 1,01 Tennessé Ts	126 173,054 173,054 1,01 Oganesson Og	127 173,054 173,054 1,01 Tennessé Ts	128 173,054 173,054 1,01 Oganesson Og	129 173,054 173,054 1,01 Tennessé Ts	130 173,054 173,054 1,01 Oganesson Og	131 173,054 173,054 1,01 Tennessé Ts	132 173,054 173,054 1,01 Oganesson Og	133 173,054 173,054 1,01 Tennessé Ts	134 173,054 173,054 1,01 Oganesson Og	135 173,054 173,054 1,01 Tennessé Ts	136 173,054 173,054 1,01 Oganesson Og	137 173,054 173,054 1,01 Tennessé Ts

