

# Recueil de données de chimie

Première évaluation en 2016

Édition de 2014 (2<sup>e</sup> version)

## **Programme du diplôme Recueil de données de chimie**

Version française de l'ouvrage publié originalement en anglais  
en juin 2014 sous le titre *Chemistry data booklet*

Publié en juin 2014

Publié pour le compte de l'Organisation du Baccalauréat International, fondation éducative à but non lucratif  
sise 15 Route des Morillons, CH-1218 Le Grand-Saconnex, Genève, Suisse, par

International Baccalaureate Organization (UK) Ltd  
Peterson House, Malthouse Avenue, Cardiff Gate  
Cardiff, Pays de Galles CF23 8GL  
Royaume-Uni  
Site Web : [www.ibo.org](http://www.ibo.org)

© Organisation du Baccalauréat International 2014

L'Organisation du Baccalauréat International (couramment appelée l'IB) propose quatre programmes d'éducation stimulants et de grande qualité à une communauté mondiale d'établissements scolaires, dans le but de bâtir un monde meilleur et plus paisible. Cette publication fait partie du matériel publié pour appuyer la mise en œuvre de ces programmes.

L'IB peut être amené à utiliser des sources variées dans ses travaux, mais vérifie toujours l'exactitude et l'authenticité des informations employées, en particulier dans le cas de sources participatives telles que Wikipédia. L'IB respecte les principes de la propriété intellectuelle et s'efforce toujours d'identifier les détenteurs des droits relatifs à tout matériel protégé par le droit d'auteur et d'obtenir d'eux, avant publication, l'autorisation de réutiliser ce matériel. L'IB tient à remercier les détenteurs de droits d'auteur qui ont autorisé la réutilisation du matériel apparaissant dans cette publication et s'engage à rectifier dans les meilleurs délais toute erreur ou omission.

Le générique masculin est utilisé ici sans aucune discrimination et uniquement pour alléger le texte.

Dans le respect de l'esprit international cher à l'IB, le français utilisé dans le présent document se veut mondial et compréhensible par tous, et non propre à une région particulière du monde.

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, mise en mémoire dans un système de recherche documentaire, ni transmise sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit, sans autorisation écrite préalable de l'IB ou sans que cela ne soit expressément autorisé par la loi ou par la politique et le règlement de l'IB en matière d'utilisation de sa propriété intellectuelle. Veuillez consulter à cet effet la page <http://www.ibo.org/fr/copyright>.

Vous pouvez vous procurer les articles et les publications de l'IB par l'intermédiaire du magasin en ligne de l'IB sur le site <http://store.ibo.org>.

Courriel : [sales@ibo.org](mailto:sales@ibo.org)

---

## Table des matières

1. Quelques équations utiles .....	1
2. Constantes physiques et conversions d'unités.....	2
3. Le spectre électromagnétique .....	3
4. Particules fondamentales .....	3
5. Noms des éléments.....	4
6. Le tableau de la classification périodique des éléments.....	6
7. Températures de fusion et d'ébullition des éléments (à 101,325 kPa) .....	7
8. Énergie de première ionisation, affinité électronique et électronégativité des éléments.....	8
9. Rayons atomiques et ioniques des éléments .....	9
10. Longueurs des liaisons covalentes.....	10
11. Enthalpies de liaison et enthalpies moyennes de liaison à 298 K.....	11
12. Données thermodynamiques de quelques composés .....	12
13. Enthalpies de combustion .....	13
14. Nombres d'oxydation courants des ions des éléments 3d .....	14
15. Série spectrochimique.....	14
16. Ligands.....	15
17. Disque des couleurs.....	15
18. Enthalpies de réseau à 298 K (valeurs expérimentales) .....	16
19. Enthalpies de dissolution dans l'eau.....	17
20. Enthalpies d'hydratation.....	18
21. Forces des acides et des bases organiques.....	19
22. Indicateurs acide-base .....	21
23. Constante d'ionisation de l'eau à diverses températures .....	22
24. Potentiels standard d'électrode à 298 K .....	23
25. Série d'activité.....	24
26. Données relatives au spectre infrarouge .....	25
27. Données relatives à la RMN de $^1\text{H}$ .....	26
28. Fragments perdus dans les spectres de masse.....	27
29. Diagramme du triangle de la liaison .....	28
30. Codes d'identification des résines.....	29

---

31. Représentations de quelques molécules composant certains produits .....	29
32. Constantes du produit de solubilité à 298 K.....	30
33. 2-amino acids.....	31
34. Lipides, glucides et bases nucléotidiques .....	33
35. Vitamines et pigments.....	35
36. Courbe d'énergie de liaison.....	37
37. Représentations de quelques molécules médicamenteuses .....	38
38. Références .....	40

**Remarques**

Ce recueil de données de chimie ne sera pas utilisé pour l'épreuve 1 de l'examen aux niveaux moyen et supérieur. En revanche, le tableau de la classification périodique des éléments qui se trouve à la section 6 sera inclus dans les sujets d'examen. Des exemplaires non annotés de ce recueil doivent être mis à la disposition des candidats des niveaux moyen et supérieur lors des épreuves 2 et 3 de l'examen.

## 1. Quelques équations utiles

Thème	Équation
1.3	$PV = nRT$
2.2 et C.4	$c = v\lambda$
5.1	$q = mc\Delta T$
8.3	$pH = -\log_{10}[\text{H}_3\text{O}^+]$ ou $pH = -\log_{10}[\text{H}^+]$
12.1	$E = hv$
15.2	$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$
16.2	$k = Ae^{\frac{-E_a}{RT}}$
16.2	$\ln k = \frac{-E_a}{RT} + \ln A$
16.2	$\ln \frac{k_1}{k_2} = \frac{E_a}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$
17.1	$\Delta G^\circ = -RT \ln K$
19.1	$\Delta G^\circ = -nFE^\circ$
A.5	$\% \text{ d'économie atomique} = \frac{\text{masse molaire du produit désiré}}{\text{masse molaire de tous les réactifs}} \times 100$
A.8	$n\lambda = 2d\sin\theta$
B.7	$pH = pK_a + \log \left( \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \right)$
B.7	$\log_{10} \frac{I_0}{I} = \epsilon lc$

Thème	Équation
C.1	Densité d'énergie = $\frac{\text{énergie produite par un combustible}}{\text{volume de combustible consommé}}$
C.1	Énergie spécifique = $\frac{\text{énergie produite par un combustible}}{\text{masse de combustible consommée}}$
C.3	$N = N_0 e^{-\lambda t}$
C.3 and D.8	$t_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda}$
C.6	$E = E^0 - \left(\frac{RT}{nF}\right) \ln Q$
C.7	$\frac{\text{Vitesse}_1}{\text{Vitesse}_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$
D.8	$N_t = N_0 (0,5)^{t/k}$

## 2. Constantes physiques et conversions d'unités

Constante d'Avogadro ( $L$  ou  $N_A$ ) =  $6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Constante des gaz parfaits ( $R$ ) =  $8,31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

Volume molaire d'un gaz parfait à CNTP =  $2,27 \times 10^{-2} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1} = 22,7 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$

$1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ litre} = 1 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 1 \times 10^3 \text{ cm}^3$

Conditions NTP = 273 K et 100 kPa

Conditions STP = 298 K et 100 kPa

Vitesse de la lumière =  $3,00 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$

Capacité calorifique massique de l'eau =  $4,18 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1} = 4,18 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1}$

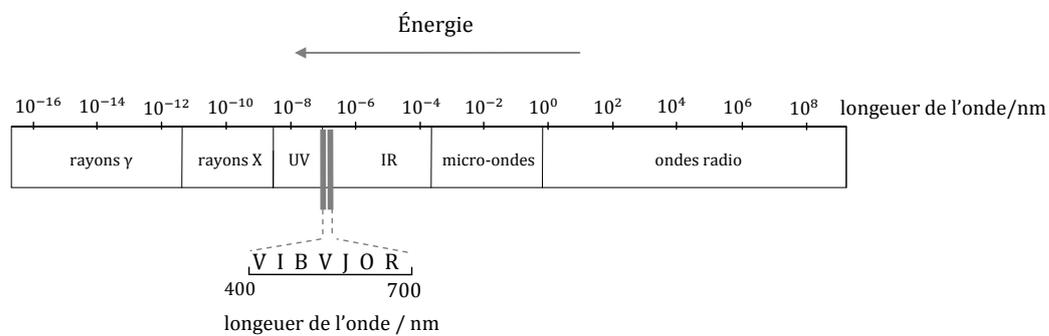
Constante de Planck ( $h$ ) =  $6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$

Constante de Faraday ( $F$ ) =  $9,65 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$

Constante du produit ionique de l'eau ( $K_e$ ) =  $1,00 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}$  à 298 K

$1 u = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$

### 3. Le spectre électromagnétique



### 4. Particules fondamentales

	Proton	Neutron	Électron
Masse (kg)	$1,672622 \times 10^{-27}$	$1,674927 \times 10^{-27}$	$9,109383 \times 10^{-31}$
Charge (C)	$1,602189 \times 10^{-19}$	0	$-1,602189 \times 10^{-19}$

## 5. Noms des éléments

Élément	Symbole	Numéro atomique	Élément	Symbole	Numéro atomique
actinium	Ac	89	dubnium	Db	105
aluminium	Al	13	dysprosium	Dy	66
américium	Am	95	einsteinium	Es	99
antimoine	Sb	51	erbium	Er	68
argent	Ag	47	étain	Sn	50
argon	Ar	18	europium	Eu	63
arsenic	As	33	fer	Fe	26
astate	At	85	fermium	Fm	100
azote	N	7	fluor	F	9
baryum	Ba	56	francium	Fr	87
berkélium	Bk	97	gadolinium	Gd	64
béryllium	Be	4	gallium	Ga	31
bismuth	Bi	83	germanium	Ge	32
bohrium	Bh	107	hafnium	Hf	72
bore	B	5	hassium	Hs	108
brome	Br	35	hélium	He	2
cadmium	Cd	48	holmium	Ho	67
césium	Cs	55	hydrogène	H	1
calcium	Ca	20	indium	In	49
californium	Cf	98	iode	I	53
carbone	C	6	iridium	Ir	77
cérium	Ce	58	krypton	Kr	36
chlore	Cl	17	lanthane	La	57
chrome	Cr	24	lawrencium	Lr	103
cobalt	Co	27	lithium	Li	3
copernicium	Cn	112	lutécium	Lu	71
civre	Cu	29	magnésium	Mg	12
curium	Cm	96	manganèse	Mn	25
darmstadtium	Ds	110	meitnérium	Mt	109

Élément	Symbole	Numéro atomique
mendélévium	Md	101
mercure	Hg	80
molybdène	Mo	42
néodyme	Nd	60
néon	Ne	10
neptunium	Np	93
nickel	Ni	28
niobium	Nb	41
nobélium	No	102
or	Au	79
osmium	Os	76
oxygène	O	8
palladium	Pd	46
phosphore	P	15
platine	Pt	78
plomb	Pb	82
plutonium	Pu	94
polonium	Po	84
potassium	K	19
praséodyme	Pr	59
prométhium	Pm	61
protactinium	Pa	91
radium	Ra	88
radon	Rn	86
rhénium	Re	75
rhodium	Rh	45
roentgenium	Rg	111

Élément	Symbole	Numéro atomique
rubidium	Rb	37
ruthénium	Ru	44
rutherfordium	Rf	104
samarium	Sm	62
scandium	Sc	21
seaborgium	Sg	106
sélénium	Se	34
silicium	Si	14
sodium	Na	11
soufre	S	16
strontium	Sr	38
tantale	Ta	73
technétium	Tc	43
tellure	Te	52
terbium	Tb	65
thallium	Tl	81
thorium	Th	90
thulium	Tm	69
titane	Ti	22
tungstène	W	74
uranium	U	92
vanadium	V	23
xénon	Xe	54
ytterbium	Yb	70
yttrium	Y	39
zinc	Zn	30
zirconium	Zr	40

6. Le tableau de la classification périodique des éléments

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18						
1	1 <b>H</b> 1,01						<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">                     Numéro atomique   <b>Élément</b>                       Masse atomique                 </div>													2 <b>He</b> 4,00				
2	3 <b>Li</b> 6,94	4 <b>Be</b> 9,01																	5 <b>B</b> 10,81	6 <b>C</b> 12,01	7 <b>N</b> 14,01	8 <b>O</b> 16,00	9 <b>F</b> 19,00	10 <b>Ne</b> 20,18
3	11 <b>Na</b> 22,99	12 <b>Mg</b> 24,31																	13 <b>Al</b> 26,98	14 <b>Si</b> 28,09	15 <b>P</b> 30,97	16 <b>S</b> 32,07	17 <b>Cl</b> 35,45	18 <b>Ar</b> 39,95
4	19 <b>K</b> 39,10	20 <b>Ca</b> 40,08	21 <b>Sc</b> 44,96	22 <b>Ti</b> 47,87	23 <b>V</b> 50,94	24 <b>Cr</b> 52,00	25 <b>Mn</b> 54,94	26 <b>Fe</b> 55,85	27 <b>Co</b> 58,93	28 <b>Ni</b> 58,69	29 <b>Cu</b> 63,55	30 <b>Zn</b> 65,38	31 <b>Ga</b> 69,72	32 <b>Ge</b> 72,63	33 <b>As</b> 74,92	34 <b>Se</b> 78,96	35 <b>Br</b> 79,90	36 <b>Kr</b> 83,90						
5	37 <b>Rb</b> 85,47	38 <b>Sr</b> 87,62	39 <b>Y</b> 88,91	40 <b>Zr</b> 91,22	41 <b>Nb</b> 92,91	42 <b>Mo</b> 95,96	43 <b>Tc</b> (98)	44 <b>Ru</b> 101,07	45 <b>Rh</b> 102,91	46 <b>Pd</b> 106,42	47 <b>Ag</b> 107,87	48 <b>Cd</b> 112,41	49 <b>In</b> 114,82	50 <b>Sn</b> 118,1	51 <b>Sb</b> 121,76	52 <b>Te</b> 127,60	53 <b>I</b> 126,90	54 <b>Xe</b> 131,29						
6	55 <b>Cs</b> 132,91	56 <b>Ba</b> 137,33	57 † <b>La</b> 138,91	72 <b>Hf</b> 178,49	73 <b>Ta</b> 180,95	74 <b>W</b> 183,84	75 <b>Re</b> 186,21	76 <b>Os</b> 190,23	77 <b>Ir</b> 192,22	78 <b>Pt</b> 195,08	79 <b>Au</b> 196,97	80 <b>Hg</b> 200,59	81 <b>Tl</b> 204,38	82 <b>Pb</b> 207,20	83 <b>Bi</b> 208,98	84 <b>Po</b> (209)	85 <b>At</b> (210)	86 <b>Rn</b> (222)						
7	87 <b>Fr</b> (223)	88 <b>Ra</b> (226)	89 ‡ <b>Ac</b> (227)	104 <b>Rf</b> (267)	105 <b>Db</b> (268)	106 <b>Sg</b> (269)	107 <b>Bh</b> (270)	108 <b>Hs</b> (269)	109 <b>Mt</b> (278)	110 <b>Ds</b> (281)	111 <b>Rg</b> (281)	112 <b>Cn</b> (285)	113 <b>Uut</b> (286)	114 <b>Uuq</b> (289)	115 <b>Uup</b> (288)	116 <b>Uuh</b> (293)	117 <b>Uus</b> (294)	118 <b>Uuo</b> (294)						

†	58 <b>Ce</b> 140,12	59 <b>Pr</b> 140,91	60 <b>Nd</b> 144,24	61 <b>Pm</b> (145)	62 <b>Sm</b> 150,36	63 <b>Eu</b> 151,96	64 <b>Gd</b> 157,25	65 <b>Tb</b> 158,93	66 <b>Dy</b> 162,50	67 <b>Ho</b> 164,93	68 <b>Er</b> 167,26	69 <b>Tm</b> 168,93	70 <b>Yb</b> 173,05	71 <b>Lu</b> 174,97
‡	90 <b>Th</b> 232,04	91 <b>Pa</b> 231,04	92 <b>U</b> 238,03	93 <b>Np</b> (237)	94 <b>Pu</b> (244)	95 <b>Am</b> (243)	96 <b>Cm</b> (247)	97 <b>Bk</b> (247)	98 <b>Cf</b> (251)	99 <b>Es</b> (252)	100 <b>Fm</b> (257)	101 <b>Md</b> (258)	102 <b>No</b> (259)	103 <b>Lr</b> (262)

## 7. Températures de fusion et d'ébullition des éléments (à 101,325 kPa)

Point de fusion (°C)																					
Élément																					
Point d'éb (°C)																					
-259,2 <b>H</b> -252,9																	<b>He</b> -268,9				
180,5 <b>Li</b> 1342	1287 <b>Be</b> 2468															2077 <b>B</b> 4000	3500 <b>C</b> 4827	-210,0 <b>N</b> -195,8	-218,8 <b>O</b> -183,0	-219,7 <b>F</b> -188,1	-248,6 <b>Ne</b> -246,0
97,79 <b>Na</b> 882,9	650,0 <b>Mg</b> 1090															660,3 <b>Al</b> 2519	1414 <b>Si</b> 3265	44,15 <b>P</b> 280,5	115,2 <b>S</b> 444,6	-101,5 <b>Cl</b> -34,04	-189,3 <b>Ar</b> -185,8
63,38 <b>K</b> 758,8	842,0 <b>Ca</b> 1484	1541 <b>Sc</b> 2836	1670 <b>Ti</b> 3287	1910 <b>V</b> 3407	1907 <b>Cr</b> 2671	1246 <b>Mn</b> 2061	1538 <b>Fe</b> 2861	1495 <b>Co</b> 2927	1455 <b>Ni</b> 2913	1085 <b>Cu</b> 2560	419,5 <b>Zn</b> 907,0	29,77 <b>Ga</b> 2229	938,2 <b>Ge</b> 2833	816,8 <b>As</b> 613,0	220,8 <b>Se</b> 684,8	-7,050 <b>Br</b> 58,78	-157,4 <b>Kr</b> -153,4				
39,30 <b>Rb</b> 687,8	768,8 <b>Sr</b> 1377	1522 <b>Y</b> 3345	1854 <b>Zr</b> 4406	2477 <b>Nb</b> 4741	2622 <b>Mo</b> 4639	2157 <b>Tc</b> 4262	2333 <b>Ru</b> 4147	1963 <b>Rh</b> 3695	1555 <b>Pd</b> 2963	961,8 <b>Ag</b> 2162	321,1 <b>Cd</b> 766,8	156,6 <b>In</b> 2027	231,9 <b>Sn</b> 2586	630,6 <b>Sb</b> 1587	449,5 <b>Te</b> 987,8	113,7 <b>I</b> 184,4	-111,8 <b>Xe</b> -108,1				
28,44 <b>Cs</b> 670,8	725,0 <b>Ba</b> 1845	920,0 <b>La</b> 3464	2233 <b>Hf</b> 4600	3017 <b>Ta</b> 5455	3414 <b>W</b> 5555	3453 <b>Re</b> 5900	3033 <b>Os</b> 5008	2446 <b>Ir</b> 4428	1768 <b>Pt</b> 3825	1064 <b>Au</b> 2836	-38,83 <b>Hg</b> 356,6	303,8 <b>Tl</b> 1473	327,5 <b>Pb</b> 1749	271,4 <b>Bi</b> 1564	253,8 <b>Po</b> 962,0	301,8 <b>At</b> 336,8	-71,15 <b>Rn</b> -61,85				
27,00 <b>Fr</b> 676,8	699,8 <b>Ra</b> 1140	1050 <b>Ac</b> 3200																			

## 8. Énergie de première ionisation, affinité électronique et électronégativité des éléments

1312 -73		Énergie de première ionisation (kJ mol <sup>-1</sup> )										Affinité électronique (kJ mol <sup>-1</sup> )					2372																		
H 2,2		Éléments										Électronégativité					He																		
520 -60		900										801 -27		1086 -122		1402		1314 -141 (+753)		1681 -328		2081													
Li 1,0		Be 1,6										B 2,0		C 2,6		N 3,0		O 3,4		F 4,0		Ne													
496 -53		738										578 -42		787 -134		1012 -72		1000 -200 (+545)		1251 -349		1520													
Na 0,9		Mg 1,3										Al 1,6		Si 1,9		P 2,2		S 2,6		Cl 3,2		Ar													
419 -48		590 -2		633 -18		659 -8		651 -51		653 -64		717		762 -15		760 -64		737 -112		745 -119		906		579 -41		762 -119		944 -78		941 -195		1140 -325		1351	
K 0,8		Ca 1,0		Sc 1,4		Ti 1,5		V 1,6		Cr 1,7		Mn 1,6		Fe 1,8		Co 1,9		Ni 1,9		Cu 1,9		Zn 1,6		Ga 1,8		Ge 2,0		As 2,2		Se 2,6		Br 3,0		Kr	
403 -47		549 -5		600 -30		640 -41		652 -88		684 -72		702 -53		710 -101		720 -110		804 -54		731 -126		868		558 -29		709 -107		831 -101		869 -190		1008 -295		1170	
Rb 0,8		Sr 1,0		Y 1,2		Zr 1,3		Nb 1,6		Mo 2,2		Tc 2,1		Ru 2,2		Rh 2,3		Pd 2,2		Ag 1,9		Cd 1,7		In 1,8		Sn 2,0		Sb 2,0		Te 2,1		I 2,7		Xe 2,6	
376 -46		503 -14		538 -45		659 -1		728 -31		759 -79		756 -14		814 -106		865 -151		864 -205		890 -223		1007		589 -36		716 -35		703 -91		812 -183		-270		1037	
Cs 0,8		Ba 0,9		La 1,1		Hf 1,3		Ta 1,5		W 1,7		Re 1,9		Os 2,2		Ir 2,2		Pt 2,2		Au 2,4		Hg 1,9		Tl 1,8		Pb 1,8		Bi 1,9		Po 2,0		At 2,2		Rn	
393 -47		509 -10		499 -34																															
Fr 0,7		Ra 0,9		Ac 1,1																															

## 9. Rayons atomiques et ioniques des éléments

32 <b>H</b>	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">Rayon atomique (10<sup>-12</sup> m)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>Élément</b></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Rayon ionique (10<sup>-12</sup> m)</td> </tr> </table>																Rayon atomique (10 <sup>-12</sup> m)	<b>Élément</b>	Rayon ionique (10 <sup>-12</sup> m)	37 <b>He</b>
Rayon atomique (10 <sup>-12</sup> m)																				
<b>Élément</b>																				
Rayon ionique (10 <sup>-12</sup> m)																				
130 <b>Li</b> 76 (1+)	99 <b>Be</b> 45 (2+)											84 <b>B</b> 27 (3+)	75 <b>C</b> 16 (4+)	71 <b>N</b> 146 (3-)	64 <b>O</b> 140 (2-)	60 <b>F</b> 133 (1-)	62 <b>Ne</b>			
160 <b>Na</b> 102 (1+)	140 <b>Mg</b> 72 (2+)											124 <b>Al</b> 54 (3+)	114 <b>Si</b> 40 (4+)	109 <b>P</b> 38 (5+)	104 <b>S</b> 184 (2-)	100 <b>Cl</b> 181 (1-)	101 <b>Ar</b>			
200 <b>K</b> 138 (1+)	174 <b>Ca</b> 100 (2+)	159 <b>Sc</b> 75 (3+)	148 <b>Ti</b> 86 (2+) 61 (4+)	144 <b>V</b> 79 (2+) 54 (5+)	130 <b>Cr</b> 62 (3+) 44 (6+)	129 <b>Mn</b> 83 (2+) 53 (4+)	124 <b>Fe</b> 61 (2+) 55 (3+)	118 <b>Co</b> 65 (+2) 55 (+3)	117 <b>Ni</b> 69 (2+)	122 <b>Cu</b> 77 (1+) 73 (2+)	120 <b>Zn</b> 74 (2+)	123 <b>Ga</b> 62(3+)	120 <b>Ge</b> 53 (4+) 272(4-)	120 <b>As</b> 58 (3+) 46 (5+)	118 <b>Se</b> 198 (2-)	117 <b>Br</b> 196 (1-)	116 <b>Kr</b>			
215 <b>Rb</b> 152 (1+)	190 <b>Sr</b> 118 (2+)	176 <b>Y</b> 90 (3+)	164 <b>Zr</b> 72 (4+)	156 <b>Nb</b> 72 (3+) 64 (5+)	146 <b>Mo</b> 65 (4+)	138 <b>Tc</b> 65 (4+)	136 <b>Ru</b> 68 (3+) 62 (4+)	134 <b>Rh</b> 67 (+3) 60 (+4)	130 <b>Pd</b> 86 (2+) 62 (4+)	136 <b>Ag</b> 115 (1+)	140 <b>Cd</b> 95 (2+)	142 <b>In</b> 80 (3+)	140 <b>Sn</b> 118(2+) 69 (4+)	140 <b>Sb</b> 76 (3+)	137 <b>Te</b> 221 (2-)	136 <b>I</b> 220(1-)	136 <b>Xe</b>			
238 <b>Cs</b> 167 (1+)	206 <b>Ba</b> 135 (2+)	194 <b>La</b> 103 (3+)	164 <b>Hf</b> 71 (4+)	158 <b>Ta</b> 64 (5+)	150 <b>W</b> 66 (4+) 60(6+)	141 <b>Re</b> 63(4+) 53(7+)	136 <b>Os</b> 63 (4+) 55(6+)	132 <b>Ir</b> 68(+3) 63 (+4)	130 <b>Pt</b> 80(2+) 63(4+)	130 <b>Au</b> 137 (1+) 85 (3+)	132 <b>Hg</b> 119 (1+) 102 (2+)	144 <b>Tl</b> 150 (1+) 89 (3)	145 <b>Pb</b> 119 (2+) 78 (4+)	150 <b>Bi</b> 103 (3+) 76(5+)	142 <b>Po</b> 97(4+)	148 <b>At</b>	146 <b>Rn</b>			
242 <b>Fr</b>	211 <b>Ra</b>	201 <b>Ac</b>																		

## 10. Longueurs des liaisons covalentes

### Liaisons simples ( $10^{-12}\text{m} = \text{pm}$ )

	Br	C	Cl	F	H	I	N	O	P	S	Si
Br	228	194	214	176	141	247	214		220	227	216
C	194	154	177	138	108	214	147	143	184	182	185
Cl	214	177	199	163	128	232	197	170	203	199	202
F	176	138	163	142	92	257	136	142	154	158	156
H	141	108	128	92	74	160	101	97	142	134	148
I	247	214	232	257	160	267			247		243
N	214	147	197	136	101		146	136		175	174
O		143	170	142	97		136	148	154	161	163
P	220	184	203	154	142	247		154	221	210	
S	227	182	199	158	134		175	161	210	205	215
Si	216	185	202	156	148	243	174	163		215	232

### Liaisons multiples ( $10^{-12}\text{m} = \text{pm}$ )

C=C 134	C≡N 116	N≡N 110
C≡C 120	C=O 122	N=O 114
C=C (dans le benzène) 140	C=S 156	O=O 121
C=N 130	N=N 125	S=S 189

## 11. Enthalpies de liaison et enthalpies moyennes de liaison à 298 K

### Liaisons simples ( $\text{kJ mol}^{-1}$ )

	Br	C	Cl	F	H	I	N	O	P	S	Si
Br	193	285	219	249	366	178		201	264	218	330
C	285	346	324	492	414	228	286	358	264	289	307
Cl	219	324	242	255	431	211	192	206	322	271	400
F	249	492	255	159	567	280	278	191	490	327	597
H	366	414	431	567	436	298	391	463	322	364	323
I	178	228	211	280	298	151		201	184		234
N		286	192	278	391		158	214			
O	201	358	206	191	463	201	214	144	363		466
P	264	264	322	490	322	184		363	198		
S	218	289	271	327	364					266	293
Si	330	307	400	597	323	234		466		293	226

### Liaisons multiples ( $\text{kJ mol}^{-1}$ )

C=C	614	C≡N	890	N≡N	945
C≡C	839	C=O	804	N=O	587
C=C (dans le benzène)	507	C=S	536	O=O	498
C=N	615	N=N	470	S=S	429

## 12. Données thermodynamiques de quelques composés

Substance	Formule	État	$\Delta H_f^\circ$ (kJ mol <sup>-1</sup> )	$\Delta G_f^\circ$ (kJ mol <sup>-1</sup> )	$S^\circ$ (J K <sup>-1</sup> mol <sup>-1</sup> )
méthane	CH <sub>4</sub>	g	-74,0	-50,0	+186
éthane	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	g	-84,0	-32,0	+230
propane	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	g	-105	-24,0	+270
butane	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	g	-126	-17,0	+310
pentane	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	l	-173		
hexane	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	l	-199		
éthène	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	g	+52,0	+68,0	+220
propène	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	g	+20,0	+62,0	+267
but-1-ène	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	g	+0,10	+71,0	+306
cis-but-2-ène	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	g	-7,0	+66,0	+301
trans-but-2-ène	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	g	-11,0	+63,0	+297
éthyne	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	g	+228	+211	+201
propyne	C <sub>3</sub> H <sub>4</sub>	g	+185	+194	+248
buta-1,3-diène	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub>	g	+110	+151	+279
cyclohexane	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	l	-156		
benzène	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	l	+49,0	+125	+173
méthylbenzène	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>	l	+12,0		
éthylbenzène	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	l	-12,0		
phényléthène	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CHCH <sub>2</sub>	l	+104		
chlorométhane	CH <sub>3</sub> Cl	g	-82,0	-58,0	+235
dichlorométhane	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	l	-124		+178
trichlorométhane	CHCl <sub>3</sub>	l	-134	-74,0	+202
bromométhane	CH <sub>3</sub> Br	g	-36,0	-26,0	+246
iodométhane	CH <sub>3</sub> I	l	-14,0		+163
chloroéthane	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> Cl	g	-137	-53,0	
bromoéthane	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> Br	l	-90,0	-26,0	+199
chlorobenzène	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Cl	l	+11,0		
méthanol	CH <sub>3</sub> OH	l	-239	-167	+127
éthanol	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	l	-278	-175	+161
phénol	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	s	-165		+144
méthanal	HCHO	g	-109	-102	+219
éthanal	CH <sub>3</sub> CHO	g	-166	-133	+264
propanone	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	l	-248		+200
acide méthanoïque	HCOOH	l	-425	-361	+129
acide éthanoïque	CH <sub>3</sub> COOH	l	-484	-390	+160
acide benzoïque	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COOH	s	-385		+168
méthylamine	CH <sub>3</sub> NH <sub>2</sub>	g	-23	+32,0	+243
eau	H <sub>2</sub> O	l	-285,8	-237,1	+70,0
vapeur	H <sub>2</sub> O	g	-241,8	-228,6	+188,8
monoxyde de carbone	CO	g	-110,5	-137,2	+197,7
dioxyde de carbone	CO <sub>2</sub>	g	-393,5	-394,4	+213,8
bromure d'hydrogène	HBr	g	-36,3	-53,4	+198,7
chlorure d'hydrogène	HCl	g	-92,3	-95,3	+186,9
fluorure d'hydrogène	HF	g	-273,3	-275,4	+173,8
iodure d'hydrogène	HI	g	+26,5	+1,7	+206,6

## 13. Enthalpies de combustion

Les valeurs de l'enthalpie molaire de combustion ( $\Delta H_c^\ominus$ ) du tableau ci-dessous correspondent à une température de 298 K et à une pression de  $1,00 \times 10^5$  Pa.

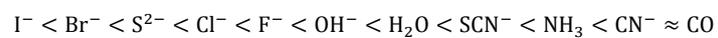
Substance	Formule	État	$\Delta H_c^\ominus$ (kJ mol <sup>-1</sup> )	Substance	Formule	State	$\Delta H_c^\ominus$ (kJ mol <sup>-1</sup> )
hydrogène	H <sub>2</sub>	g	-286	propan-1-ol	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> OH	l	-2021
soufre	S	s	-297	butan-1-ol	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	l	-2676
carbone (graphite)	C	s	-394	cyclohexanol	C <sub>6</sub> H <sub>11</sub> OH	s	-3728
monoxyde de carbone	CO	g	-283	phénol	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	s	-3053
méthane	CH <sub>4</sub>	g	-891	éthoxyéthane	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> O	l	-2724
éthane	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	g	-1561	méthanal	HCHO	g	-571
propane	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	g	-2219	éthanal	CH <sub>3</sub> CHO	g	-1167
butane	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	g	-2878	benzaldéhyde	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CHO	l	-3525
pentane	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	l	-3509	propanone	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	l	-1790
hexane	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	l	-4163	pentan-3-one	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> CO	l	-3100
octane	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	l	-5470	phényléthanone	CH <sub>3</sub> COC <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	l	-4149
cyclohexane	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	l	-3920	acide méthanoïque	HCOOH	l	-255
éthène	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	g	-1411	acide éthanioïque	CH <sub>3</sub> COOH	l	-874
buta-1,3-diène	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub>	g	-2541	acide benzoïque	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COOH	s	-3228
éthyne	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	g	-1301	acide éthanedioïque	(COOH) <sub>2</sub>	s	-243
benzène	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	l	-3268	éthanoate d'éthyle	CH <sub>3</sub> COOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	l	-2238
méthylbenzène	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>	l	-3910	éthanamide	CH <sub>3</sub> CONH <sub>2</sub>	s	-1186
naphthalène	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	s	-5156	méthylamine	CH <sub>3</sub> NH <sub>2</sub>	g	-1086
chloroéthane	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> Cl	g	-1413	phénylamine	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	l	-3393
iodoéthane	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> I	l	-1463	nitrobenzène	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	l	-3088
trichlorométhane	CHCl <sub>3</sub>	l	-473	urée	CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	s	-633
méthanol	CH <sub>3</sub> OH	l	-726	glucose	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	s	-2803
éthanol	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	l	-1367	saccharose	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	s	-5640

## 14. Nombres d'oxydation courants des ions des éléments 3d

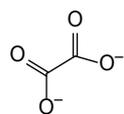
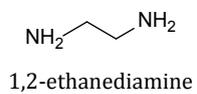
Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
								+1	
	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2
+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3			
	+4	+4		+4					
		+5							
			+6	+6					
				+7					

## 15. Série spectrochimique

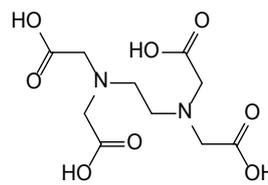
Les ligands peuvent être classés dans une série spectrochimique par ordre de leur aptitude à causer des séparations énergétiques des deux ensembles d'orbitales d dans un complexe octaédrique.



## 16. Ligands

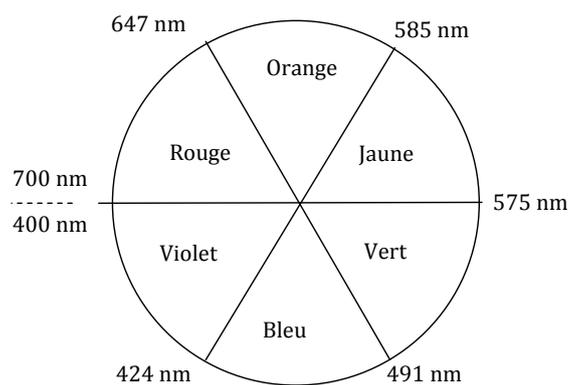


Éthanedioate



EDTA

## 17. Disque des couleurs



## 18. Enthalpies de réseau à 298 K (valeurs expérimentales)

L'enthalpie réticulaire, ou enthalpie de réseau ( $\Delta H_{\text{réseau}}^{\circ}$ ), se rapporte au processus endothermique.  $M_aX_b(s) \rightarrow aM^{b+}(g) + bX^{a-}(g)$  au cours duquel les ions gazeux d'un cristal sont séparés à une distance infinie les uns des autres.

### Valeurs expérimentales

Les données de ce tableau sont des valeurs expérimentales obtenues au moyen d'un cycle de Born-Haber adéquat.

Halogénures de métaux alcalins	$\Delta H_{\text{réseau}}^{\circ}$ (kJ mol <sup>-1</sup> )			
	F	Cl	Br	I
Li	1049	864	820	764
Na	930	790	754	705
K	829	720	691	650
Rb	795	695	668	632
Cs	759	670	647	613

Autres substances	$\Delta H_{\text{réseau}}^{\circ}$ (kJ mol <sup>-1</sup> )	Autres substances	$\Delta H_{\text{réseau}}^{\circ}$ (kJ mol <sup>-1</sup> )
CaF <sub>2</sub>	2651	SrO	3223
BeCl <sub>2</sub>	3033	BaO	3054
MgCl <sub>2</sub>	2540	CuCl <sub>2</sub>	2824
CaCl <sub>2</sub>	2271	AgF	974
SrCl <sub>2</sub>	2170	AgCl	918
BaCl <sub>2</sub>	2069	AgBr	905
MgO	3791	AgI	892
CaO	3401		

## 19. Enthalpies de dissolution dans l'eau

Soluté	$\Delta H_{sol}^{\circ}$ (kJ mol <sup>-1</sup> )	Soluté	$\Delta H_{sol}^{\circ}$ (kJ mol <sup>-1</sup> )
NH <sub>4</sub> Cl	+14.78	KCl	+17.22
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	+25.69	KBr	+19.87
LiF	+4.73	KI	+20.33
LiCl	-37.03	RbF	-26.11
LiBr	-48.83	RbCl	+17.28
LiI	-63.30	RbBr	+21.88
NaF	+0.91	RbI	+25.10
NaCl	+3.88	CsF	-36.86
NaBr	-0.60	CsCl	+17.78
NaI	-7.53	CsBr	+25.98
KF	-17.73	CsI	+33.35

## 20. Enthalpies d'hydratation

Cations	$\Delta H_{hyd}^{\circ}$ (kJ mol <sup>-1</sup> )	Anions	$\Delta H_{hyd}^{\circ}$ (kJ mol <sup>-1</sup> )
Li <sup>+</sup>	-538	F <sup>-</sup>	-504
Na <sup>+</sup>	-424	Cl <sup>-</sup>	-359
K <sup>+</sup>	-340	Br <sup>-</sup>	-328
Rb <sup>+</sup>	-315	I <sup>-</sup>	-287
Cs <sup>+</sup>	-291	ClO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-331
Be <sup>2+</sup>	-2524	BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-358
Mg <sup>2+</sup>	-1963	IO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-446
Ca <sup>2+</sup>	-1616	ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	-205
Sr <sup>2+</sup>	-1483	OH <sup>-</sup>	-519
Ba <sup>2+</sup>	-1346	CN <sup>-</sup>	-341
Ra <sup>2+</sup>	-1335	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-316
Al <sup>3+</sup>	-4741	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-383
Ga <sup>3+</sup>	-4745	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	-1486
In <sup>3+</sup>	-4171	HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	-362
Tl <sup>3+</sup>	-4163	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-1099
Tl <sup>+</sup>	-346	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	-2921
Sn <sup>2+</sup>	-1587		
Pb <sup>2+</sup>	-1523		

## 21. Forces des acides et des bases organiques

Les forces des acides indiquées dans les tableaux suivants sont données en termes de valeurs de  $pK_a$ , avec  $pK_a = -\log_{10}K_a$ .

Les constantes de dissociation,  $K_a$ , correspondent à des solutions aqueuses à 298 K. Les forces des bases sont données en termes de  $pK_b$ .

### Acides carboxyliques

Nom	Formule	$pK_a$
méthanoïque	HCOOH	3,75
éthanoïque	CH <sub>3</sub> COOH	4,76
propanoïque	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH	4,87
butanoïque	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> COOH	4,83
2-méthylpropanoïque	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCOOH	4,84
pentanoïque	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> COOH	4,83
2,2-diméthylpropanoïque	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> CCOOH	5,03
benzoïque	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COOH	4,20
phényléthanoïque	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>2</sub> COOH	4,31

### Acides carboxyliques halogénés

Nom	Formule	$pK_a$
chloroéthanoïque	CH <sub>2</sub> ClCOOH	2,87
dichloroéthanoïque	CHCl <sub>2</sub> COOH	1,35
trichloroéthanoïque	CCl <sub>3</sub> COOH	0,66
fluoroéthanoïque	CH <sub>2</sub> FCOOH	2,59
bromoéthanoïque	CH <sub>2</sub> BrCOOH	2,90
iodoéthanoïque	CH <sub>2</sub> ICOOH	3,18

## Phénols

Nom	Formule	p <i>K</i> <sub>a</sub>
phénol	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	9,99
2-nitrophénol	O <sub>2</sub> NC <sub>6</sub> H <sub>4</sub> OH	7,23
3-nitrophénol	O <sub>2</sub> NC <sub>6</sub> H <sub>4</sub> OH	8,36
4-nitrophénol	O <sub>2</sub> NC <sub>6</sub> H <sub>4</sub> OH	7,15
2,4-dinitrophénol	(O <sub>2</sub> N) <sub>2</sub> C <sub>6</sub> H <sub>3</sub> OH	4,07
2,4,6-trinitrophénol	(O <sub>2</sub> N) <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>2</sub> OH	0,42

## Alcools

Nom	Formule	p <i>K</i> <sub>a</sub>
méthanol	CH <sub>3</sub> OH	15,5
éthanol	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	15,5

## Amines

Nom	Formule	p <i>K</i> <sub>b</sub>
ammoniac	NH <sub>3</sub>	4,75
méthylamine	CH <sub>3</sub> NH <sub>2</sub>	3,34
éthylamine	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>	3,35
diméthylamine	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> NH	3,27
triméthylamine	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N	4,20
diéthylamine	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> NH	3,16
triéthylamine	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>3</sub> N	3,25
phénylamine	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	9,13

## 22. Indicateurs acide-base

Indicateur	pK <sub>a</sub>	Zone de virage (pH)	Changement de couleur	
			Acide	Base
méthylorange	3,7	3,1-4,4	rouge	jaune
bleu de bromophénol	4,2	3,0-4,6	jaune	bleu
vert de bromocrésol	4,7	3,8-5,4	jaune	bleu
rouge de méthyle	5,1	4,4-6,2	rouge	jaune
bleu de bromothymol	7,0	6,0-7,6	jaune	bleu
rouge de phénol	7,9	6,8-8,4	jaune	rouge
phénolphthaléine	9,6	8,3-10,0	incolore	rose

---

### 23. Valeurs de la constante d'ionisation de l'eau à diverses températures

Température (°C)	$K_e$
0	$0,113 \times 10^{-14}$
5	$0,185 \times 10^{-14}$
10	$0,292 \times 10^{-14}$
15	$0,453 \times 10^{-14}$
20	$0,684 \times 10^{-14}$
25	$1,00 \times 10^{-14}$
30	$1,47 \times 10^{-14}$
35	$2,09 \times 10^{-14}$
40	$2,92 \times 10^{-14}$
45	$4,02 \times 10^{-14}$
50	$5,43 \times 10^{-14}$
55	$7,24 \times 10^{-14}$
60	$9,55 \times 10^{-14}$
65	$12,4 \times 10^{-14}$
70	$15,9 \times 10^{-14}$
75	$20,1 \times 10^{-14}$
80	$25,2 \times 10^{-14}$
85	$31,3 \times 10^{-14}$
90	$38,3 \times 10^{-14}$
95	$46,6 \times 10^{-14}$
100	$56,0 \times 10^{-14}$

## 24. Potentiels standard d'électrode à 298 K

Forme oxydée	↔	Forme réduite	$E^\ominus$ (V)
$\text{Li}^+(\text{aq}) + \text{e}^-$	↔	$\text{Li}(\text{s})$	-3,04
$\text{K}^+(\text{aq}) + \text{e}^-$	↔	$\text{K}(\text{s})$	-2,93
$\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$	↔	$\text{Ca}(\text{s})$	-2,87
$\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{e}^-$	↔	$\text{Na}(\text{s})$	-2,71
$\text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$	↔	$\text{Mg}(\text{s})$	-2,37
$\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^-$	↔	$\text{Al}(\text{s})$	-1,66
$\text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$	↔	$\text{Mn}(\text{s})$	-1,18
$\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{e}^-$	↔	$\frac{1}{2}\text{H}_2(\text{g}) + \text{OH}^-(\text{aq})$	-0,83
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$	↔	$\text{Zn}(\text{s})$	-0,76
$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$	↔	$\text{Fe}(\text{s})$	-0,45
$\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$	↔	$\text{Ni}(\text{s})$	-0,26
$\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$	↔	$\text{Sn}(\text{s})$	-0,14
$\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$	↔	$\text{Pb}(\text{s})$	-0,13
$\text{H}^+(\text{aq}) + \text{e}^-$	↔	$\frac{1}{2}\text{H}_2(\text{g})$	0,00

Forme oxydée	↔	Forme réduite	$E^\ominus$ (V)
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{e}^-$	↔	$\text{Cu}^+(\text{aq})$	+0,15
$\text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^-$	↔	$\text{H}_2\text{SO}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+0,17
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$	↔	$\text{Cu}(\text{s})$	+0,34
$\frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^-$	↔	$2\text{OH}^-(\text{aq})$	+0,40
$\text{Cu}^+(\text{aq}) + \text{e}^-$	↔	$\text{Cu}(\text{s})$	+0,52
$\frac{1}{2}\text{I}_2(\text{s}) + \text{e}^-$	↔	$\text{I}^-(\text{aq})$	+0,54
$\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{e}^-$	↔	$\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$	+0,77
$\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^-$	↔	$\text{Ag}(\text{s})$	+0,80
$\frac{1}{2}\text{Br}_2(\text{l}) + \text{e}^-$	↔	$\text{Br}^-(\text{aq})$	+1,09
$\frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{aq}) + 2\text{e}^-$	↔	$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+1,23
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + 14\text{H}^+(\text{aq}) + 6\text{e}^-$	↔	$2\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 7\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+1,36
$\frac{1}{2}\text{Cl}_2(\text{g}) + \text{e}^-$	↔	$\text{Cl}^-(\text{aq})$	+1,36
$\text{MnO}_4^-(\text{aq}) + 8\text{H}^+(\text{aq}) + 5\text{e}^-$	↔	$\text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+1,51
$\frac{1}{2}\text{F}_2(\text{g}) + \text{e}^-$	↔	$\text{F}^-(\text{aq})$	+2,87

## 25. Série d'activité

Activité croissante	
↑	Li
	Cs
	Rb
	K
	Ba
	Sr
	Ca
	Na
	Mg
	Be
	Al
	C
	Zn
	Cr
	Fe
	Cd
	Co
	Ni
	Sn
	Pb
	H
	Sb
	As
	Bi
	Cu
	Ag
	Pd
	Hg
	Pt
	Au

## 26. Données relatives au spectre infrarouge

Valeurs caractéristiques pour l'absorption infrarouge due aux vibrations d'élongation dans les molécules organiques.

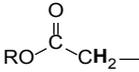
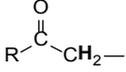
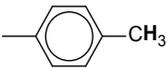
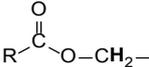
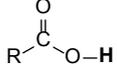
Liaison	Molécules organiques	Nombre d'ondes ( $\text{cm}^{-1}$ )	Intensité
C-I	iodoalcanes	490-620	forte
C-Br	bromoalcanes	500-600	forte
C-Cl	chloroalcanes	600-800	forte
C-F	fluoroalcanes	1000-1400	forte
C-O	alcools, esters, éthers	1050-1410	forte
C=C	alcènes	1620-1680	moyenne-faible ; bandes multiples
C=O	aldéhydes, cétones, acides carboxyliques et esters	1700-1750	forte
C $\equiv$ C	alcynes	2100-2260	variable
O-H	liaison hydrogène dans les acides carboxyliques	2500-3000	strong, très large
C-H	alcanes, alcènes, arènes	2850-3090	forte
O-H	liaison hydrogène dans les alcools et les phénols	3200-3600	forte, large
N-H	amines primaires	3300-3500	moyenne, deux bandes

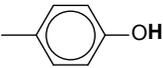
## 27. Données relatives à la RMN de $^1\text{H}$

Valeurs standard du déplacement chimique ( $\delta$ ) des protons par rapport au tétraméthylsilane (TMS) = 0.

R représente un groupe alkyle et Hal représente F, Cl, Br, ou I.

Ces valeurs peuvent légèrement varier suivant les solvants et les conditions.

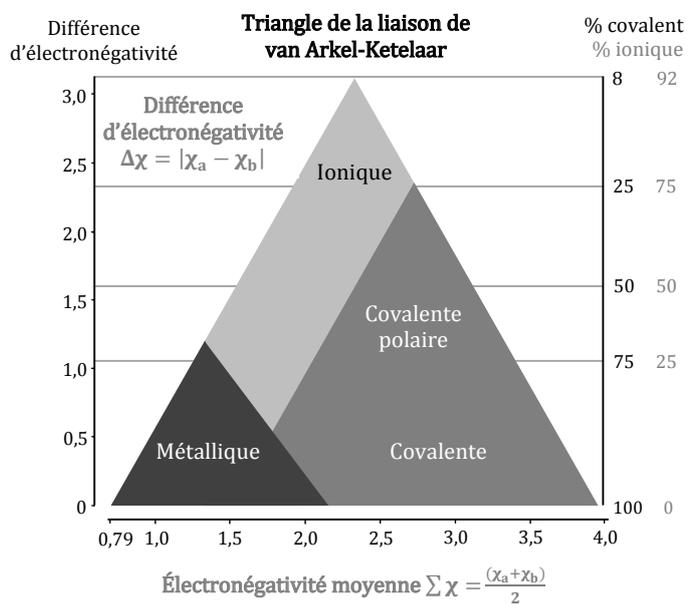
Type de proton	Déplacement chimique (ppm)
$-\text{CH}_3$	0,9-1,0
$-\text{CH}_2-\text{R}$	1,3-1,4
$-\text{R}_2\text{CH}$	1,5
	2,0-2,5
	2,2-2,7
	2,5-3,5
$-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$	1,8-3,1
$-\text{CH}_2-\text{Hal}$	3,5-4,4
$\text{R}-\text{O}-\text{CH}_2-$	3,3-3,7
	3,7-4,8
	9,0-13,0
$\text{R}-\text{O}-\text{H}$	1,0-6,0
$-\text{HC}=\text{CH}_2$	4,5-6,0

Type de proton	Déplacement chimique (ppm)
	4,0-12,0
	6,9-9,0
	9,4-10,0

## 28. Fragments perdus dans les spectres de masse

Masse perdue	Fragment perdu
15	CH <sub>3</sub>
17	OH
18	H <sub>2</sub> O
28	CH <sub>2</sub> =CH <sub>2</sub> , C=O
29	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> , CHO
31	CH <sub>3</sub> O
45	COOH

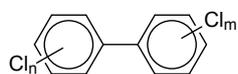
## 29. Diagramme du triangle de la liaison



### 30. Codes d'identification des résines

Code d'identification des résines	Types de plastique	Code d'identification des résines	Types de plastique
 PET	polyéthylène téréphthalate	 PP	polypropylène
 PEHD	polyéthylène haute densité	 PS	polystyrène
 PVC	chlorure de polyvinyle	 AUTRE	autre(s)
 PEBD	polyéthylène basse densité		

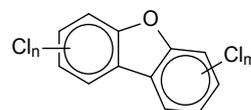
### 31. Représentations de quelques molécules composant certains produits



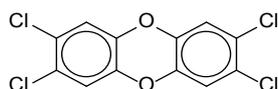
biphényles polychlorés



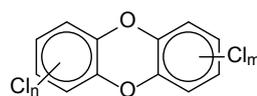
1,4-dioxine



dibenzofuranes polychlorés



2,3,7,8-tétrachlorodibenzodioxine



dibenzo-*p*-dioxine polychlorée

## 32. Constantes du produit de solubilité à 298 K

Composé	$K_{ps}$
BaCO <sub>3</sub>	$2,58 \times 10^{-9}$
Ba(OH) <sub>2</sub> · 8H <sub>2</sub> O	$2,55 \times 10^{-4}$
BaSO <sub>4</sub>	$1,08 \times 10^{-10}$
CdCO <sub>3</sub>	$1,0 \times 10^{-12}$
Cd(OH) <sub>2</sub>	$7,2 \times 10^{-15}$
PbCO <sub>3</sub>	$7,40 \times 10^{-14}$
Pb(OH) <sub>2</sub>	$1,43 \times 10^{-20}$
PbSO <sub>4</sub>	$2,53 \times 10^{-8}$
Hg <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	$3,6 \times 10^{-17}$
Hg <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	$6,5 \times 10^{-7}$
NiCO <sub>3</sub>	$1,42 \times 10^{-7}$
Ni(OH) <sub>2</sub>	$5,48 \times 10^{-16}$
Ag <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	$8,46 \times 10^{-12}$
Ag <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	$1,20 \times 10^{-5}$
ZnCO <sub>3</sub>	$1,46 \times 10^{-10}$
Zn(OH) <sub>2</sub>	$3,0 \times 10^{-17}$

### 33. 2-amino acids

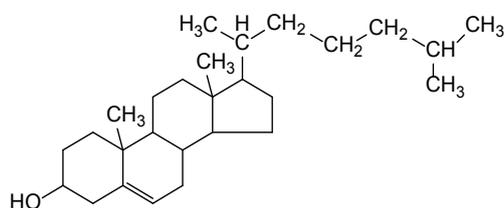
Nom courant	Symbole	Formule de structure	pH isoélectrique
alanine	Ala	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	6,0
arginine	Arg	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}-\text{C}-\text{NH}_2 \\   \\ \text{NH} \end{array}$	10,8
asparagine	Asn	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2-\text{C}-\text{NH}_2 \\    \\ \text{O} \end{array}$	5,4
acide aspartique	Asp	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2-\text{COOH} \end{array}$	2,8
cystéine	Cys	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2-\text{SH} \end{array}$	5,1
acide glutamique	Glu	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH} \end{array}$	3,2
glutamine	Gln	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}-\text{NH}_2 \\    \\ \text{O} \end{array}$	5,7
glycine	Gly	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$	6,0
histidine	His	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{N} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{N} \quad \text{H} \end{array}$	7,6
isoleucine	Ile	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$	6,0
leucine	Leu	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_3 \end{array}$	6,0
lysine	Lys	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2 \end{array}$	9,7

Nom courant	Symbole	Formule de structure	pH isoélectrique
méthionine	Met	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{S}-\text{CH}_3 \end{array}$	5,7
phénylalanine	Phe	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	5,5
proline	Pro		6,3
sérine	Ser	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2-\text{OH} \end{array}$	5,7
thréonine	Thr	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{OH} \end{array}$	5,6
tryptophane	Trp	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{C}_8\text{H}_6\text{N} \end{array}$	5,9
tyrosine	Tyr	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\   \\ \text{OH} \end{array}$	5,7
valine	Val	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_3 \end{array}$	6,0

## 34. Lipides, glucides et bases nucléotidiques

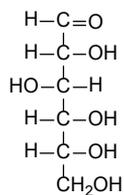
### Lipids

Acide octanoïque	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$
Acide laurique	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$
Acide palmitique	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$
Acide stéarique	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$
Acide oléique	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
Acide linoléique	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_2(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$
Acide $\alpha$ -linoléique	$\text{CH}_3\text{CH}_2(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$

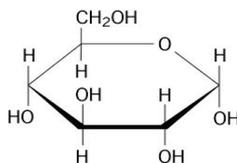


cholestérol

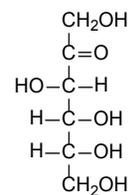
### Glucides



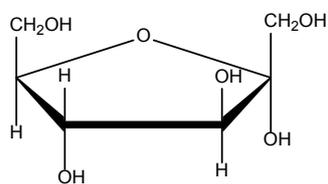
glucose (forme linéaire)



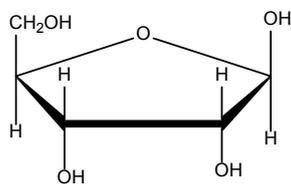
$\alpha$ -glucose



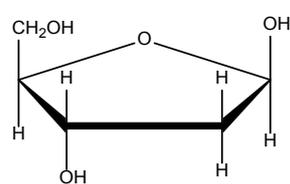
fructose (forme linéaire)



$\alpha$ -fructose

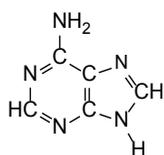


ribose

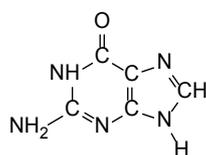


désoxyribose

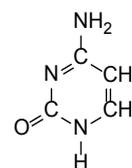
### Bases azotées



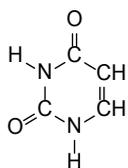
adénine



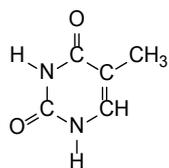
guanine



cytosine



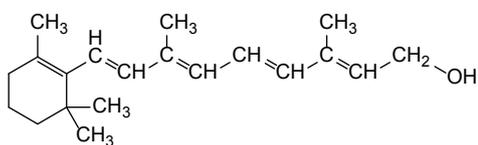
uracile



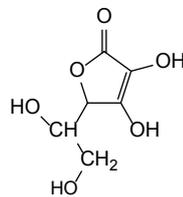
thymine

## 35. Vitamines et pigments

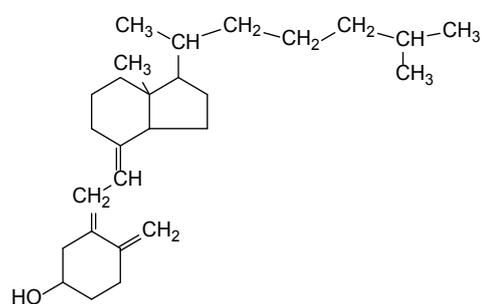
### Vitamines



rétinol (vitamine A)

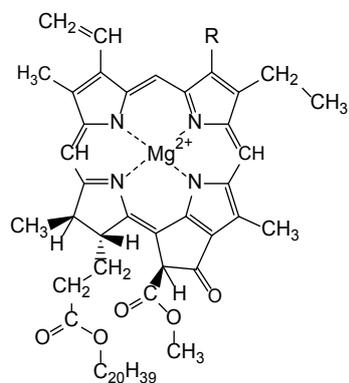


acide ascorbique (vitamine C)

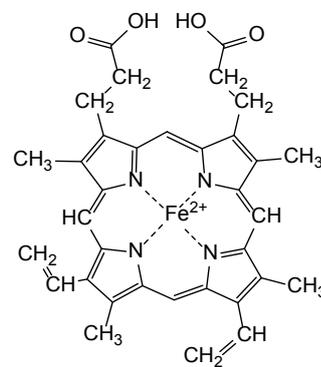


vitamine D (D3)

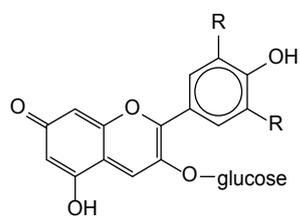
## Pigments



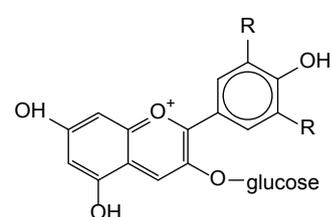
chlorophylle



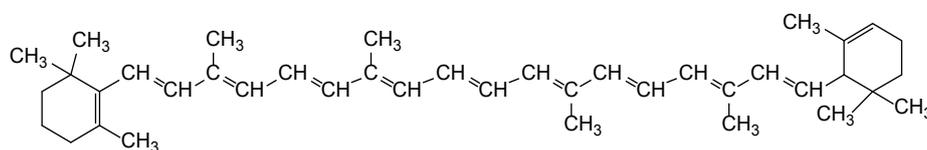
hème B



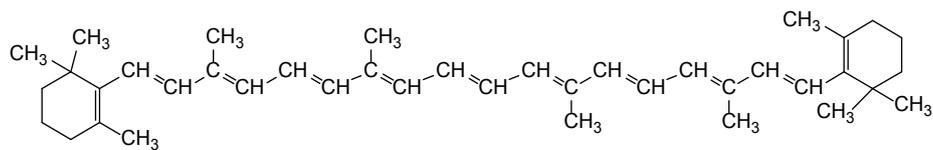
base quinonique (bleue)



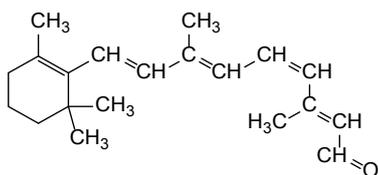
cation flavylum (rouge)



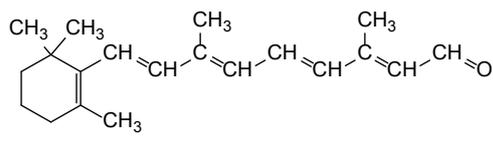
$\alpha$ -carotène



$\beta$ -carotène

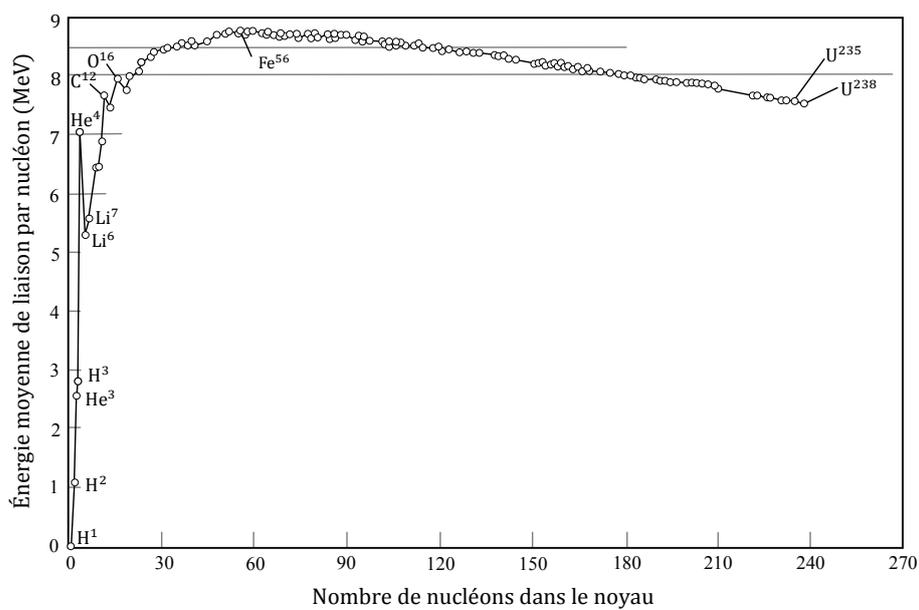


11-*cis*-rétinal

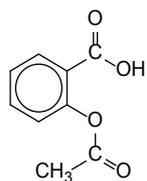


tout-*trans*-rétinal

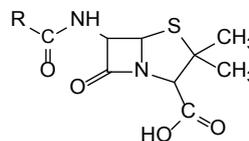
### 36. Courbe d'énergie de liaison



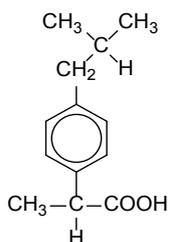
## 37. Représentations de quelques molécules médicamenteuses



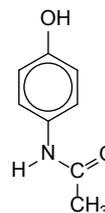
aspirine



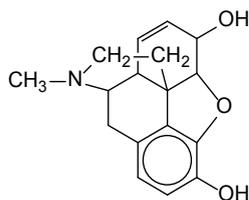
pénicilline (structure de base)



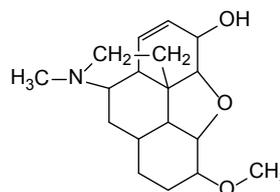
ibuprofène



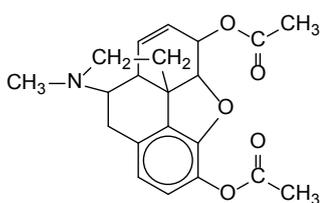
paracétamol (acétaminophène)



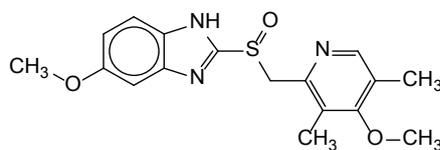
morphine



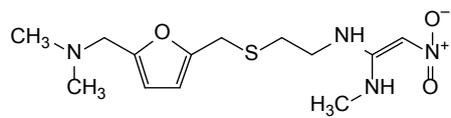
codéine



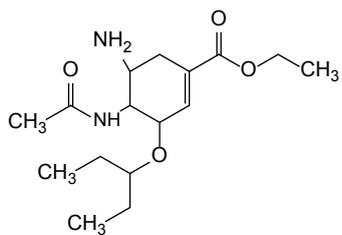
diacétylmorphine (héroïne)



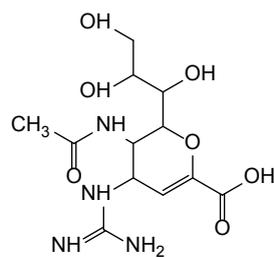
oméprazole



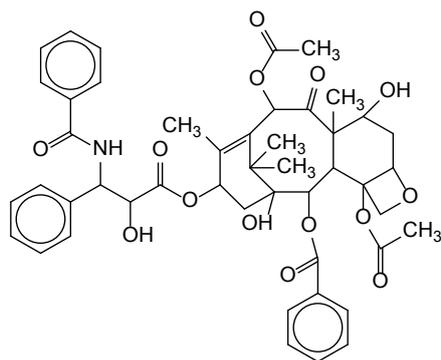
ranitidine



oseltamivir



zanamivir



taxol

---

## 38. Références

**Les données des sections 9, 10, 11, 12, 13, 22, 26 et 27 proviennent en tout ou en partie de :**

AYLWARD, G. et FINDLAY, T. 2008. *SI chemical data*. 5<sup>e</sup> édition. Queensland, Australie : John Wiley & Sons.

**Les données de la section 20 sont reproduites avec la permission de The Royal Society of Chemistry**

BARRET, J. 2003. *Inorganic chemistry in aqueous solution*. Londres, Royaume-Uni : Royal Society of Chemistry.

**Les données de la section 13 proviennent en partie de :**

BURGESS, D. R. 2012. Thermochemical Data [en ligne]. *NIST Chemistry WebBook, NIST Standard Reference Database*. Numéro 69. Disponible sur Internet : <<http://webbook.nist.gov>>.

**Les données des sections 7, 8, 9, 12, 13, 18, 19, 21, 23, 24, 28, 32 et 33 proviennent en tout ou en partie de :**

HAYNES, W. M. (éditeur). 2012. *CRC Handbook of chemistry and physics*. 93<sup>e</sup> édition. Boca Raton, États-Unis : CRC Press.

**Les données de la section 29 proviennent de la source suivante :**

LEACH, M. R. 2013. *Timeline of structural theory* [en ligne]. Référence du 4 janvier 2013. Disponible sur Internet : <[http://www.meta-synthesis.com/webbook/30\\_timeline/timeline.html](http://www.meta-synthesis.com/webbook/30_timeline/timeline.html)>.