

Recueil de données de chimie

Première évaluation en 2016

Édition de 2017 (4^e 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
Mis à jour en juillet 2015
Mis à jour en janvier 2017

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

© 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 oeuvre 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>.

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. États 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 ^1H	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-aminoacides	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	$pH = -\log_{10} [H_3O^+]$ ou $pH = -\log_{10} [H^+]$
12.1	$E = h\nu$
15.2	$\Delta G^\ominus = \Delta H^\ominus - T\Delta S^\ominus$
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	$\Delta G^\ominus = -RT \ln K$
19.1	$\Delta G^\ominus = -nFE^\ominus$
A.5	$\% \text{ d'économie atomique} = \frac{\text{masse totale du produit désiré}}{\text{masse totale de tous les réactifs}} \times 100$
A.8	$n\lambda = 2d \sin \theta$
B.7 et D4	$pH = pK_a + \log \left(\frac{[A^-]}{[HA]} \right)$
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 et D.8	$t_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda}$
C.6	$E = E^\ominus - \left(\frac{RT}{nF} \right) \ln Q$
C.7	$\frac{\text{Vitesse}_1}{\text{Vitesse}_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$
D.8	$N(t) = N_0 \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$

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 ATP = 298 K et 100 kPa

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

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

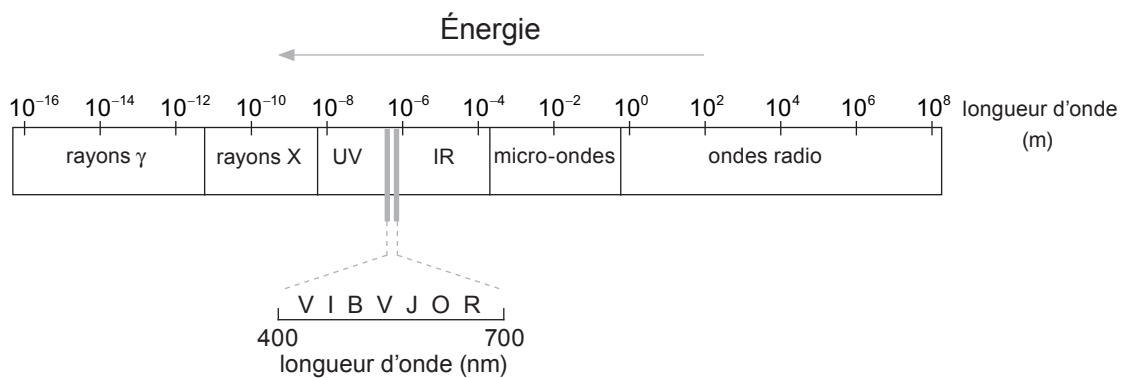
Constante de Planck (h) = $6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$

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

Constante du produit ionique de l'eau (K_w) = $1,00 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}$ 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
actinium	Ac	89
aluminium	Al	13
américium	Am	95
antimoine	Sb	51
argent	Ag	47
argon	Ar	18
arsenic	As	33
astate	At	85
azote	N	7
baryum	Ba	56
berkélium	Bk	97
béryllium	Be	4
bismuth	Bi	83
bohrium	Bh	107
bore	B	5
brome	Br	35
cadmium	Cd	48
césium	Cs	55
calcium	Ca	20
californium	Cf	98
carbone	C	6
cérium	Ce	58
chlore	Cl	17
chrome	Cr	24
cobalt	Co	27
copernicium	Cn	112
cuivre	Cu	29
curium	Cm	96
darmstadtium	Ds	110

Élément	Symbole	Numéro atomique
dubnium	Db	105
dysprosium	Dy	66
einsteinium	Es	99
erbium	Er	68
étain	Sn	50
europium	Eu	63
fer	Fe	26
fermium	Fm	100
fluor	F	9
francium	Fr	87
gadolinium	Gd	64
gallium	Ga	31
germanium	Ge	32
hafnium	Hf	72
hassium	Hs	108
hélium	He	2
holmium	Ho	67
hydrogène	H	1
indium	In	49
iode	I	53
iridium	Ir	77
krypton	Kr	36
lanthane	La	57
lawrencium	Lr	103
lithium	Li	3
lutécium	Lu	71
magnésium	Mg	12
manganèse	Mn	25
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 H 1,01																	2 He 4,00
2	3 Li 6,94	4 Be 9,01															9 F 19,00	10 Ne 20,18
3	11 Na 22,99	12 Mg 24,31															17 Cl 35,45	18 Ar 39,95
4	19 K 39,10	20 Ca 40,08	21 Sc 44,96	22 Ti 47,87	23 V 50,94	24 Cr 52,00	25 Mn 54,94	26 Fe 55,85	27 Co 58,93	28 Ni 58,69	29 Cu 63,55	30 Zn 65,38	31 Ga 69,72	32 Ge 72,63	33 As 74,92	34 Se 78,96	35 Br 79,90	36 Kr 83,90
5	37 Rb 85,47	38 Sr 87,62	39 Y 88,91	40 Zr 91,22	41 Nb 92,91	42 Mo 95,96	43 Tc (98)	44 Ru 101,07	45 Rh 102,91	46 Pd 106,42	47 Ag 107,87	48 Cd 112,41	49 In 114,82	50 Sn 118,71	51 Sb 121,76	52 Te 127,60	53 I 126,90	54 Xe 131,29
6	55 Cs 132,91	56 Ba 137,33	57 † La 138,91	72 Hf 178,49	73 Ta 180,95	74 W 183,84	75 Re 186,21	76 Os 190,23	77 Ir 192,22	78 Pt 195,08	79 Au 196,97	80 Hg 200,59	81 Tl 204,38	82 Pb 207,20	83 Bi 208,98	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
7	87 Fr (223)	88 Ra (226)	89 ‡ Ac (227)	104 Rf (267)	105 Db (268)	106 Sg (269)	107 Bh (270)	108 Hs (269)	109 Mt (278)	110 Ds (281)	111 Rg (281)	112 Cn (285)	113 Uut (286)	114 Uuq (289)	115 Uup (288)	116 Uuh (293)	117 Uus (294)	118 Uuo (294)
			†	58 Ce 140,12	59 Pr 140,91	60 Nd 144,24	61 Pm (145)	62 Sm 150,36	63 Eu 151,96	64 Gd 157,25	65 Tb 158,93	66 Dy 162,50	67 Ho 164,93	68 Er 167,26	69 Tm 168,93	70 Yb 173,05	71 Lu 174,97	
			‡	90 Th 232,04	91 Pa 231,04	92 U 238,03	93 Np (237)	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (262)	

Numéro atomique	Élément	Masse atomique
-----------------	---------	----------------

10. Longueurs des liaisons covalentes

Liaisons simples (10^{-12} m = 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} m = pm)

C=C 134	C≡N 116	N≡N 110
C≡C 120	C=O 122	N=O 114
C=C 140 (dans le benzène)	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 (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 (kJ mol^{-1})

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

12. Données thermodynamiques de quelques composés

Substance	Formule	État	ΔH_f^\ominus (kJ mol ⁻¹)	ΔG_f^\ominus (kJ mol ⁻¹)	S^\ominus (JK ⁻¹ mol ⁻¹)
méthane	CH ₄	g	-74,0	-50,0	+186
éthane	C ₂ H ₆	g	-84,0	-32,0	+230
propane	C ₃ H ₈	g	-105	-24,0	+270
butane	C ₄ H ₁₀	g	-126	-17,0	+310
pentane	C ₅ H ₁₂	l	-173		
hexane	C ₆ H ₁₄	l	-199		
éthène	C ₂ H ₄	g	+52,0	+68,0	+220
propène	C ₃ H ₆	g	+20,0	+62,0	+267
but-1-ène	C ₄ H ₈	g	+0,10	+71,0	+306
<i>cis</i> -but-2-ène	C ₄ H ₈	g	-7,0	+66,0	+301
<i>trans</i> -but-2-ène	C ₄ H ₈	g	-11,0	+63,0	+297
éthyne	C ₂ H ₂	g	+228	+211	+201
propyne	C ₃ H ₄	g	+185	+194	+248
buta-1,3-diène	C ₄ H ₆	g	+110	+151	+279
cyclohexane	C ₆ H ₁₂	l	-156		
benzène	C ₆ H ₆	l	+49,0	+125	+173
méthylbenzène	C ₆ H ₅ CH ₃	l	+12,0		
éthylbenzène	C ₆ H ₅ CH ₂ CH ₃	l	-12,0		
phényléthène	C ₆ H ₅ CHCH ₂	l	+104		
chlorométhane	CH ₃ Cl	g	-82,0	-58,0	+235
dichlorométhane	CH ₂ Cl ₂	l	-124		+178
trichlorométhane	CHCl ₃	l	-134	-74,0	+202
bromométhane	CH ₃ Br	g	-36,0	-26,0	+246
iodométhane	CH ₃ I	l	-14,0		+163
chloroéthane	C ₂ H ₅ Cl	g	-137	-53,0	
bromoéthane	C ₂ H ₅ Br	l	-90,0	-26,0	+199
chlorobenzène	C ₆ H ₅ Cl	l	+11,0		
méthanol	CH ₃ OH	l	-239	-167	+127
éthanol	C ₂ H ₅ OH	l	-278	-175	+161
phénol	C ₆ H ₅ OH	s	-165		+144
méthanal	HCHO	g	-109	-102	+219
éthanal	CH ₃ CHO	g	-166	-133	+264
propanone	(CH ₃) ₂ CO	l	-248		+200
acide méthanoïque	HCOOH	l	-425	-361	+129
acide éthanoïque	CH ₃ COOH	l	-484	-390	+160
acide benzoïque	C ₆ H ₅ COOH	s	-385		+168
méthylamine	CH ₃ NH ₂	g	-23	+32,0	+243
eau	H ₂ O	l	-285,8	-237,1	+70,0
vapeur	H ₂ O	g	-241,8	-228,6	+188,8
monoxyde de carbone	CO	g	-110,5	-137,2	+197,7
dioxyde de carbone	CO ₂	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 (ΔH_c°) 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	ΔH_c° (kJ mol ⁻¹)
hydrogène	H ₂	g	-286
soufre	S	s	-297
carbone (graphite)	C	s	-394
monoxyde de carbone	CO	g	-283
méthane	CH ₄	g	-891
éthane	C ₂ H ₆	g	-1561
propane	C ₃ H ₈	g	-2219
butane	C ₄ H ₁₀	g	-2878
pentane	C ₅ H ₁₂	l	-3509
hexane	C ₆ H ₁₄	l	-4163
octane	C ₈ H ₁₈	l	-5470
cyclohexane	C ₆ H ₁₂	l	-3920
éthène	C ₂ H ₄	g	-1411
buta-1,3-diène	C ₄ H ₆	g	-2541
éthyne	C ₂ H ₂	g	-1301
benzène	C ₆ H ₆	l	-3268
méthylbenzène	C ₆ H ₅ CH ₃	l	-3910
naphthalène	C ₁₀ H ₈	s	-5156
chloroéthane	C ₂ H ₅ Cl	g	-1413
iodoéthane	C ₂ H ₅ I	l	-1463
trichlorométhane	CHCl ₃	l	-473
méthanol	CH ₃ OH	l	-726
éthanol	C ₂ H ₅ OH	l	-1367

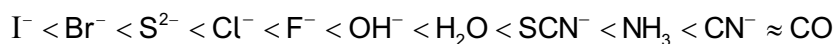
Substance	Formule	État	ΔH_c° (kJ mol ⁻¹)
propan-1-ol	C ₃ H ₇ OH	l	-2021
butan-1-ol	C ₄ H ₉ OH	l	-2676
cyclohexanol	C ₆ H ₁₁ OH	s	-3728
phénol	C ₆ H ₅ OH	s	-3053
éthoxyéthane	(C ₂ H ₅) ₂ O	l	-2724
méthanal	HCHO	g	-571
éthanal	CH ₃ CHO	g	-1167
benzaldéhyde	C ₆ H ₅ CHO	l	-3525
propanone	(CH ₃) ₂ CO	l	-1790
pentan-3-one	(C ₂ H ₅) ₂ CO	l	-3100
phényléthanone	CH ₃ COC ₆ H ₅	l	-4149
acide méthanoïque	HCOOH	l	-255
acide éthanoïque	CH ₃ COOH	l	-874
acide benzoïque	C ₆ H ₅ COOH	s	-3228
acide éthanedioïque	(COOH) ₂	s	-243
éthanoate d'éthyle	CH ₃ COOC ₂ H ₅	l	-2238
éthanamide	CH ₃ CONH ₂	s	-1186
méthylamine	CH ₃ NH ₂	g	-1086
phénylamine	C ₆ H ₅ NH ₂	l	-3393
nitrobenzène	C ₆ H ₅ NO ₂	l	-3088
urée	CO(NH ₂) ₂	s	-633
glucose	C ₆ H ₁₂ O ₆	s	-2803
saccharose	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	s	-5640

14. États d'oxydation courants des ions des éléments 3d

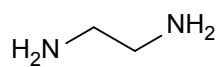
Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
								+1	
	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2
+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3			
	+4	+4		+4					
		+5							
			+6	+6					
				+7					

15. Série spectrochimique

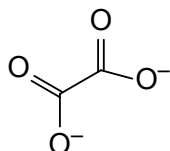
Les ligands peuvent être classés dans une série spectrochimique par ordre de leur aptitude à causer des séparations énergétiques des deux ensembles d'orbitales d dans un complexe octaédrique.



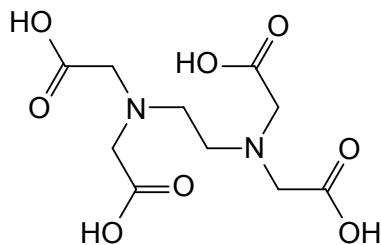
16. Ligands



1,2-éthanediamine

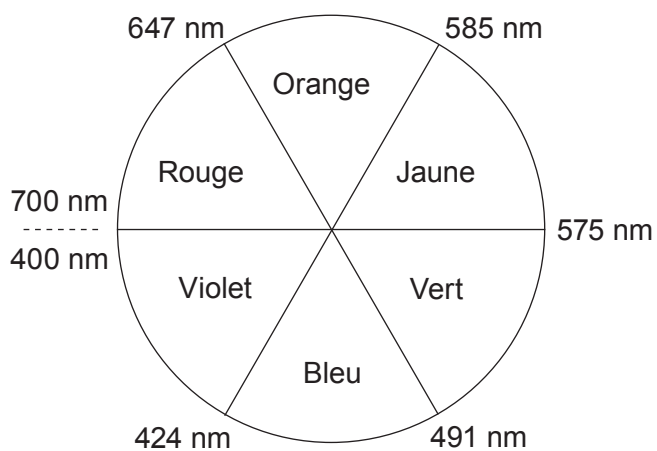


Éthanedioate



EDTA

17. Disque des couleurs



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

L'enthalpie réticulaire, ou enthalpie de réseau ($\Delta H_{\text{réseau}}^{\ominus}$) se rapporte au processus endothermique $M_a X_b(s) \rightarrow aM^{b+}(g) + bX^{a-}(g)$ 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	$\Delta H_{\text{réseau}}^{\ominus}$ (kJ mol ⁻¹)			
	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	$\Delta H_{\text{réseau}}^{\ominus}$ (kJ mol ⁻¹)
CaF ₂	2651
BeCl ₂	3033
MgCl ₂	2540
CaCl ₂	2271
SrCl ₂	2170
BaCl ₂	2069
MgO	3791
CaO	3401

Autres substances	$\Delta H_{\text{réseau}}^{\ominus}$ (kJ mol ⁻¹)
SrO	3223
BaO	3054
CuCl ₂	2824
AgF	974
AgCl	918
AgBr	905
AgI	892

19. Enthalpies de dissolution dans l'eau

Soluté	$\Delta H_{\text{sol}}^{\ominus}$ (kJ mol ⁻¹)	Soluté	$\Delta H_{\text{sol}}^{\ominus}$ (kJ mol ⁻¹)
NH ₄ Cl	+14,78	KCl	+17,22
NH ₄ NO ₃	+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	$\Delta H_{\text{hyd}}^{\ominus}$ (kJ mol ⁻¹)	Anions	$\Delta H_{\text{hyd}}^{\ominus}$ (kJ mol ⁻¹)
Li ⁺	-538	F ⁻	-504
Na ⁺	-424	Cl ⁻	-359
K ⁺	-340	Br ⁻	-328
Rb ⁺	-315	I ⁻	-287
Cs ⁺	-291	ClO ₃ ⁻	-331
Be ²⁺	-2524	BrO ₃ ⁻	-358
Mg ²⁺	-1963	IO ₃ ⁻	-446
Ca ²⁺	-1616	ClO ₄ ⁻	-205
Sr ²⁺	-1483	OH ⁻	-519
Ba ²⁺	-1346	CN ⁻	-341
Ra ²⁺	-1335	NO ₃ ⁻	-316
Al ³⁺	-4741	HCO ₃ ⁻	-383
Ga ³⁺	-4745	CO ₃ ²⁻	-1486
In ³⁺	-4171	HSO ₄ ⁻	-362
Tl ³⁺	-4163	SO ₄ ²⁻	-1099
Tl ⁺	-346	PO ₄ ³⁻	-2921
Sn ²⁺	-1587		
Pb ²⁺	-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 ₃ COOH	4,76
propanoïque	CH ₃ CH ₂ COOH	4,87
butanoïque	CH ₃ (CH ₂) ₂ COOH	4,83
2-méthylpropanoïque	(CH ₃) ₂ CHCOOH	4,84
pentanoïque	CH ₃ (CH ₂) ₃ COOH	4,83
2,2-diméthylpropanoïque	(CH ₃) ₃ CCOOH	5,03
benzoïque	C ₆ H ₅ COOH	4,20
phényléthanoïque	C ₆ H ₅ CH ₂ COOH	4,31

Acides carboxyliques halogénés

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

Phénols

Nom	Formule	pK_a
phénol	C_6H_5OH	9,99
2-nitrophénol	$O_2NC_6H_4OH$	7,23
3-nitrophénol	$O_2NC_6H_4OH$	8,36
4-nitrophénol	$O_2NC_6H_4OH$	7,15
2,4-dinitrophénol	$(O_2N)_2C_6H_3OH$	4,07
2,4,6-trinitrophénol	$(O_2N)_3C_6H_2OH$	0,42

Alcools

Nom	Formule	pK_a
méthanol	CH_3OH	15,5
éthanol	C_2H_5OH	15,5

Amines

Nom	Formule	pK_b
ammoniac	NH_3	4,75
méthylamine	CH_3NH_2	3,34
éthylamine	$CH_3CH_2NH_2$	3,35
diméthylamine	$(CH_3)_2NH$	3,27
triméthylamine	$(CH_3)_3N$	4,20
diéthylamine	$(C_2H_5)_2NH$	3,16
triéthylamine	$(C_2H_5)_3N$	3,25
phénylamine	$C_6H_5NH_2$	9,13

22. Indicateurs acide-base

Indicateur	pK_a	Zone de virage (pH)	Changement de couleur	
			Acide	Alcalin
orange de méthyle	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 bromothymol	7,0	6,0–7,6	jaune	bleu
rouge de phénol	7,9	6,8–8,4	jaune	rouge
phénolphtaléine	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
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{e}^-$	↔	$\text{Cu}^+(\text{aq})$	+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
$\frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^-$	↔	$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+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.

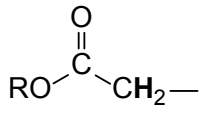
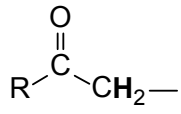
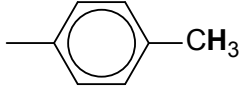
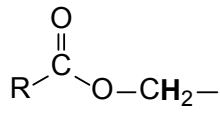
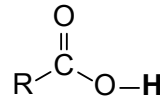
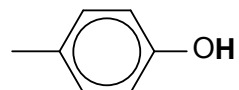
Liaison	Molécules organiques	Nombre d'ondes (cm^{-1})	Intensité
C-I	iodoalcanes	490–620	forte
C-Br	bromoalcanes	500–600	forte
C-Cl	chloroalcanes	600–800	forte
C-F	fluoroalcanes	1000–1400	forte
C-O	alcools, esters, éthers	1050–1410	forte
C=C	alcènes	1620–1680	moyenne-faible ; bandes multiples
C=O	aldéhydes,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


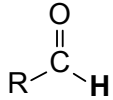
27. Données relatives à la RMN de ^1H

Valeurs standard du déplacement chimique (δ) 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.

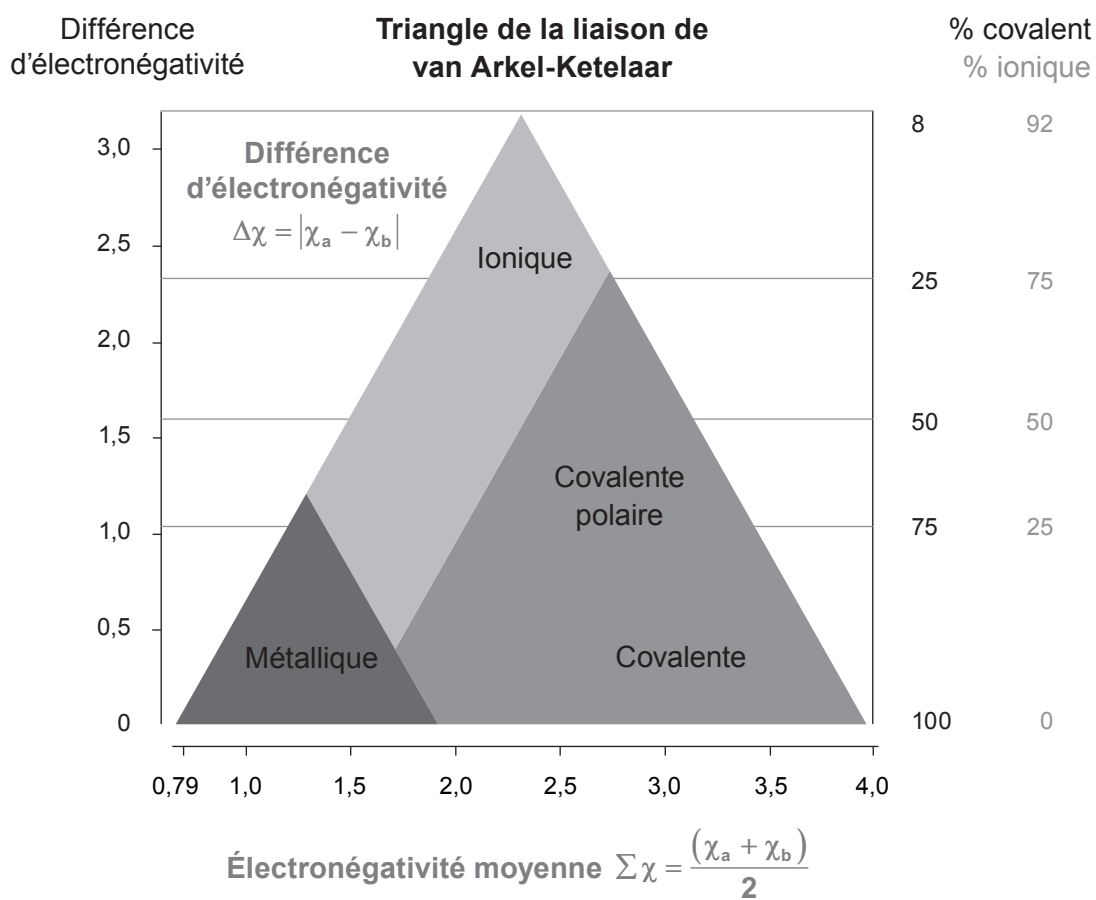
Type de proton	Déplacement chimique (ppm)
$-\text{CH}_3$	0,9–1,0
$-\text{CH}_2\text{R}$	1,3–1,4
$-\text{CHR}_2$	1,5
	2,0–2,5
	2,2–2,7
	2,5–3,5
$-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$	1,8–3,1
$-\text{CH}_2-\text{Hal}$	3,5–4,4
$\text{R}-\text{O}-\text{CH}_2-$	3,3–3,7
	3,7–4,8
	9,0–13,0
$\text{R}-\text{O}-\text{H}$	1,0–6,0
$-\text{CH}=\text{CH}_2$	4,5–6,0
	4,0–12,0

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








28. Fragments perdus dans les spectres de masse

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

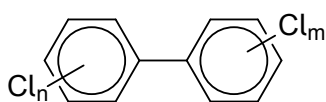
29. Diagramme du triangle de la liaison



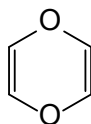
30. Codes d'identification des résines

Code d'identification des résines (CIR)	Types de plastique	Code d'identification des résines (CIR)	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		

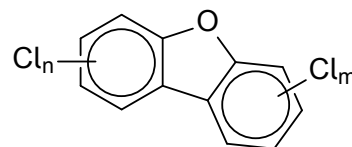
31. Représentations de quelques molécules composant certains produits



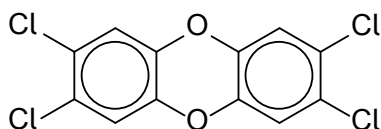
biphényles polychlorés



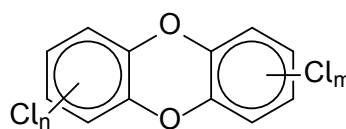
1,4-dioxine



dibenzofuranes polychlorés



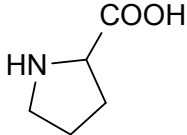
2,3,7,8-tétrachlorodibenzodioxine



dibenzo-p-dioxine polychlorée

32. Constantes du produit de solubilité à 298 K

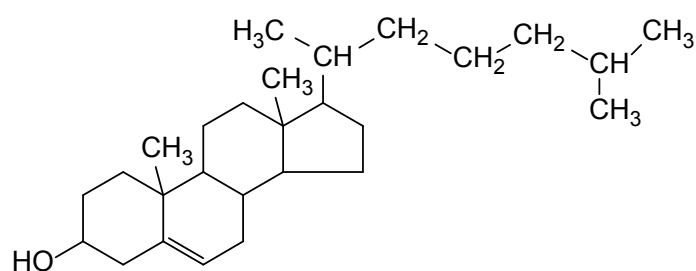
Composé	K_{ps}
BaCO ₃	$2,58 \times 10^{-9}$
Ba(OH) ₂ · 8H ₂ O	$2,55 \times 10^{-4}$
BaSO ₄	$1,08 \times 10^{-10}$
CdCO ₃	$1,0 \times 10^{-12}$
Cd(OH) ₂	$7,2 \times 10^{-15}$
PbCO ₃	$7,40 \times 10^{-14}$
Pb(OH) ₂	$1,43 \times 10^{-20}$
PbSO ₄	$2,53 \times 10^{-8}$
Hg ₂ CO ₃	$3,6 \times 10^{-17}$
Hg ₂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

Nom courant	Symbole	Formule structurale	pH isoélectrique
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
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

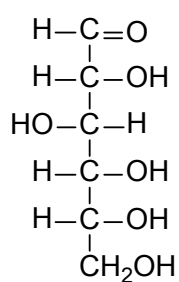
Lipides

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 α -linoléique	$\text{CH}_3\text{CH}_2(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$

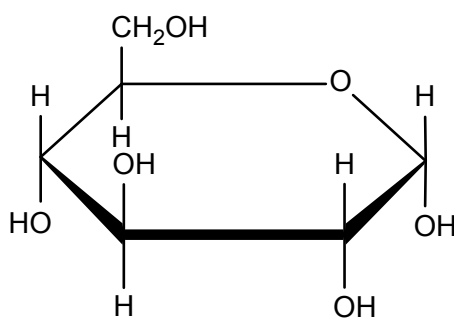


cholestérol

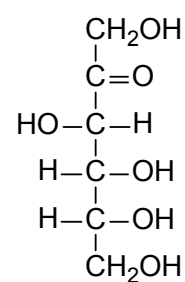
Glucides



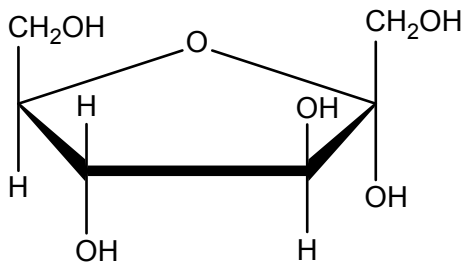
glucose
(forme linéaire)



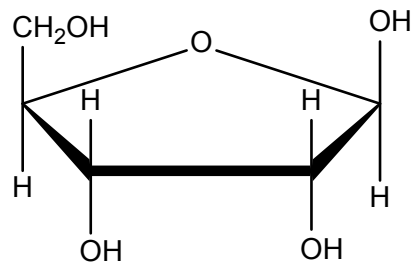
α -glucose



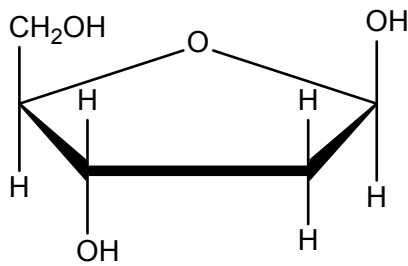
fructose
(forme linéaire)



α -fructose

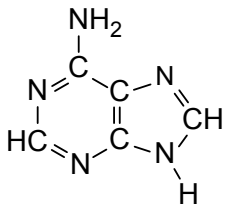


ribose

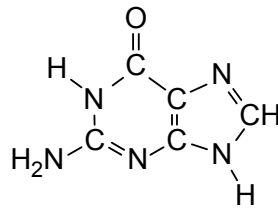


désoxyribose

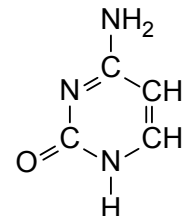
Bases azotées



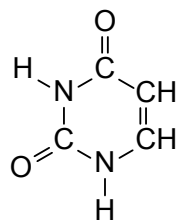
adénine



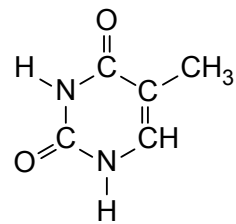
guanine



cytosine



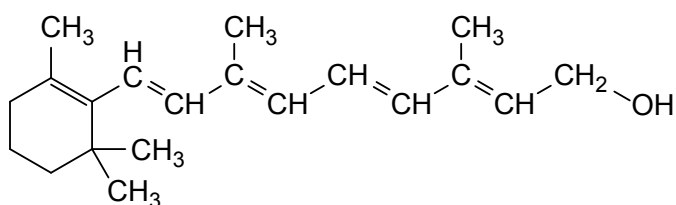
uracile



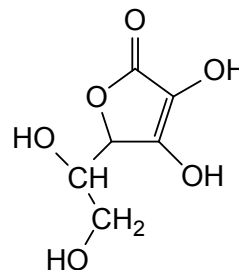
thymine

35. Vitamines et pigments

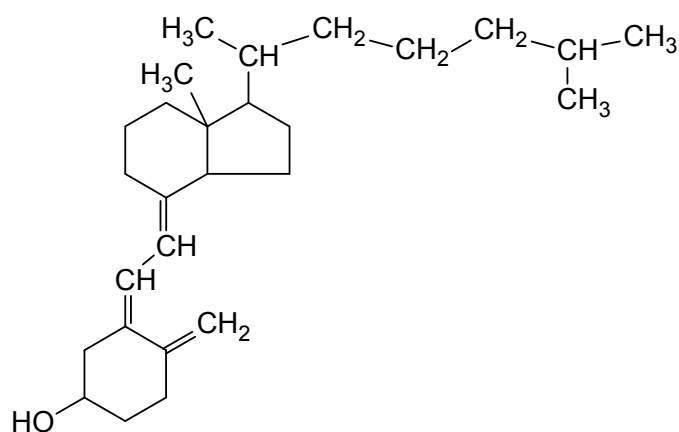
Vitamines



rétinol (vitamine A)

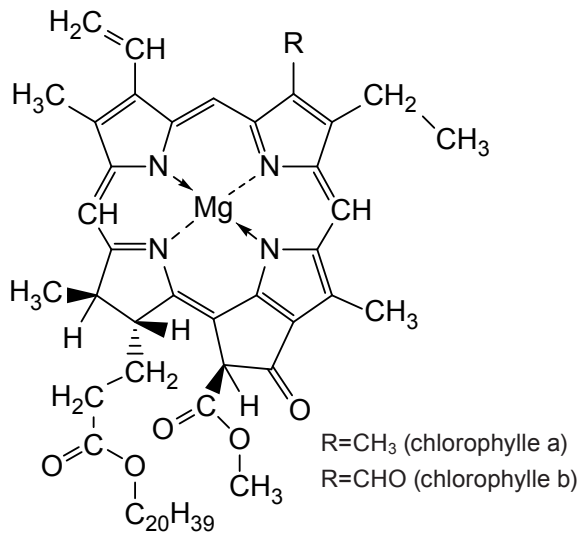


acide ascorbique (vitamine C)

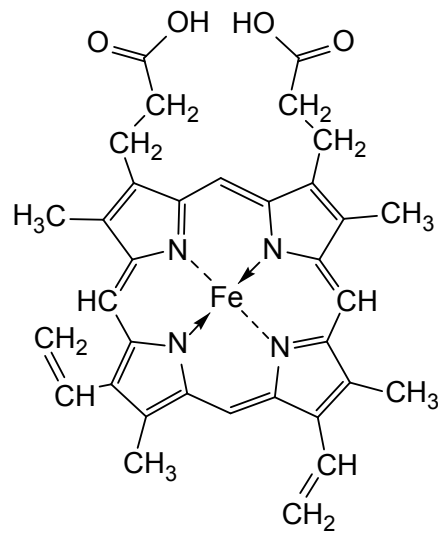


vitamine D (D3)

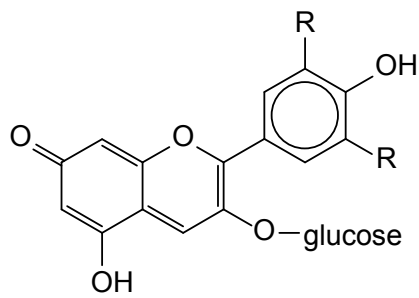
Pigments



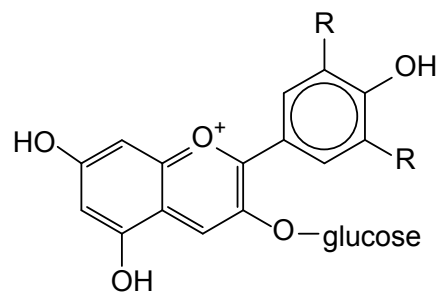
chlorophylle



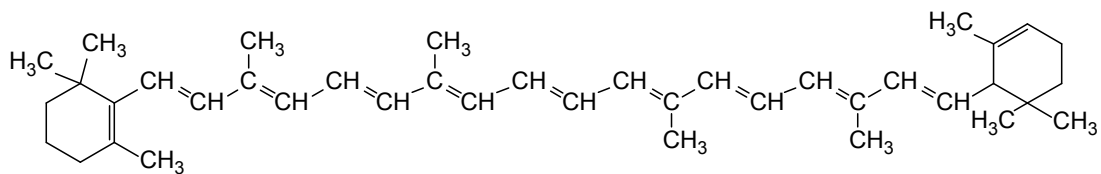
hème B



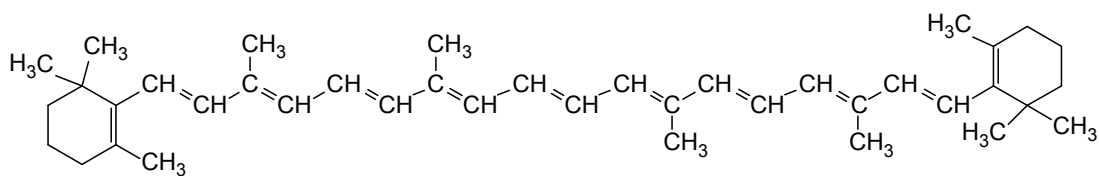
base quinonique (bleue)



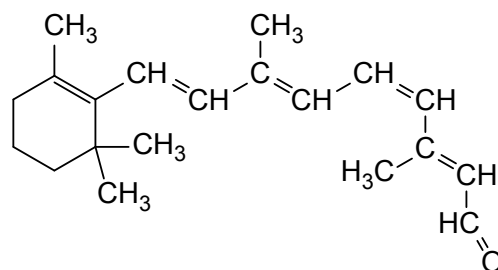
cation flavylum (rouge)



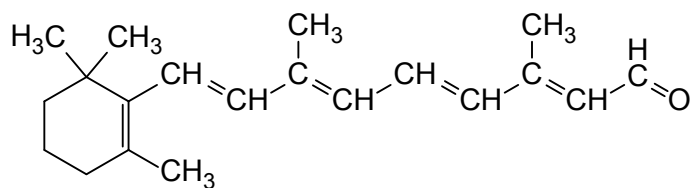
α-carotène



β-carotène

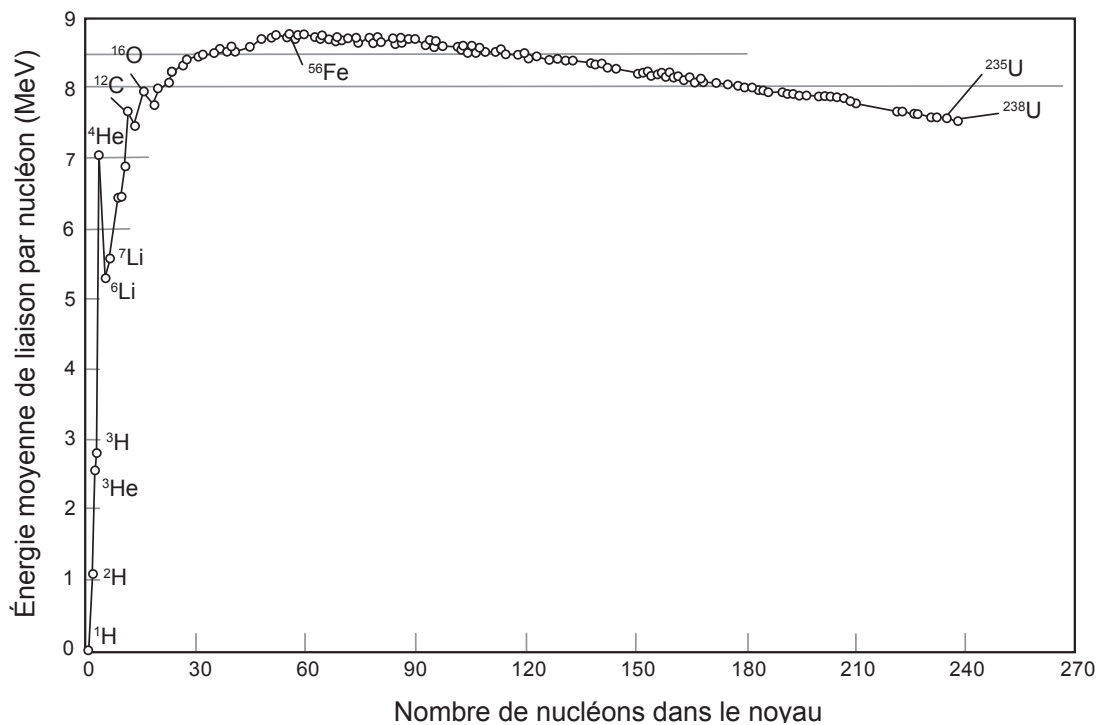


11-*cis*-rétinal

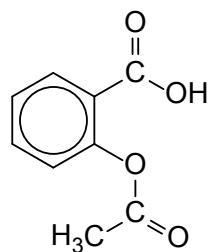


tout-*trans*-rétinal

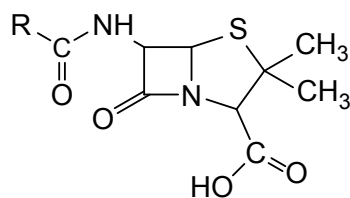
36. Courbe d'énergie de liaison



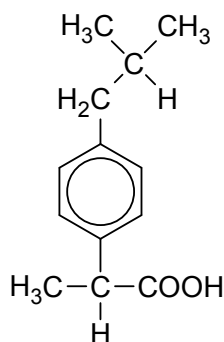
37. Représentations de quelques molécules médicamenteuses



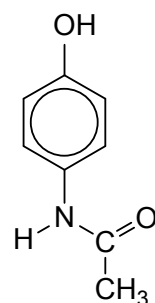
aspirine



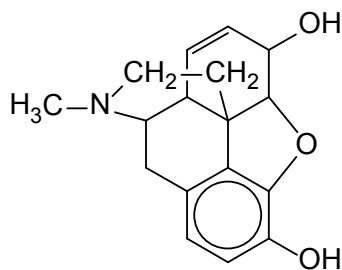
pénicilline (structure de base)



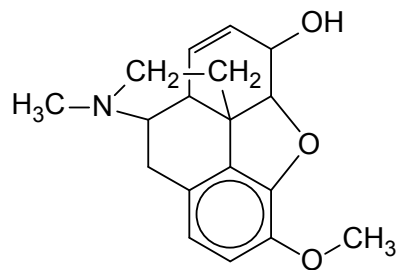
ibuprofène



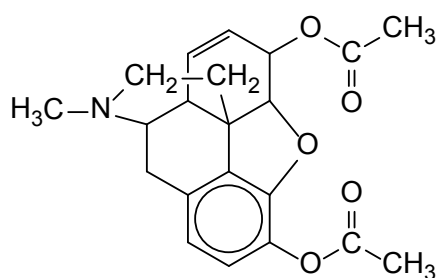
paracétamol (acétaminophène)



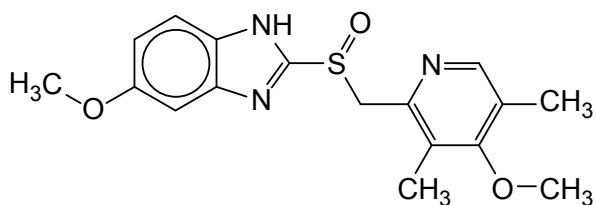
morphine



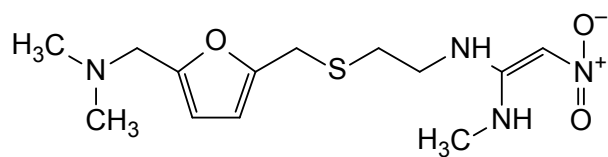
codéine



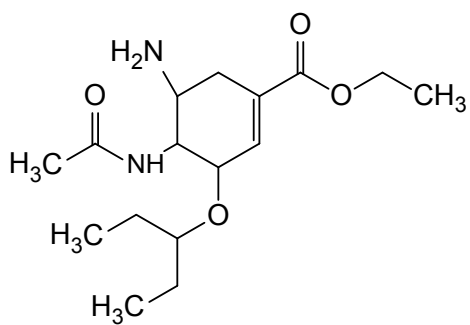
diacétylmorphine (héroïne)



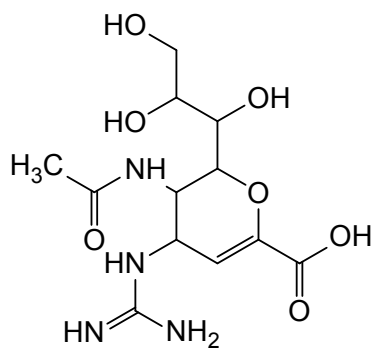
oméprazole



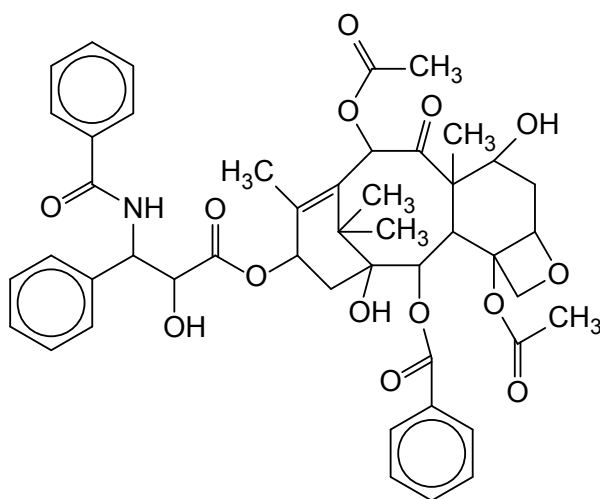
ranitidine



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^e 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^e 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>.