

CHIMIE GÉNÉRALE

• KOTZ • TREICHEL JR •

AVEC 500
EXERCICES
CORRIGÉS



de·boeck

CHIMIE GÉNÉRALE

KOTZ .TREICHEL JR

AVEC 500 EXERCICES CORRIGÉS

de-boeck

Tableau périodique des éléments

Hydrogène 1 H 1,0079 MÉTALUX REPRESENTATIFS MÉTALUX DE TRANSITION MÉTALLOIDES NON-MÉTALUX																Uranium 92 U 238,0289 Nom Numéro atomique Symbole Massa atomique A																1A (1) 2A (2) 3A (13) 4A (14) 5A (15) 6A (16) 7A (17) 8A (18)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18																19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36																37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54																55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72																73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90																91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108																109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126																127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144																145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162																163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180																181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198																199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216																217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234																235 236 237 238 239 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250 251 252																253 254 255 256 257 258 259 260 261 262 263 264 265 266 267 268 269 270																271 272 273 274 275 276 277 278 279 280 281 282 283 284 285 286 287 288																289 290 291 292 293 294 295 296 297 298 299 300 301 302 303 304 305 306																307 308 309 310 311 312 313 314 315 316 317 318 319 320 321 322 323 324																325 326 327 328 329 330 331 332 333 334 335 336 337 338 339 340 341 342																343 344 345 346 347 348 349 350 351 352 353 354 355 356 357 358 359 360																361 362 363 364 365 366 367 368 369 370 371 372 373 374 375 376 377 378																379 380 381 382 383 384 385 386 387 388 389 390 391 392 393 394 395 396																397 398 399 400 401 402 403 404 405 406 407 408 409 410 411 412 413 414																415 416 417 418 419 420 421 422 423 424 425 426 427 428 429 430 431 432																433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450																451 452 453 454 455 456 457 458 459 460 461 462 463 464 465 466 467 468																469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 479 480 481 482 483 484 485 486																487 488 489 490 491 492 493 494 495 496 497 498 499 500 501 502 503 504																505 506 507 508 509 510 511 512 513 514 515 516 517 518 519 520 521 522																523 524 525 526 527 528 529 530 531 532 533 534 535 536 537 538 539 540																541 542 543 544 545 546 547 548 549 550 551 552 553 554 555 556 557 558																559 560 561 562 563 564 565 566 567 568 569 570 571 572 573 574 575 576																577 578 579 580 581 582 583 584 585 586 587 588 589 590 591 592 593 594																595 596 597 598 599 600 601 602 603 604 605 606 607 608 609 610 611 612																613 614 615 616 617 618 619 620 621 622 623 624 625 626 627 628 629 630																631 632 633 634 635 636 637 638 639 640 641 642 643 644 645 646 647 648																649 650 651 652 653 654 655 656 657 658 659 660 661 662 663 664 665 666																667 668 669 670 671 672 673 674 675 676 677 678 679 680 681 682 683 684																685 686 687 688 689 690 691 692 693 694 695 696 697 698 699 700 701 702																703 704 705 706 707 708 709 710 711 712 713 714 715 716 717 718 719 720																721 722 723 724 725 726 727 728 729 730 731 732 733 734 735 736 737 738																739 740 741 742 743 744 745 746 747 748 749 750 751 752 753 754 755 756																757 758 759 760 761 762 763 764 765 766 767 768 769 770 771 772 773 774																775 776 777 778 779 780 781 782 783 784 785 786 787 788 789 790 791 792																793 794 795 796 797 798 799 800 801 802 803 804 805 806 807 808 809 810																811 812 813 814 815 816 817 818 819 820 821 822 823 824 825 826 827 828																829 830 831 832 833 834 835 836 837 838 839 840 841 842 843 844 845 846																847 848 849 850 851 852 853 854 855 856 857 858 859 860 861 862 863 864																865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882																883 884 885 886 887 888 889 890 891 892 893 894 895 896 897 898 899 900																901 902 903 904 905 906 907 908 909 910 911 912 913 914 915 916 917 918																919 920 921 922 923 924 925 926 927 928 929 930 931 932 933 934 935 936																937 938 939 940 941 942 943 944 945 946 947 948 949 950 951 952 953 954																955 956 957 958 959 960 961 962 963 964 965 966 967 968 969 970 971 972																973 974 975 976 977 978 979 980 981 982 983 984 985 986 987 988 989 990																991 992 993 994 995 996 997 998 999 1000 1001 1002 1003 1004 1005 1006 1007 1008																1009 1010 1011 1012 1013 1014 1015 1016 1017 1018 1019 1020 1021 1022 1023 1024 1025 1026																1027 1028 1029 1030 1031 1032 1033 1034 1035 1036 1037 1038 1039 1040 1041 1042 1043 1044																1045 1046 1047 1048 1049 1050 1051 1052 1053 1054 1055 1056 1057 1058 1059 1060 1061 1062																1063 1064 1065 1066 1067 1068 1069 1070 1071 1072 1073 1074 1075 1076 1077 1078 1079 1080																1081 1082 1083 1084 1085 1086 1087 1088 1089 1090 1091 1092 1093 1094 1095 1096 1097 1098																1099 1100 1101 1102 1103 1104 1105 1106 1107 1108 1109 1110 1111 1112 1113 1114 1115 1116																1117 1118 1119 1120 1121 1122 1123 1124 1125 1126 1127 1128 1129 1130 1131 1132 1133 1134																1135 1136 1137 1138 1139 1140 1141 1142 1143 1144 1145 1146 1147 1148 1149 1150 1151 1152																1153 1154 1155 1156 1157 1158 1159 1160 1161 1162 1163 1164 1165 1166 1167 1168 1169 1170																1171 1172 1173 1174 1175 1176 1177 1178 1179 1180 1181 1182 1183 1184 1185 1186 1187 1188																1189 1190 1191 1192 1193 1194 1195 1196 1197 1198 1199 1200 1201 1202 1203 1204 1205 1206																1207 1208 1209 1210 1211 1212 1213 1214 1215 1216 1217 1218 1219 1220 1221 1222 1223 1224																1225 1226 1227 1228 1229 1230 1231 1232 1233 1234 1235 1236 1237 1238 1239 1240 1241 1242																1243 1244 1245 1246 1247 1248 1249 1250 1251 1252 1253 1254 1255 1256 1257 1258 1259 1260																1261 1262 1263 1264 1265 1266 1267 1268 1269 1270 1271 1272 1273 1274 1275 1276 1277 1278																1279 1280 1281 1282 1283 1284 1285 1286 1287 1288 1289 1290 1291 1292 1293 1294 1295 1296																1297 1298 1299 1300 1301 1302 1303 1304 1305 1306 1307 1308 1309 1310 1311 1312 1313 1314																1315 1316 1317 1318 1319 1320 1321 1322 1323 1324 1325 1326 1327 1328 1329 1330 1331 1332																1333 1334 1335 1336 1337 1338 1339 1340 1341 1342 1343 1344 1345 1346 1347 1348 1349 1350																1351 1352 1353 1354 1355 1356 1357 1358 1359 1360 1361 1362 1363 1364 1365 1366 1367 13															

Tableau des masses atomiques (2001)

Éléments	Symboles	Numéros atomiques	Masses atomiques	Éléments	Symboles	Numéros atomiques	Masses atomiques
Actinium	Ac	89	[227]	Mendélévium	Md	101	[258]
Aluminium	Al	13	26,981 538(2)	Mercure	Hg	80	200,59(2)
Amercium	Am	95	[243]	Molybdène	Mo	42	95,94(2)
Antimoine	Sb	51	121,760(1)	Néodyme	Nd	60	144,24(3)
Argent	Ag	47	107,868 2(2)	Néon	Ne	10	20,179 7(6)
Argon	Ar	18	39,948(1)	Neptunium	Np	93	[237]
Arsenic	As	33	74,921 60(2)	Nickel	Ni	28	58,693 4(2)
Astate	At	85	[210]	Niobium	Nb	41	92,906 38(2)
Azote	N	7	14,006 7(2)	Nobélium	No	102	[259]
Baryum	Ba	56	137,327(7)	Or	Au	79	196,966 55(2)
Berkélium	Bk	97	[247]	Osmium	Os	76	190,23(3)
Béryllium	Be	4	9,012 182(3)	Oxygène	O	8	15,9994(3)
Bismuth	Bi	83	208,980 38(2)	Palladium	Pd	46	106,42(1)
Bohrium	Bh	107	[264]	Phosphore	P	15	30,973 761(2)
Bore	B	5	10,811(7)	Platine	Pt	78	195,078(2)
Brome	Br	35	79,904(1)	Plomb	Pb	82	207,2(1)
Cadmium	Cd	48	112,411(8)	Plutonium	Pu	94	[244]
Calcium	Ca	20	40,078(4)	Polonium	Po	84	[209]
Californium	Cf	98	[251]	Potassium	K	19	39,098 3(1)
Carbone	C	6	12,010 7(8)	Praséodyme	Pr	59	140,907 65(2)
Cérium	Ce	58	140,116(1)	Prométhium	Pm	61	[145]
Césium	Cs	55	132,905 45(2)	Protactinium	Pa	91	231,035 88(2)
Chlore	Cl	17	35,453(2)	Radium	Ra	88	[226]
Chrome	Cr	24	51,996 1(6)	Radon	Rn	86	[222]
Cobalt	Co	27	58,933 200(9)	Rhénium	Re	75	186,207(1)
Cuivre	Cu	29	63,546(3)	Rhodium	Rh	45	102,905 50(2)
Curium	Cm	96	[247]	Rubidium	Rb	37	85,467 8(3)
Darmstadtium	Ds	110	[281]	Ruthénium	Ru	44	101,07(2)
Dubnium	Db	105	[262]	Rutherfordium	Rf	104	[261]
Dysprosium	Dy	66	162,500(1)	Samarium	Sm	62	150,36(3)
Einsteinium	Es	99	[252]	Scandium	Sc	21	44,955 910(8)
Erbium	Er	68	167,259(3)	Seaborgium	Sg	106	[266]
Étain	Sn	50	118,710(7)	Sélénium	Se	34	78,96(3)
Europium	Eu	63	151,964(1)	Silicium	Si	14	28,085 5(3)
Fer	Fe	26	55,845(2)	Sodium	Na	11	22,989 770(2)
Fermium	Fm	100	[257]	Soufre	S	16	32,065(5)
Fluor	F	9	18,998 403 2(5)	Strontium	Sr	38	87,62(1)
Francium	Fr	87	[223]	Tantale	Ta	73	180,947 9(1)
Gadolinium	Gd	64	157,25(3)	Technétium	Tc	43	[98]
Gallium	Ga	31	69,723(1)	Tellure	Te	52	127,60(3)
Germanium	Ge	32	72,64(1)	Terbium	Tb	65	158,925 34(2)
Hafnium	Hf	72	178,49(2)	Thallium	Tl	81	204,383 3(2)
Hassium	Hs	108	[277]	Thorium	Th	90	232,038 1(1)
Hélium	He	2	4,002 602(2)	Thulium	Tm	69	168,934 21(2)
Holmium	Ho	67	164,930 32(2)	Titane	Ti	22	47,867(1)
Hydrogène	H	1	1,007 94(7)	Tungstène	W	74	183,84(1)
Indium	In	49	114,818(3)	Uranium	U	92	238,028 91(3)
Iode	I	53	126,904 47(3)	Vanadium	V	23	50,941 5(1)
Iridium	Ir	77	192,217(3)	Ununbium	Uub	112	[285]
Krypton	Kr	36	83,798(2)	Ununquadium	Uuq	114	[289]
Lanthane	La	57	138,905 5(2)	Ununonium	Uuo	111	[272]
Lawrencium	Lr	103	[262]	Xénon	Xe	54	131,293(6)
Lithium	Li	3	6,941(2)	Ytterbium	Yb	70	173,04(3)
Lutécium	Lu	71	174,967(1)	Yttrium	Y	39	88,905 85(2)
Magnésium	Mg	12	24,305 0(6)	Zinc	Zn	30	65,409(4)
Manganèse	Mn	25	54,938 049(9)	Zirconium	Zr	40	91,224(2)
Meitnerium	Mt	109	[268]				

Note Un nombre entre parenthèses indique l'incertitude sur le dernier chiffre.
Une valeur entre crochets désigne la masse atomique de l'isotope le plus stable.

Tableau des masses atomiques (2001)

Éléments/ Symboles atomiques

Actinium Ac, Aluminium Al, Américium Am, Antimoine Sb, Argent Ag, Argon Ar, Arsenic As, Astate At, Azote N,
Baryum Ba, Berkélium Bk, Béryllium Be, Bismuth Bi, Bohrium Bh, Bore B, Brome Br, Cadmium Ca, Calcium Ca, Californium Cf, Carbone C, Cérium Ce, Césium Cs, Chlore Cl, Cobalt Co, Chrome Cr, Cuivre Cu, Curium Cm, Darmstadtium Ds, Dubnium Db, Dysprosium Dy, Einsteinium Es, Scandium Sc, Erbium Er, Étain Sn, Europium Eu, Fer Fe, Fermium Fm, Fluor F, Francium Fr, Gadolinium Gd, Gallium Ga, Germanium Ge, Hafnium Hf, Hassium Hs, Hydrogène H, Holmium Ho, Hélium He, Indium In, Iode I, Iridium Ir, Krypton Kr, Lanthane La, Lawrencium Lr, Lithium Li, Lutécium Lu, Mendélévium Md, Mercure Hg, Molybdène Mo, Magnésium Mg, Manganèse Mn, Meitnerium Mt, Néodyme Nd, Néon Ne, Neptunium Np, Nickel Ni, Niobium Nb, Nobélium No, Or Au, Osmium Os, Oxygène O, Palladium Pd, Phosphore P, Platine Pt, Plomb Pb, Plutonium Pu, Polonium Po, Potassium K, Praséodyme Pr, Prométhium Pm, Protactinium Pa, Radium Ra, Radon Rn, Rhénium Re, Rhodium Rh, Rubidium Rb, Ruthénium Ru, Rutherfordium Rf, Samarium Sm, Seaborgium Sg, Sélénium Se, Silicium Si, Sodium Na, Soufre S, Strontium Sr, Tantale Ta, Technétium Tc, Tellure Te, Terbium Tb, Thallium Tl, Thorium Th, Thulium Tm, Titane Ti, Tungstène W, Uranium U, Ununbium Uub, Ununquadium Uuq, Unununium Uuu, Vanadium V, Xénon Xe, Ytterbium Yb, Yttrium Y, Zinc Zn, Zirconium Zr

Note Un nombre entre parenthèses indique l'incertitude sur le dernier chiffre Une valeur entre crochets désigne la masse atomique de l'isotope le plus stable.

Avant-propos

Chemistry & Chemical Reactivity

La première édition de *Chemistry & Chemical Reactivity* de J. C. Kotz et P. M. Treichel Jr date maintenant de plus de 15 ans. La présentation et le contenu des chapitres ont beaucoup évolué depuis, grâce aux critiques de plus d'une centaine de professeurs chevronnés qui ont participé à la révision des différents manuscrits. La cinquième édition (2003) est l'aboutissement de tous ces efforts de renouvellement et de mises à jour visant à s'adapter aux intérêts changeants des étudiants et à l'évolution des méthodes pédagogiques. Elle décrit dans un langage accessible la réactivité des éléments et de leurs composés, et donne un vaste aperçu des principes sur lesquels repose la chimie. Celle-ci n'y est pas présentée comme une science isolée, mais comme partie intégrante de l'histoire des sciences et du monde contemporain. Le manuel est conçu comme un cours d'introduction offert à des étudiants qui désirent poursuivre une carrière scientifique, quelle que soit leur discipline principale. L'approche utilisée (des observations expérimentales à l'élaboration des lois et des théories, des plus simples aux plus complexes), comme en témoigne particulièrement la découverte de la structure de l'ADN présentée dans différents chapitres, permet d'exposer avec concision et rigueur les découvertes et les concepts qui ont mené à la compréhension actuelle des propriétés de la matière, connaissance essentielle à toute personne s'orientant vers le domaine scientifique.

Le choix du contenu, l'esprit dans lequel il a été présenté, la logique interne des chapitres et l'agencement de leur séquence, etc., s'accordent très bien avec les préoccupations véhiculées dans la description du programme *Sciences de la nature 200.B0*, du *Programme intégré en Sciences, Lettres et Arts 700.A0*, et du *Baccalauréat international*.

Traduction en français et adaptation au contexte collégial québécois

L'adaptation a consisté essentiellement à séparer l'ouvrage original en deux manuels, *Chimie générale* et *Chimie des solutions*, correspondant respectivement au contenu à privilégier pour soutenir l'acquisition des compétences 00UL (Analyser les transformations chimiques et physiques de la matière à partir des notions liées à la structure des atomes et des molécules) et 00UM (Analyser les propriétés des solutions et les réactions en solution).

Chimie générale

Le manuel *Chimie générale* se trouve ainsi séparé en quatre grandes sections.

La première constitue le point de départ de la compréhension de la liaison chimique et peut être considérée comme un rappel de quelques notions étudiées au secondaire.

Chapitre 1 – La matière, l'énergie et les mesures. Définition des termes importants, différents types d'énergies, classification et grandes propriétés de la matière, unités de mesure et incertitudes.

Chapitre 2 – Les atomes et les éléments. Émergence de la théorie atomique, masse atomique, mole, description et organisation du tableau périodique.

Chapitre 3 – Les molécules, les ions et leurs composés. Définitions, formules, nomenclature, masse molaire.

La deuxième section explicite la structure de l'atome.

Chapitre 4 – Les électrons et l'atome. Conceptions de l'atome d'hydrogène selon Bohr et selon la mécanique quantique, nombres quantiques, orbitales atomiques.

Chapitre 5 – Les configurations électroniques et les propriétés périodiques des éléments. Principes à la base de la configuration électronique des éléments, conséquences des configurations sur quelques propriétés.

La troisième section traite des différents types de liaisons chimiques.

Chapitre 6 – La liaison chimique et la structure des molécules: les concepts fondamentaux. Notation de Lewis, composés ioniques, liaison covalente, structures de Lewis, règle de l'octet, résonance, polarité, électronégativité, propriétés des liaisons, géométrie des molécules (théorie RPE).

Chapitre 7 – Les liaisons chimiques et la structure des molécules: l'hybridation des orbitales atomiques et les orbitales moléculaires. Théorie des électrons localisés (recouvrement des orbitales, hybridation, liaisons multiples), théorie des orbitales moléculaires, les métaux et les semi-conducteurs.

Chapitre 8 – Les forces intermoléculaires, les liquides et les solides. Forces de Van der Waals, liaison hydrogène, propriétés des liquides, état solide, diagramme de phases.

Le manuel se termine par une section nettement plus quantitative, le chapitre sur les gaz faisant office de lien entre les états condensés de la matière et la stoechiométrie.

Chapitre 9 – Les gaz et leurs propriétés. Loi des gaz parfaits, pressions partielles, théorie cinétique, diffusion et effusion, gaz réels.

Chapitre 10 – Les réactions, les équations chimiques et la stoechiométrie. Équilibrage des équations, différents types de calculs, réactions en solution aqueuse, réactif limitant, rendement, analyse quantitative.

Ce manuel constitue un très bon outil pédagogique de référence, dont le contenu soutient l'acquisition de la compétence visée. Les auteurs sont conscients que toutes les notions présentées ne peuvent être étudiées en un seul cours de 45 périodes. Il revient donc au professeur de sélectionner parmi la somme d'informations celles qui lui semblent essentielles et les mieux adaptées à ses étudiantes et étudiants. Les objectifs d'apprentissage présentés au début de chacun des chapitres et mis en relation avec les éléments de compétence visés peuvent le guider dans cette tâche.

Avant-propos

Chemistry & Chemical Reactivity

La première édition de Chemistry & Chemical Reactivity de J. C. Kotz et P. M. Treichel Jr date maintenant de plus de 15 ans. La présentation et le contenu des chapitres ont beaucoup évolué depuis, grâce aux critiques de plus d'une centaine de professeurs chevronnés qui ont participé à la révision des différents manuscrits. La cinquième édition (2003) est l'aboutissement de tous ces efforts de renouvellement et de mises à jour visant à s'adapter aux intérêts changeants des étudiants et à l'évolution des méthodes pédagogiques. Elle décrit dans un langage accessible la réactivité des éléments et de leurs composés, et donne un vaste aperçu des principes sur lesquels repose la chimie. Celle-ci n'y est pas présentée comme une science isolée, mais comme partie intégrante de l'histoire des sciences et du monde contemporain. Le manuel est conçu comme un cours d'introduction offert à des étudiants qui désirent poursuivre une carrière scientifique, quelle que soit leur discipline principale. L'approche utilisée (des observations expérimentales à l'élaboration des lois et des théories, des plus simples aux plus complexes), comme en témoigne particulièrement la découverte de la structure de l'ADN présentée dans différents chapitres, permet d'exposer avec concision et rigueur les découvertes et les concepts qui ont mené à la compréhension actuelle des propriétés de la matière, connaissance essentielle à toute personne s'orientant vers le domaine scientifique.

Le choix du contenu, l'esprit dans lequel il a été présenté, la logique interne des chapitres et l'agencement de leur séquence, etc., s'accordent très bien avec les préoccupations véhiculées dans la description du programme Sciences de la nature 200.B0, du Programme intégré en Sciences, Lettres et Arts 700.A0, et du Baccalauréat international.

Traduction en français et adaptation au contexte collégial québécois

L'adaptation a consisté essentiellement à séparer l'ouvrage original en deux manuels, Chimie générale et Chimie des solutions, correspondant respectivement au contenu à privilégier pour soutenir l'acquisition des compétences 00UL (Analyser les transformations chimiques et physiques de la matière à partir des notions liées à la structure des atomes et des molécules) et 00UM (Analyser les propriétés des solutions et les réactions en solution).

Chimie générale

Le manuel Chimie générale se trouve ainsi séparé en quatre grandes sections.

La première constitue le point de départ de la compréhension de la liaison chimique et peut être considérée comme un rappel de quelques notions étudiées au secondaire.

Chapitre 1 - La matière, l'énergie et les mesures. Définition des termes importants, différents types d'énergies, classification et grandes propriétés de la matière, unités de mesure et incertitudes.

Chapitre 2 - Les atomes et les éléments. Émergence de la théorie atomique, masse atomique, mole, description et organisation du tableau périodique.

Chapitre 3 Les molécules, les ions et leurs composés. Définitions, formules, nomenclature, masse molaire. La deuxième section explicite la structure de l'atome.

Chapitre 4 - Les électrons et l'atome. Conceptions de l'atome d'hydrogène selon Bohr et selon la mécanique quantique, nombres quantiques, orbitales atomiques.

Chapitre 5 - Les configurations électroniques et les propriétés périodiques des éléments.

Principes à la base de la configuration électronique des éléments, conséquences des configurations sur quelques propriétés.

La troisième section traite des différents types de liaisons chimiques.

Chapitre 6 - La liaison chimique et la structure des molécules: les concepts fondamentaux.

Notation de Lewis, composés ioniques, liaison covalente, structures de Lewis, règle de l'octet, résonance, polarité, électronégativité, propriétés des liaisons, géométrie des molécules (théorie RPE).

Chapitre 7 - Les liaisons chimiques et la structure des molécules: l'hybridation des orbitales atomiques et les orbitales moléculaires. Théorie des électrons localisés (recouvrement des orbitales, hybridation, liaisons multiples), théorie des orbitales moléculaires, les métaux et les semi-conducteurs.

Chapitre 8 - Les forces intermoléculaires, les liquides et les solides. Forces de Van der Waals, liaison hydrogène, propriétés des liquides, état solide, diagramme de phases. Le manuel se termine par une section nettement plus quantitative, le chapitre sur les gaz faisant office de lien entre les états condensés de la matière et la stoechiométrie.

Chapitre 9 - Les gaz et leurs propriétés. Loi des gaz parfaits, pressions partielles, théorie cinétique, diffusion et effusion, gaz réels.

Chapitre 10 - Les réactions, les équations chimiques et la stoechiométrie. Équilibrage des équations, différents types de calculs, réactions en solution aqueuse, réactif limitant, rendement, analyse quantitative.

Ce manuel constitue un très bon outil pédagogique de référence, dont le contenu soutient l'acquisition de la compétence visée. Les auteurs sont conscients que toutes les notions présentées ne peuvent être étudiées en un seul cours de 45 périodes. Il revient donc au professeur de sélectionner parmi la somme d'informations celles qui lui semblent essentielles et les mieux adaptées à ses étudiantes et étudiants. Les objectifs d'apprentissage présentés au début de chacun des chapitres et mis en relation avec les éléments de compétence visés peuvent le guider dans cette tâche.

Table des matières

Préface	4	1.9 La résolution de problèmes	67
Capsule: La double hélice	4	À sauvegarder	68
L'importance de la chimie dans votre programme d'études	5	Exercices	69
La méthode scientifique	6		
La recherche	6	Chapitre 2	
L'importance du hasard... bien exploité!	7	LES ATOMES ET LES ÉLÉMENTS	
Les dilemmes et l'intégrité en sciences	8	Capsule: Les poussières d'étoiles ou la manufacture des éléments chimiques	70
Le mot de la fin	9	Point de mire	
Chapitre 1		2.1 Les électrons, les protons et les neutrons: l'émergence de la théorie atomique	71
LA MATIÈRE, L'ÉNERGIE ET LES MESURES		2.1.1 L'électricité	71
Capsule: En panne sèche!	10	2.1.2 Le rayonnement cathodique et l'électron	72
Point de mire	12	2.1.3 La radioactivité et le rayonnement α	73
1.1 Les éléments et les atomes	13	2.1.4 La découverte du proton	74
1.2 Les composés et les molécules	14	2.1.5 Le neutron	75
1.3 L'énergie	15	2.1.6 Le noyau atomique	76
1.3.1 L'énergie cinétique et l'énergie potentielle	16	2.2 Le numéro atomique et la masse atomique	77
1.3.2 La conservation de l'énergie	16	2.2.1 Le numéro atomique	77
1.3.3 La chaleur et la température	17	2.2.2 Les masses atomiques relatives et l'unité de masse atomique	78
1.3.4 Le système et le milieu extérieur	18	2.2.3 Le nombre de masse	79
1.3.5 Le transfert de chaleur et l'équilibre thermique	18	2.3 Les isotopes	80
1.4 Les propriétés physiques	19	2.3.1 L'abondance isotopique	80
1.4.1 La masse volumique	20	2.3.2 La détermination des masses atomiques et de l'abondance isotopique	81
1.4.2 La température	21	2.4 La masse atomique	82
1.4.3 L'influence de la température sur les propriétés physiques	21	2.5 L'atome, la mole et la masse molaire	83
1.4.4 Les propriétés extensives et les propriétés intensives	23	2.6 Le tableau périodique	84
1.5 Les changements physiques et les changements chimiques	23	2.6.1 L'organisation du tableau périodique	84
1.6 La classification de la matière	25	2.6.2 La genèse du tableau périodique	85
1.6.1 Les états de la matière et la théorie cinétique	25	2.7 Un survol des éléments du tableau périodique	86
1.6.2 La matière: niveaux macroscopique et submicroscopique	26	Groupe 2A (2): les métaux alcalino-terreux (Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra)	86
1.6.3 Les substances pures	26	Groupe 3A (13): B, Al, Ga, In, Tl	87
1.6.4 Les mélanges homogènes et hétérogènes	27	Groupe 4A (14): C, Si, Ge, Sn, Pb, Uuq	88
1.7 Les unités de mesure	28	Groupe 5A (15): N, P, As, Sb, Bi	89
1.8 Le traitement des données numériques	29	Groupe 6A (16): O, S, Se, Te, Po	90
1.8.1 Le facteur de conversion	29	Groupe 7A (17): les halogènes (F, Cl, Br, I, At)	91
1.8.2 Le volume	30	Groupe 8A (18): les gaz rares (He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn)	92
1.8.3 La masse	32	Les éléments de transition	93
1.8.4 L'énergie	32	2.8 Les éléments essentiels	94
1.8.5 Les mesures et les incertitudes	33	À sauvegarder	95
1.8.6 Les incertitudes maximales dans les calculs, les chiffres significatifs	33	Exercices	96
Les divisions et les multiplications	34		
Les chiffres significatifs	35	Chapitre 3	
Les séquences de calculs	36	LES MOLÉCULES, LES IONS ET LEURS COMPOSÉS	
		Capsule: Les « buckyballs », des molécules étonnantes	97

Table des matières

Préface

Capsule: La double hélice

L'importance de la chimie dans votre programme d'études

La méthode scientifique

La recherche

L'importance du hasard... bien exploité!

Les dilemmes et l'intégrité en sciences

Le mot de la fin

Chapitre 1

LA MATIÈRE, L'ÉNERGIE ET LES MESURES

Capsule: En panne sèche!

Point de mire

Les éléments et les atomes

Les composés et les molécules

L'énergie

L'énergie cinétique et l'énergie potentielle

La conservation de l'énergie

La chaleur et la température

Le système et le milieu extérieur

Le transfert de chaleur et l'équilibre thermique

Les propriétés physiques

La masse volumique

La température

L'influence de la température sur les propriétés physiques

Les propriétés extensives et les propriétés intensives

Les changements physiques et les changements chimiques

La classification de la matière

Les états de la matière et la théorie cinétique

La matière: niveaux macroscopique et submicroscopique

Les substances pures

Les mélanges homogènes et hétérogènes

Les unités de mesure

Le traitement des données numériques

Le facteur de conversion

Le volume

La masse

L'énergie

Les mesures et les incertitudes

Les incertitudes maximales dans

les calculs, les chiffres significatifs

Les divisions et les multiplications

Les chiffres significatifs

Les séquences de calculs

La résolution de problèmes

À sauvegarder, Exercices

Chapitre 2

LES ATOMES ET LES ÉLÉMENTS

Capsule: Les poussières d'étoiles ou la manufacture des éléments chimiques

Point de mire

Les électrons, les protons et les neutrons: l'émergence de la théorie atomique

L'électricité

Le rayonnement cathodique et l'électron

La radioactivité et le rayonnement a.....

La découverte du proton

Le neutron

Le noyau atomique

Le numéro atomique et la masse atomique

Le numéro atomique

Les masses atomiques relatives et l'unité de masse atomique

Le nombre de masse

Les isotopes

L'abondance isotopique

La détermination des masses atomiques et de l'abondance isotopique

La masse atomique

L'atome, la mole et la masse molaire

Le tableau périodique

L'organisation du tableau périodique

La genèse du tableau périodique

Un survol des éléments du tableau périodique

Groupe 2A (2): les métaux alcalino-terreux

(Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra)

Groupe 3A (13): B, Al, Ga, In, Tl

Groupe 4A (14): C, Si, Ge, Sn, Pb, Uuq

Groupe 5A (15): N, P, As, Sb, Bi

Groupe 7A (17): les halogènes

(F, Cl, Br, I, At)

Groupe 8A (18) : les gaz rares (He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn)

Les éléments de transition

Groupe 6A (16): O, Se, Te, Po

Les éléments essentiels

A sauvegarder, Exercices

Chapitre 3

LES MOLÉCULES, LES IONS ET LEURS COMPOSÉS

Capsule: Les << buckyballs >>, des molécules étonnantes

Point de mire	74	Le nombre quantique principal, $n = 1, 2, 3, \dots$	11
3.1 Les molécules, les composés et les formules	75	Le nombre quantique secondaire, $l = 0, 1, 2, \dots, n - 1$	12
3.2 Les modèles moléculaires	76	Le nombre quantique magnétique, $m = 0, -1, +1, -2, \dots, -l, +l$	12
3.3 Les composés ioniques: formules, nomenclature et propriétés	77	4.5.4 L'information véhiculée par les nombres quantiques	12
3.3.1 Les ions	78	Première couche: $n = 1$	12
Les cations	78	Deuxième couche: $n = 2$	12
Les anions	78	Troisième couche: $n = 3$	12
3.3.2 Les ions monoatomiques	79	Quatrième couche: $n = 4$	12
3.3.3 La charge des ions et le tableau périodique	80	4.6 La formule des orbitales atomiques	126
3.3.4 Les ions polyatomiques	80	4.6.1 Les orbitales s	126
3.3.5 La nomenclature des ions	81	4.6.2 Les orbitales p	128
Les cations	81	4.6.3 Les orbitales d	129
Les anions monoatomiques	81	4.7 Les orbitales atomiques et la chimie	129
Les anions polyatomiques	81	À sauvegarder	130
3.3.6 La formule des composés ioniques	82	Exercices	133
3.3.7 La nomenclature des composés ioniques	84	Chapitre 5 LES CONFIGURATIONS ÉLECTRONIQUES ET LES PROPRIÉTÉS PÉRIODIQUES DES ÉLÉMENTS	
3.3.8 Quelques propriétés des composés ioniques	84	Capsule: Chaque chose à sa place	136
3.4 Les composés moléculaires: formules, nomenclature et propriétés	86	Point de mire	138
3.5 Les formules, les composés et la mole	89	5.1 Le spin de l'électron	139
3.6 La détermination de la formule d'un composé	91	5.2 Le principe d'exclusion de Pauli	140
3.6.1 La fraction massique	91	5.3 Les niveaux d'énergie des sous-couches et le remplissage des orbitales	141
3.6.2 Les formules empirique et moléculaire, les fractions massiques et les masses	92	5.3.1 Les diagrammes d'énergie des atomes polyélectroniques	141
3.6.3 La spectrométrie de masse	96	5.3.2 La charge nucléaire effective (Z_{eff})	143
3.7 Les composés hydratés	96	5.4 La configuration électronique des éléments	144
À sauvegarder	100	5.4.1 La configuration électronique des éléments représentatifs	144
Exercices	102	Le lithium (Li) et les autres éléments du groupe 1A (1)	145
Chapitre 4 LES ÉLECTRONS ET L'ATOME		Le béryllium (Be) et les autres éléments du groupe 2A (2)	146
Capsule: Un ciel tout illuminé	106	Le bore (B) et les autres éléments du groupe 3A (13)	146
Point de mire	108	Le carbone (C) et les autres éléments du groupe 4A (14)	147
4.1 Les radiations électromagnétiques	109	L'azote (N), l'oxygène (O) et les éléments des groupes 5A (15) et 6A (16)	147
4.1.1 Les propriétés des ondes	109	Le fluor (F), le néon (Ne) et les éléments des groupes 7A (17) et 8A (18)	147
4.1.2 Les ondes stationnaires	110	Éléments de la troisième période et des périodes subséquentes	148
4.1.3 Le spectre de la lumière visible	111	5.4.2 Les configurations électroniques des éléments de transition	149
4.2 Planck, Einstein, l'énergie et les photons	112	Les éléments de transition	149
4.2.1 L'équation de Planck	112	Les lanthanides et les actinides	150
4.2.2 L'effet photoélectrique et Einstein	114	5.5 La configuration électronique des ions	150
4.2.3 L'énergie des photons	115	5.6 Les propriétés périodiques des éléments	151
4.3 Le spectre de raies et Niels Bohr	116	5.6.1 La taille des atomes	151
4.3.1 Le spectre de raies	116		
4.3.2 L'atome d'hydrogène selon le modèle de Bohr	118		
4.3.3 Le spectre d'émission de l'atome d'hydrogène et la théorie de Bohr	119		
4.4 Les propriétés ondulatoires de l'électron	122		
4.5 L'atome selon la mécanique quantique	123		
4.5.1 Le principe d'incertitude	123		
4.5.2 L'atome d'hydrogène selon le modèle de Schrödinger et les fonctions d'onde	123		
4.5.3 Les nombres quantiques	124		

Table des matières

Point de mire

Les molécules, les composés et les formules.....

Les modèles moléculaires

Les composés ioniques: formules, nomenclature et propriétés

Les ions

Les cations

Les anions

Les ions monoatomiques

La charge des ions et le tableau périodique

Les ions polyatomiques

La nomenclature des ions

Les cations

Les anions monoatomiques

Les anions polyatomiques

La formule des composés ioniques

La nomenclature des composés ioniques

Quelques propriétés des composés ioniques

Les composés moléculaires: formules, nomenclature et propriétés

Les formules, les composés et la mole

La détermination de la formule d'un composé

La fraction massique

Les formules empirique et moléculaire,

les fractions massiques et les masses

La spectrométrie de masse

Les composés hydratés

À sauvegarder, Exercices

Chapitre 4

LES ÉLECTRONS ET L'ATOME

Capsule: Un ciel tout illuminé

Point de mire

Les radiations électromagnétiques

Les propriétés des ondes Les ondes stationnaires

Le spectre de la lumière visible

Planck, Einstein, l'énergie et les photons

L'équation de Planck

L'effet photoélectrique et Einstein

L'énergie des photons

Le spectre de raies et Niels Bohr

Le spectre de raies

L'atome d'hydrogène selon le modèle de Bohr

Le spectre d'émission de l'atome d'hydrogène et la théorie de Bohr

Les propriétés ondulatoires de l'électron

L'atome selon la mécanique quantique

Le principe d'incertitude

L'atome d'hydrogène selon le modèle de Schrödinger et les fonctions d'onde ...

Les nombres quantiques

Le nombre quantique principal, $n = 1, 2, 3,$

Le nombre quantique secondaire, $l = 0, 1, 2, \dots, n-1$

Le nombre quantique magnétique, $m = 0, -1, +1, -2, -1, +1, \dots$

L'information véhiculée par les nombres quantiques

Première couche: $n = 1$

Deuxième couche: $n = 2$

Troisième couche: $n = 3$

Quatrième couche: $n = 4$

La formule des orbitales atomiques

Les orbitales s

Les orbitales p

Les orbitales d

Les orbitales atomiques et la chimie

À sauvegarder, Exercices

Chapitre 5

LES CONFIGURATIONS ÉLECTRONIQUES ET LES PROPRIÉTÉS PÉRIODIQUES DES ÉLÉMENTS

Capsule: Chaque chose à sa place

Point de mire

Le spin de l'électron

Le principe d'exclusion de Pauli

Les niveaux d'énergie des sous-couches et le remplissage des orbitales

Les diagrammes d'énergie des atomes polyélectroniques

La charge nucléaire effective (Zett)

La configuration électronique des éléments.....

La configuration électronique des éléments représentatifs

Le lithium (Li) et les autres éléments du groupe 1A (1)

Le béryllium (Be) et les autres éléments du groupe 2A (2)

Le bore (B) et les autres éléments du groupe 3A (13)

Le carbone (C) et les autres éléments du groupe 4A (14) ..

L'azote (N), l'oxygène (O) et les éléments des groupes 5A (15) et 6A (16)

Le fluor (F), le néon (Ne) et les éléments des groupes 7A (17) et 8A (18)

Éléments de la troisième période et des périodes subséquentes

Les configurations électroniques des éléments de transition

Les éléments de transition

Les lanthanides et les actinides

La configuration électronique des ions

Les propriétés périodiques des éléments

La taille des atomes

5.6.2 L'énergie d'ionisation	153
5.6.3 L'affinité électronique	154
5.6.4 La taille des ions	156
5.6.5 Les tendances périodiques et les propriétés chimiques	158
À sauvegarder	160
Exercices	163

Chapitre 6

LA LIAISON CHIMIQUE DE LA STRUCTURE DES MOLÉCULES: LES CONCEPTS FONDAMENTAUX

Capsule: Le sucre dans l'espace	166
Point de mire	168
6.1 La notation de Lewis	169
6.2 La formation de la liaison chimique	170
6.3 La liaison dans les composés ioniques	171
6.3.1 La formation des paires d'ions à l'état gazeux et l'énergie	173
6.3.2 L'énergie réticulaire	174
6.3.3 Le pourquoi quantitatif de la non-existence de NaCl_2 ou de NaNe	175
6.4 La liaison covalente et les structures de Lewis ...	176
6.4.1 Les structures de Lewis	176
6.4.2 La règle de l'octet	177
6.4.3 La prévision des structures de Lewis	179
Les composés de l'hydrogène	179
Les oxacides et leurs anions	181
Les espèces isoélectroniques	182
6.5 La résonance	182
6.6 Les exceptions à la règle de l'octet	185
6.6.1 Atome central entouré de moins de huit électrons	185
6.6.2 Atome central entouré de plus de huit électrons	186
6.6.3 Molécules possédant un nombre impair d'électrons	187
6.7 La distribution des charges dans les liaisons covalentes et dans les molécules	188
6.7.1 Les charges formelles des atomes	188
6.7.2 La polarité des liaisons covalentes et l'électronégativité	191
6.7.3 Les charges formelles et la polarité des liaisons	193
6.7.4 Les états d'oxydation et l'électronégativité	194
6.8 Les propriétés des liaisons	196
6.8.1 L'indice de liaison	196
6.8.2 La longueur de liaison	197
6.8.3 L'énergie de liaison	198
6.9 La géométrie des molécules: la théorie RPE	201
6.9.1 Atome central entouré uniquement de liaisons simples	202
6.9.2 Atome central entouré de liaisons simples et de doublets libres	203
6.9.3 L'influence des doublets libres sur les angles de liaison	204
6.9.4 Atome central entouré de plus de quatre paires d'électrons	205

6.9.5 Les liaisons multiples et la géométrie des molécules

6.10 La polarité des molécules	207
6.11 La structure de l'ADN: une nouvelle incursion	212
À sauvegarder	214
Exercices	218

Chapitre 7

LA LIAISON CHIMIQUE ET LA STRUCTURE DES MOLÉCULES: L'HYBRIDATION DES ORBITALES ATOMIQUES ET LES ORBITALES MOLÉCULAIRES

Capsule: Linus Pauling: une vie consacrée à la chimie	222
Point de mire	224
7.1 Les orbitales et les théories de la liaison chimique	225
7.2 La théorie des électrons localisés	226
7.2.1 Le recouvrement des orbitales atomiques	226
7.2.2 L'hybridation des orbitales atomiques	228
La théorie ÉL et le méthane (CH_4)	230
La théorie ÉL et l'ammoniac (NH_3)	231
La théorie ÉL et l'eau (H_2O)	231
La théorie ÉL et les espèces à géométrie des paires d'électrons trigonale plane	232
La théorie ÉL et les espèces à géométrie des paires d'électrons linéaire	233
Les orbitales hybrides impliquant des orbitales atomiques s , p et d	233
7.2.3 Les liaisons multiples	234
La théorie ÉL et la double liaison	234
La théorie ÉL et la triple liaison	236
7.2.4 L'isométrie <i>cis-trans</i> : une conséquence de la liaison π	237
7.2.5 Le benzène: un cas spécial de liaison π ...	238
7.3 La théorie des orbitales moléculaires	239
7.3.1 Les molécules H_2 et He_2 : les concepts théoriques	239
7.3.2 L'indice de liaison	241
7.3.3 Les orbitales moléculaires de Li_2 et Be_2 : les concepts théoriques	242
7.3.4 Les orbitales moléculaires formées à partir des orbitales atomiques p	242
7.3.5 La théorie des OM et la résonance	245
7.4 Les métaux et les semi-conducteurs	246
7.4.1 Les conducteurs, les isolants et la théorie des bandes	246
7.4.2 Les semi-conducteurs	247
À sauvegarder	249
Exercices	254

Chapitre 8

LES FORCES INTERMOLÉCULAIRES, LES LIQUIDES ET LES SOLIDES

Capsule: Le mystère de la disparition des empreintes digitales	258
---	-----

L'énergie d'ionisation

L'affinité électronique

La taille des ions

Les tendances périodiques et

les propriétés chimiques

À sauvegarder ...Exercices

Chapitre 6

LA LIAISON CHIMIQUE DE LA STRUCTURE DES MOLÉCULES: LES CONCEPTS FONDAMENTAUX

Capsule: Le sucre dans l'espace

Point de mire

La notation de Lewis

La formation de la liaison chimique

La liaison dans les composés ioniques

La formation des paires d'ions à l'état gazeux et l'énergie

L'énergie réticulaire

Le pourquoi quantitatif de la non-existence de NaCl, ou de NaNe....

La liaison covalente et les structures de Lewis ...

Les structures de Lewis

La règle de l'octet

La prévision des structures de Lewis

Les composés de l'hydrogène

Les oxacides et leurs anions

Les espèces isoélectroniques

La résonance

Les exceptions à la règle de l'octet

Atome central entouré de moins de huit électrons

Atome central entouré de plus de huit électrons

Molécules possédant un nombre impair d'électrons

La distribution des charges dans les liaisons covalentes et dans les molécules

Les charges formelles des atomes

La polarité des liaisons covalentes et l'électronégativité

Les charges formelles et la polarité des liaisons

Les états d'oxydation et l'électronégativité

Les propriétés des liaisons

L'indice de liaison

La longueur de liaison

L'énergie de liaison

La géométrie des molécules: la théorie RPE .

Atome central entouré uniquement de liaisons simples

Atome central entouré de liaisons simples et de doublets libres.....

L'influence des doublets libres sur les angles de liaison

Atome central entouré de plus de quatre paires d'électrons

Les liaisons multiples et la géométrie des molécules.....

La polarité des molécules

La structure de l'ADN: une nouvelle incursion

À sauvegarder, Exercices ...

Chapitre 7

LA LIAISON CHIMIQUE ET LA STRUCTURE DES MOLÉCULES: L'HYBRIDATION DES ORBITALES ATOMIQUES ET LES ORBITALES MOLÉCULAIRES

Capsule: Linus Pauling: une vie consacrée à la chimie

Point de mire

Les orbitales et les théories de la liaison chimique

La théorie des électrons localisés

Le recouvrement des orbitales atomiques

L'hybridation des orbitales atomiques

La théorie ÉL et le méthane (CH)

La théorie ÉL et l'ammoniac (NH)

La théorie ÉL et l'eau (H₂O)

La théorie ÉL et les espèces à géométrie des paires d'électrons trigonale plane

La théorie ÉL et les espèces à géométrie des paires d'électrons linéaire

Les orbitales hybrides impliquent des orbitales atomiques s, p et d.....

Les liaisons multiples

La théorie EL et la double liaison

La théorie ÉL et la triple liaison

L'isométrie cis-trans: une conséquence de la liaison π

Le benzène: un cas spécial de liaison π ...

La théorie des orbitales moléculaires

Les molécules H₂ et He₂: les concepts théoriques

L'indice de liaison

Les orbitales moléculaires de Li₂ et Be₂: les concepts théoriques

Les orbitales moléculaires formées à partir des orbitales atomiques p..

La théorie des OM et la résonance

Les métaux et les semi-conducteurs

Les conducteurs, les isolants et la théorie des bandes...

Les semi-conducteurs

À sauvegarder, Exercices

Chapitre 8

LES FORCES INTERMOLECULAIRES, LES LIQUIDES ET LES SOLIDES

Capsule: Le mystère de la disparition des empreintes digitales

Point de mire	260	9.4 Les mélanges de gaz et les pressions partielles ...	310
8.1 Les forces intermoléculaires ou forces de Van der Waals	261	9.5 La théorie cinétique des gaz	319
8.1.1 Les interactions entre molécules polaires (Keesom)	261	9.5.1 La vitesse des molécules et l'énergie cinétique	319
L'enthalpie de vaporisation, le point d'ébullition	262	9.5.2 La théorie cinétique et les lois des gaz	322
La solubilité	263	9.6 La diffusion et l'effusion des gaz	324
8.1.2 Les interactions entre molécules polaires et molécules non polaires (Debye)	264	9.7 Les gaz réels	327
8.1.3 Les interactions entre molécules non polaires (London)	265	À sauvegarder	329
8.2 La liaison hydrogène	267		
8.2.1 La nature de la liaison hydrogène	268	Chapitre 10	
8.2.2 La liaison hydrogène et les propriétés spéciales de l'eau	271	LES RÉACTIONS, LES ÉQUATIONS ET LA STœCHIMÉTRIE	
8.3 Résumé des forces intermoléculaires	272	Capsule: Les cheminées noires et l'origine de la vie	332
8.4 Les propriétés des liquides	273	Point de mire	334
8.4.1 La vaporisation	274	10.1 Les équations chimiques	335
8.4.2 La pression de vapeur	276	10.2 L'équilibre des équations chimiques	336
8.4.3 L'ébullition et le point d'ébullition	279	10.3 Les calculs impliquant des masses	337
8.4.4 Les température et pression critiques	279	10.4 Les calculs impliquant des volumes de gaz	339
8.4.5 La tension superficielle, la capillarité et la viscosité	280	10.5 Les réactions en solution aqueuse et la stœchiométrie	342
8.5 La chimie de l'état solide: la maille élémentaire, les métaux	282	10.5.1 Les réactions de précipitation et l'équation ionique nette	342
8.6 La chimie de l'état solide: les structures et les formules des composés ioniques	286	10.5.2 Les réactions acidobasiques	344
8.7 Les autres types de matériaux solides	289	10.5.3 Les réactions avec dégagement gazeux ...	347
8.7.1 Les solides moléculaires	289	10.5.4 La force motrice des réactions	347
8.7.2 Les solides covalents	289	10.5.5 Les réactions d'oxydoréduction	348
8.7.3 Les solides amorphes ou vitreux	290	10.5.6 La concentration moléculaire volumique	351
8.8 Quelques propriétés physiques des solides cristallins	291	10.5.7 La stœchiométrie des réactions en solution aqueuse	352
8.9 Le diagramme de phases	293	10.6 Les réactions dans lesquelles un réactif est en quantité limitée	353
À sauvegarder	296	10.7 Le rendement d'une réaction	357
Exercices	300	10.8 L'analyse quantitative chimique	359
		10.8.1 L'analyse quantitative des mélanges et les produits issus de la réaction de transformation	359
Chapitre 9		10.8.2 L'analyse quantitative des mélanges: les dosages	362
LES GAZ ET LEURS PROPRIÉTÉS		À sauvegarder	364
Capsule: S'envoler et partir!	304	Exercices	368
Point de mire	306		
9.1 La pression	307	Annexe A Définitions des unités du système international (SI)	374
9.2 Les lois régissant les gaz: les bases expérimentales	308	Annexe B Symboles ou abréviations des grandeurs ou des unités courantes	377
9.2.1 La loi de Boyle-Mariotte: relation entre volume et pression	309	Annexe C Valeurs de quelques constantes physiques	378
9.2.2 La loi de Charles: relation entre volume et température	319	Annexe D Tableau des nomenclatures	378
9.2.3 L'hypothèse d'Avogadro: relation entre volume et quantité	311	Réponses aux exercices internes des chapitres	380
9.3 La loi des gaz parfaits	311		
9.3.1 La masse volumique des gaz	313		
9.3.2 Le calcul de la masse molaire d'un gaz ...	314		

Point de mire

Les forces intermoléculaires ou forces de Van der Waals

Les interactions entre molécules polaires (Keesom)

L'enthalpie de vaporisation, le point d'ébullition

La solubilité

Les interactions entre molécules polaires et molécules non polaires (Debye).....

Les interactions entre molécules non polaires (London)

La liaison hydrogène

La nature de la liaison hydrogène

La liaison hydrogène et les propriétés spéciales de l'eau

Résumé des forces intermoléculaires

Les propriétés des liquides

Les température et pression critiques

La vaporisation

La pression de vapeur

L'ébullition et le point d'ébullition

La tension superficielle, la capillarité et la viscosité

La chimie de l'état solide: la maille élémentaire, les métaux

La chimie de l'état solide: les structures et les formules des composés ioniques

Les autres types de matériaux solides

Les solides moléculaires

Les solides covalents

Les solides amorphes ou vitreux

Quelques propriétés physiques des solides cristallins

Le diagramme de phases.

À sauvegarder...Exercices

Chapitre 9

LES GAZ ET LEURS PROPRIÉTÉS

Capsule: S'envoler et partir!

Point de mire

La pression

Les lois régissant les gaz: les bases expérimentales

La loi de Boyle-Mariotte: relation entre volume et pression

La loi de Charles: relation entre volume et température

L'hypothèse d'Avogadro: relation entre volume et quantité

La loi des gaz parfaits

La masse volumique des gaz

Le calcul de la masse molaire d'un gaz ...

Les mélanges de gaz et les pressions partielles...

La théorie cinétique des gaz

La vitesse des molécules et l'énergie cinétique

La théorie cinétique et les lois des gaz

La diffusion et l'effusion des gaz

Les gaz réels...

À sauvegarder...Exercices

Chapitre 10

LES RÉACTIONS, LES ÉQUATIONS ET LA STœCHIMÉTRIE

Capsule: Les cheminées noires et l'origine de la vie....

Point de mire

Les équations chimiques

L'équilibre des équations chimiques

Les calculs impliquant des masses

Les calculs impliquant des volumes de gaz

Les réactions en solution aqueuse et la stœchiométrie

Les réactions de précipitation et l'équation ionique nette

Les réactions acidobasiques

Les réactions avec dégagement gazeux...

La force motrice des réactions.

Les réactions d'oxydoréduction

La concentration moléculaire volumique

La stœchiométrie des réactions en solution aqueuse

Les réactions dans lesquelles un réactif est en quantité limitée

Le rendement d'une réaction

L'analyse quantitative chimique

L'analyse quantitative des mélanges et les produits issus de la réaction de transformation

L'analyse quantitative des mélanges: les dosages

À sauvegarder ..Exercices

Annexe A Définitions des unités du système international (SI)

Annexe B Symboles ou abréviations des grandeurs ou des unités courantes....

Annexe C Valeurs de quelques constantes physiques

Annexe D Tableau des nomenclatures

Réponses aux exercices internes des chapitres.....

Préface

Je crois que bien des gens ignorent encore comment fonctionne la science.

James Watson, préface de *The double Helix*, 1964

La double hélice

L'acide désoxyribonucléique (ADN) présent dans tous les êtres vivants contient l'information permettant la réplique de la plante ou de l'animal. La structure de cette pierre angulaire de la vie a été découverte par James D. Watson, Francis Crick et Maurice Wilkins, auxquels on a attribué, en 1962, le prix Nobel de médecine et de physiologie, en hommage à leur travail. Rosalind Franklin, collaboratrice de la première heure, morte prématurément en 1958 à l'âge de 37 ans, ne fut pas associée à cette récompense qui n'est pas décernée à titre posthume.

L'élucidation de la structure de l'ADN est certainement une des découvertes majeures du XX^e siècle; son histoire a été relatée par Watson dans son livre *The double Helix*.

Durant ses études à l'université d'Indiana, Watson s'intéresse beaucoup aux gènes et espère élucider leur rôle en biologie « sans jamais avoir appris la chimie ». Plus tard cependant, Crick et Watson reconnaissent la contribution inestimable de la chimie à leur découverte alors que leur imagination vagabondait sur le contenu d'un livre classique en chimie organique.

La recherche des solutions de problèmes complexes implique le regroupement en équipes de scientifiques issus de diverses formations. Aussi, en 1951, Watson se rend à l'université de Cambridge (Angleterre) et y rencontre Crick, qui, selon ses dires, parle plus fort et plus vite que n'importe qui. Crick partage le même point de vue que Watson sur l'importance fondamentale de l'ADN. Les deux chercheurs, convaincus que la compréhension de la génétique passe obligatoirement par la connaissance de la structure de l'ADN, base chimique de l'hérédité, ont besoin de données expérimentales semblables à celles qui pourraient émaner des expériences menées au King's College de Londres par Maurice Wilkins et Rosalind Franklin: leur groupe étudie en effet cette structure par diffraction des rayons X, méthode habituellement utilisée en cristallographie.

Au début, le groupe du King's College n'est pas très enclin à partager ses données et, qui plus est, ne semble pas comprendre pourquoi Crick et Watson sont si pressés de les obtenir. Ceux-ci sont confrontés à un problème éthique: peuvent-ils travailler un sujet que d'autres chercheurs proclament être le leur? Watson remarque: « Le fair-play anglais interdit à Francis [Crick] de marcher dans les plates-bandes de Maurice [Wilkins]. »

Watson et Crick adhèrent très tôt à l'hypothèse selon laquelle la structure globale de l'ADN est celle d'une hélice, les atomes formant des chaînes qui tournent sur elles-mêmes comme les vrilles d'une vigne. Ils savent aussi quels éléments la constituent et ont une vague idée de la manière dont ils sont regroupés. Ils ignorent cependant la structure fine de l'hélice. La réponse vient au printemps 1953: la molécule d'ADN est composée de deux chaînes enroulées l'une autour de l'autre, le tout formant une double hélice.

Pour aborder le problème de la structure de l'ADN, Watson et Crick font appel aux **modèles moléculaires**, technique fréquemment utilisée de nos jours. Ils construisent des représentations des différentes parties de la chaîne d'ADN et essaient divers arrangements compatibles chimiquement entre eux. Finalement, ils aboutissent à une séquence « si belle qu'il ne pouvait en être autrement », que les résultats expérimentaux de Wilkins et Franklin confirmeront. Malgré son utilité indubitable, la modélisation ne constitue pas une preuve en soi: seule l'évidence expérimentale est concluante.



Des formes hélicoïdales.

Le filet d'un foret se déroule autour de son axe et quelques plantes comme la vigne grimpent en s'agrippant à l'aide de vrilles hélicoïdales. Le squelette de l'ADN se présente de la même manière. Charles D. Winters

La double hélice

L'acide désoxyribonucléique (ADN) présent dans tous les êtres vivants contient l'information permettant la réplique de la plante ou de l'animal. La structure de cette pierre angulaire de la vie a été découverte par James D. Watson, Francis Crick et Maurice Wilkins, auxquels on a attribué, en 1962, le prix Nobel de médecine et de physiologie, en hommage à leur travail.

Rosalind Franklin, collaboratrice de la première heure, morte prématurément en 1958 à l'âge de 37 ans, ne fut pas associée à cette récompense qui n'est pas décernée à titre posthume.

L'élucidation de la structure de l'ADN est certainement une des découvertes majeures du xx siècle; son histoire a été relatée par Watson dans son livre *The double Helix*.

Durant ses études à l'université d'Indiana, Watson s'intéresse beaucoup aux gènes et espère élucider leur rôle en biologie « sans jamais avoir appris la chimie » Plus tard cependant, Crick et Watson reconnurent la contribution inestimable de la chimie à leur découverte alors que leur imagination vagabondait sur le contenu d'un livre classique en chimie organique.

La recherche des solutions de problèmes complexes implique le regroupement en équipes de scientifiques issus de diverses formations. Aussi, en 1951, Watson se rend à l'université de Cambridge (Angleterre) et y rencontre Crick, qui, selon ses dires, parle plus fort et plus vite que n'importe qui. Crick partage le même point de vue que Watson sur l'importance fondamentale de l'ADN. Les deux chercheurs, convaincus que la compréhension de la génétique passe obligatoirement par la connaissance de la structure de l'ADN, base chimique de l'hérédité, ont besoin de données expérimentales semblables à celles qui pourraient émaner des expériences menées au King's College de Londres Wilkins et Rosalind Franklin: leur groupe étudie en effet cette structure par par Maurice diffraction des rayons X, méthode habituellement utilisée en cristallographie. Au début, le groupe du King's College n'est pas très enclin à partager ses données et, qui plus est, ne semble pas comprendre pourquoi Crick et Watson sont si pressés de les obtenir. Ceux-ci sont confrontés à un problème éthique: peuvent-ils travailler un sujet que d'autres chercheurs proclament être le leur? Watson remarque: « Le fair-play anglais interdit à Francis [Crick] de marcher dans les plates-bandes de Maurice [Wilkins].

Watson et Crick adhèrent très tôt à l'hypothèse selon laquelle la structure globale de l'ADN est celle d'une hélice, les atomes formant des chaînes qui tournent sur elles-mêmes comme les vrilles d'une vigne. Ils savent aussi quels éléments la constituent et ont une vague idée de la manière dont ils sont regroupés. Ils ignorent cependant la structure fine de l'hélice. La réponse vient au printemps 1953: la molécule d'ADN est composée de deux chaînes enroulées l'une autour de l'autre, le tout formant une double hélice.

Pour aborder le problème de la structure de l'ADN, Watson et Crick font appel aux modèles moléculaires, technique fréquemment utilisée de nos jours. Ils construisent des représentations des différentes parties de la chaîne d'ADN et essaient divers arrangements compatibles chimiquement entre eux. Finalement, ils aboutissent à une séquence « si belle qu'il ne pouvait en être autrement »,

que les résultats expérimentaux de Wilkins et Franklin confirmeront. Malgré son utilité indubitable, la modélisation ne constitue pas une preuve en soi: seule l'évidence expérimentale est concluante.

La façon dont Crick, Watson, Wilkins et Franklin furent amenés finalement à partager l'information, leurs connaissances et leurs intuitions forme la trame d'un roman intéressant, et illustre comment la science progresse souvent. Comme le mentionnera plus tard Watson dans son livre, Rosalind Franklin finit par admettre que « la construction de modèles, qu'elle et Wilkins appréciaient peu initialement, représentait une approche sérieuse de la science, et n'était pas le refuge facile des dilettantes désireux de passer à côté du travail fastidieux requis par une honnête carrière scientifique ».

L'IMPORTANCE DE LA CHIMIE DANS VOTRE PROGRAMME D'ÉTUDES

La chimie s'intéresse aux changements de la matière. Dans les premiers temps, elle se préoccupait de la transformation d'une substance naturelle en une autre. À l'heure actuelle, elle s'occupe toujours de ces transformations, mais a élargi son champ d'études aux substances synthétiques (figure 1).

Pourquoi l'étude de la chimie est-elle obligatoire dans votre programme d'études collégiales? En premier lieu, elle vous aide à comprendre comment les scientifiques perçoivent le monde matériel qui vous entoure. En second lieu, elle contribue à la compréhension de disciplines aussi diverses que la biologie, la géologie, la science des matériaux, la médecine, la physique et de nombreuses branches de l'ingénierie. Finalement, tous les produits, naturels ou artificiels, affectent votre vie quotidienne d'une multitude de manières.

Les connaissances acquises et les habiletés développées en chimie vous aideront dans votre carrière professionnelle et vous prépareront aussi à devenir des citoyens et des citoyennes mieux informés d'un monde qui devient technologiquement plus complexe et... plus intéressant.



Figure 1 La chimie étudie les atomes, les molécules et leurs transformations. a) L'aluminium, un solide métallique, et le brome, un liquide brun-rouge, b) se combinent c) pour former du bromure d'aluminium, un solide blanc. Les modèles moléculaires donnent une idée de la manière dont les atomes sont assemblés dans l'aluminium, le brome et le bromure d'aluminium. Charles D. Winters.

La façon dont Crick, Watson, Wilkins et Franklin furent amenés finalement à partager l'information, leurs connaissances et leurs intuitions forme la trame d'un roman intéressant, et illustre comment la science progresse souvent. Comme le mentionnera plus tard Watson dans son livre, Rosalind Franklin finit par admettre que la construction de modèles, qu'elle et Wilkins appréciaient peu initialement, représentait une approche sérieuse de la science, et n'était pas le refuge facile des dilettantes désireux de passer à côté du travail fastidieux requis par une honnête carrière scientifique

L'IMPORTANCE DE LA CHIMIE DANS VOTRE PROGRAMME D'ÉTUDES

La chimie s'intéresse aux changements de la matière. Dans les premiers temps, elle se préoccupait de la transformation d'une substance naturelle en une autre. À l'heure actuelle, elle s'occupe toujours de ces transformations, mais a élargi son champ d'études aux substances synthétiques (figure 1).

Pourquoi l'étude de la chimie est-elle obligatoire dans votre programme d'études collégiales? En premier lieu, elle vous aide à comprendre comment les scientifiques perçoivent le monde matériel qui vous entoure. En second lieu, elle contribue à la compréhension de disciplines aussi diverses que la biologie, la géologie, la science des matériaux, la médecine, la physique et de nombreuses branches de l'ingénierie. Finalement, tous les produits, naturels ou artificiels, affectent votre vie quotidienne d'une multitude de manières.

Les connaissances acquises et les habiletés développées en chimie vous aideront dans votre carrière professionnelle et vous préparent aussi à devenir des citoyens et des citoyennes mieux informés d'un monde qui devient technologiquement plus complexe et... plus intéressant.

Figure 1 La chimie étudie les atomes, les molécules et leurs transformations. a) l'aluminium, un solide métallique, et le brome, un liquide brun-rouge, b) se combinent c) pour former du bromure d'aluminium, un solide blanc. Les modèles moléculaires donnent une idée de la manière dont les atomes sont assemblés dans l'aluminium, le brome et le bromure d'aluminium.
Charles D. Winters

LA MÉTHODE SCIENTIFIQUE

Avant d'aborder à proprement parler le contenu de ce cours de *Chimie générale*, il nous semble utile d'aborder dans cette préface quelques idées fondamentales communes aux scientifiques de toutes les disciplines: le fonctionnement de la recherche, le hasard et l'intégrité.

La recherche

L'histoire de la découverte de la structure de l'ADN relatée brièvement en introduction illustre bien le déroulement de la recherche scientifique.

Les scientifiques explorent un champ d'études qu'ils ont eux-mêmes choisi ou un domaine qui leur a été proposé dans le but de trouver une réponse à un problème bien identifié ou de découvrir des applications que l'on prévoit utiles à la société. L'objet sur lequel portent leurs travaux constitue le **sujet de recherche**.

Ensuite, les scientifiques entreprennent une **revue de la littérature** publiée sur le sujet, afin de se faire une bonne idée de l'orientation à privilégier. Ainsi, Watson et Crick ont lu les publications sur l'ADN, en particulier celles de Linus Pauling, et ont discuté avec Maurice Wilkins et Rosalind Franklin, leurs collègues du King's College de Londres, qui étudiaient aussi l'ADN.

Plus tard, les chercheurs émettent une **hypothèse**, tentative d'explication possible du problème, admise provisoirement avant d'être soumise au verdict de l'expérience.

À l'étape suivante, les chercheurs conçoivent et réalisent des **expériences**, dans le but de confirmer certaines hypothèses ou d'en infirmer d'autres. C'est en suivant cette démarche que Watson et Crick ont été amenés à construire des modèles des parties composant l'ADN afin de visualiser l'agencement des atomes les uns par rapport aux autres et de vérifier si les arrangements réalisés correspondaient aux résultats expérimentaux obtenus par Wilkins et Franklin.

Les premières expériences aboutissent généralement à la révision de l'hypothèse initiale ou à son élargissement et, conséquemment, à la conception et à la mise en œuvre de nouvelles expérimentations. À la suite d'un certain nombre d'essais, dont les résultats sont vérifiés afin de s'assurer de leur reproductibilité, un modèle de comportement peut se dégager. À ce stade, on entrevoit l'existence possible d'une règle générale. Finalement, après de nombreuses expériences conduites bien souvent par d'autres scientifiques sur une assez longue période de temps, la règle générale peut devenir une **loi**, un énoncé concis ou une équation mathématique décrivant le comportement général des phénomènes naturels observés.

Une fois que suffisamment d'expériences reproductibles ont été effectuées et que les résultats expérimentaux ont été généralisés sous forme de loi ou de règle de faits observés et de lois s'y rapportant, en fonction d'un modèle simple ayant des propriétés connues. D'une théorie peuvent surgir de nouvelles hypothèses. Les théories abondent, non seulement dans les sciences expérimentales, mais aussi dans d'autres disciplines telles l'économie ou la sociologie. Les lois sont le reflet des faits expérimentaux et changent rarement; par contre, les théories sont des inventions de l'esprit humain et ne sont pas infaillibles. À l'aide d'une théorie expliquant certaines observations dans un domaine particulier, il devient possible de prévoir un comportement qui n'a pas encore été étudié. On pourra faire d'autres expériences pour tester sa validité et, incidemment, obtenir des résultats différents de ceux prévus. À la lumière de faits nouveaux, les théories évoluent ou, à la limite, sont abandonnées.

L'in

L'id
pers
mist
hyp
d'é
trav
cide
I
tou
de
tivr
déc
Ale
un
bor

LA MÉTHODE SCIENTIFIQUE

Avant d'aborder à proprement parler le contenu de ce cours de chimie générale, il nous semble utile d'aborder dans cette préface quelques idées fondamentales communes aux scientifiques de toutes les disciplines: le fonctionnement de la recherche, le hasard et l'intégrité.

La recherche

L'histoire de la découverte de la structure de l'ADN relatée brièvement en introduction illustre bien le déroulement de la recherche scientifique.

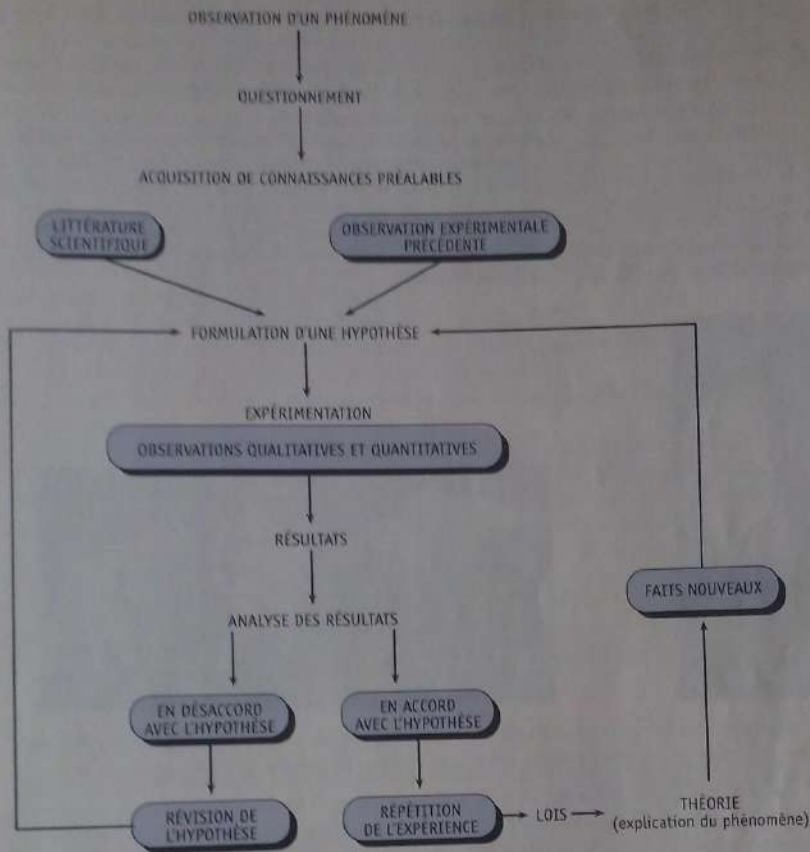
Les scientifiques explorent un champ d'études qu'ils ont eux-mêmes choisi ou un domaine qui leur a été proposé dans le but de trouver une réponse à un problème bien identifié ou de découvrir des applications que l'on prévoit utiles à la société. L'objet sur lequel portent leurs travaux constitue le sujet de recherche. Ensuite, les scientifiques entreprennent une revue de la littérature publiée sur le sujet, afin de se faire une bonne idée de l'orientation à privilégier. Ainsi, Watson et Crick ont lu les publications sur l'ADN, en particulier celles de Linus Pauling. et ont discuté avec Maurice Wilkins et Rosalind Franklin, leurs collègues du King's College de Londres, qui étudiaient aussi l'ADN.

Plus tard, les chercheurs émettent une hypothèse, tentative d'explication possible du problème, admise provisoirement avant d'être soumise au verdict de l'expérience.

À l'étape suivante, les chercheurs conçoivent et réalisent des expériences, dans le but de confirmer certaines hypothèses ou d'en infirmer d'autres. C'est en suivant cette démarche que Watson et Crick ont été amenés à construire des modèles des parties composant l'ADN afin de visualiser l'agencement des atomes les uns par rapport aux autres et de vérifier si les arrangements réalisés correspondaient aux résultats expérimentaux obtenus par Wilkins et Franklin.

Les premières expériences aboutissent généralement à la révision de l'hypothèse initiale ou à son élargissement et, conséquemment, à la conception et à la mise en œuvre de nouvelles expérimentations. À la suite d'un certain nombre d'essais, dont les résultats sont vérifiés afin de s'assurer de leur reproductibilité, un modèle de comportement peut se dégager. À ce stade, on entrevoit l'existence possible d'une règle générale. Finalement, après de nombreuses expériences conduites bien souvent par d'autres scientifiques sur une assez longue période de temps, la règle générale peut devenir une loi, un énoncé concis ou une équation mathématique décrivant le comportement général des phénomènes naturels observés.

Une fois que suffisamment d'expériences reproductibles ont été effectuées et que les résultats expérimentaux ont été généralisés sous forme de loi ou de règle générale, les théories commencent à s'élaborer. Une théorie est une de faits observés et de lois s'y rapportant, en fonction d'un modèle simple ayant explication des propriétés connues. D'une théorie peuvent surgir de nouvelles hypothèses. Les théories abondent, non seulement dans les sciences expérimentales, mais aussi dans d'autres disciplines telles l'économie ou la sociologie. Les lois sont le reflet des faits expérimentaux et changent rarement; par contre, les théories sont des inventions de l'esprit humain et ne sont pas infaillibles. À l'aide d'une théorie expliquant certaines observations dans un domaine particulier, il devient possible de prévoir un comportement qui n'a pas encore été étudié. On pourra faire d'autres expériences pour tester sa validité et, incidemment, obtenir des résultats différents de ceux prévus. À la lumière de faits nouveaux, les théories évoluent ou, à la limite, sont abandonnées.



L'importance du hasard... bien exploité !

L'idée que la science ne fait appel qu'à la logique est fortement répandue chez les personnes ne travaillant pas dans un domaine scientifique. Pour elles, un chimiste est un individu en blouse blanche qui passe de façon totalement logique des hypothèses aux expériences et ensuite aux lois et aux théories, sans manifester d'émotions et sans faiblir. Cette représentation est erronée ! Watson et Crick ont travaillé durant des mois et des mois, et commis de nombreuses erreurs avant d'élucider la structure de l'ADN.

Il arrive souvent que des découvertes scientifiques soient tout à fait fortuites, si toutefois ce que l'on appelle « la chance » ou « le hasard heureux » tombe entre de bonnes mains. Le don de l'observation, la curiosité, le discernement et la créativité sont en effet indispensables pour transformer un résultat inattendu en une découverte utile et passionnante. Les découvertes de la pénicilline, en 1928, par Alexander Fleming (1881-1955), du téflon, en 1938, par Roy Plunkett, du *Cisplatine*, un médicament pour traiter le cancer, par Barnett Rosenberg, en 1965, sont trois bons exemples de ce hasard bénéfique correctement exploité.

L'importance du hasard... bien exploité!

L'idée que la science ne fait appel qu'à la logique est fortement répandue chez les personnes ne travaillant pas dans un domaine scientifique. Pour elles, un chimiste est un individu en blouse blanche qui passe de façon totalement logique des hypothèses aux expériences et ensuite aux lois et aux théories, sans manifester d'émotions et sans faiblir. Cette représentation est erronée! Watson et Crick ont travaillé durant des mois et des mois, et commis de nombreuses erreurs avant d'élucider la structure de l'ADN.

Il arrive souvent que des découvertes scientifiques soient tout à fait fortuites, si toutefois ce que l'on appelle « la chance » ou « le hasard heureux » tombe entre de bonnes mains. Le don de l'observation, la curiosité, le discernement et la créativité sont en effet indispensables pour transformer un résultat inattendu en une découverte utile et passionnante. Les découvertes de la pénicilline, en 1928, par Alexander Fleming (1881-1955), du téflon, en 1938, par Roy Plunkett, du Cisplatine, un médicament pour traiter le cancer, par Barnett Rosenberg, en 1965, sont trois bons exemples de ce hasard bénéfique correctement exploité.

**pour
en savoir + ...****La découverte du téflon**

Un produit qui vous est familier, le téflon, est le fruit du hasard et de la curiosité. En 1938, un jeune scientifique, le Dr Roy Plunkett, travaille dans un laboratoire de la compagnie DuPont dédié à la recherche sur les réfrigérants à base de fluor (que l'on connaît maintenant sous la marque de

commerce Fréon). Un jour, Plunkett et ses assistants vident un cylindre contenant du tétrafluoroéthylène. Au lieu des 1000 g attendus, ils n'en recueillent que 990. Où sont passés les 10 g manquants ? Curieux comme tout bon chimiste, les chercheurs décident de sectionner le cylindre afin de pouvoir en examiner l'intérieur. Une substance blanche tapisse sa paroi interne !



▲ **La découverte du téflon.** Sur une photographie prise lors de la reconstitution de l'événement réel qui s'est déroulé en 1938, Roy Plunkett (1910-1994), à droite, et ses assistants découvrent un solide blanc déposé sur la paroi interne d'un cylindre. Le solide, appelé de nos jours le téflon, a été découvert par hasard. Hagley Museum and Library

Les dilemmes et l'intégrité en sciences

On peut penser que la recherche scientifique se déroule de façon linéaire : effectuer une expérience, en tirer une conclusion. Faire de la recherche n'est pas aussi facile. Les frustrations et les déceptions sont le lot commun des chercheurs, et les résultats ne sont pas toujours concluants. Les expériences complexes contiennent une certaine dose d'incertitude et des données contradictoires ou aberrantes peuvent en résulter. Par exemple, vous menez une expérience visant à démontrer l'existence d'une relation directe entre deux grandeurs. Vous récoltez six mesures, que vous présentez sous forme de graphique. Quatre points s'alignent, mais les autres s'éloignent passablement de la droite. Devriez-vous ignorer ces deux

pour en savoir + ...

La découverte du téflon

Un produit qui vous est familier, le téflon, est le fruit du hasard et de la curiosité. En 1938, un jeune scientifique, le Dr Roy Plunkett, travaille dans un laboratoire de la compagnie DuPont dédié à la recherche sur les réfrigérants à base de fluor (que l'on connaît maintenant sous la marque de commerce Freon). Un jour, Plunkett et ses assistants vident un cylindre contenant du tétrafluoroéthylène. Au lieu des 1000 g attendus, ils n'en recueillent que 990. Où sont passés les 10 g manquants? Curieux comme tout bon chimiste, les chercheurs décident de sectionner le cylindre afin de pouvoir en examiner l'intérieur. Une substance blanche tapisse sa paroi interne!

La découverte du téflon. Sur une photographie prise lors de la reconstitution de l'événement réel qui s'est déroulé en 1938, Roy Plunkett (1910-1994), à droite, et ses assistants découvrent un solide blanc déposé sur la paroi interne d'un cylindre. Le solide, appelé de nos jours le téflon, a été découvert par hasard. Hagley Museum and Library

Les dilemmes et l'intégrité en sciences

On peut penser que la recherche scientifique se déroule de façon linéaire: effectuer une expérience, en tirer une conclusion. Faire de la recherche n'est pas aussi facile. Les frustrations et les déceptions sont le lot commun des chercheurs, et les résultats ne sont pas toujours concluants. Les expériences complexes contiennent une certaine dose d'incertitude et des données contradictoires ou aberrantes peuvent en résulter. Par exemple, vous menez une expérience visant à démontrer l'existence d'une relation directe entre deux grandeurs. Vous récoltez six mesures, que vous présentez sous forme de graphiques. Quatre points s'alignent, mais les autres s'éloignent passablement de la droite. Devriez-vous ignorer ces deux

points? Ou devriez-vous effectuer d'autres mesures, alors que vous savez pertinemment le temps qu'elles nécessitent et que vous courez ainsi le risque que d'autres chercheurs publient avant vous et soient crédités de la découverte? Ou devriez-vous considérer que les deux points non alignés invalident votre hypothèse, vous contraignant ainsi à abandonner une bonne idée à laquelle vous avez consacré plus d'une année de travail? La réponse n'est pas évidente *a priori*. Cependant, les scientifiques ont le devoir et la responsabilité de rester objectifs devant ces difficultés. Ce n'est pas toujours facile, il faut bien le reconnaître.

Il est important de se rappeler que les scientifiques sont sujets aux mêmes pressions morales et aux mêmes dilemmes que toute autre personne. Pour s'assurer malgré tout de l'intégrité de la science, quelques principes de conduite largement admis ont émergé au cours du temps:

- les résultats expérimentaux doivent être reproductibles;
- ils doivent être publiés avec suffisamment de clarté et de détails pour que d'autres chercheurs puissent les utiliser ou les reproduire;
- les conclusions doivent appartenir au domaine du raisonnable et ne doivent pas être biaisées;
- la reconnaissance doit revenir à la personne qui le mérite effectivement.

Les chimistes sont confrontés à beaucoup de problèmes éthiques ou moraux. Objectivement, la chimie a contribué à augmenter l'espérance de vie des humains, ainsi qu'à améliorer leur qualité de vie. Mais, de manière aussi objective, les produits chimiques peuvent être nocifs, particulièrement lorsqu'ils sont mal utilisés. Il nous incombe donc à tous de comprendre suffisamment la science pour pouvoir poser les bonnes questions, pour être en mesure d'évaluer la fiabilité des sources d'information et pour se forger une opinion raisonnable en ce qui concerne notre santé et notre sécurité, ainsi que celles de nos communautés.

Le mot de la fin

Quel que soit le domaine scientifique vers lequel vous envisagez de vous orienter, vous ne pourrez que constater l'apport fondamental de la chimie à votre discipline.

En plus, vous serez appelé au cours de votre vie à prendre des décisions importantes pour vous et vos proches, et peut-être même au-delà: une compréhension des fondements de la science en général et de la chimie en particulier ne peut que vous être utile.

Nous, les auteurs de ce manuel, restons fermement persuadés que l'étude de la chimie représente un défi stimulant. Cependant, comme toute chose qui en vaut la peine, elle exige du temps et des efforts. Investissez-vous dans son étude, consacrez-y le temps nécessaire, consultez vos professeurs, vos confrères et vos consœurs. Nous sommes sûrs que vous la trouverez aussi captivante, aussi utile et aussi intéressante que nous l'avons trouvée quand nous étions à votre place.



▲ Des objets contenant du téflon. Le téflon occupe une place importante comme matériau de base entrant dans la fabrication de produits industriels et de produits de consommation courante.

Charles D. Winters



points? Ou devriez-vous effectuer d'autres mesures, alors que vous savez pertinemment le temps qu'elles nécessitent et que vous courez ainsi le risque que d'autres chercheurs publient avant vous et soient crédités de la découverte? Ou devriez-vous considérer que les deux points non alignés invalident votre hypothèse, vous contraignant ainsi à abandonner une bonne idée à laquelle vous avez consacré plus d'une année de travail? La réponse n'est pas évidente a priori. Cependant, les scientifiques ont le devoir et la responsabilité de rester objectifs devant ces difficultés. Ce n'est pas toujours facile, il faut bien le reconnaître.

Il est important de se rappeler que les scientifiques sont sujets aux mêmes pressions morales et aux mêmes dilemmes que toute autre personne. Pour s'assurer malgré tout de l'intégrité de la science, quelques principes de conduite largement admis ont émergé au cours du temps:

- les résultats expérimentaux doivent être reproductibles;
- ils doivent être publiés avec suffisamment de clarté et de détails pour que d'autres chercheurs puissent les utiliser ou les reproduire;
- les conclusions doivent appartenir au domaine du raisonnable et ne doivent pas être biaisées;
- la reconnaissance doit revenir à la personne qui le mérite effectivement. Les chimistes sont confrontés à beaucoup de problèmes éthiques ou moraux. Objectivement, la chimie a contribué à augmenter l'espérance de vie des humains, ainsi qu'à améliorer leur qualité de vie. Mais, de manière aussi objective, les produits chimiques peuvent être nocifs, particulièrement lorsqu'ils sont mal utilisés. Il nous incombe donc à tous de comprendre suffisamment la science pour pouvoir poser les bonnes questions, pour être en mesure d'évaluer la fiabilité des sources d'information et pour se forger une opinion raisonnable en ce qui concerne notre santé et notre sécurité, ainsi que celles de nos communautés.

Le mot de la fin

Quel que soit le domaine scientifique vers lequel vous envisagez de vous orienter, vous ne pourrez que constater l'apport fondamental de la chimie à votre discipline. En plus, vous serez appelé au cours de votre vie à prendre des décisions importantes pour vous et vos proches, et peut-être même au-delà: une compréhension des fondements de la science en général et de la chimie en particulier ne peut que vous être utile.

Nous, les auteurs de ce manuel, restons fermement persuadés que l'étude de la chimie représente un défi stimulant. Cependant, comme toute chose qui en vaut la peine, elle exige du temps et des efforts. Investissez-vous dans son étude, consacrez-y le temps nécessaire, consultez vos professeurs, vos confrères et vos consœurs. Nous sommes sûrs que vous la trouverez aussi captivante, aussi utile et aussi intéressante que nous l'avons trouvée quand nous étions à votre place.

Des objets contenant du Le téflon occupent une place importante comme matériau de base entrant dans la fabrication de produits industriels et de produits de consommation courante

Charles D. Winters

CHIMIE GÉNÉRALE

• KOTZ • TREICHEL JR •



Présentant la chimie comme partie intégrante de l'histoire des sciences et du monde contemporain, **Chimie générale** décrit dans un langage accessible la réactivité des éléments et de leurs composés, tout en donnant un vaste aperçu des principes sur lesquels repose la chimie.

Destiné en priorité aux étudiants de première licence (L1) en sciences, cet ouvrage se veut également un outil pédagogique de première force pour l'apprentissage de la chimie générale par les étudiants du supérieur non-universitaire d'études scientifiques, médicales et paramédicales. **Chimie générale** se décline en quatre grandes sections : la première constitue le point de départ de la compréhension de la liaison chimique avec des rappels de quelques notions étudiées au secondaire, la seconde explicite la structure de l'atome, la troisième traite des différents types de liaisons chimiques et le manuel se termine par une section nettement plus quantitative, le chapitre sur les gaz faisant office de lien entre les états condensés de la matière et la stoechiométrie.

Ce manuel constitue un très bon outil pédagogique de référence. La présentation des chapitres, les nombreuses illustrations et photographies en couleur, les exemples et exercices corrigés accompagnent l'étudiant dans son exploration de la chimie. L'approche utilisée permet d'exposer avec concision et rigueur les découvertes et les concepts qui ont mené à la compréhension actuelle des propriétés de la matière, connaissance essentielle à toute personne s'orientant vers le domaine scientifique.

► Traduction et adaptation

Marcel Deneux a obtenu un diplôme d'ingénieur chimiste à l'Institut national supérieur de chimie industrielle de Rouen, puis un doctorat en chimie à l'Université de Montréal. Il a ensuite enseigné durant cinq ans au Cégep de Bois-de-Boulogne, avant de se consacrer à l'administration pédagogique. Dans cet établissement, il a en particulier coordonné et supervisé l'élaboration et la mise en œuvre du programme expérimental des Sciences de la nature rédigé par objectifs et standards, programme résultant d'un projet de recherche mené conjointement avec les cégeps Ahuntsic, Édouard-Montpetit et de Sherbrooke.



9 782804 152314



0 0001 00055325 3

KOTZCHIGEN
ISBN : 2-8041-5231-4
ISBN13 : 978-2-8041-5231-4

CHIMIE GÉNÉRALE

• **KOTZ ● TREICHEL JR.**

Présentant la chimie comme partie intégrante de l'histoire des sciences et du monde contemporain, Chimie générale décrit dans un langage accessible la réactivité des éléments et de leurs composés, tout en donnant un vaste aperçu des principes sur lesquels repose la chimie.

Destiné en priorité aux étudiants de première licence (L1) en sciences, cet ouvrage se veut également un outil pédagogique de première force pour l'apprentissage de la chimie générale par les étudiants du supérieur non-universitaire d'études scientifiques, médicales et paramédicales. Chimie générale se décline en quatre grandes sections: la première constitue le point de départ de la compréhension de la liaison chimique avec des rappels de quelques notions étudiées au secondaire, la seconde explicite la structure de l'atome, la troisième traite des différents types de liaisons chimiques et le manuel se termine par une section nettement plus quantitative, le chapitre sur les gaz faisant office de lien entre les états condensés de la matière et la stoechiométrie.

Ce manuel constitue un très bon outil pédagogique de référence. La présentation des chapitres, les nombreuses illustrations et photographies en couleur, les exemples et exercices corrigés accompagnent l'étudiant dans son exploration de la chimie. L'approche utilisée permet d'exposer avec concision et rigueur les découvertes et les concepts qui ont mené à la compréhension actuelle des propriétés de la matière, connaissance essentielle à toute personne s'orientant vers le domaine scientifique.

► Traduction et adaptation

Marcel Deneux a obtenu un diplôme d'ingénieur chimiste à l'Institut national supérieur de chimie industrielle de Rouen, puis un doctorat en chimie à l'Université de Montréal. Il a ensuite enseigné durant cinq ans au Cégep de Bois-de-Boulogne, avant de se consacrer à l'administration pédagogique. Dans cet établissement, il a en particulier coordonné et supervisé l'élaboration et la mise en œuvre du programme expérimental des Sciences de la nature rédigé par objectifs et standards, programme résultant d'un projet de recherche mené conjointement avec les cégeps Ahuntsic, Édouard-Montpetit et de Sherbrooke.