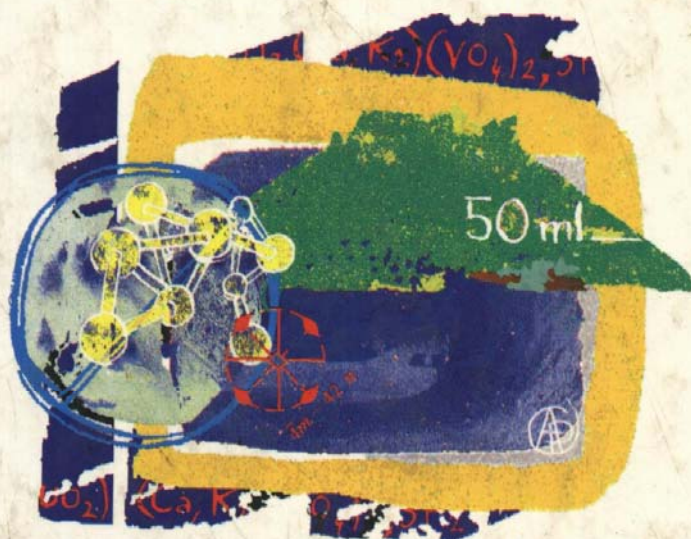


**M. Bernard & F. Busnot**

*2<sup>e</sup> cycle universitaire / Écoles d'ingénieurs*

# **Usuel de chimie générale et minérale**



DUNOD

2-540-1-1



# Usuel de chimie générale et minérale

**Maurice Bernard**

Professeur émérite  
à l'université de Caen

**Florent Busnot**

Maître de conférences  
à l'université de Caen

*Nouvelle édition  
revue et actualisée*

DUNOD

# TABLE DES MATIÈRES

PAGE

## A • UNITÉS ET GRANDEURS

1 • Préfixes du système international d'unités (SI) .....	1
2 • Unités de base SI, unités supplémentaires — définitions - étalons ...	2
2.1 Écriture des unités .....	2
2.2 Définitions et étalons des unités de base .....	3
3 • Unités dérivées SI à dénomination particulière .....	4
4 • Quelques unités n'appartenant pas au SI .....	5
5 • Unités atomiques .....	7
6 • Quelques unités anglo-saxonnes .....	8
7 • Correspondance et équivalence des énergies et des puissances .....	9
7.1 Correspondance des unités d'énergie .....	9
7.2 Équivalence entre quantités molaires d'énergie .....	10
7.3 Valeurs numériques de la constante molaire R du gaz parfait .....	10
7.4 Correspondance des unités de puissance .....	10
8 • Correspondance des unités de pression .....	11
9 • Valeurs cohérentes recommandées de quelques constantes physiques fondamentales (1986) .....	12

## B • NOMENCLATURE

1 • Alphabet grec .....	16
2 • Nom et origine des éléments .....	17
3 • Noms des ions et des radicaux .....	21
4 • Formules et noms des composés .....	23
5 • Noms des oxoacides .....	25
6 • Abréviation des formules chimiques .....	27
6.1 Ligands (coordinats) usuels .....	27
6.2 Atomes et radicaux .....	30
7 • Quelques symboles, sigles et acronymes utilisés en chimie .....	31
8 • Affixes multiplicateurs .....	36

9 • Affixes structuraux .....	37
10 • Noms et symboles recommandés pour quelques grandeurs chimiques	38
11 • Termes techniques français équivalents de termes étrangers .....	41
12 • Noms usuels ou commerciaux de quelques produits .....	44
13 • Synonymes préférentiels de noms de quelques composés minéraux .	48

## C • ATOMISTIQUE

1 • Propriétés de quelques particules .....	51
2 • Classification périodique des éléments (classification de Mendeleïev)	52
3 • Éléments : masses atomiques relatives 1991 .....	54
4 • Répartition naturelle des éléments .....	56
4.1 Répartition sur terre et dans la mer .....	56
4.2 Composition de l'atmosphère sèche .....	56
4.3 Répartition approximative de quelques éléments pour la terre entière	57
4.4 Répartition approximative de quelques éléments pour l'«Univers» .	57
5 • Abondances isotopiques et masses atomiques des isotopes (1991) ..	58
6 • Fonctions d'onde $\psi_{nlm}$ normalisées pour un atome hydrogénoïde ...	62
7 • Configurations électroniques .....	67
7.1 Configurations électroniques et états spectroscopiques des éléments dans l'état fondamental .....	67
7.2 Configurations électroniques des lanthanoïdes et des actinoïdes dans leurs états d'oxydation connus .....	70
8 • États (termes) spectroscopiques (couplage de Russell-Saunders) ....	71
8.1 Électrons équivalents .....	71
8.2 Électrons non équivalents .....	71
9 • Nombres atomiques effectifs .....	72
9.1 Nombres atomiques effectifs calculés pour les éléments jusqu'à $Z = 36$ .	72
9.2 Règles de Clémenti et Raimondi pour le calcul des nombres atomiques effectifs .....	73
9.3 Calcul approché des constantes d'écran $S$ ( $Z^* = Z - S$ ) par la méthode de Slater .....	73
10 • Énergies d'ionisation des orbitales atomiques des atomes gazeux jusqu'à $Z = 36$ .....	74
11 • Énergies d'ionisation .....	76
11.1 Première énergie d'ionisation des éléments .....	76
11.2 Première énergie d'ionisation de quelques molécules et radicaux gazeux .....	78
11.3 Énergies d'ionisation successives des éléments .....	79

<b>12 • Énergies de fixation électronique, affinités électroniques</b> .....	<b>83</b>
12.1 Atomes .....	83
12.2 Molécules et radicaux .....	85
<b>13 • Affinités protoniques estimées</b> .....	<b>86</b>
<b>14 • Électronégativités</b> .....	<b>88</b>
14.1 Éléments .....	88
14.2 Électronégativités de quelques groupes d'atomes .....	92
<b>15 • Polarisabilité de quelques atomes</b> .....	<b>93</b>

## **D • RAYONS CHIMIQUES - STÉRÉOCHIMIE**

<b>1 • Rayons ioniques de Goldschmidt (G), Pauling (P) et Ladd (L)</b> .....	<b>95</b>
<b>2 • Rayons ioniques de Shannon et Prewitt</b> .....	<b>98</b>
<b>3 • Rayons ioniques déterminés à partir des cartes de densité électronique</b>	<b>102</b>
<b>4 • Rayons thermochimiques</b> .....	<b>103</b>
4.1 Anions .....	103
4.2 Cations .....	104
<b>5 • Rayons atomiques, covalents, métalliques, de Van Der Waals</b> .....	<b>105</b>
<b>6 • Rayons covalents multiples</b> .....	<b>107</b>
<b>7 • Stéréochimie des liaisons covalentes (orbitales hybridées)</b> .....	<b>108</b>
<b>8 • Stéréochimie des molécules justifiée par la répulsion des paires d'électrons dans la couche de valence (RPECV ou VSEPR)</b> .....	<b>109</b>
<b>9 • Distances interatomiques moyennes expérimentales</b> .....	<b>111</b>
<b>10 • Distances interatomiques et angles valentiels dans quelques molécules ou ions polyatomiques</b> .....	<b>113</b>
<b>11 • Symboles polyédriques – nombre d'isomères pour les complexes</b> ...	<b>117</b>
11.1 Symboles polyédriques .....	117
11.2 Complexes carrés C-4 .....	117
11.3 Complexes octaédriques OC-6 .....	118
11.4 Complexes de nombre de coordination $n$ avec $n$ ligands différents	118

## **E • SYMÉTRIE - ÉTAT SOLIDE**

<b>1 • Symétrie</b> .....	<b>119</b>
1.1 Les éléments de symétrie ponctuelle .....	119
1.2 Principaux groupes de symétrie ponctuelle .....	120
1.3 Recherche d'un groupe de symétrie ponctuelle .....	122
1.4 Tables des caractères des principaux groupes de symétrie ponctuelle	123
1.5 Systèmes cristallins, réseaux de Bravais, symboles de Pearson .....	140

1.6 Les 17 groupes plans (groupes d'espace à deux dimensions) . . . . .	141
1.7 Les 230 groupes d'espace . . . . .	142
1.8 Projections stéréographiques des 32 classes cristallines . . . . .	144
1.9 Relations entre la structure cristalline et les propriétés physiques . . .	145
1.10 Distribution des groupes d'espace parmi les réseaux de Bravais . . .	146
1.11 Groupes d'espace probables pour les cristaux moléculaires . . . . .	146
1.12 Polyèdres réguliers (platoniciens) . . . . .	147
<b>2 • État solide</b> . . . . .	<b>148</b>
2.1 Structures dérivées des empilements compacts . . . . .	148
2.2 Rapport des rayons ioniques et structures possibles (morphotropie)	149
2.3 Facteurs de Madelung et exposants de Born . . . . .	149
2.4 Diffraction des rayons X . . . . .	151
2.5 Distribution des cations dans les spinelles 2-3 ( $A^{II}B_2^{III}O_4$ ) . . . . .	152
2.6 Notation pour les composés non stœchiométriques et pour les défauts ponctuels . . . . .	153
2.7 Symboles pour les types structuraux (Strukturbericht) . . . . .	154
2.8 Désignation conventionnelle des métaux et alliages . . . . .	156
2.9 Résistivité des métaux purs . . . . .	157
2.10 Propriétés de quelques semiconducteurs . . . . .	157
2.11 Rapports expérimentaux électrons/atomes des composés électroniques	158
2.12 Relation entre le rapport électrons/atomes et la structure cristalline (règles de Hume Rothery) . . . . .	158

## F • SOLUTIONS AQUEUSES, ÉLECTROCHIMIE, SOLVANTS NON AQUEUX

<b>1 • Généralités</b> . . . . .	<b>159</b>
1.1 Coefficients d'activité . . . . .	159
1.2 Constantes diélectriques . . . . .	163
1.3 Constante d'ionisation (K) de l'eau . . . . .	164
1.4 Autres constantes physiques de l'eau . . . . .	165
<b>2 • Acides et bases</b> . . . . .	<b>166</b>
2.1 pH – définitions – mesure . . . . .	166
2.2 Constantes de dissociation ( $pK_A$ ) des acides en solution aqueuse . . .	173
2.3 Fonctions d'acidité . . . . .	177
2.4 Constantes de vitesse pour quelques réactions acido-basiques en solution aqueuse . . . . .	179
2.5 Classification des bases et des acides de Lewis avec les concepts de dureté et de mollesse . . . . .	180

2.6 Quelques paramètres acides ( $C_A E_A R_A$ ) et basiques ( $C_B E_B T_B$ ) pour le calcul de l'enthalpie d'addition d'un acide et d'une base de Lewis	182
2.7 Nombres donneurs et accepteurs de quelques solvants	182
<b>3 • Oxydo-réduction</b>	<b>184</b>
3.1 Potentiels d'électrode normaux en solution aqueuse	184
3.2 Potentiels apparents en solution aqueuse à 298 K	203
3.3 Quelques indicateurs de potentiel redox	205
3.4 Potentiels de quelques électrodes de référence	205
3.5 Potentiels de charge zéro sur quelques métaux	206
3.6 Quelques électrodes spécifiques	206
3.7 Quelques piles à combustible	207
<b>4 • Complexes</b>	<b>208</b>
4.1 Constantes de stabilité des complexes en solution aqueuse	208
4.2 Constantes de vitesse de formation de quelques complexes en solution aqueuse (298 K)	223
4.3 Titrage de quelques cations par l'edta	224
<b>5 • Solubilité, extraction, échange d'ions</b>	<b>225</b>
5.1 Solubilités de quelques solides dans l'eau	225
5.2 Solubilités de quelques gaz dans l'eau	229
5.3 Produits de solubilité dans l'eau	229
5.4 pH de précipitation des hydroxydes	234
5.5 Température de calcination de quelques composés utilisés en gravimétrie	235
5.6 Séparation par extraction	236
5.7 Quelques résines échangeuses d'ions	239
<b>6 • Electrochimie</b>	<b>240</b>
6.1 Solutions étalons pour les cellules de conductivité	240
6.2 Conductivités molaires $\Lambda_m$ de quelques solutions aqueuses	240
6.3 Conductivités molaires ioniques à concentration nulle en solution aqueuse à 298 K	242
6.4 Tensions électriques de décomposition $U_s$	244
6.5 Réactions d'électrolyse avec 100 % de rendement (coulométrie)	244
6.6 Titrages coulométrique	246
6.7 Electrogravimétrie	247
6.8 Potentiels de demi-vague de quelques systèmes minéraux $U_{1/2}$	248
6.9 Valeur du coefficient électrochimique de transfert $\alpha$ (facteur de symétrie) pour quelques réactions	253
6.10 Densité de courant d'échange $j_o$ pour quelques réactions électrochimiques	253
6.11 Potentiels de passivation (potentiel de Flade)	254

<b>7 • Solvants non aqueux</b> .....	<b>255</b>
Références pour l'ensemble du paragraphe F.7 .....	255
7.1 Classification des solvants non aqueux .....	255
7.2 Propriétés physiques de quelques solvants protoniques .....	256
7.3 Propriétés physiques de quelques solvants non protoniques .....	257
7.4 Principaux eutectiques utilisés comme solvants ionisés .....	259
7.5 Quelques constantes cryométriques .....	259
7.6 Constantes d'acidité ( $pK_A$ ) à 298 K de quelques couples acide-base dans des solvants non aqueux .....	260
7.7 Constantes d'acidité ( $pK_A$ ) dans des solvants non aqueux .....	262
7.8 Potentiels d'oxydo-réduction .....	262
7.9 Conductivités molaires ioniques à concentration nulle dans quelques solvants non aqueux .....	264
7.10 Coefficients de diffusion de quelques ions dans des solvants non aqueux .....	264
7.11 Électrodes de référence pour quelques solvants non aqueux .....	265
7.12 Potentiels de demi-vague pour quelques solvants non aqueux .....	265
7.13 Constantes de formation de paires d'ions .....	266
7.14 Solubilités dans l'ammoniac liquide .....	267
7.15 Solubilité des métaux alcalins dans l'ammoniac liquide .....	268
7.16 Enthalpies libres de solvatation de quelques ions dans l'ammoniac	268
7.17 Potentiels de stabilité (diagramme $E_{pH}$ ) pour l'ammoniac liquide (sans surtension) .....	268

## **G • CONSTANTES PHYSIQUES DES CORPS PURS ET DES ESPÈCES MINÉRALES**

<b>1 • Corps purs</b> .....	<b>269</b>
<b>2 • Espèces minérales</b> .....	<b>345</b>

## **H • CONSTANTES THERMIQUES THERMOCHIMIQUES ET THERMODYNAMIQUES**

<b>1 • Échelle internationale de température de 1990 (ITS 90)</b> .....	<b>367</b>
<b>2 • Températures de transitions magnétiques</b> .....	<b>368</b>
<b>3 • Températures de Debye</b> .....	<b>369</b>
<b>4 • Capacités thermiques molaires sous pression constante de quelques éléments et composés <math>C_p = a + bT + cT^{-2}</math></b> .....	<b>370</b>



<b>5 • Pressions de vapeur de quelques éléments et composés</b>	
$\lg P/\text{mmHg} = A(T/K)^{-1} + B \lg T/K + C T/K + D$ .....	374
<b>6 • Tension de vapeur de l'eau et de la glace</b> .....	377
6.1 Tension de vapeur saturante de l'eau ( $p$ ) en mmHg à $\theta$ °C et poids d'eau ( $\pi$ ) en $\text{mg.l}^{-1}$ contenue dans une atmosphère saturée d'eau (à $\theta$ et 760 mmHg) .....	377
6.2 Tension de vapeur de la glace .....	378
<b>7 • Tension de vapeur du mercure</b> .....	379
<b>8 • Fonctions thermodynamiques et thermochimiques des principaux     composés minéraux</b> .....	380
<b>9 • Valeurs recommandées (valeurs clés) CODATA (1989)</b> .....	419
<b>10 • Enthalpie de formation à l'état gazeux de quelques anions complexes     et de quelques radicaux</b> .....	425
10.1 Quelques anions complexes .....	425
10.2 Quelques radicaux .....	425
<b>11 • Entropie des composés à l'état solide à 298 K</b> .....	426
11.1 Cations .....	426
11.2 Anions .....	426
<b>12 • Énergies réticulaires (énergies cohésives)</b> .....	427
12.1 Énergies réticulaires des halogénures alcalins .....	428
12.2 Énergies réticulaires d'autres composés .....	429
<b>13 • Énergies vibrationnelles du point zéro</b> .....	432
<b>14 • Énergies de liaison chimique</b> .....	433
<b>15 • Énergies de liaison thermochimique moyenne métal-halogène, pour     quelques éléments de transition à 298 K</b> .....	439
<b>16 • Effet de l'environnement atomique sur l'énergie de dissociation des     liaisons O–H, C–H et C–C dans quelques molécules</b> .....	441
<b>17 • Enthalpies libres de liaison chimique</b> .....	442
17.1 Liaisons simples .....	442
17.2 Liaisons multiples .....	442
<b>18 • Hydratation des ions</b> .....	443
18.1 Enthalpies d'hydratation des ions .....	443
18.2 Entropies d'hydratation (relatives) des ions à 298 K et quantités thermodynamiques associées .....	444
<b>19 • Corrections à ajouter aux valeurs molaires pour les convertir en     valeurs molales</b> .....	445
<b>20 • Constantes de Van Der Waals et constantes critiques de quelques gaz</b>	446

**I • QUELQUES CONSTANTES PHYSIQUES  
(OPTIQUES, ÉLECTRIQUES, MAGNÉTIQUES)  
CHAMP CRISTALLIN ET CHAMP DE LIGAND**

<b>1 • Le spectre électromagnétique</b> .....	<b>448</b>
1.1 Absorption et émission des radiations .....	448
1.2 Couleur, fréquence et énergie des radiations visibles .....	449
1.3 Énergies de transition et populations relatives .....	449
1.4 Symboles de spectroscopie .....	450
<b>2 • Constantes de quelques molécules diatomiques</b> .....	<b>451</b>
<b>3 • Potentiel d'extraction pour quelques éléments</b> .....	<b>452</b>
<b>4 • Règles de sélection pour la vibration des molécules simples</b> .....	<b>454</b>
<b>5 • Spectroscopie infrarouge</b> .....	<b>455</b>
5.1 Absorption infrarouge de quelques molécules et ions minéraux ...	455
5.2 Table de corrélation pour les groupes $D_{3h}$ , $D_3$ , $C_{2v}$ , et $C_s$ .....	460
5.3 Table de corrélation pour les groupes $T_d$ , $C_{3v}$ , $C_{2v}$ .....	460
<b>6 • Dosage par flamme</b> .....	<b>461</b>
6.1 Éléments dosables par les méthodes de flamme .....	461
6.2 Spectroscopie d'absorption atomique par flamme .....	461
<b>7 • Réfraction</b> .....	<b>463</b>
7.1 Indices de réfraction .....	463
7.2 Réfractivités molaires à 589 nm .....	464
<b>8 • Propriétés des noyaux</b> .....	<b>465</b>
<b>9 • Quelques déplacements chimiques pour <math>^1\text{H}</math>, <math>^{14}\text{N}</math> et <math>^{19}\text{F}</math> en RMN</b> .....	<b>474</b>
<b>10 • Quelques valeurs du facteur <math>g</math> de Landé</b> .....	<b>475</b>
<b>11 • Spectroscopie Mössbauer</b> .....	<b>476</b>
<b>12 • Moments dipolaires <math>P</math> de quelques corps purs</b> .....	<b>478</b>
<b>13 • Diamagnétisme – Constantes de Pascal</b> .....	<b>481</b>
<b>14 • Moments paramagnétiques théoriques et expérimentaux</b> .....	<b>483</b>
14.1 Ions (libres) de la première série de transition .....	483
14.2 Ions (libres) lanthanoïdiques trivalents .....	483
<b>15 • Constantes de couplage spin-orbite <math>\lambda</math> pour quelques métaux de transition</b> .....	<b>485</b>
<b>16 • Champ cristallin et champ de Ligand</b> .....	<b>486</b>
16.1 Séparation des termes spectroscopiques $d^n$ dans un environnement de symétrie $O_h$ , $T_d$ et $D_{4h}$ .....	486
16.2 Niveaux énergétiques des orbitales $d$ dans des environnements de symétries données .....	486

16.3 Valeurs expérimentales de $\Delta_0$ et $\Delta_t$ pour quelques complexes d'éléments de transition .....	487
16.4 Estimation de $\Delta_0$ .....	488
16.5 Énergies d'appariement calculées pour quelques éléments de transition (ions libres) .....	489
16.6 Séries spectrochimiques .....	489
16.7 Série néphélauxétique .....	489
16.8 Paramètres de Racah B et C pour quelques ions de transition .....	490
16.9 Diagrammes de Tanabe-Sugano .....	491

## J • RENSEIGNEMENTS PRATIQUES

<b>1 • Masse volumique et volume massique de l'eau en fonction de la température</b> .....	<b>496</b>
<b>2 • Masse volumique de quelques solutions aqueuses</b> .....	<b>497</b>
2.1 Ammoniac $\text{NH}_3$ .....	497
2.2 Hydroxyde de sodium $\text{NaOH}$ .....	497
2.3 Carbonate disodique $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .....	498
2.4 Acide sulfurique $\text{H}_2\text{SO}_4$ .....	498
2.5 Acide chlorhydrique $\text{HCl}$ .....	499
2.6 Acide nitrique $\text{HNO}_3$ .....	499
2.7 Acide orthophosphorique $\text{H}_3\text{PO}_4$ .....	499
2.8 Éthanol $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ .....	500
2.9 Autres solutions aqueuses .....	500
2.10 Concentrations approximatives des solutions commerciales de quelques acides et bases .....	501
2.11 Solutions saturées de quelques réactifs à 20 °C .....	502
<b>3 • Valeurs du pH</b> .....	<b>503</b>
3.1 Valeur approchée du pH de quelques solutions de réactifs à 20°C	503
3.2 pH de solutions aqueuses de $\text{HCl}$ et $\text{NaOH}$ ( $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ ) à diverses températures .....	504
<b>4 • Quelques réactifs utilisés en volumétrie</b> .....	<b>505</b>
4.1 Principaux étalons primaires .....	505
4.2 Conservation des solutions .....	507
<b>5 • Masse volumique et volume massique du mercure en fonction de la température</b> .....	<b>508</b>
<b>6 • Masse volumique de l'air en fonction de la température</b> .....	<b>509</b>
<b>7 • Tamis normalisés</b> .....	<b>510</b>

<b>8 • Agents séchants</b> .....	<b>511</b>
8.1 Gaz .....	511
8.2 Solutions ou solvants .....	512
8.3 Tamis moléculaires .....	513
8.4 Dessiccateurs et tubes de séchage .....	513
<b>9 • Mélanges réfrigérants</b> .....	<b>514</b>
9.1 Glace-sels .....	514
9.2 Mélanges réfrigérants avec N <sub>2</sub> liquide ou CO <sub>2</sub> solide .....	514
<b>10 • Températures élevées</b> .....	<b>515</b>
10.1 Températures de quelques flammes .....	515
10.2 Températures maximales des fours à résistance électrique .....	515
<b>11 • Repères et étalons en analyse thermique</b> .....	<b>516</b>
<b>12 • Obtention de quelques gaz usuels par pyrolyse</b> .....	<b>518</b>
<b>13 • Thermocouples</b> .....	<b>519</b>
13.1 Chromel-Alumel .....	519
13.2 Fer-Constantan .....	520
13.3 Cuivre-Constantan .....	521
13.4 Platine-Platine + 10 % Rhodium .....	522
<b>14 • Quelques sources de rayonnement continu</b> .....	<b>523</b>
<b>15 • Propriétés optiques de quelques matériaux utilisables en infrarouge</b> .....	<b>524</b>
<b>16 • Étalons pour les mesures de susceptibilité magnétique</b> .....	<b>525</b>
<b>17 • Quelques inhibiteurs de corrosion</b> .....	<b>526</b>
<b>18 • Propriétés de quelques matériaux</b> .....	<b>527</b>
<b>19 • Comportement physico-chimique de quelques plastiques</b> .....	<b>529</b>
<b>20 • Identification des produits chimiques</b> .....	<b>530</b>
20.1 Bouteilles de gaz .....	530
20.2 Étiquetage des produits chimiques .....	531
<b>21 • Incompatibilité des produits chimiques</b> .....	<b>532</b>
21.1 Gaz usuels .....	532
21.2 Autres produits usuels .....	533
<b>22 • Limites d'inflammabilité et seuils limites de toxicité</b> .....	<b>535</b>
<b>23 • Classification des feux</b> .....	<b>537</b>
<b>24 • Types de pollution</b> .....	<b>539</b>
<b>25 • Indications sommaires sur les premiers soins en cas d'accident</b> .....	<b>540</b>
Indications bibliographiques .....	541
index .....	543

**Maurice Bernard & Florent Busnot**

**Usuel de chimie  
générale et minérale**

*3<sup>e</sup> édition*

**D'**une grande facilité de consultation et d'utilisation, cet usuel s'adresse aux chercheurs et aux ingénieurs tout comme aux enseignants et aux étudiants. Il fournit de très nombreuses données numériques caractéristiques, actualisées dans cette nouvelle édition, conformément aux règles de nomenclature en vigueur et au système international d'unités S.I.

La première partie présente les unités, la nomenclature, l'atomistique, la symétrie et l'état solide, les solvants (eau et solvants non aqueux) et les solutions, l'électrochimie.

La deuxième partie donne les principales constantes physiques, thermochimiques, thermodynamiques, optiques, électriques et magnétiques des corps purs et des espèces minérales. Un chapitre de renseignements pratiques complète ces données.

Un index détaillé et un classement rigoureux de l'information permettent de retrouver très rapidement les informations recherchées.

Ouvrage de référence devenu un classique, cet usuel est un outil de travail complet et indispensable au professionnel comme à l'étudiant.