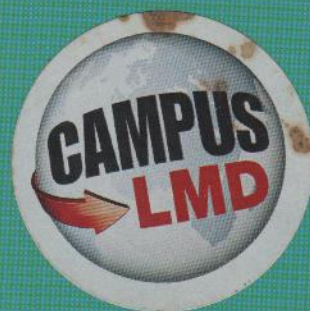


Sous la direction d'Alain Sevin

Françoise Brochard-Wyart  
Christine Dezarnaud Dandine  
Sophie Griveau  
Richard Portier  
François Volatron



# CHIMIE GÉNÉRALE

**TOUT LE COURS EN FICHES**

**Licence • PAES • CAPES**

- 187 Fiches de cours
- 150 Exercices corrigés
- 80 QCM corrigés
- Bonus web



DUNOD



Sous la direction d'Alain Sevin

Françoise Brochard-Wyart • Christine Dezarnaud Dandine  
Sophie Griveau • Richard Portier • François Volatron

# CHIMIE GÉNÉRALE

TOUT LE COURS EN FICHES

Licence • PAES • CAPES

Cet ouvrage fait la synthèse en 187 fiches des nombreux domaines abordés par la chimie générale (thermodynamique, atomistique, cinétique des réactions, liaisons chimiques...). Quelques fiches présentent les techniques d'analyse courantes : RMN, fluorescence X, chromatographie, spectroscopies de masse, Raman, infrarouge...

La présentation est adaptée aux besoins des étudiants préparant un examen ou un concours : fiches synthétiques pour comprendre, QCM pour s'évaluer, exercices corrigés pour s'entraîner.

## LES +

- 187 fiches synthétiques pour retenir l'essentiel du cours.
- 80 QCM corrigés pour s'évaluer.
- 150 exercices corrigés pour s'entraîner.
- Des « focus » pour découvrir les aspects historiques de la chimie et ses applications dans la vie de tous les jours.

## Public :

- Étudiants en Licences de Sciences de la matière ou Sciences de la vie
- Étudiants de la PAES
- Candidats au concours du CAPES Sciences physiques

## Sommaire

La boîte à outils du chimiste • Atomistique • La liaison chimique • La forme des molécules • Thermodynamique • Les états de la matière • Les équilibres chimiques • La cinétique chimique • Les méthodes d'analyse • La matière molle



Retrouvez sur [dunod.com](http://dunod.com), sur la page de présentation de l'ouvrage, les **bonus web** suivants : quiz interactifs par chapitre, sites web spécialisés, accès à des vidéos documentaires.



ALAIN SEVIN  
est directeur de recherche  
émérite au CNRS.

FRANÇOISE  
BROCHARD-WYART  
est professeur à  
l'université Pierre et Marie  
Curie (UPMC, Paris).

CHRISTINE  
DEZARNAUD DANDINE  
est maître de conférence à  
l'université Pierre et Marie  
Curie (UPMC, Paris).

SOPHIE GRIVEAU  
est maître de conférence à  
Chimie-ParisTech.

RICHARD PORTIER  
est professeur émérite à  
Chimie-ParisTech.

FRANÇOIS VOLATRON  
est professeur à l'École  
supérieure de Physique  
et de Chimie Industrielles  
de la ville de Paris  
(ESPCI ParisTech).

  
**DUNOD**  
[dunod.com](http://dunod.com)



# Table des matières

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| Avant-propos                   | X   |
| Comment utiliser cet ouvrage ? | XII |

## Chapitre 1 La boîte à outils du chimiste

|           |                                                            |    |
|-----------|------------------------------------------------------------|----|
| Fiche 1   | La molécule                                                | 2  |
| Fiche 2   | La mole                                                    | 4  |
| Fiche 3   | Les conventions de représentation                          | 6  |
| Fiche 4   | Unités et équations aux dimensions                         | 8  |
| Fiche 5   | Les fonctions utiles                                       | 10 |
| Fiche 6   | Les dérivées, primitives et intégrales                     | 12 |
| Fiche 7   | Les dérivées partielles                                    | 14 |
| Fiche 8   | Les symétries moléculaires                                 | 16 |
| Fiche 9   | Moyennes et calcul d'erreur                                | 18 |
| Fiche 10  | Statistique et méthode des moindres carrés ordinaire (MCO) | 20 |
| Focus     | <i>La naissance du calcul infinitésimal</i>                | 22 |
| QCM       |                                                            | 23 |
| Exercices |                                                            | 25 |

## Chapitre 2 Atomistique

|           |                                                                |    |
|-----------|----------------------------------------------------------------|----|
| Fiche 11  | Les atomes                                                     | 28 |
| Fiche 12  | Les éléments                                                   | 30 |
| Fiche 13  | Énergétique du noyau atomique                                  | 32 |
| Fiche 14  | La radioactivité                                               | 34 |
| Fiche 15  | Les isotopes                                                   | 36 |
| Fiche 16  | L'équation de Schrödinger                                      | 38 |
| Fiche 17  | La particule dans une boîte                                    | 40 |
| Fiche 18  | Ressorts classique et quantique                                | 42 |
| Fiche 19  | L'atome de Bohr                                                | 44 |
| Fiche 20  | L'atome hydrogénoïde                                           | 46 |
| Fiche 21  | Les nombres quantiques                                         | 48 |
| Fiche 22  | Les formes des orbitales atomiques (OA)                        | 50 |
| Fiche 23  | Le spin électronique                                           | 52 |
| Fiche 24  | L'atome polyélectronique                                       | 54 |
| Fiche 25  | Les configurations électroniques                               | 56 |
| Fiche 26  | Les orbitales de Slater                                        | 58 |
| Fiche 27  | La représentation des orbitales atomiques                      | 60 |
| Fiche 28  | Énergies et tailles des OA                                     | 62 |
| Fiche 29  | Le potentiel d'ionisation (PI) et l'affinité électronique (AE) | 64 |
| Fiche 30  | L'électronégativité                                            | 66 |
| Fiche 31  | Les valences usuelles des éléments                             | 68 |
| Fiche 32  | Les grandes familles d'éléments                                | 70 |
| Focus     | <i>La découverte de la classification périodique</i>           | 72 |
| QCM       |                                                                | 73 |
| Exercices |                                                                | 75 |



## Chapitre 3 La liaison chimique

|           |                                                  |     |
|-----------|--------------------------------------------------|-----|
| Fiche 33  | Les structures de Lewis et la règle de l'octet   | 80  |
| Fiche 34  | Les structures de Lewis : applications           | 82  |
| Fiche 35  | Les liaisons covalentes, polaires et ioniques    | 84  |
| Fiche 36  | La mésomérie : principe                          | 86  |
| Fiche 37  | La mésomérie : applications                      | 88  |
| Fiche 38  | Les distances de liaisons                        | 90  |
| Fiche 39  | L'énergie de liaison                             | 92  |
| Fiche 40  | Les orbitales moléculaires                       | 94  |
| Fiche 41  | Interactions de deux OA situées sur deux centres | 96  |
| Fiche 42  | OM liante, antiliante et non liante              | 98  |
| Fiche 43  | Le recouvrement de deux OA                       | 100 |
| Fiche 44  | Les systèmes simples                             | 102 |
| Fiche 45  | Les molécules A-H                                | 104 |
| Fiche 46  | Les molécules diatomiques homonucléaires         | 106 |
| Fiche 47  | Les molécules diatomiques homonucléaires (suite) | 108 |
| Fiche 48  | La notion d'hybridation                          | 110 |
| Fiche 49  | Les alcanes, les alcènes, les alcynes            | 112 |
| Fiche 50  | La conjugaison, l'aromaticité                    | 114 |
| Fiche 51  | L'hétéroconjugaison et l'hétéroaromaticité       | 116 |
| Fiche 52  | Les liaisons hydrogène                           | 118 |
| Fiche 53  | Les liaisons hydrogène en biologie               | 120 |
| Fiche 54  | Les liaisons de van der Waals                    | 122 |
| Fiche 55  | La solvation                                     | 124 |
| Fiche 56  | Les solvants protiques et aprotiques polaires    | 126 |
| Fiche 57  | Les solvants aprotiques et apolaires             | 128 |
| Focus     | Les solvants dans l'industrie des peintures      | 130 |
| QCM       |                                                  | 131 |
| Exercices |                                                  | 133 |

## Chapitre 4 La forme des molécules

|           |                                                       |     |
|-----------|-------------------------------------------------------|-----|
| Fiche 58  | La méthode VSEPR                                      | 138 |
| Fiche 59  | La méthode VSEPR (suite)                              | 140 |
| Fiche 60  | Les composés organométalliques                        | 142 |
| Fiche 61  | Les stéréoisoméries, la chiralité                     | 144 |
| Fiche 62  | Les configurations absolues                           | 146 |
| Fiche 63  | La synthèse asymétrique                               | 148 |
| Fiche 64  | Les molécules de base en biologie                     | 150 |
| Fiche 65  | Les structures des protéines                          | 152 |
| Fiche 66  | Les peptides : feuillets $\beta$ , hélices $\alpha$   | 154 |
| Fiche 67  | L'ADN et l'ARN                                        | 156 |
| Fiche 68  | Les hydrates de carbone                               | 158 |
| Focus     | L'origine du feuillet $\beta$ et de l'hélice $\alpha$ | 160 |
| QCM       |                                                       | 161 |
| Exercices |                                                       | 163 |

## Chapitre 5 Thermodynamique

|          |                                   |     |
|----------|-----------------------------------|-----|
| Fiche 69 | Le système thermodynamique        | 168 |
| Fiche 70 | Les variables et fonctions d'état | 170 |



|           |                                                                   |     |
|-----------|-------------------------------------------------------------------|-----|
| Fiche 71  | Les transformations                                               | 172 |
| Fiche 72  | Les gaz parfaits                                                  | 174 |
| Fiche 73  | La chaleur                                                        | 176 |
| Fiche 74  | Le travail et la pression                                         | 178 |
| Fiche 75  | Le premier principe, l'énergie interne                            | 180 |
| Fiche 76  | Premier principe, et transformations particulières                | 182 |
| Fiche 77  | L'enthalpie                                                       | 184 |
| Fiche 78  | L'enthalpie standard de formation                                 | 186 |
| Fiche 79  | La loi de Hess                                                    | 188 |
| Fiche 80  | Les applications de la loi de Hess                                | 190 |
| Fiche 81  | L'énergie de liaison                                              | 192 |
| Fiche 82  | Les applications de l'énergie de liaison                          | 194 |
| Fiche 83  | La capacité calorifique                                           | 196 |
| Fiche 84  | La loi de Kirchoff                                                | 198 |
| Fiche 85  | Le second principe, l'entropie par la thermodynamique statistique | 200 |
| Fiche 86  | L'entropie par la thermodynamique classique                       | 202 |
| Fiche 87  | L'entropie, divers aspects                                        | 204 |
| Fiche 88  | Le troisième principe, l'entropie absolue                         | 206 |
| Fiche 89  | Variation d'entropie standard pour une réaction chimique          | 208 |
| Fiche 90  | Fonctions d'énergie libre                                         | 210 |
| Fiche 91  | Énergie libre de Helmholtz, de Gibbs                              | 212 |
| Fiche 92  | L'énergie libre standard de Gibbs de réaction                     | 214 |
| Fiche 93  | Retour sur les principes, compléments mathématiques               | 216 |
| Focus     | <i>Transformation ordre-désordre</i>                              | 218 |
| QCM       |                                                                   | 219 |
| Exercices |                                                                   | 221 |

## Chapitre 6 Les états de la matière

|           |                                                         |     |
|-----------|---------------------------------------------------------|-----|
| Fiche 94  | Généralités sur les états de la matière                 | 226 |
| Fiche 95  | Les équilibres entre phases et les diagrammes de phases | 228 |
| Fiche 96  | L'état gazeux                                           | 230 |
| Fiche 97  | La théorie cinétique des gaz                            | 232 |
| Fiche 98  | L'état liquide                                          | 234 |
| Fiche 99  | L'état solide                                           | 236 |
| Fiche 100 | Les diagrammes de phases de $H_2O$ et $CO_2$            | 238 |
| Fiche 101 | L'état solide cristallin                                | 240 |
| Fiche 102 | Les différents types d'empilements                      | 242 |
| Fiche 103 | Les réseaux de Bravais                                  | 244 |
| Fiche 104 | Les réseaux cubique à faces centrées et hexagonal       | 246 |
| Fiche 105 | Les solides covalents                                   | 248 |
| Fiche 106 | Les solides ioniques                                    | 250 |
| Focus     | <i>Les quasicristaux</i>                                | 252 |
| QCM       |                                                         | 253 |
| Exercices |                                                         | 255 |

## Chapitre 7 Les équilibres chimiques

|           |                                          |     |
|-----------|------------------------------------------|-----|
| Fiche 107 | La spontanéité d'une réaction chimique   | 260 |
| Fiche 108 | Le potentiel chimique                    | 262 |
| Fiche 109 | Le potentiel chimique en phase condensée | 264 |
| Fiche 110 | L'activité d'un constituant              | 266 |



|           |                                                                                |     |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Fiche 111 | L'enthalpie libre de réaction chimique à $T$ et $P$ constantes                 | 268 |
| Fiche 112 | Prévoir l'évolution d'une réaction chimique                                    | 270 |
| Fiche 113 | Les équilibres chimiques                                                       | 272 |
| Fiche 114 | L'expression de la constante d'équilibre                                       | 274 |
| Fiche 115 | La loi de Le Châtelier                                                         | 276 |
| Fiche 116 | Les équilibres d'oxydo-réduction                                               | 278 |
| Fiche 117 | Le nombre d'oxydation                                                          | 280 |
| Fiche 118 | Équilibrer une réaction redox                                                  | 282 |
| Fiche 119 | La cellule électrochimique                                                     | 284 |
| Fiche 120 | Le potentiel standard d'un couple redox                                        | 286 |
| Fiche 121 | L'équation de Nernst                                                           | 288 |
| Fiche 122 | Prévoir des réactions d'oxydo-réduction                                        | 290 |
| Fiche 123 | L'amphotérisation et la dismutation                                            | 292 |
| Fiche 124 | Les diagrammes potentiel-pH                                                    | 294 |
| Fiche 125 | Les dosages redox                                                              | 296 |
| Fiche 126 | Les piles électrochimiques                                                     | 298 |
| Fiche 127 | Les électrodes de référence                                                    | 300 |
| Fiche 128 | Les acides et les bases                                                        | 302 |
| Fiche 129 | Les réactions acide-base dans l'eau                                            | 304 |
| Fiche 130 | La force des acides et des bases dans l'eau                                    | 306 |
| Fiche 131 | La force des acides et des bases dans l'eau (suite)                            | 308 |
| Fiche 132 | L'échelle de pH                                                                | 310 |
| Fiche 133 | Prévoir les réactions entre acides et bases                                    | 312 |
| Fiche 134 | Prévoir le pH de solutions aqueuses d'acides                                   | 314 |
| Fiche 135 | Prévoir le pH de solutions aqueuses de bases                                   | 316 |
| Fiche 136 | La loi d'Ostwald                                                               | 318 |
| Fiche 137 | pH de solutions d'ampholytes et des sels d'acide et de base faibles            | 320 |
| Fiche 138 | Le titrage des acides et des bases                                             | 322 |
| Fiche 139 | Le titrage des acides forts et des bases fortes                                | 324 |
| Fiche 140 | Le titrage des acides faibles et des bases faibles                             | 326 |
| Fiche 141 | Le titrage de deux acides faibles ou de polyacides faibles                     | 328 |
| Fiche 142 | Les solutions tampons                                                          | 330 |
| Fiche 143 | Préparer des solutions tampons                                                 | 332 |
| Fiche 144 | Le dosage colorimétrique                                                       | 334 |
| Fiche 145 | La solubilité et le produit de solubilité                                      | 336 |
| Fiche 146 | La précipitation dans l'eau pure                                               | 338 |
| Fiche 147 | Les équilibres de complexation                                                 | 340 |
| Fiche 148 | La complexation : prédominance et effet de l'acidité                           | 342 |
| Fiche 149 | L'effet d'ion commun et de la complexation sur la précipitation                | 344 |
| Fiche 150 | Les équilibres de solubilité des gaz                                           | 346 |
| Focus     | Acides et bases durs et mous : théorie HSAB<br>(Hard and Soft Acids and Bases) | 348 |
| QCM       |                                                                                | 349 |
| Exercices |                                                                                | 351 |

## Chapitre 8 La cinétique chimique

|           |                                                |     |
|-----------|------------------------------------------------|-----|
| Fiche 151 | Les bases de la cinétique chimique             | 354 |
| Fiche 152 | La relation d'Arrhenius                        | 356 |
| Fiche 153 | L'énergie d'activation                         | 358 |
| Fiche 154 | Étude de l'activation de réactions modèles     | 360 |
| Fiche 155 | Réactions successives et réactions réversibles | 362 |



|           |                                                           |     |
|-----------|-----------------------------------------------------------|-----|
| Fiche 156 | Les réactions du premier ordre                            | 364 |
| Fiche 157 | Cinétiques du premier ordre et du deuxième ordre          | 366 |
| Fiche 158 | Le principe de Bodenstein                                 | 368 |
| Fiche 159 | La catalyse                                               | 370 |
| Fiche 160 | La catalyse homogène                                      | 372 |
| Fiche 161 | La catalyse hétérogène                                    | 374 |
| Fiche 162 | Les polymérisations                                       | 376 |
| Fiche 163 | Les enzymes                                               | 378 |
| Fiche 164 | L'équation de Michaelis-Menten                            | 380 |
| Focus     | Victor, Leonor et Maud : naissance d'une équation célèbre | 382 |
| QCM       |                                                           | 383 |
| Exercices |                                                           | 385 |

## Chapitre 9 Les méthodes d'analyse

|           |                                                                          |     |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------|-----|
| Fiche 165 | Les spectroscopies d'absorption atomique et d'émission de flamme         | 390 |
| Fiche 166 | La fluorescence X                                                        | 392 |
| Fiche 167 | La spectroscopie d'absorption dans le visible et dans l'ultraviolet (UV) | 394 |
| Fiche 168 | La spectroscopie infrarouge (IR)                                         | 396 |
| Fiche 169 | La spectroscopie Raman                                                   | 398 |
| Fiche 170 | La spectroscopie de masse                                                | 400 |
| Fiche 171 | La résonance magnétique nucléaire (RMN)                                  | 402 |
| Fiche 172 | La chromatographie, généralités                                          | 404 |
| Fiche 173 | La chromatographie ionique (CI)                                          | 406 |
| Fiche 174 | L'électrophorèse                                                         | 408 |
| Fiche 175 | La polarimétrie et le pouvoir rotatoire                                  | 410 |
| Focus     | Microscopie par effet tunnel (STM, Scanning Tunneling Microscopy)        | 412 |
| QCM       |                                                                          | 413 |
| Exercices |                                                                          | 415 |

## Chapitre 10 La matière molle

|           |                                                           |     |
|-----------|-----------------------------------------------------------|-----|
| Fiche 176 | La matière molle, objets fragiles                         | 420 |
| Fiche 177 | Les systèmes colloïdaux                                   | 422 |
| Fiche 178 | Les molécules amphiphiles                                 | 424 |
| Fiche 179 | La tension superficielle                                  | 426 |
| Fiche 180 | La capillarité, formule de Laplace                        | 428 |
| Fiche 181 | La montée capillaire                                      | 430 |
| Fiche 182 | Le mouillage                                              | 432 |
| Fiche 183 | La physico-chimie du mouillage                            | 434 |
| Fiche 184 | Les cristaux liquides                                     | 436 |
| Fiche 185 | Les nématiques                                            | 438 |
| Fiche 186 | Les propriétés physiques des polymères                    | 440 |
| Fiche 187 | Les brosses de polymères                                  | 442 |
| Focus     | Pierre-Gilles de Gennes, le bâtisseur de la matière molle | 444 |
| QCM       |                                                           | 445 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| Corrigés des exercices | 447 |
|------------------------|-----|

|         |     |
|---------|-----|
| Annexes | 491 |
|---------|-----|

|       |     |
|-------|-----|
| Index | 505 |
|-------|-----|