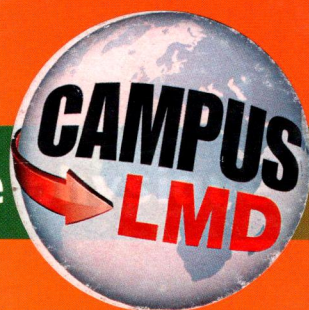


Les cours de
Paul Arnaud

7^e édition du cours de chimie



Chimie générale

**Françoise Rouquérol
Gilberte Chambaud
Roland Lissillour
Abdou Boucekkine**

Avec la collaboration de
**Renaud Bouchet
Florence Boulc'h
Virginie Hornebecq**

DUNOD

Les cours de Paul Arnaud

Chimie générale

7^e édition du cours de chimie physique

Ce manuel de chimie générale traite de la **structure de la matière** (description de l'atome, du noyau atomique et de la liaison chimique), de la **thermodynamique chimique** (description macroscopique de la matière, de ses différents états d'agrégation et de ses évolutions) ainsi que de la **cinétique des réactions chimiques**.

Conçu de façon à assurer la **compréhension des phénomènes** avant d'en venir à leur formulation abstraite, ce cours, accompagné d'exercices et de QCM corrigés, aide l'étudiant à organiser et à structurer progressivement les nouvelles connaissances pour réussir examens et concours.

Les +

- **110 questions** au fil du texte pour comprendre pas à pas
- **220 exercices** en fin de chapitres pour vérifier ses acquis et approfondir son travail
- **200 QCM** pour s'auto-évaluer rapidement

Public :

- Étudiants en Licences de Sciences de la Matière ou de Sciences de la Vie et de la Terre
- Étudiants de la PAES-UE1 (atomes, biomolécules, génome, bioénergétique, métabolisme)
- Élèves des classes préparatoires
- Candidats au CAPES de Sciences Physiques

7^e édition

Françoise Rouquérol
est professeur
émérite de l'université
d'Aix-Marseille-1.

Gilberte Chambaud
est professeur
à l'université de
Marne-la-Vallée.

Roland Lissillour
est professeur honoraire
de l'université Rennes 1.

Tous trois ont été
présidents de la division
enseignement de la
Société française de
chimie, de même que
Paul Arnaud.

Abdou Boucekkine
est professeur à
l'université Rennes 1.

Renaud Bouchet
est professeur à l'INPG
de Grenoble.

**Florence Boulc'h et
Virginie Hornebecq**
sont maîtres
de conférences
à l'université
d'Aix-Marseille.



ISBN 978-2-10-058802-2

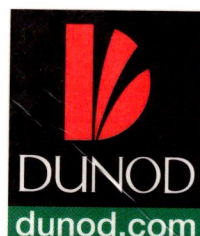


Table des matières

AVANT-PROPOS DE PAUL ARNAUD : LE LIVRE MODE D'EMPLOI	III
AVANT-PROPOS DE LA 7 ^e ÉDITION	VII
INTRODUCTION À LA CHIMIE	I
PARTIE 1 • DESCRIPTION MICROSCOPIQUE DE LA STRUCTURE DE LA MATIÈRE	9
CHAPITRE 1 • ATOME ET ÉLÉMENT : PREMIERS MODÈLES DE L'ATOME	9
1.1 Naissance de la théorie atomique moderne	10
1.2 Découverte des particules fondamentales	14
1.3 Masses atomiques	22
QCM	26
EXERCICES	27
RÉPONSES AUX QCM	29
CHAPITRE 2 • STRUCTURE DU NOYAU ATOMIQUE	30
2.1 Radioactivité naturelle	31
2.2 Radioactivité artificielle	35
2.3 Origine de la radioactivité	37
2.4 Énergie nucléaire	39
QCM	44
EXERCICES	45
RÉPONSES AUX QCM	46
CHAPITRE 3 • ORGANISATION DES ÉLECTRONS DANS L'ATOME : DU MODÈLE DE BOHR À LA DESCRIPTION ONDULATOIRE	47
3.1 Échanges d'énergie entre la matière et le rayonnement. Spectroscopie	48
3.2 Atome d'hydrogène. Faits expérimentaux	52

3.3	Quantification et dualité onde-particule	
3.4	Modèle de l'atome de Bohr	52
3.5	Modèle quantique	53
3.6	Équation de Schrödinger	56
3.7	Les quatre nombres quantiques	58
3.8	La fonction polyélectronique	66
3.9	Niveaux d'énergie	67
3.10	Configuration électronique	68
3.11	Niveaux d'énergie réels dans l'atome	71
QCM		76
EXERCICES		78
RÉPONSES AUX QCM		79
		82
CHAPITRE 4 • CLASSIFICATION PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS		
4.1	Origines de la classification périodique des éléments	83
4.2	Classification périodique moderne	84
4.3	Classification périodique et configuration électronique	86
4.4	Classification périodique et formation des ions	90
4.5	Classification périodique et rayons atomiques	93
QCM		103
EXERCICES		108
RÉPONSES AUX QCM		109
		112
CHAPITRE 5 • LA LIAISON CHIMIQUE : DU MODÈLE DE LEWIS AU MODÈLE QUANTIQUE		
5.1	Liaison entre deux atomes	113
5.2	Modèle de Lewis de la covalence	114
5.3	Orbitales atomiques hybrides	116
5.4	Modèle quantique des orbitales moléculaires	126
QCM		132
EXERCICES		150
RÉPONSES AUX QCM		151
		155
CHAPITRE 6 • GÉOMÉTRIE DES MOLÉCULES		
6.1	Géométrie moléculaire	156
6.2	Modèle VSEPR	157
6.3	Stéréoisomérie	159
6.4	Visualiser les molécules	165
QCM		166
EXERCICES		168
RÉPONSES AUX QCM		169
		171

CHAPITRE 7 • MOMENT DIPOLAIRE – MAGNÉTISME – FORCES INTERMOLECULAIRES	172
7.1 Moment électrique moléculaire	173
7.2 Magnétisme moléculaire	178
7.3 Interactions de faible énergie	179
QCM	189
EXERCICES	190
RÉPONSES AUX QCM	192
 PARTIE 2 • DESCRIPTION MACROSCOPIQUE DES ÉTATS DE LA MATIÈRE	 193
CHAPITRE 8 • ÉTATS DE LA MATIÈRE	193
8.1 Introduction aux différents états de la matière	194
8.2 Notion de quantité de matière	197
8.3 État gazeux	199
8.4 État liquide	210
8.5 États solides	214
QCM	218
EXERCICES	220
RÉPONSES AUX QCM	222
 CHAPITRE 9 • STRUCTURE DES CRISTAUX	 223
9.1 Structure du cristal parfait	224
9.2 Cristaux réels	248
9.3 Détermination expérimentale des structures cristallines	249
9.4 Relations entre la structure des cristaux et leurs propriétés physiques : exemple du diamant et du graphite	252
QCM	254
EXERCICES	256
RÉPONSES AUX QCM	257
 CHAPITRE 10 • MATIÈRE ET ÉNERGIE : INTRODUCTION À LA THERMODYNAMIQUE	 258
10.1 Notions de système et d'environnement	259
10.2 Échange de matière et d'énergie entre un système et son environnement	259
10.3 États d'équilibre d'un système	260
10.4 Transformations d'un système	263
10.5 État stationnaire	266
10.6 Notion thermodynamique de phase	266
QCM	267
EXERCICES	268
RÉPONSES AUX QCM	269

CHAPITRE 11 • CONSERVATION DE L'ÉNERGIE. PREMIER PRINCIPE DE LA THERMODYNAMIQUE	270
11.1 Conservation de l'énergie	271
11.2 Transfert d'énergie entre un système et son environnement	272
11.3 Expression, à l'aide de fonctions d'état, de la chaleur échangée par un système qui se transforme	281
QCM	282
EXERCICES	283
RÉPONSES AUX QCM	285
CHAPITRE 12 • PRÉVISION DU SENS DES TRANSFORMATIONS SPONTANÉES	286
12.1 Transformations spontanées et non spontanées	287
12.2 Bilan des grandeurs extensives	289
12.3 Facteurs de l'énergie	289
12.4 Notion d'entropie	289
12.5 Enthalpie libre	295
QCM	299
EXERCICES	300
RÉPONSES AUX QCM	301
CHAPITRE 13 • CARACTÉRISATION THERMODYNAMIQUE DE LA MATIÈRE	302
13.1 Espèces pures	303
13.2 Mélanges et solutions	308
QCM	316
EXERCICES	318
RÉPONSES AUX QCM	319
CHAPITRE 14 • CHANGEMENTS D'ÉTAT PHYSIQUE DE LA MATIÈRE – DIAGRAMME DE PHASES	320
14.1 Changements d'état des corps purs	321
14.2 Équilibres diphasés	324
14.3 Diagramme de phases des espèces chimiques pures	331
14.4 Diagramme de phases des solutions diluées d'un soluté non volatil	337
14.5 Pression osmotique	340
QCM	342
EXERCICES	344
RÉPONSES AUX QCM	346

PARTIE 3 • TRANSFORMATION CHIMIQUE DE LA MATIÈRE	348
CHAPITRE 15 • APPROCHE QUANTITATIVE DES TRANSFORMATIONS CHIMIQUES : AVANCEMENT DE RÉACTION	348
15.1 Approche qualitative	349
15.2 Approche quantitative	351
15.3 Calcul des quantités d'espèces chimiques présentes dans un réacteur fermé	358
QCM	367
EXERCICES	368
RÉPONSES AUX QCM	369
CHAPITRE 16 • APPLICATION DES PRINCIPES DE LA THERMODYNAMIQUE AUX TRANSFORMATIONS CHIMIQUES	372
16.1 Application du premier principe de la thermodynamique	372
16.2 Évaluation indirecte d'énergies de transformation	387
16.3 Application du second principe de la thermodynamique	391
QCM	392
EXERCICES	394
RÉPONSES AUX QCM	395
CHAPITRE 17 • LOIS GÉNÉRALES DES ÉQUILIBRES CHIMIQUES	398
17.1 État d'équilibre chimique	399
17.2 Critère d'évolution spontanée d'un système chimique	400
17.3 Variation de l'enthalpie libre d'un système réagissant de façon isobare et monotherme, en fonction de l'avancement de réaction ξ	403
17.4 Loi des équilibres chimiques (loi d'action des masses) : constante (thermodynamique) d'équilibre	404
17.5 Déplacement des équilibres chimiques : principe de Le Chatelier	407
17.6 Règle des phases	415
QCM	417
EXERCICES	419
RÉPONSES AUX QCM	421
CHAPITRE 18 • TRANSFORMATIONS CHIMIQUES EN SOLUTION AQUEUSE	423
18.1 Dissolution des espèces chimiques dans l'eau	424
18.2 Équilibres acide-base en solution aqueuse	431
18.3 Détermination des concentrations molaires des constituants d'une solution acidobasique aqueuse	441
QCM	459
EXERCICES	460
RÉPONSES AUX QCM	462

CHAPITRE 19 • ÉQUILIBRES DE PRÉCIPITATION ET DE COMPLEXATION EN SOLUTION AQUEUSE	464
19.1 Limite de solubilité : équilibre de précipitation	465
19.2 Équilibres de complexation	472
QCM	480
EXERCICES	482
RÉPONSES AUX QCM	483
CHAPITRE 20 • RÉACTIONS ÉLECTROCHIMIQUES ET RÉACTIONS D'OXYDO-RÉDUCTION EN SOLUTION AQUEUSE	485
20.1 Oxydants et réducteurs : rappels	486
20.2 Réaction électrochimique	494
20.3 Cellules électrochimiques	500
20.5 Applications	511
QCM	523
EXERCICES	525
RÉPONSES AUX QCM	527
CHAPITRE 21 • INTRODUCTION À LA THERMODYNAMIQUE APPLIQUÉE AUX ORGANISMES VIVANTS	528
21.1 Spécificité des organismes vivants	529
21.2 Rôle central de l'adénosine triphosphate dans les échanges d'énergie	534
21.3 Conclusion	536
QCM	537
EXERCICES	537
RÉPONSES AUX QCM	539
CHAPITRE 22 • CINÉTIQUE CHIMIQUE FORMELLE	540
22.1 Notion de vitesse de réaction	541
22.2 Loi de vitesse	544
22.3 Détermination expérimentale de l'ordre de réaction	551
22.4 Influence de la température sur la vitesse d'une réaction	553
22.5 Désintégrations radioactives	554
QCM	559
EXERCICES	561
RÉPONSES AUX QCM	562
CHAPITRE 23 • MÉCANISMES RÉACTIONNELS	564
23.1 Réactions simples et réactions complexes	565
23.2 Réactions élémentaires	565

23.3	Théorie des collisions	567
23.4	Exemples de réactions complexes	571
23.5	Loi de vitesse d'une réaction complexe supposée s'effectuer grâce à la succession de deux étapes	573
23.6	Activation thermique	577
23.7	Profil énergétique des réactions	578
23.8	Activation photochimique	582
23.9	Catalyse	583
	QCM	591
	EXERCICES	592
	RÉPONSES AUX QCM	593
	CONCLUSION	595
	RÉPONSES AUX QUESTIONS	597
	SOLUTIONS DES EXERCICES	608
	ANNEXES	631
	1 À propos des règles d'écriture	631
	Extraits des recommandations de l'IUPAC	633
	2 Masses atomiques relatives des éléments naturels	641
	3 Configurations électroniques des éléments	643
	4 Électronégativités de quelques éléments (selon Pauling)	644
	5 Données thermodynamiques à 298 K	644
	6 Constantes d'acidité et pKa en solution aqueuse à 298 K	646
	7 Produits de solubilité, en solution aqueuse, à 298 K	647
	8 Potentiels d'électrode de référence à 298 K	648
	INDEX	649
	SYMBOLES ET NOMS DES ÉLÉMENTS	653
	TABLEAU DE CLASSIFICATION PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS	654