

4^e édition

Chimie

des solutions

Raymond Chang
Kenneth A. Goldsby

Traduction et adaptation française

Azélie Arpin
Luc Papillon

Mc
Graw
Hill
Education

CHENELIÈRE
ÉDUCATION



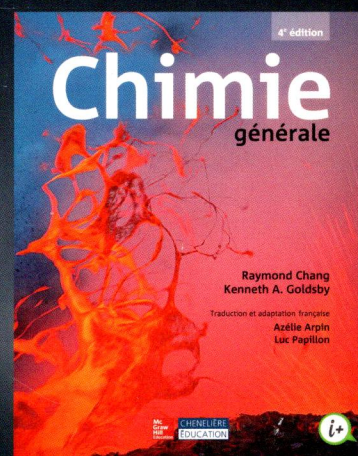
UNE RIGUEUR SCIENTIFIQUE JAMAIS ÉGALÉE

Clarté, rigueur, concision, voilà ce qui caractérise ce grand classique du professeur Chang dans lequel sont présentés les principes fondamentaux de la chimie. Cette quatrième édition française offre des nouveautés ainsi qu'un contenu actualisé et mis à jour :

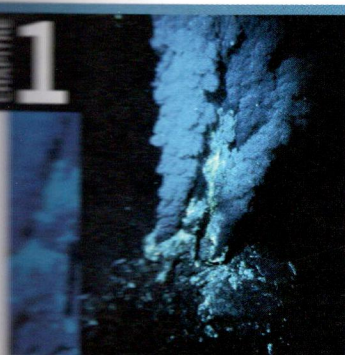
- Des **résumés visuels originaux**, en fin de chapitre, qui synthétisent la matière en un coup d'œil.
- Une nouvelle rubrique **Révision des concepts** qui questionne l'étudiant au fil de ses apprentissages.
- Un large éventail d'**exercices** et de **problèmes** gradués qui favorisent la progression de l'étudiant.
- Des **exemples** proposant une démarche de résolution de problèmes claire en trois étapes.
- Des rubriques **Chimie en action** inspirées du monde réel, des **capsules d'information** qui mettent en évidence des faits historiques et des applications multidisciplinaires, de nombreuses **figures** ainsi que des **animations** et des **interactions** en ligne qui viennent appuyer la théorie.
- En fin de manuel, un **corrigé** des exercices, problèmes et révisions des concepts.

Sans contredit la collection qui présente l'équilibre parfait entre la **théorie** et sa **mise en application** !

Dans la même collection

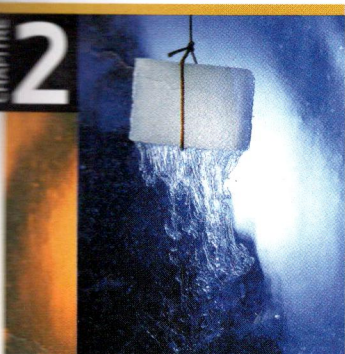


CHAPITRE 1



Les réactions en milieu aqueux	2
1.1 Les propriétés générales des solutions aqueuses	5
1.1.1 Les électrolytes et les non-électrolytes	5
1.2 Les réactions de précipitation	8
1.2.1 La solubilité	9
1.2.2 Les équations moléculaires, les équations ioniques et les équations ioniques nettes	10
CHIMIE EN ACTION Une réaction de précipitation indésirable	13
1.3 Les réactions acido-basiques	13
1.3.1 Les propriétés générales des acides et des bases	13
1.3.2 Les acides et les bases de Brønsted-Lowry	14
1.3.3 Les réactions de neutralisation	18
1.3.4 Les réactions de neutralisation avec formation d'un gaz	19
1.4 Les réactions d'oxydoréduction	19
1.4.1 Les nombres d'oxydation	21
1.4.2 Quelques réactions d'oxydoréduction courantes	24
1.5 La concentration des solutions et la dilution	30
1.5.1 La concentration des solutions	30
1.5.2 La préparation d'une solution	30
1.5.3 La dilution des solutions	32
1.6 La stœchiométrie en chimie des solutions	34
1.6.1 L'analyse gravimétrique	34
1.6.2 Les titrages acido-basiques	37
Résumé	41
Équations clés	45
Mots clés	45
Problèmes	46

CHAPITRE 2



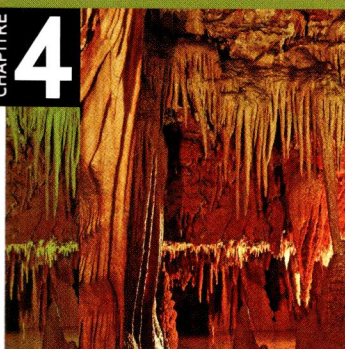
Les propriétés physiques des solutions	54
2.1 Les types de solutions	57
2.2 Le processus de dissolution au niveau moléculaire	58
2.2.1 Les facteurs qui influent sur la solubilité	59
2.3 Les types de concentration et les conversions	61
2.3.1 Les types d'unités de concentration	61
2.3.2 La comparaison entre les types de concentration et les conversions	65
2.4 L'effet de la température sur la solubilité	68
2.4.1 La solubilité des solides et la température	68
2.4.2 La solubilité des gaz et la température	69
2.5 L'effet de la pression sur la solubilité des gaz	70
CHIMIE EN ACTION Le lac meurtrier	72
2.6 Les propriétés colligatives des solutions de non-électrolytes	74
2.6.1 La diminution de la pression de vapeur	74
2.6.2 L'élévation du point d'ébullition	80
2.6.3 L'abaissement du point de congélation	81
2.6.4 La pression osmotique	84

2.6.5	L'utilisation des propriétés colligatives pour déterminer la masse molaire.....	87
CHIMIE EN ACTION	La désalinisation de l'eau de mer	90
2.7	Les propriétés colligatives des solutions d'électrolytes.....	92
2.8	Les colloïdes.....	94
2.8.1	Les colloïdes hydrophiles et les colloïdes hydrophobes	95
	Résumé.....	97
	Équations clés.....	101
	Mots clés	101
	Problèmes.....	102

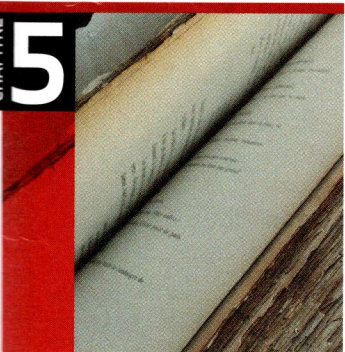
CHAPITRE 3



La cinétique chimique	108
3.1 La vitesse de réaction.....	111
3.1.1 La détermination expérimentale de la vitesse d'une réaction.....	112
3.1.2 Les vitesses de réaction et la stœchiométrie.....	116
3.2 Les lois de vitesse.....	119
3.2.1 La détermination expérimentale des lois de vitesse	122
3.3 La relation entre les concentrations des réactifs et le temps : les lois de vitesse intégrées.....	124
3.3.1 Les réactions d'ordre un.....	124
3.3.2 Les réactions d'ordre deux.....	132
3.3.3 Les réactions d'ordre zéro.....	135
CHIMIE EN ACTION L'évaluation de l'âge du suaire de Turin.....	137
3.4 L'énergie d'activation et l'effet de la température sur la constante de vitesse.....	138
3.4.1 La théorie des collisions en cinétique chimique.....	138
CHIMIE EN ACTION La capture du CO ₂ : un poumon artificiel pour les sables bitumineux !	141
3.4.2 L'équation d'Arrhenius.....	143
3.5 Les mécanismes réactionnels et les lois de vitesse.....	148
3.5.1 Les lois de vitesse et les étapes élémentaires.....	149
3.5.2 L'élucidation d'un mécanisme réactionnel.....	151
3.5.3 Les preuves expérimentales des mécanismes réactionnels.....	154
3.6 La catalyse.....	156
3.6.1 La catalyse hétérogène.....	157
3.6.2 La catalyse homogène.....	159
3.6.3 La catalyse enzymatique	160
Résumé.....	163
Équations clés.....	167
Mots clés	167
Problèmes.....	168



L'équilibre chimique	178
4.1 Le concept d'équilibre	181
4.1.1 La constante d'équilibre	182
4.2 Les différentes manières d'exprimer les constantes d'équilibre	184
4.2.1 L'équilibre homogène	184
4.2.2 La constante d'équilibre et les unités	187
4.2.3 L'équilibre hétérogène	189
4.2.4 Les équilibres multiples	191
4.2.5 L'expression de K et l'équation décrivant l'équilibre	193
4.3 La relation entre la cinétique chimique et l'équilibre chimique	194
4.4 La signification de la constante d'équilibre	196
4.4.1 La prévision du sens de l'évolution (ou de l'absence d'évolution) d'une réaction	196
4.4.2 Le calcul des concentrations à l'équilibre	199
4.5 Les facteurs qui influencent l'équilibre chimique	203
4.5.1 Le principe de Le Chatelier	203
4.5.2 Les modifications de la concentration	203
4.5.3 Les modifications de la pression et du volume	206
4.5.4 Les modifications de la température	208
4.5.5 Le rôle d'un catalyseur	212
4.5.6 Résumé des effets des facteurs d'influence	212
CHIMIE EN ACTION Le procédé Haber	214
CHIMIE EN ACTION La vie en altitude et la production d'hémoglobine	215
Résumé	216
Équations clés	219
Mots clés	219
Problèmes	220



Les acides et les bases	230
5.1 Les acides et les bases de Brønsted-Lowry	233
5.1.1 Les couples acide-base conjugués	233
5.2 Les propriétés acido-basiques de l'eau	235
5.2.1 Le produit ionique de l'eau	235
5.3 Le pH : une mesure du degré d'acidité	237
5.4 La force des acides et des bases	241
5.5 Les acides faibles et les constantes d'ionisation des acides	246
5.5.1 Le pourcentage d'ionisation	253
5.5.2 Les diacides et les polyacides	254
5.6 Les bases faibles et les constantes d'ionisation des bases	259
5.7 La relation entre les constantes d'ionisation des couples acide-base conjugués	262
5.8 La relation entre la structure moléculaire et la force des acides	264
5.8.1 Les acides hydrohalogénés	264
5.8.2 Les oxacides	264
5.9 Les propriétés acido-basiques des sels	267
5.9.1 Les sels qui produisent des solutions neutres	267
5.9.2 Les sels qui produisent des solutions basiques	267
5.9.3 Les sels qui produisent des solutions acides	270
5.9.4 Les sels dont le cation et l'anion s'hydrolysent	272
5.10 Les propriétés acido-basiques des oxydes	274

CHAPITRE 6



5.11	Les acides et les bases de Lewis	276
	CHIMIE EN ACTION Les antiacides et la régulation du pH dans l'estomac	280
	Résumé	282
	Équations clés	286
	Mots clés	287
	Problèmes	287

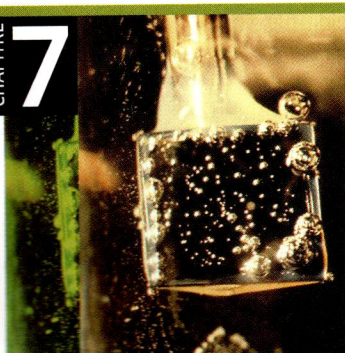
L'équilibre acido-basique et l'équilibre de solubilité 294

6.1	L'équilibre des solutions en milieux homogène et hétérogène	297
6.2	L'effet d'ion commun	297
6.3	Les solutions tampons	302
6.3.1	La composition d'un tampon et le pouvoir tampon	302
6.3.2	La visualisation de la composition idéale d'un tampon	306
6.3.3	La préparation d'une solution tampon à un pH déterminé	308
	CHIMIE EN ACTION Le contrôle du pH sanguin et les échanges gazeux	310
6.4	Les titrages acido-basiques	312
6.4.1	Le titrage acide fort – base forte	312
6.4.2	Le titrage acide faible – base forte	314
6.4.3	Le titrage acide fort – base faible	317
6.4.4	L'influence de la concentration et de la force des acides et des bases sur l'allure de la courbe de titrage	320
6.5	Les indicateurs acido-basiques	320
6.5.1	Les propriétés des indicateurs acido-basiques	321
6.5.2	Le choix d'un indicateur	322
6.6	L'équilibre de solubilité	324
6.6.1	Le produit de solubilité	324
6.6.2	La solubilité molaire et la solubilité	326
6.6.3	La prédiction des réactions de précipitation	330
6.7	La séparation des ions par précipitation sélective	333
6.8	L'effet d'ion commun et la solubilité	335
6.9	Le pH et la solubilité	337
	CHIMIE EN ACTION Le pH, la solubilité et la carie dentaire	342
6.10	L'équilibre des ions complexes et la solubilité	342
6.11	L'application du principe de l'équilibre de solubilité à l'analyse qualitative	348
	Résumé	351
	Équations clés	356
	Mots clés	356
	Problèmes	356

Les réactions d'oxydoréduction et l'électrochimie 364

7.1	Les réactions d'oxydoréduction	367
7.1.1	L'équilibrage des équations d'oxydoréduction	367
7.1.2	Les titrages redox	370
	CHIMIE EN ACTION L'alcootest	372
7.2	Les cellules galvaniques	374
7.3	Les potentiels standard d'électrode	376
7.4	La spontanéité des réactions en général	384
7.4.1	La variation d'enthalpie, ΔH	384
7.4.2	La variation d'entropie, ΔS	385

CHAPITRE 7



7.4.3	La variation d'enthalpie libre, ΔG (ou fonction de Gibbs)	387
7.4.4	L'enthalpie libre et l'équilibre chimique	389
7.4.5	L'utilisation de ΔG° pour calculer la constante d'équilibre	390
7.4.6	L'utilisation de ΔG° pour prédire le sens de l'évolution d'une réaction	391
CHIMIE EN ACTION	La thermodynamique d'un élastique	392
7.5	La spontanéité des réactions d'oxydoréduction	392
CHIMIE EN ACTION	La thermodynamique chez les vivants	396
7.6	L'effet de la concentration sur la fem d'une cellule	397
7.6.1	L'équation de Nernst	398
7.6.2	Les piles à concentration	402
7.7	Les piles et les accumulateurs	403
7.7.1	La pile sèche	404
7.7.2	La pile au mercure	404
7.7.3	L'accumulateur au plomb	404
7.7.4	La pile lithium-ion	406
7.7.5	Les piles à combustible	407
CHIMIE EN ACTION	Les bactéries, une source d'énergie électrique	409
7.8	La corrosion	410
7.9	L'électrolyse	413
7.9.1	L'électrolyse du chlorure de sodium fondu	413
7.9.2	L'électrolyse de l'eau	414
7.9.3	L'électrolyse d'une solution aqueuse de chlorure de sodium	415
7.9.4	Les aspects quantitatifs de l'électrolyse	418
7.10	L'électrometallurgie	421
7.10.1	La production de l'aluminium	421
CHIMIE EN ACTION	Le recyclage des cannettes d'aluminium	422
7.10.2	L'affinage du cuivre	423
	Résumé	424
	Équations clés	430
	Mots clés	430
	Problèmes	431
ANNEXE 1	Tableau récapitulatif des types de forces d'attraction	439
ANNEXE 2	Quelques opérations mathématiques	439
ANNEXE 3	Constantes d'acidité et de basicité à 25 °C	441
ANNEXE 4	Quelques données thermodynamiques à 101,325 kPa et à 25 °C	443
ANNEXE 5	Table des potentiels standard de réduction à 25 °C	446
ANNEXE 6	Nomenclature	452
	Glossaire	454
	Réponses aux problèmes, aux exercices et aux révisions des concepts	458
	Sources des photos	472
	Index	473