

3A

B

Chimie générale

		Cr	Mn			Zn	Ga		
	Zr	Nb	Mo	Tc		Cd	In		
*	Hf	Ta	W	Re		Hg	Tl		
	Rf	Db	Sg	Bh		**			
	Ce	Pr	Nd		Eu	Gd	Tb	Dy	
	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf

John W. Hill
 Ralph H. Petrucci
 Martin Dion
 Martin Lamoureux

Pearson
 Education

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	III
--------------------	-----

CHAPITRE 1 La chimie : matière et mesure 1

1.1	La chimie : principes et applications	2
1.2	Quelques termes clés	4
1.3	La mesure scientifique	9
1.4	La précision et l'exactitude d'une mesure	14
1.5	Une méthode de résolution de problèmes	19
	Encadré <i>La graisse flotte : masse volumique du corps humain et condition physique</i>	25
1.6	Autres considérations sur la résolution de problèmes	26
	Résumé 29 Mots clés 29 Questions de révision 30	
	Problèmes 31 Problèmes supplémentaires 33	

CHAPITRE 2 Les atomes, les molécules et les ions 37

Les lois et les théories : un peu d'histoire

2.1	Les lois des combinaisons chimiques	38
2.2	John Dalton et la théorie atomique de la matière	40
2.3	L'atome divisible	42
2.4	La masse atomique	45
2.5	La classification périodique des éléments	48

Les composés moléculaires et les composés ioniques

2.6	Les molécules et les composés moléculaires	51
2.7	Les ions et les composés ioniques	55
	Encadré <i>Qu'est-ce qu'une diète à faible teneur en sodium ?</i>	58
2.8	Les acides, les bases et les sels	62

Les composés organiques

2.9	Les alcanes : des hydrocarbures saturés	65
2.10	Les groupements fonctionnels	67
	Résumé 71 Mots clés 72 Questions de révision 73	
	Problèmes 74 Problèmes supplémentaires 78	

Cr

Mo

W

Sg

Pr

Pa

CHAPITRE 3 La stœchiométrie : calculs chimiques 80**La stœchiométrie des composés chimiques**

3.1	La masse moléculaire et la masse d'une entité formulaire	81
3.2	La mole et la constante d'Avogadro	83
3.3	Autres considérations sur la mole	85
3.4	La composition en pourcentage massique à partir de la formule chimique	90
	Encadré <i>Qu'est-ce qu'un engrais « 5-10-5 » ?</i>	92
3.5	La formule chimique d'après la composition en pourcentage massique	94
3.6	L'analyse élémentaire: détermination expérimentale de la composition en pourcentage massique	98

La stœchiométrie des réactions chimiques

3.7	L'écriture et l'équilibrage d'une équation chimique	101
3.8	L'équivalence stœchiométrique et la stœchiométrie des réactions	106
3.9	Les réactifs limitants	111
3.10	Les rendements d'une réaction chimique	114
	Encadré <i>Le rendement d'une réaction organique</i>	115
3.11	Les solutions et la stœchiométrie des solutions	117
	<i>Résumé 126 Mots clés 126 Questions de révision 127</i>	
	<i>Problèmes 128 Problèmes supplémentaires 135</i>	

CHAPITRE 4 Les gaz 137

4.1	Les caractéristiques d'un gaz	138
4.2	Introduction à la théorie cinétique des gaz	139
4.3	La pression d'un gaz	140
4.4	La loi de Boyle: la relation entre la pression et le volume d'un gaz	145
	Encadré <i>La loi de Boyle et la respiration</i>	148
4.5	La loi de Charles: la relation entre la température et le volume d'un gaz	148
4.6	La loi d'Avogadro: la relation entre le nombre de moles et le volume d'un gaz	152
4.7	La loi générale des gaz	153
4.8	La loi des gaz parfaits	155
	Encadré <i>Les ballons et les montgolfières</i>	161
4.9	La stœchiométrie des réactions gazeuses	162
4.10	Les mélanges gazeux: la loi des pressions partielles de Dalton	165
4.11	Les aspects quantitatifs de la théorie cinétique des gaz	170
	Encadré <i>La séparation des isotopes d'uranium</i>	177
4.12	Les gaz réels	177
	<i>Résumé 178 Mots clés 178 Questions de révision 179</i>	
	<i>Problèmes 180 Problèmes supplémentaires 185</i>	

CHAPITRE 5 La structure de l'atome 187**La conception classique de la structure atomique**

- 5.1 L'électron : les expériences de Thomson et de Millikan 188
- 5.2 Les modèles atomiques de Thomson et de Rutherford 192
- 5.3 Les protons et les neutrons 194
- 5.4 Les ions positifs et la spectrométrie de masse 195

La lumière et la théorie quantique

- 5.5 La nature ondulatoire de la lumière 197
- 5.6 Les photons : des quanta d'énergie 204
- Encadré** *Feu d'artifice et spectroscopie d'émission* 205

La conception quantique de la structure de l'atome

- 5.7 Bohr : le modèle planétaire de l'atome d'hydrogène 208
- 5.8 La mécanique ondulatoire : la nature ondulatoire de la matière 213
- Encadré** *La spectrométrie d'absorption atomique* 214
- 5.9 Les nombres quantiques et les orbitales atomiques 216
- Encadré** *Probabilités de localisation d'un électron et gros plan sur les atomes* 221
- Encadré** *L'immobilité à 0 K : la température, l'incertitude et la supraconductivité* 223

Résumé 224 Mots clés 224 Questions de révision 225

Problèmes 226 Problèmes supplémentaires 229

CHAPITRE 6 Les configurations électroniques, les propriétés des atomes et le tableau périodique 231

- 6.1 Les atomes formés de plusieurs électrons 232
- 6.2 La configuration électronique 234
- 6.3 Les règles régissant les configurations électroniques 235
- 6.4 Les configurations électroniques : le principe de *Aufbau* 237
- 6.5 Les configurations électroniques et les lois périodiques 241
- Encadré** *Le numéro atomique : les travaux de Henry G. J. Moseley* 244
- Encadré** *Des questions non résolues à propos de la classification périodique* 248
- 6.6 Les propriétés magnétiques : les électrons appariés et les électrons non appariés 249
- 6.7 Les propriétés atomiques périodiques des éléments 250
- 6.8 Les métaux, les non-métaux, les semi-métaux et les gaz nobles 261
- 6.9 Les propriétés des atomes et le tableau périodique 265

Résumé 269 Mots clés 269 Questions de révision 270

Problèmes 271 Problèmes supplémentaires 275

CHAPITRE 7 Les liaisons chimiques 277

- 7.1 Un aperçu des liaisons chimiques 278
- 7.2 La théorie de Lewis sur les liaisons chimiques 279

Les liaisons ioniques

7.3	Les liaisons et les cristaux ioniques	281
7.4	La représentation des liaisons ioniques par des notations de Lewis	282
7.5	Les variations d'énergie associées à la formation d'un composé ionique	284

Les liaisons covalentes

7.6	Les structures de Lewis de quelques molécules simples	288
7.7	Les liaisons covalentes polaires et l'électronégativité	291
7.8	Les stratégies d'écriture des structures de Lewis	295
7.9	Les molécules non régies par la règle de l'octet	305
7.10	La liaison : sa longueur et son énergie	311
	Encadré Les graisses et les huiles hydrogénées	316

Les hydrocarbures insaturés

Résumé	317	Mots clés	317	Questions de révision	318
Problèmes	319	Problèmes supplémentaires	322		

CHAPITRE 8 La théorie de la liaison et la géométrie moléculaire 324

La géométrie moléculaire

8.1	La méthode de répulsion des paires d'électrons de valence (RPEV)	325
8.2	Les molécules polaires et le moment dipolaire	337
	Encadré La forme d'une molécule et l'efficacité des médicaments	338

La théorie de la liaison de valence

8.3	Le recouvrement des orbitales atomiques	342
8.4	L'hybridation des orbitales atomiques	344
8.5	Les orbitales hybrides et les liaisons covalentes multiples	353
	Encadré Le rôle de l'isométrie géométrique dans la vision	360

La théorie des orbitales moléculaires

8.6	Les caractéristiques des orbitales moléculaires	361
8.7	Les molécules diatomiques homonucléaires des éléments de la deuxième période	363
8.8	Les liaisons du benzène	366
	Résumé 367 Mots clés 368 Questions de révision 368	
	Problèmes 369 Problèmes supplémentaires 372	

CHAPITRE 9 Les états de la matière et les forces intermoléculaires .. 373

9.1	Un aperçu du chapitre	374
-----	-----------------------------	-----

Les changements de phase

9.2	La vaporisation et la pression de vapeur	375
	Encadré L'emploi des fluides supercritiques dans l'industrie alimentaire	385
9.3	Les changements de phase relatifs à un solide	385
9.4	Le diagramme de phases	388
	Encadré Les cristaux liquides	393

Les forces intermoléculaires

9.5	Les forces de Van der Waals	394
9.6	Les liaisons hydrogène	398
	Encadré <i>Le rôle des liaisons hydrogène dans les protéines</i>	402
9.7	La tension superficielle et la viscosité	405

La structure des solides

9.8	Les structures de solides covalents cristallins	408
9.9	Les liaisons ioniques en tant que forces « intermoléculaires »	411
9.10	La structure des cristaux	412
	<i>Résumé 421 Mots clés 421 Questions de révision 422</i>	
	<i>Problèmes 423 Problèmes supplémentaires 428</i>	

CHAPITRE 10 Les éléments du bloc s 430

L'hydrogène

10.1	L'existence à l'état naturel et la préparation de l'hydrogène	431
10.2	Les composés binaires de l'hydrogène	433
10.3	Les utilisations de l'hydrogène	434
	Encadré <i>L'économie reposera-t-elle un jour sur l'hydrogène ?</i>	435

Le groupe IA: les métaux alcalins

10.4	Les propriétés et les caractéristiques des éléments du groupe IA	436
10.5	L'existence à l'état naturel, la préparation, l'utilisation et les réactions des métaux du groupe IA	437
10.6	Les composés importants du lithium et du sodium	440
10.7	Les métaux alcalins et les organismes vivants	440

Le groupe IIA: les métaux alcalinoterreux

10.8	Les propriétés et les caractéristiques des éléments du groupe IIA	441
10.9	L'existence à l'état naturel, la préparation, l'utilisation et les réactions des métaux du groupe IIA	443
10.10	Les composés importants du magnésium et du calcium	444
10.11	Les métaux du groupe IIA et les organismes vivants	447

Les solutions aqueuses d'ions des groupes IA et IIA

10.12	L'eau dure et les adoucisseurs d'eau	448
10.13	Les savons et les détergents	451
	<i>Résumé 453 Mots clés 453 Questions de révision 454</i>	
	<i>Problèmes 454 Problèmes supplémentaires 456</i>	

CHAPITRE 11 Les éléments du bloc p 458

Le groupe IIIA

11.1	Les propriétés et les caractéristiques des éléments du groupe IIIA	459
11.2	Le bore	460
11.3	L'aluminium	463

Le groupe IVA

11.4	Le carbone	465
	Encadré <i>Des pierres précieuses naturelles et artificielles</i>	466

11.5	Le silicium	468
11.6	L'étain et le plomb	470
Le groupe VA		
	Encadré <i>Le saturnisme</i>	471
11.7	L'azote	471
	Encadré <i>Le monoxyde d'azote : un messenger moléculaire</i>	475
11.8	Le phosphore	475
Le groupe VIA		
11.9	L'oxygène	478
11.10	Le soufre	480
11.11	Le sélénium, le tellure et le polonium	484
Le groupe VIIA		
11.12	Les sources et les utilisations des halogènes	485
11.13	Les halogénures d'hydrogène	487
11.14	Les oxacides et les oxanions des halogènes	488
Le groupe VIIIA		
11.15	L'existence des gaz nobles à l'état naturel	489
11.16	Les propriétés et les utilisations	490
	<i>Résumé 491 Mots clés 491 Questions de révision 492</i>	
	<i>Problèmes 492 Problèmes supplémentaires 495</i>	
CHAPITRE 12 Les éléments du bloc d et les semi-conducteurs		496
Les éléments du bloc d		
12.1	Propriétés et caractéristiques générales	497
12.2	Du scandium au manganèse	501
12.3	La triade du fer: Fe, Co et Ni	505
12.4	Le groupe IB: Cu, Ag et Au	507
	Encadré <i>Les éléments du bloc d dans les organismes vivants</i>	508
12.5	Le groupe IIB : Zn, Cd et Hg	509
Les liaisons dans les métaux et les semi-conducteurs		
12.6	Le modèle de l'électron libre de la liaison métallique	511
12.7	La théorie des bandes	513
12.8	Les semi-conducteurs	515
	Encadré <i>Les supraconducteurs</i>	516
	Encadré <i>La purification par zone : une méthode de préparation de semi-conducteurs purs</i>	518
	<i>Résumé 519 Mots clés 519 Questions de révision 520</i>	
	<i>Problèmes 521 Problèmes supplémentaires 522</i>	
CHAPITRE 13 Chimie de l'environnement		523
L'atmosphère		
13.1	Sa composition, sa structure et les cycles naturels	524
13.2	La pollution atmosphérique	530

13.3	La couche d'ozone	537
13.4	Le réchauffement planétaire : le dioxyde de carbone et l'effet de serre	539
	Encadré <i>Les polluants naturels</i>	541

L'hydrosphère

13.5	Les eaux naturelles de la Terre	542
13.6	La pollution de l'eau	543
13.7	Les pluies acides et les eaux acides	544
	<i>Résumé 546 Mots clés 547 Questions de révision 547</i>	
	<i>Problèmes 548 Problèmes supplémentaires 550</i>	

CHAPITRE 14 Les propriétés physiques des solutions

14.1	Quelques types de solutions	552
14.2	La concentration d'une solution	552
	Encadré <i>Fixer des normes environnementales</i>	557
14.3	Les aspects énergétiques de la mise en solution	561
14.4	Quelques propriétés des solutions électrolytiques	566
14.5	L'équilibre lors de la mise en solution	572
	Encadré <i>Quelques solutions sursaturées en cuisine</i>	574
14.6	La solubilité des gaz	575
	Encadré <i>La plongée sous-marine : des applications de la loi de Henry</i>	578

Les propriétés colligatives

14.7	La pression de vapeur des solutions	579
14.8	L'abaissement du point de congélation et l'élévation du point d'ébullition	583
14.9	La pression osmotique	588
	Encadré <i>Quelques applications médicales de l'osmose</i>	591
14.10	Les solutions d'électrolytes	592

Les mélanges : solutions, colloïdes et suspensions

14.11	Les colloïdes	594
	<i>Résumé 596 Mots clés 596 Questions de révision 597</i>	
	<i>Problèmes 598 Problèmes supplémentaires 602</i>	

CHAPITRE 15 La cinétique chimique : vitesses et mécanismes des réactions chimiques

15.1	Un aperçu de la cinétique chimique	606
15.2	La signification de la vitesse de réaction	607
15.3	La mesure des vitesses de réaction	610
15.4	La loi de vitesse d'une réaction chimique	613
15.5	Les réactions d'ordre un	618
15.6	Les réactions d'ordre zéro et d'ordre deux	623
15.7	Les théories de la cinétique chimique	628
15.8	L'influence de la température sur les vitesses de réaction	631

15.9	Les mécanismes réactionnels	633
15.10	La catalyse	638
15.11	La catalyse enzymatique	641
	Encadré <i>L'inhibition enzymatique</i>	643
	<i>Résumé 644 Mots clés 644 Questions de révision 644</i>	
	<i>Problèmes 645 Problèmes supplémentaires 649</i>	

CHAPITRE 16 L'équilibre chimique 651

16.1	Le caractère dynamique de l'équilibre	652
16.2	L'expression de la constante d'équilibre	653
16.3	Les modifications des expressions des constantes d'équilibre	657
16.4	Le traitement qualitatif de l'équilibre : le principe de Le Chatelier	666
	Encadré <i>La signification de l'équilibre chimique, selon Henry Le Chatelier</i>	667
	Encadré <i>L'équilibre chimique et la synthèse de l'ammoniac</i>	673
16.5	Quelques exemples de problèmes d'équilibre	674
	<i>Résumé 681 Mots clés 682 Questions de révision 682</i>	
	<i>Problèmes 683 Problèmes supplémentaires 687</i>	

CHAPITRE 17 Les acides, les bases et les équilibres acido-basiques ... 689

17.1	La théorie des acides et des bases de Brønsted-Lowry	689
17.2	La structure moléculaire et la force des acides et des bases	694
17.3	L'auto-ionisation de l'eau et l'échelle de pH	700
17.4	L'équilibre en solution des acides faibles et des bases faibles	705
	Encadré <i>Les bases organiques</i>	706
17.5	Les acides polyprotiques	714
17.6	Les ions en tant qu'acides et bases	718
17.7	L'effet d'ion commun	724
17.8	Les solutions tampons	728
17.9	Les indicateurs acido-basiques	737
	Encadré <i>Les systèmes tampons du sang</i>	740
17.10	Les réactions de neutralisation et les courbes de titrage	742
17.11	Les acides et les bases de Lewis	755
	<i>Résumé 757 Mots clés 757 Questions de révision 758</i>	
	<i>Problèmes 759 Problèmes supplémentaires 765</i>	

CHAPITRE 18 D'autres équilibres en solutions aqueuses : les sels peu solubles et les ions complexes 767

18.1	Le produit de solubilité	768
18.2	La relation entre K_{ps} et la solubilité	769
18.3	L'effet d'ion commun sur les équilibres de solubilité	772
18.4	Les réactions de précipitation	775
18.5	L'influence du pH sur la solubilité	786

18.6	Les équilibres mettant en jeu des ions complexes	789
	Encadré <i>Le pH, la solubilité et la carie dentaire</i>	790
18.7	L'analyse qualitative inorganique	799
	<i>Résumé 803 Mots clés 803 Questions de révision 804</i>	
	<i>Problèmes 805 Problèmes supplémentaires 809</i>	

CHAPITRE 19 La thermodynamique: spontanéité, entropie et énergie libre 811

19.1	Pourquoi étudier la thermodynamique?	812
19.2	Les transformations spontanées	812
19.3	L'entropie: désordre et spontanéité	816
19.4	L'énergie libre et la variation d'énergie libre	823
	Encadré <i>Entropie et probabilité</i>	824
19.5	La variation d'énergie libre standard	827
19.6	La variation d'énergie libre et l'équilibre	829
19.7	L'influence de la température sur ΔG° et K_{eq}	837
	Encadré <i>La thermodynamique et les organismes vivants</i>	840
	<i>Résumé 841 Mots clés 841 Questions de révision 842</i>	
	<i>Problèmes 843 Problèmes supplémentaires 846</i>	

CHAPITRE 20 L'oxydoréduction 849

20.1	Les réactions d'oxydoréduction	850
20.2	Les agents oxydants et les agents réducteurs	857
20.3	Quelques applications de l'oxydoréduction	860
	Encadré <i>Décolorer et enlever des taches par oxydoréduction</i>	864
20.4	Les demi-réactions	865
20.5	La méthode des demi-réactions pour équilibrer les équations d'oxydoréduction	866
	<i>Résumé 871 Mots clés 871 Questions de révision 872</i>	
	<i>Problèmes 872 Problèmes supplémentaires 875</i>	

CHAPITRE 21 L'électrochimie 876

Les piles voltaïques

21.1	Une description qualitative des piles voltaïques	877
21.2	Les potentiels standard d'électrode	881
21.3	Les potentiels d'électrode, la transformation spontanée et l'équilibre	888
21.4	L'influence de la concentration sur la force électromotrice d'une pile	893
	Encadré <i>L'électrochimie d'un battement du cœur</i>	898
21.5	Les piles et les accumulateurs: l'utilisation de réactions chimiques pour produire de l'électricité	899
	Encadré <i>Les batteries à air</i>	903

21.6	La corrosion : la détérioration des métaux par l'action de piles voltaïques	903
Les cellules électrolytiques		
21.7	La prédiction des réactions d'électrolyse	907
21.8	L'électrolyse quantitative	911
21.9	Les applications de l'électrolyse	913
	<i>Résumé 915 Mots clés 915 Questions de révision 916</i>	
	<i>Problèmes 917 Problèmes supplémentaires 921</i>	
ANNEXE A Opérations mathématiques		A1
A.1	La notation exponentielle	A1
A.2	Les logarithmes	A4
A.3	Les opérations algébriques	A6
A.4	Les graphiques	A8
A.5	Quelques équations importantes	A9
A.6	Comparaison entre les nomenclatures classique et systématique des composés ioniques	A12
A.7	L'équilibrage d'équations chimiques par la méthode algébrique	A13
ANNEXE B Quelques concepts de base en physique		A15
B.1	La vitesse et l'accélération	A15
B.2	La force et le travail	A15
B.3	L'énergie	A16
B.4	Le magnétisme	A16
B.5	L'électricité	A17
B.6	L'électromagnétisme	A18
ANNEXE C Tableaux de données		A19
C.1	Les propriétés thermodynamiques de diverses substances à 298,15 K	A19
C.2	Les constantes d'équilibre	A26
C.3	Les potentiels standard d'électrode (réduction) à 25 °C	A32
GLOSSAIRE		G1
RÉPONSES		R1
SOURCES DES ILLUSTRATIONS		S1
INDEX		I1