

TABLE DES MATIÈRES

Introduction.....	XVIII
Chapitre 1 BASES DE LA CHIMIE : DU TABLEAU PÉRIODIQUE À LA MATIÈRE.....	1
1.1 Introduction à la chimie.....	2
1.1.1 Définition de la chimie.....	2
1.1.2 Chimie et sécurité incendie.....	3
1.2 Structure de l'atome.....	3
1.2.1 Bref historique des découvertes liées à la structure de l'atome.....	3
1.2.2 Constituants de l'atome : électrons, protons et neutrons.....	5
1.2.2.1 Notation de Lewis.....	6
1.2.3 Isotopes et notation atomique.....	7
1.2.3.1 Notation atomique.....	7
1.3 Tableau périodique.....	8
1.3.1 Structure du tableau : numéro atomique, familles et périodes, métaux et non-métaux.....	8
1.3.2 Concepts de mole et de masse molaire.....	10
1.4 Liaisons chimiques.....	12
1.4.1 Molécules et liaison covalente.....	12
1.4.2 Composés ioniques et liaison ionique.....	13
1.4.3 Métaux et liaison métallique.....	14
1.5 Classification de la matière.....	15
1.5.1 Substances pures.....	16
1.5.1.1 Corps simples.....	16
1.5.1.2 Corps composés.....	17
1.5.2 Mélanges homogènes et hétérogènes.....	17
1.5.2.1 Mélanges homogènes (solutions).....	17
1.5.2.2 Mélanges hétérogènes.....	19
1.6 États de la matière.....	19
1.7 Forces intermoléculaires.....	21
1.7.1 Forces intermoléculaires et état physique de la matière.....	23

1.7.2	Forces intermoléculaires et solubilité	23
1.8	Changements d'état	24
	Exercices de fin de chapitre.....	28
Chapitre 2	CONCEPTS PHYSICOCHIMIQUES	32
2.1	Observations qualitatives et quantitatives	33
2.2	Unités de mesure et conversions d'unités	33
2.2.1	Préfixes utilisés avec le SI.....	34
2.3	Énergie.....	35
2.3.1	Formes d'énergie : transformations, transferts, travail et puissance	35
2.3.2	Chaleur et température	38
2.4	Propriétés de la matière	40
2.4.1	Masse volumique	40
2.4.2	Densité des solides et des liquides	41
2.4.3	Densité des gaz.....	41
2.4.4	Température d'ébullition et pression de vapeur	43
2.4.5	Viscosité	46
2.5	Propriétés des substances inflammables.....	46
2.5.1	Plage d'explosibilité.....	47
2.5.2	Point d'éclair	49
2.5.3	Température d'inflammation	51
2.5.4	Température d'auto-inflammation	51
2.5.5	Chaleur de combustion.....	52
2.6	Gaz.....	54
2.6.1	Théorie cinétique des gaz.....	54
2.6.2	Compressibilité des gaz.....	55
2.6.3	Expansion des gaz.....	55
2.6.4	Diffusion et effusion des gaz	56
2.6.5	Paramètres des gaz	58
2.6.5.1	Pression.....	58
2.6.5.2	Température.....	59
2.6.5.3	Quantité de matière.....	59
2.6.5.4	Volume	59

2.6.6	Lois des gaz : lois simples et loi générale	60
2.6.6.1	Relation entre volume et pression (loi de Boyle-Mariotte).....	60
2.6.6.2	Relation entre volume et température (loi de Charles)	62
2.6.6.3	Relation entre pression et température (loi de Gay-Lussac)	63
2.6.6.4	Relation entre volume et quantité de matière (loi d'Avogadro)	64
2.6.6.5	Relation entre pression et quantité de matière.....	66
2.6.6.6	Loi générale des gaz	67
2.6.7	Loi des pressions partielles (loi de Dalton).....	68
2.7	Solutions	69
2.7.1	Solutions aqueuses	70
2.7.1.1	Solutions d'électrolytes et de non-électrolytes.....	72
2.7.1.2	Propriétés des solutions : abaissement de la température de congélation et augmentation de la température d'ébullition.....	73
2.7.2	Unités de concentration.....	74
2.7.2.1	Concentration molaire volumique (mol/L)	74
2.7.2.2	Pourcentages massique, volumique et masse/volume (% m/m, % v/v, % m/v).....	74
2.7.2.3	Parties par million (ppm) et leur lien avec le pourcentage (%).....	75
2.7.2.4	Interprétation des mesures prises avec un explosimètre	76
	Exercices de fin de chapitre.....	80
	Chapitre 3 COMPOSÉS ORGANIQUES	86
3.1	Éléments constituant les composés organiques	87
3.2	Introduction à la nomenclature organique	89
3.2.1	Squelette	90
3.2.2	Préfixes et suffixes	91
3.2.3	Principales familles de composés organiques.....	94
3.3	Hydrocarbures	94
3.3.1	Hydrocarbures saturés : les alcanes	95
3.3.2	Hydrocarbures insaturés : les alcènes et les alcynes	96
3.3.2.1	Effet de la présence d'insaturations sur la réactivité et la plage d'explosibilité.....	96
3.3.2.2	Effet de l'agencement des atomes de carbone sur le point d'ébullition : introduction à l'isomérie	97
3.3.3	Principaux dérivés du pétrole.....	98

3.4	Polarité.....	98
3.4.1	Détermination de la polarité d'une liaison à l'aide de l'électronégativité.....	99
3.4.2	Disposition des liaisons polaires.....	101
3.4.3	Nombre d'atomes de carbone et longueur des chaînes de carbone.....	101
3.5	Composés organiques possédant un groupe fonctionnel.....	102
3.5.1	Acides carboxyliques (acides organiques).....	102
3.5.2	Alcools.....	103
3.5.3	Aldéhydes.....	104
3.5.4	Cétones.....	106
3.5.5	Esters.....	107
3.5.6	Amines (bases organiques).....	108
3.5.7	Composés halogénés.....	110
3.5.8	Composés nitrés.....	111
3.5.9	Éthers.....	112
3.5.10	Peroxydes organiques.....	114
3.6	Composés aromatiques.....	115
3.7	Polymères.....	116
3.7.1	Polymérisation.....	118
	Exercices de fin de chapitre.....	121
	Chapitre 4 ÉLÉMENTS ET COMPOSÉS INORGANIQUES	123
4.1	Éléments.....	124
4.1.1	Éléments métalliques.....	125
4.1.1.1	Métaux alcalins.....	125
4.1.1.2	Métaux alcalino-terreux.....	128
4.1.1.3	Métaux lourds.....	129
4.1.1.4	Autres métaux.....	130
4.1.2	Éléments semi-métalliques.....	130
4.1.3	Éléments non métalliques.....	131
4.1.3.1	Halogènes.....	132
4.1.3.2	Gaz nobles.....	134
4.1.3.3	Autres non-métaux.....	136

4.2	Composés inorganiques.....	138
4.2.1	Acides et bases inorganiques	139
4.2.1.1	Acides inorganiques	139
	Réactions dangereuses des acides	141
4.2.1.2	Bases inorganiques	142
	Ammoniac ou ammoniacque?	142
	Chaux vive et chaux éteinte.....	143
4.2.1.3	pH, de concentration des ions en solution et dilution	143
4.2.1.4	Neutralisation.....	146
4.2.2	Composés covalents.....	147
4.2.2.1	Oxydes	147
	Monoxyde de carbone, CO.....	147
	Dioxyde de carbone, CO ₂	148
4.2.2.2	Autres composés covalents.....	148
4.2.3	Peroxydes inorganiques	150
4.2.4	Composés ioniques.....	151
4.2.4.1	Carbure de calcium.....	153
4.2.4.2	Hydrures métalliques.....	153
	Exercices de fin de chapitre.....	154
Chapitre 5 RISQUES ASSOCIÉS AUX PROPRIÉTÉS TOXIQUES DES MATIÈRES DANGEREUSES		157
5.1	Voies d'absorption.....	158
5.1.1	Voie respiratoire.....	159
5.1.2	Voie digestive.....	161
5.1.3	Voie cutanée.....	161
5.1.4	Contact oculaire.....	163
5.2	Normes toxicologiques.....	163
5.3	Types de toxicité.....	165
5.4	Modes d'intoxication.....	166
5.4.1	Produits corrosifs.....	167
5.4.2	Produits irritants et inflammatoires.....	168
5.4.3	Produits asphyxiants simples et chimiques.....	168
5.4.4	Produits allergisants	168

5.4.5	Produits bioaccumulables	169
5.4.6	Produits cancérogènes.....	169
5.4.7	Produits mutagènes	171
5.4.8	Produits tératogènes	171
5.4.9	Produits pulvérulents.....	172
5.5	Réversibilité des effets toxiques.....	173
	Exercices de fin de chapitre.....	175
Chapitre 6 CLASSES DE MATIÈRES DANGEREUSES.....		177
6.1	Neuf classes de marchandises dangereuses selon le <i>Règlement sur le transport des marchandises dangereuses (TMD)</i>	178
6.1.1	Classe 1, Explosifs	179
	6.1.1.1 Types d'explosions.....	182
	Explosions chimiques.....	182
	Deux types d'explosion chimique: la déflagration et la détonation	183
	Explosions de poussières.....	184
6.1.2	Classe 2, Gaz.....	187
	6.1.2.1 Ébullition-explosion (BLEVE: <i>Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion</i>).....	190
	6.1.2.2 Dangers associés aux gaz	192
	Particularités des gaz liquéfiés réfrigérés appelés «liquides cryogéniques».....	194
	Vases de Dewar pour liquides cryogéniques.....	195
6.1.3	Classe 3, Liquides inflammables	196
	6.1.3.1 Toxicité et corrosivité.....	197
	6.1.3.2 Incendie et explosion.....	198
	6.1.3.3 Retour de flamme	198
	6.1.3.4 Polymérisation.....	198
	6.1.3.5 Combustion spontanée d'huiles végétales ou animales	199
6.1.4	Classe 4, Solides inflammables.....	202
	6.1.4.1 Combustion: une réaction d'oxydoréduction.....	203
	6.1.4.2 Agents réducteurs	204
	6.1.4.3 Agents oxydants	205

6.1.5	Classe 5, Matières comburantes et peroxydes organiques.....	205
6.1.5.1	Division 5.1 – Matières comburantes.....	206
	Produits instables.....	208
6.1.5.2	Division 5.2 – Peroxydes organiques.....	208
6.1.6	Classe 6, Matières toxiques et matières infectieuses.....	209
6.1.6.1	Division 6.1 – Matières toxiques.....	210
6.1.6.2	Division 6.2 – Matières infectieuses.....	212
6.1.7	Classe 7, Matières radioactives.....	215
6.1.7.1	Radioactivité.....	215
6.1.7.2	Isotopes radioactifs naturels et artificiels.....	216
6.1.7.3	Concept de demi-vie des isotopes radioactifs.....	217
6.1.7.4	Utilisations de la radioactivité.....	218
6.1.7.5	Unités de mesure de la radioactivité.....	219
6.1.7.6	Dangers de la radioactivité.....	221
6.1.7.7	Principes de protection contre le rayonnement émis par les substances radioactives.....	221
6.1.7.8	Gestion des déchets radioactifs.....	223
6.1.8	Classe 8, Matières corrosives.....	224
6.1.9	Classe 9, Produits, matières ou organismes divers.....	225
6.2	Agents de guerre chimique et biologique.....	229
6.2.1	Armes chimiques.....	230
6.2.2	Agents biologiques.....	232
6.2.3	Agents radiologiques, nucléaires et explosifs.....	233
	Exercices de fin de chapitre.....	235
	Chapitre 7 RÉACTIONS CHIMIQUES ET RÉACTIVITÉ DES PRODUITS CHIMIQUES.....	240
7.1	Réactions chimiques : transformations chimiques de la matière.....	241
7.1.1	Loi de la conservation de la masse et stœchiométrie.....	242
7.1.2	Catégories de réactions chimiques.....	244
7.1.2.1	Réactions d'oxydoréduction.....	244
	Réactions de combustion.....	244
	Réactions de synthèse.....	246
	Réactions de décomposition.....	246

7.1.2.2	Réactions de précipitation	247
7.1.2.3	Réactions de neutralisation.....	249
7.2	Énergie des réactions chimiques	249
7.2.1	Énergie thermique et variation d'enthalpie standard.....	249
7.2.1.1	Enthalpie	250
	Variation d'enthalpie standard	250
7.2.1.2	Diagramme énergétique.....	251
7.2.2	Calorimétrie.....	252
7.2.3	Puissance calorifique.....	253
7.2.4	Réversibilité des réactions chimiques.....	253
7.3	Cinétique chimique.....	255
7.3.1	Théorie des collisions.....	255
7.3.2	Facteurs influençant la vitesse de réaction.....	256
7.3.2.1	Nature des réactifs	256
	État physique des réactifs	256
	Nombre et nature des liaisons.....	256
7.3.2.2	Surface de contact.....	257
7.3.2.3	Concentration des réactifs	258
7.3.2.4	Température.....	258
7.3.2.5	Catalyseur et inhibiteur.....	259
7.4	Réactivité des produits chimiques.....	260
7.4.1	Instabilité.....	261
7.4.2	Incompatibilités.....	261
7.4.2.1	Acides et les bases	261
7.4.2.2	Oxydants et les réducteurs.....	261
7.4.2.3	Hydroréactifs et eau.....	262
7.4.2.4	Autres cas d'incompatibilités	264
	Acides (ou bases) et métaux	264
	Dioxyde de carbone et métaux alcalins et alcalino-terreux	264
	Produits d'entretien pour piscines	265
	Exercices de fin de chapitre.....	267

Chapitre 8 INCENDIE ET PRODUITS DE COMBUSTION	271
8.1 Tétraèdre du feu.....	272
8.1.1 Combustible (ou réducteur)	272
8.1.2 Comburant (ou oxydant)	273
8.1.3 Chaleur	273
8.1.4 Réaction en chaîne	274
8.2 Combustion.....	275
8.2.1 Combustions complètes	275
8.2.2 Combustions incomplètes	276
8.2.3 Combustions vives	277
8.2.4 Combustions lentes	277
8.3 Modes de transmission de la chaleur.....	278
8.3.1 Conduction	279
8.3.1.1 Conductivité thermique	280
8.3.1.2 Densité et capacité thermique massique.....	281
8.3.2 Convection	281
8.3.2.1 Effet de cheminée (tirage thermique).....	283
Cas particulier du tirage thermique dans les bâtiments.....	284
8.3.3 Rayonnement.....	287
8.4 Incendies de bâtiments.....	289
8.4.1 Stades de développement de l'incendie	289
8.4.1.1 Inflammation ou induction	289
8.4.1.2 Développement libre du foyer.....	290
Stratification thermique (ou équilibre thermique).....	291
Développement d'un feu couvant (contrôlé par la ventilation): une situation propice aux explosions de fumées (<i>backdraft</i>).....	292
8.4.1.3 Embrasement généralisé (<i>flash-over</i>).....	293
8.4.1.4 Combustion généralisée.....	293
8.4.1.5 Déclin.....	293

8.4.2	Facteurs influençant la vitesse de combustion dans un incendie.....	295
	1) Ouvertures permettant la ventilation	295
	2) Volume de la pièce où débute l'incendie.....	295
	3) Emplacement et position du premier combustible enflammé	296
	4) Nature et emplacement de combustibles additionnels dans la pièce.....	296
	5) État physique des combustibles	296
8.5	Produits de combustion	298
8.5.1	Gaz de combustion.....	298
8.5.1.1	Gaz contenant du carbone	299
	Dioxyde de carbone, CO ₂ , aussi appelé « gaz carbonique ».....	299
	Monoxyde de carbone, CO.....	299
	Acroléine, C ₃ H ₄ O	301
8.5.1.2	Gaz contenant de l'azote	301
	Oxydes d'azote : monoxyde d'azote, NO, et dioxyde d'azote, NO ₂	301
	Cyanure d'hydrogène, HCN.....	302
	Ammoniac, NH ₃	302
8.5.1.3	Gaz contenant du soufre	303
	Dioxyde de soufre, SO ₂ , aussi appelé « anhydride sulfureux » ou « gaz sulfureux ».....	303
	Sulfure d'hydrogène, H ₂ S.....	303
8.5.1.4	Gaz contenant du chlore	303
	Chlore, Cl ₂	303
	Phosgène, COCl ₂	304
	Chlorure d'hydrogène, HCl.....	304
8.5.2	Fumée et suie.....	306
8.6	Types de flammes.....	308
8.6.1	Flammes de prémélange.....	308
8.6.2	Flammes de diffusion.....	309
8.6.3	Flammes réductrices, neutres et oxydantes.....	310
8.6.4	Lien entre la couleur des flammes et leur température.....	311
8.6.5	Lien entre la couleur des flammes et la présence de métaux.....	312
8.7	Cendres	313
	Exercices de fin de chapitre.....	314

Chapitre 9 EXTINCTION DES INCENDIES	316
9.1 Méthodes d’extinction	317
9.1.1 Refroidissement.....	318
9.1.2 Étouffement.....	318
9.1.3 Élimination du combustible	319
9.1.4 Interruption de la réaction en chaîne.....	320
9.2 Classes de feu	321
9.3 Agents extincteurs.....	322
9.3.1 Eau et ses propriétés.....	322
9.3.1.1 Refroidissement.....	322
9.3.1.2 Étouffement	323
9.3.1.3 Élimination du combustible par la capacité de dilution de l’eau	324
9.3.1.4 Additifs pouvant être ajoutés à l’eau	325
Agents retardants	325
9.3.1.5 Risques et limites associés à l’utilisation de l’eau	326
Conductivité électrique de l’eau.....	327
Réactivité de l’eau	327
Explosion par vaporisation (<i>boilover</i>).....	327
9.3.2 Mousses extinctrices	328
9.3.2.1 Types d’émulsifiants.....	331
9.3.2.2 Caractéristiques des mousses	333
Foisonnement.....	333
Décantation, fluidité et adhérence	335
Résistance à la chaleur et à la contamination.....	335
9.3.2.3 Avantages et risques associés à l’utilisation de la mousse.....	337
9.3.3 Poudres extinctrices	337
9.3.3.1 Poudres régulières et polyvalentes	337
Composition des poudres régulières et polyvalentes	338
Propriétés extinctrices des poudres régulières et polyvalentes	338
Risques et limites associés à l’utilisation des poudres extinctrices.....	340
Poudres extinctrices : effets sur la santé et sur l’environnement.....	341
9.3.3.2 Poudres sèches pour métaux ou poudres spéciales	341

9.3.4	Dioxyde de carbone, CO ₂ , gaz inertes (azote, N ₂ , et argon, Ar) et gaz inhibiteurs	343
	Dioxyde de carbone, CO ₂	344
	Gaz inertes (azote, N ₂ , et argon, Ar)	345
	Gaz inhibiteurs.....	347
	Exercices de fin de chapitre	351
Chapitre 10 RISQUES POUR LA SANTÉ ET LA SÉCURITÉ DES POMPIERS ET RISQUES ENVIRONNEMENTAUX		353
10.1	Risques pour la santé et la sécurité des pompiers	354
10.1.1	Risques ergonomiques liés à la nature du travail.....	354
10.1.2	Risques thermiques	356
10.1.3	Risques biologiques	356
10.1.4	Risques chimiques.....	357
10.1.5	Risques psychologiques	358
10.1.6	Risques à long terme	358
10.2	Risques environnementaux.....	360
10.2.1	Acides et bases	360
10.2.2	Huiles et graisses.....	361
10.2.3	Solvants organiques	361
10.2.4	Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).....	362
10.2.5	Biphényles polychlorés (BPC).....	363
10.2.6	Mercure et autres métaux lourds.....	364
10.2.7	Cyanures et sulfures	364
10.2.8	Eaux usées.....	365
	Conclusion.....	365
	Exercices de fin de chapitre	366
	Corrigé des exercices	367

Annexe 1 OUTILS MATHÉMATIQUES	396
1. Arrondissement et approximation d'un nombre.....	396
2. Produit croisé (règle de trois)	396
3. Opérations mathématiques et priorités d'opération	396
4. Isoler une variable dans une équation mathématique	397
5. Notation scientifique.....	397
6. Conversion d'unités de mesure	397
Annexe 2 NORMES NFPA	400
Bleu : santé.....	401
Rouge : inflammabilité.....	401
Jaune : instabilité/réactivité.....	402
Blanc : risque spécifique	402
Annexe 3 SIMDUT ET SGH	403
SIMDUT 2015 : Intégration du Système général harmonisé (SGH)	403
Éléments du SIMDUT 2015.....	403
1. Étiquetage du fournisseur et pour le lieu de travail.....	403
2. Fiche de données de sécurité (FDS).....	404
3. Formation en milieu de travail	408
Classes de dangers	408
Catégories	409
Pictogrammes	410
Annexe 4 TMD ET GMU	414
Transport de matières dangereuses (TMD).....	414
Guide des mesures d'urgence.....	417
CANUTEC	417
GLOSSAIRE	418
MÉDIAGRAPHIE	428
SOURCES ICONOGRAPHIQUES	439