CHIMIE

CONFORME AU PROGRAMME NATIONAL

2ème Année

EDITION 2025

DES HUMANITÉS

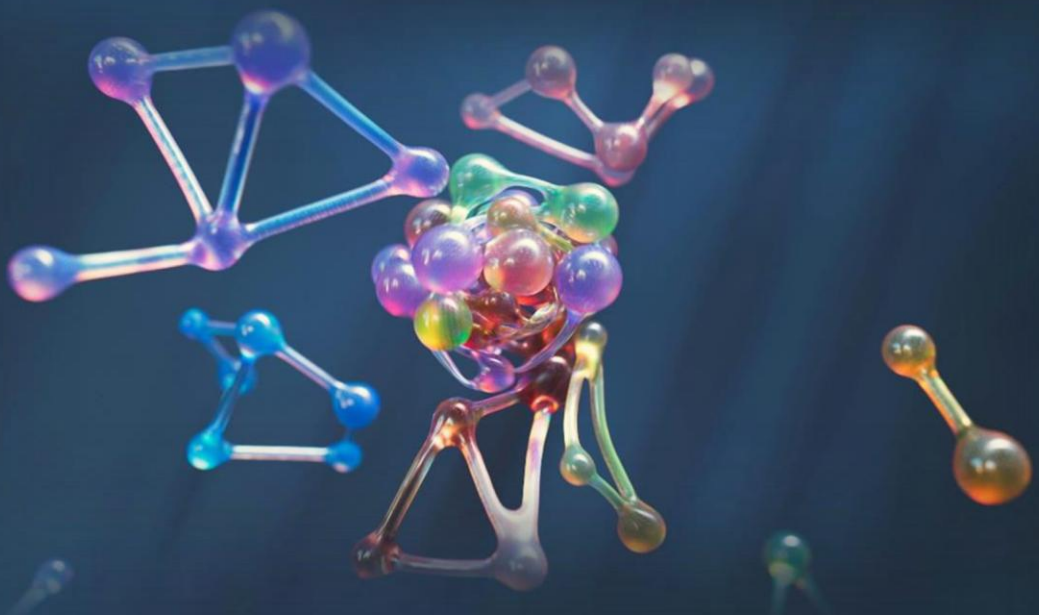




TABLE DE MATIERE

PRÉLIMINAIRES 1
1. Objectifs généraux du cours 🎯 1
- 1.1 Consolidation et Dépassement des Acquis 1
- 1.2 Maîtrise des Piliers de la Chimie Physique 1
- 1.3 Intégration de la Chimie Analytique Instrumentale 1
- 1.4 Application Contextualisée aux Enjeux Industriels et Environnementaux 2

2. Compétences visées 🧠 2
- 2.1 Compétences en Analyse et Interprétation 2
- 2.2 Compétences en Modélisation et Prédiction 2
- 2.3 Compétences en Résolution de Problèmes Complexes 3
- 2.4 Compétences en Synthèse et Évaluation Critique 3

3. Rappels de chimie 1re année 📚 4
- 3.1 La Stœchiométrie et le Langage Chimique 4
- 3.2 Structure Atomique et Liaisons 5
- 3.3 Réactions en Solution Aqueuse 6
- 3.4 États de la Matière et Solutions 7

4. Sécurité et matériel spécialisé 🔬 8
- 4.1 Principes Fondamentaux de Sécurité en Laboratoire 8
- 4.2 Gestion des Risques Chimiques Spécifiques 8
- 4.3 Matériel d'Analyse Avancé 9
- 4.4 Gestion des Déchets Chimiques 10

CHAPITRE 1 : Solides cristallins et amorphes 13
1.1 Réseaux cristallins et maille élémentaire 13
- 1.1.1 Distinction entre solide cristallin et solide amorphe 13
- 1.1.2 Le réseau cristallin et ses composantes 16
- 1.1.3 La maille élémentaire : définition et paramètres 16
- 1.1.4 Les 14 réseaux de Bravais et les 7 systèmes cristallins 18
- 1.1.5 Focus : Le système cubique (Simple, Centré, Faces Centrées) 19
- 1.1.6 Application contextuelle : Le diamant du Kasaï 💎 20

1.2 Indices de Miller 20
- 1.2.1 Définition et utilité des indices de Miller 20
- 1.2.2 Détermination des indices hkl pour les plans réticulaires 21
- 1.2.3 Détermination des indices uvw pour les directions cristallines 24
- 1.2.4 Familles de plans {hkl} et familles de directions <uvw> 24

- 1.2.5 Relation avec les propriétés : L'exemple du clivage 24

1.3 Défauts structuraux 25

- 1.3.1 Le concept de cristal réel versus cristal parfait 25
- 1.3.2 Classification des défauts : Défauts ponctuels (Type 0D) 25
- 1.3.3 Classification des défauts : Défauts linéaires (Type 1D) - Dislocations 28
- 1.3.4 Classification des défauts : Défauts plans (Type 2D) - Joints de grains 28
- 1.3.5 Influence des défauts sur les propriétés mécaniques 31

1.4 Propriétés physiques 31

- 1.4.1 Corrélation structure-liaison-propriétés 31
- 1.4.2 Propriétés mécaniques : Dureté, clivage et plasticité 32
- 1.4.3 Propriétés électriques : Conducteurs, isolants et semi-conducteurs 32
- 1.4.4 Propriétés optiques : Transparence, opacité et couleur 33
- 1.4.5 Propriétés magnétiques : Cas des métaux de transition 34

Scenarios et Exercices 34

- 1.5 Exercices d'application 34
- 1.6 Scénarios d'assimilation 36

CHAPITRE 2 : Solutions et dispersion colloïdale 39

2.1 Types de mélanges et phases 39

- 2.1.1 Définition d'un système, d'une phase et d'un constituant 39
- 2.1.2 Les mélanges homogènes : Solutions vraies 39
- 2.1.3 Les mélanges hétérogènes : Suspensions 40
- 2.1.4 Le cas intermédiaire : Dispersions colloïdales 41

2.2 Loi de Henry et gaz dissous 41

- 2.2.1 Énoncé et formulation mathématique de la loi de Henry 41
- 2.2.2 Influence de la pression et de la température sur la solubilité des gaz 42
- 2.2.3 Application industrielle : La carbonatation des boissons 45
- 2.2.4 Application biologique et contextuelle : La plongée et les risques de décompression 45

2.3 Micelles et colloïdes 48

- 2.3.1 Classification des systèmes colloïdaux 48
- 2.3.2 Les molécules amphiphiles : Tensioactifs et détergents 49
- 2.3.3 Formation des micelles et Concentration Micellaire Critique (CMC) 49
- 2.3.4 Action détergente : Solubilisation des graisses 49

2.4 Propriétés optiques et stabilité 50

- 2.4.1 L'effet Tyndall : Identification optique d'un colloïde 50
- 2.4.2 Le mouvement brownien : Une propriété cinétique 51
- 2.4.3 Facteurs de stabilité : Répulsion électrostatique et double couche 51

- 2.4.4 La déstabilisation des colloïdes : Coagulation et floculation 52

Scenarios et Exercices 52

- 2.5 Exercices d'application 52
- 2.6 Scénarios d'assimilation 54

RESSOURCES COMPLEMENTAIRES 57

I. Questions et reponses d'approffondissement. 57

II. Confusions et erreurs frequentes a eviter 62

- 2.1 Confusion entre "Amorphe" et "Polycristallin" 🧊 63
- 2.2 Confusion entre Réseau, Maille et Structure Cristalline 63
- 2.3 Penser que les défauts sont toujours néfastes 🦴 64
- 2.4 Confusion entre Solubilité et Loi de Henry 64
- 2.5 Assimiler "Colloïde" à un seul type de mélange 65
- 2.6 Interpréter l'Effet Tyndall comme une réflexion 🔦 65

III. La fiche de revision prete a l'emploi. 66

- 3.1 Chapitre 1 : Solides Cristallins et Amorphes 66
- 3.2 Chapitre 2 : Solutions et Dispersion Colloïdale 67

CHAPITRE 3 : Chimie des ions en solution 72

3.1 Hydrolyse des ions 72

- 3.1.1 Définition et mécanisme de l'hydrolyse 72
- 3.1.2 Hydrolyse des cations : Le caractère acide H^+ 72
- 3.1.3 Hydrolyse des anions : Le caractère basique OH^- 75
- 3.1.4 Quantification : Relation entre Ka, Kb et Ke 76

3.2 Complexation et constantes de formation 77

- 3.2.1 Définitions : Acide et Base de Lewis 77
- 3.2.2 Formation de l'ion complexe et liaison de coordination 77
- 3.2.3 Constantes de formation successives et globales 78
- 3.2.4 Stabilité des complexes et Constante de dissociation 78
- 3.2.5 Application : Couleur des métaux de transition 79

3.3 Chélates 79

- 3.3.1 Ligands monodentates vs polydentates 79
- 3.3.2 Définition du Chélate et "Effet Chélatant" 🦞 80
- 3.3.3 Explication thermodynamique de l'effet chélatant 80
- 3.3.4 Importance biologique et toxicologique 81

3.4 Applications en analyse volumétrique 84

- 3.4.1 Principe du titrage complexométrique 84
- 3.4.2 L'EDTA : L'agent titrant idéal 84

- 3.4.3 Détection du point d'équivalence : Les indicateurs complexométriques 85
- 3.4.4 Application : Détermination de la dureté de l'eau (REGIDESO) 💧 85

Scenarios et Exercices 86

- 3.5 Exercices d'application 86
- 3.6 Scénarios d'assimilation 88

CHAPITRE 4 : Équilibres acido-basiques avancés 91

4.1 Diagrammes de distribution 91

- 4.1.1 Définition des fractions molaires (Alpha) 91
- 4.1.2 Relation avec le pH et le pKa 91
- 4.1.3 Construction et interprétation du diagramme 📊 92
- 4.1.4 Domaines de prédominance 92
- 4.1.5 Cas des polyacides 92

4.2 Titrages multipoints 93

- 4.2.1 Titrage d'un polyacide par une base forte 93
- 4.2.2 Analyse de la courbe de titrage (pH-métrie) 94
- 4.2.3 Identification des Points d'Équivalence (PE) 94
- 4.2.4 Identification des Points de Demi-Équivalence (P1/2) 95

4.3 Calculs pH de solutions mixtes 95

- 4.3.1 La méthode de la Réaction Prépondérante (RP) 96
- 4.3.2 Cas d'un mélange Acide Faible / Base Faible (Sel) 97

4.4 Applications biologiques 98

- 4.4.1 L'homéostasie du pH : Une nécessité vitale 🧬 98
- 4.4.2 Les systèmes tampons 98
- 4.4.3 Le système tampon bicarbonate/carbonique 🩸 99
- 4.4.4 Régulation pulmonaire et rénale 99
- 4.4.5 pH et activité enzymatique 100

Scenarios et Exercices 100

- 4.5 Exercices d'application 100

CHAPITRE 5 : Chimie inorganique des métaux de transition 102

5.1 Structure électronique et propriétés 102

- 5.1.1 Configuration électronique 102
- 5.1.2 Propriétés physiques distinctives 102

5.2 Couleurs et spectres 106

- 5.2.1 Origine de la couleur 106
- 5.2.2 Théorie du champ cristallin (simplifiée) 106
- 5.2.3 Transitions d-d 106

- 5.2.4 Contexte : Minerais du Haut-Katanga 107

5.3 États d'oxydation multiples 107

- 5.3.1 Définition de l'état d'oxydation 107
- 5.3.2 Origine de la variabilité 107
- 5.3.3 Exemples courants 108
- 5.3.4 Implications chimiques 108

5.4 Catalyse homogène 109

- 5.4.1 Mécanismes de la catalyse 109
- 5.4.2 Complexes labiles 109
- 5.4.3 Applications 109

Scenarios et Exercices 110

- 5.5 Exercices d'application 110
- 5.6 Scénarios d'assimilation 111

CHAPITRE 6 : Chimie organique : fonctions oxygénées 114

6.1 Alcools et phénols 114

- 6.1.1 Structure et classification 114
- 6.1.2 Propriétés physiques 114
- 6.1.3 Acidité relative 115
- 6.1.4 Réactions principales 115

6.2 Éthers et époxydes 116

- 6.2.1 Éthers (Éthers-oxydes) 116
- 6.2.2 Époxydes (Oxiranes) 116

6.3 Aldéhydes et cétones 119

- 6.3.1 Structure 119
- 6.3.2 Réactivité du carbonyle 119
- 6.3.3 Réactions d'oxydoréduction 119

6.4 Acides carboxyliques et dérivés 120

- 6.4.1 Acides carboxyliques ($R - COOH$) 120
- 6.4.2 Dérivés d'acides carboxyliques 121
- 6.4.3 Substitution nucléophile sur l'acyle (SNAc) 121

Scenarios et Exercices 122

- 6.5 Exercices d'application 122
- 6.6 Scénarios d'assimilation 123

CHAPITRE 7 : Polymères et macromolécules 128

7.1 Polymérisation par addition 128

- 7.1.1 Le mécanisme de polymérisation en chaîne 128

- 7.1.2 Synthèse de polymères vinyliques 129

7.2 Polymérisation par condensation 129

- 7.2.1 Le mécanisme de condensation 130
- 7.2.2 Formation des polyesters et des polyamides 130
- 7.2.3 Polymères naturels de condensation 131

7.3 Propriétés des polymères 131

- 7.3.1 Facteurs structuraux 131
- 7.3.2 Thermoplastiques vs. Thermodurcissables 132

7.4 Élastomères et fibres 132

- 7.4.1 Élastomères 132
- 7.4.2 Fibres 133

Scenarios et Exercices 133

- 7.5 Exercices d'application 133
- 7.6 Scénarios d'assimilation 134

CHAPITRE 8 : Cinétique avancée et mécanismes réactionnels 137

8.1 Théories collisionnelles 137

- 8.1.1 Postulats fondamentaux 137
- 8.1.2 Vitesse de réaction 137

8.2 Énergie d'activation et loi d'Arrhenius 138

- 8.2.1 Le concept d'énergie d'activation (Ea) 138
- 8.2.2 La loi d'Arrhenius 138
- 8.2.3 Calcul de Ea à partir de deux températures 139

8.3 Chaînes radicalaires 139

- 8.3.1 Les radicaux libres 139
- 8.3.2 Les trois étapes du mécanisme en chaîne 140

8.4 Mécanismes catalytiques hétérogènes 141

- 8.4.1 Le fonctionnement de la catalyse de surface 141
- 8.4.2 Importance industrielle 141

Scenarios et Exercices 142

- 8.5 Exercices d'application 142
- 8.6 Scénarios d'assimilation 143

CHAPITRE 9 : Thermodynamique chimique 146

9.1 Entropie et deuxième principe 146

- 9.1.1 Définition de l'entropie (S) 146
- 9.1.2 Le deuxième principe de la thermodynamique 146

9.2 Énergie libre de Gibbs 149

- 9.2.1 Définition et fonction 149
- 9.2.2 La variation d'énergie libre (ΔG) 149
- 9.2.3 Critère de spontanéité 150
- 9.2.4 Influence de la température 150

9.3 Équilibre et spontanéité 150

- 9.3.1 Énergie libre standard ($\Delta G \circ$) 151
- 9.3.2 Relation avec la constante d'équilibre (K) 151
- 9.3.3 L'énergie libre en conditions non standard (ΔG) 151

9.4 Applications industrie et environnement 152

- 9.4.1 Faisabilité des procédés industriels 152
- 9.4.2 Optimisation des rendements 152
- 9.4.3 Stabilité des polluants environnementaux 153

Scenarios et Exercices 153

- 9.5 Exercices d'application 153
- 9.6 Scénarios d'assimilation 154

CHAPITRE 10 : Électrochimie appliquée 158

10.1 Diagrammes de Pourbaix 158

- 10.1.1 Construction et définition 158
- 10.1.2 Domaines de stabilité de l'eau 158
- 10.1.3 Applications à la corrosion 161

10.2 Protection cathodique et corrosion 161

- 10.2.1 Le mécanisme électrochimique de la corrosion 162
- 10.2.2 La protection cathodique 162

10.3 Batteries et accumulateurs 163

- 10.3.1 Piles primaires vs. Accumulateurs secondaires 163
- 10.3.2 Étude de cas 163

10.4 Électrolyse industrielle 164

- 10.4.1 Les lois de Faraday 164
- 10.4.2 Applications industrielles majeures 164

Scenarios et Exercices 165

- 10.5 Exercices d'application 165
- 10.6 Scénarios d'assimilation 166

CHAPITRE 11 : Chimie analytique instrumentale 169

11.1 Spectrophotométrie UV-Vis 169

- 11.1.1 Principe d'absorption 169
- 11.1.2 La loi de Beer-Lambert 169

11.2 Chromatographie gazeuse 173
- 11.2.1 Principe de la chromatographie gazeuse (CPG) 173
- 11.2.2 Le mécanisme de séparation 173

11.3 Chromatographie liquide 174
- 11.3.1 Principe et polyvalence de la HPLC 174
- 11.3.2 Avantages de la HPLC 175

11.4 Spectroscopie IR et RMN 175
- 11.4.1 Spectroscopie Infrarouge (IR) 175
- 11.4.2 Résonance Magnétique Nucléaire (RMN) 176

Scenarios et Exercices 177
- 11.5 Exercices d'application 177
- 11.6 Scénarios d'assimilation 178

CHAPITRE 12 : Chimie de l'environnement 181

12.1 Polluants atmosphériques 181
- 12.1.1 Principaux polluants et leurs sources 181
- 12.1.2 Phénomènes de pollution 181

12.2 Traitement de l'eau 182
- 12.2.1 Traitement de l'eau potable 182
- 12.2.2 Épuration des eaux usées 183

12.3 Déchets solides et recyclage 183
- 12.3.1 Stratégies de gestion 183
- 12.3.2 Chimie du recyclage 184
- 12.3.3 Alternatives à la mise en décharge 184

12.4 Impact sur la santé 184
- 12.4.1 Les notions de toxicologie 184
- 12.4.2 Impact des métaux lourds 185

Scenarios et Exercices 185
- 12.5 Exercices d'application 185
- 12.6 Scénarios d'assimilation 186

CHAPITRE 13 : Chimie industrielle 190

13.1 Procédés de synthèse en continu 190
- 13.1.1 Discontinu (Batch) vs. Continu 190
- 13.1.2 Avantages des systèmes en continu 190

13.2 Catalyse industrielle 191
- 13.2.1 Importance économique et environnementale 191
- 13.2.2 Exemples de catalyseurs hétérogènes 191

13.3 Génie des procédés (bioréacteurs) 192
- 13.3.1 Les réacteurs chimiques..... 192
- 13.3.2 Les bioréacteurs..... 192

13.4 Sécurité et réglementation..... 193
- 13.4.1 Sécurité des procédés et analyse des dangers 193
- 13.4.2 Fiches de Données de Sécurité (FDS)..... 194
- 13.4.3 Cadre réglementaire..... 194

Scenarios et Exercices 194
- 13.5 Exercices d'application..... 194
- 13.6 Scénarios d'assimilation 195

CHAPITRE 14 : Biochimie fondamentale 199
14.1 Structure des biomolécules 199
- 14.1.1 Glucides (Sucres) 199
- 14.1.2 Lipides (Graisses)..... 199
- 14.1.3 Protéines..... 200
- 14.1.4 Acides Nucléiques 200

14.2 Enzymologie..... 201
- 14.2.1 Spécificité et modèle de la clé et de la serrure 201
- 14.2.2 Cinétique de Michaelis-Menten 201
- 14.2.3 Facteurs influençant l'activité 201

14.3 Métabolisme énergétique..... 202
- 14.3.1 Glycolyse..... 202
- 14.3.2 Cycle de Krebs (ou Cycle de l'Acide Citrique) 202
- 14.3.3 Phosphorylation Oxydative (Chaîne Respiratoire) 203

14.4 Acides nucléiques et synthèse protéique 206
- 14.4.1 Le rôle de l'ADN 206
- 14.4.2 Le Dogme Central de la Biologie Moléculaire..... 206

Scenarios et Exercices 207
- 14.5 Exercices d'application..... 207
- 14.6 Scénarios d'assimilation 208

RESSOURCES COMPLEMENTAIRES 211
I. Questions et réponses d'approfondissement 211
II. Confusions et erreurs fréquentes à éviter..... 218
III. La fiche de révision prête à l'emploi 221
- 1. Thermodynamique Chimique (Chapitre 9)..... 221
- 2. Électrochimie Appliquée (Chapitre 10) 221

- 3. Chimie Analytique Instrumentale (Chapitre 11) 222
- 4. Chimie de l'Environnement (Chapitre 12) 223
- 5. Chimie Industrielle (Chapitre 13) 224
- 6. Biochimie Fondamentale (Chapitre 14) 225

ANNEXES ..... a

ANNEXES ..... a

A. Tableaux de constantes thermodynamiques 📊 i

- 1. Constantes Thermodynamiques Sélectionnées à 298.15 K i
- 2. Valeurs des Constantes Universelles ii
- 3. Équations Clés pour les Calculs Thermodynamiques ii

B. Listes de longueurs de liaison et angles moléculaires 📏 iii

- 1. Longueurs de Liaison Covalente Typiques iii
- 2. Angles de Liaison Moléculaires Typiques (Modèle VSEPR) iv

C. Glossaire des termes spécialisés 📖 vi



PRÉLIMINAIRES

1. Objectifs généraux du cours 🎯

Ce programme de deuxième année de chimie est conçu pour opérer une transition fondamentale de la chimie descriptive vers une discipline analytique et prédictive. L'objectif premier est de déconstruire les transformations chimiques complexes en leurs composantes fondamentales, en s'appuyant sur les principes de l'énergie, de la vitesse et de la structure moléculaire. L'ambition est de doter l'élève des outils intellectuels nécessaires pour quantifier, modéliser et, en fin de compte, contrôler la réactivité chimique.

1.1 Consolidation et Dépassement des Acquis

Le cours vise à solidifier les fondations de la première année, notamment la stœchiométrie et la nomenclature, pour les appliquer à des systèmes plus sophistiqués. Il s'agit de dépasser la simple observation des réactions pour en comprendre les mécanismes sous-jacents, qu'ils soient organiques ou inorganiques, et les forces motrices qui les gouvernent.

1.2 Maîtrise des Piliers de la Chimie Physique

L'élève sera amené à maîtriser les concepts centraux de la thermodynamique chimique, en particulier l'enthalpie (ΔH), l'entropie (ΔS) et l'énergie libre de Gibbs (ΔG). L'objectif est de permettre à l'élève de déterminer quantitativement la spontanéité d'une réaction et la position de son équilibre. Parallèlement, l'étude de la cinétique chimique permettra de comprendre les facteurs influençant la vitesse de réaction, notamment l'énergie d'activation (E_a) et les mécanismes réactionnels.

1.3 Intégration de la Chimie Analytique Instrumentale

Un objectif central est d'initier l'élève aux méthodes modernes d'analyse structurale et quantitative. Le cours explorera les principes de la spectrophotométrie (Loi de Beer-Lambert) et des techniques de séparation chromatographique (CPG, HPLC). L'élève devra comprendre comment ces instruments traduisent les propriétés moléculaires (absorption de lumière, polarité) en signaux mesurables.

1.4 Application Contextualisée aux Enjeux Industriels et Environnementaux

Le programme établit un lien direct entre les principes théoriques et leurs applications concrètes, en mettant l'accent sur les réalités industrielles et environnementales. L'élève explorera la pertinence de l'électrochimie dans l'hydrométallurgie du cuivre et du cobalt, omniprésente dans le Katanga, ou l'importance de la chimie des polymères et de la gestion des déchets dans les centres urbains comme Kinshasa. L'objectif est de former des citoyens scientifiquement informés, capables d'évaluer l'impact chimique des activités humaines.

---

2. Compétences visées 🧠

Au terme de ce programme, l'élève aura développé un ensemble de compétences analytiques, synthétiques et critiques, lui permettant d'aborder des problèmes chimiques complexes de manière rigoureuse et structurée.

2.1 Compétences en Analyse et Interprétation

L'élève sera capable de traiter des données brutes issues d'instrumentation analytique.

- Il devra pouvoir interpréter un spectre UV-Vis pour déterminer une concentration, analyser un chromatogramme simple pour identifier les constituants d'un mélange, et déchiffrer les informations structurales de base d'un spectre IR ou RMN simple.
- Cette compétence implique la capacité à corréler un signal instrumental (ex: une bande d'absorption IR à 1715 cm^{-1}) à une caractéristique moléculaire précise (la vibration d'une liaison carbonyle C=O).

2.2 Compétences en Modélisation et Prédiction

L'élève devra maîtriser l'application quantitative des lois fondamentales pour prédire le comportement des systèmes chimiques.

- Il saura utiliser les données thermodynamiques (ΔH°, S°) pour calculer ΔG° et K, prédisant ainsi la faisabilité et le rendement d'une réaction industrielle.

- Il pourra appliquer la loi d'Arrhenius pour évaluer l'effet de la température sur la vitesse d'une réaction et utiliser les diagrammes de Pourbaix pour prédire les conditions de corrosion ou de passivation d'un métal.
- En chimie organique, il sera capable de proposer un mécanisme réactionnel plausible (ex: substitution nucléophile, addition électrophile) en justifiant le mouvement des électrons à l'aide des concepts de polarité et de stabilité des intermédiaires.

2.3 Compétences en Résolution de Problèmes Complexes

L'élève développera une approche méthodologique pour résoudre des problèmes multi-étapes qui intègrent plusieurs domaines de la chimie.

- Cela inclut la capacité de résoudre des problèmes d'équilibre chimique avancés, impliquant des équilibres simultanés (acido-basiques, solubilité).
- Il devra également pouvoir équilibrer des réactions d'oxydoréduction complexes en milieu acide ou basique, une compétence essentielle pour la compréhension de l'électrochimie et de l'analyse environnementale.

2.4 Compétences en Synthèse et Évaluation Critique

L'élève sera en mesure de synthétiser des informations provenant de différents chapitres pour évaluer un scénario chimique complet.

- Il pourra, par exemple, évaluer un procédé industriel en considérant simultanément sa faisabilité thermodynamique (ΔG), sa vitesse cinétique (catalyse), son impact environnemental (toxicité des rejets) et les méthodes analytiques nécessaires à son contrôle qualité.
- Cette compétence finale représente la transition d'un apprentissage par mémorisation à une véritable compréhension conceptuelle de la chimie comme un système intégré.

3. Rappels de chimie 1re année 📚

La maîtrise des concepts de deuxième année est conditionnée par une assimilation parfaite des fondements de la première année. Cette section constitue une révision active et obligatoire des piliers sur lesquels repose l'intégralité du nouveau programme.

3.1 La Stœchiométrie et le Langage Chimique

La stœchiométrie est l'outil quantitatif qui permet de calculer les quantités de matière mises en jeu dans une réaction.

3.1.1 La Mole et la Masse Molaire

- La **mole** est l'unité de quantité de matière du Système International. Elle représente un nombre spécifique d'entités (atomes, molécules, ions), défini par le nombre d'Avogadro (N_A).
- $N_A \approx 6.022 \times 10^{23}$ mol^{-1}
- La **masse molaire (M)** d'une substance est la masse d'une mole de cette substance, exprimée en $g \cdot mol^{-1}$. Elle s'obtient en additionnant les masses molaires atomiques (issues du tableau périodique) de tous les atomes de la formule chimique.
- La relation fondamentale liant la masse (m), la quantité de matière (n) et la masse molaire (M) est :
- $n = \frac{m}{M}$

3.1.2 Équilibrage des Équations Chimiques

- Une équation chimique équilibrée respecte la **loi de conservation de la masse** (Loi de Lavoisier) : le nombre d'atomes de chaque élément doit être identique du côté des réactifs et du côté des produits.
- L'équilibrage se fait en ajustant les **coefficients stœchiométriques** placés devant chaque formule chimique. Les indices à l'intérieur des formules ne doivent jamais être modifiés.

3.1.3 Réactif Limitant et Rendement

- Le **réactif limitant** est le réactif qui est entièrement consommé en premier lors de la réaction et qui détermine la quantité maximale de produit pouvant être formée.
- Le **rendement théorique** est la quantité maximale de produit calculée à partir du réactif limitant.

- Le **rendement réel** est la quantité de produit effectivement obtenue lors de l'expérience.
- Le **rendement en pourcentage** compare le réel au théorique, mesurant l'efficacité de la réaction :
- Rendement $(\%) = \left(\frac{\text{masse réelle}}{\text{masse théorique}}\right) \times 100$

3.2 Structure Atomique et Liaisons

La réactivité d'un élément est dictée par sa configuration électronique et la manière dont il forme des liaisons pour atteindre la stabilité.

3.2.1 Modèle de Bohr et Configuration Électronique

- Le modèle de Bohr (simplifié) postule que les électrons occupent des niveaux d'énergie discrets (couches $n = 1,2,3..$) autour du noyau.
- La **configuration électronique** décrit la répartition des électrons dans les sous-couches (s, p, d, f) selon la règle de Klechkowski (remplissage par ordre d'énergie croissante) et la règle de Hund (remplissage des orbitales de même énergie avec un maximum de spins parallèles).
- La compréhension de la configuration des **électrons de valence** (ceux de la couche externe) est cruciale pour prédire le type de liaison qu'un atome formera.

3.2.2 Liaison Ionique

- La liaison ionique résulte d'une **différence d'électronégativité** très élevée entre deux atomes (typiquement un métal du groupe 1 ou 2 et un non-métal du groupe 16 ou 17).
- Elle implique un **transfert complet** d'un ou plusieurs électrons du métal (formant un **cation** positif) vers le non-métal (formant un **anion** négatif).
- La liaison est maintenue par l'attraction électrostatique entre ces ions de charges opposées, formant un réseau cristallin solide.

3.2.3 Liaison Covalente et Géométrie VSEPR

- La liaison covalente résulte d'une faible différence d'électronégativité, où les électrons sont **partagés** entre deux atomes pour compléter leur octet.

- Les **structures de Lewis** sont des représentations qui montrent les paires d'électrons liantes (traits) et les paires non liantes (doublets libres).
- La **théorie VSEPR** (Répulsion des Paires d'Électrons de la Couche de Valence) stipule que les domaines électroniques (liants ou non liants) autour d'un atome central s'orientent pour minimiser leur répulsion mutuelle, ce qui détermine la géométrie moléculaire (ex: linéaire, tétraédrique, pyramidale, coudée).

3.3 Réactions en Solution Aqueuse

L'eau est le solvant de la plupart des réactions biochimiques et environnementales.

3.3.1 Concepts Acido-Basiques

- Selon **Brønsted-Lowry**, un **acide** est un donneur de proton (H^+) et une **base** est un accepteur de proton.
- L'**échelle de** pH mesure l'acidité d'une solution, basée sur la concentration en ions hydronium (H_3O^+).
- $pH = -\log[H_3O^+]$
- Les acides forts et bases fortes se dissocient totalement dans l'eau, tandis que les acides faibles et bases faibles établissent un équilibre (K_a ou K_b).

3.3.2 Réactions d'Oxydoréduction (Redox)

- Les réactions Redox impliquent un **transfert d'électrons**.
- L'**Oxydation** est une perte d'électrons (le nombre d'oxydation augmente).
- La **Réduction** est un gain d'électrons (le nombre d'oxydation diminue).
- L'**agent oxydant** est l'espèce qui est réduite (elle provoque l'oxydation).
- L'**agent réducteur** est l'espèce qui est oxydée (elle provoque la réduction).
- **Méthode d'équilibrage (demi-réactions)** :
    1. Identifier les couples redox et écrire les deux demi-réactions (oxydation et réduction).

2. Équilibrer tous les atomes autres que O et H.
3. Équilibrer les atomes d'oxygène (O) en ajoutant des molécules d'eau (H_2O).
4. Équilibrer les atomes d'hydrogène (H) en ajoutant des ions H^+ (milieu acide).
5. Équilibrer les charges électriques en ajoutant des électrons (e^-).
6. *Si en milieu basique* : Ajouter des ions OH^- des deux côtés pour neutraliser tous les H^+ (formant H_2O). Simplifier les H_2O.
7. Multiplier chaque demi-réaction par un coefficient approprié pour que le nombre d'électrons perdus (oxydation) soit égal au nombre d'électrons gagnés (réduction).
8. Additionner les deux demi-réactions et simplifier.

3.4 États de la Matière et Solutions

La matière existe principalement sous forme de solide, liquide ou gaz.

3.4.1 Loi des Gaz Parfaits

- Le comportement des gaz à basse pression et haute température est décrit par l'équation d'état des gaz parfaits :
- $PV = nRT$
- Où P est la Pression (en Pascals, Pa), V est le Volume (en mètres cubes, m^3), n est la quantité de matière (mol), T est la température absolue (en Kelvin, K), et R est la constante des gaz parfaits.
- $R \approx 8.314\ J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$

3.4.2 Concentrations des Solutions

- La **concentration molaire** (Molarité, C) est la quantité de soluté (mol) par litre de solution (L), exprimée en $mol \cdot L^{-1}$ (ou M).
- $C = \frac{n_{\text{soluté}}}{V_{\text{solution}}}$

4. Sécurité et matériel spécialisé 🔬

L'exploration de la chimie avancée implique la manipulation de substances plus réactives et l'utilisation d'instruments d'analyse. Une vigilance accrue et la maîtrise des protocoles de sécurité sont indispensables.

4.1 Principes Fondamentaux de Sécurité en Laboratoire

La sécurité est la priorité absolue.

4.1.1 Équipement de Protection Individuelle (EPI)

- Le port de la **blouse** en coton, fermée, est obligatoire pour protéger la peau et les vêtements.
- Les **lunettes de sécurité** doivent être portées en permanence pour protéger les yeux des projections et des vapeurs.
- Les **gants** (nitrile, latex) doivent être utilisés lors de la manipulation de substances corrosives, toxiques ou irritantes, et doivent être adaptés au risque chimique spécifique.
- Le travail sous une **hotte aspirante** est requis lors de la manipulation de substances volatiles, toxiques ou dégageant des vapeurs nocives.

4.1.2 Bonnes Pratiques de Laboratoire

- Il est formellement interdit de manger, boire ou fumer dans un laboratoire.
- Toute manipulation doit être effectuée avec organisation, en s'assurant que l'espace de travail est dégagé.
- La localisation et le fonctionnement des équipements de sécurité (douche de sécurité, rince-œil, extincteur) doivent être connus de tous.

4.2 Gestion des Risques Chimiques Spécifiques

La connaissance des dangers spécifiques des produits utilisés est une compétence non négociable.

4.2.1 Fiches de Données de Sécurité (FDS)

- La FDS (ou MSDS) est un document fourni par le fabricant qui détaille tous les dangers d'un produit (physiques, sanitaires, environnementaux),

les précautions de manipulation, les EPI requis, les mesures de premiers secours et les procédures d'élimination.

- L'élève doit savoir interpréter les pictogrammes de danger normalisés (ex: inflammable, corrosif, toxique).

4.2.2 Manipulation des Substances Réactives

- **Acides et Bases Concentrés** : Ils sont hautement corrosifs. Lors de la dilution d'un acide concentré, il faut toujours verser l'**acide dans l'eau** (jamais l'inverse) pour dissiper la forte chaleur de dilution.
- **Oxydants Forts** (ex: Permanganate $KMnO_4$, Dichromate $K_2Cr_2O_7$) : Ils peuvent réagir violemment avec des matières organiques (solvants, papier) et provoquer des incendies. Ils doivent être stockés à l'écart des combustibles.
- **Solvants Organiques Inflammables** (ex: Éther, Éthanol) : Ils doivent être manipulés loin de toute flamme nue ou source d'ignition (plaque chauffante).

4.3 Matériel d'Analyse Avancé

Ce cours introduit du matériel nécessitant une manipulation précise.

4.3.1 Verrerie de Précision (Titrage)

- Les **burettes** et les **pipettes jaugées** sont conçues pour délivrer des volumes de liquide avec une très haute précision (généralement ± 0.02 mL).
- Leur utilisation correcte (nettoyage, rinçage, lecture précise du ménisque au niveau de l'œil) est fondamentale pour la validité des analyses quantitatives.

4.3.2 Cellules Électrochimiques

- Les montages de piles (galvaniques) et d'électrolyseurs impliquent la connexion d'électrodes (ex: cuivre, zinc) à un **voltmètre** ou une alimentation électrique.
- Une attention particulière doit être portée à la polarité des connexions et à la manipulation des solutions électrolytiques (souvent acides ou salines).

4.3.3 Introduction au Spectrophotomètre

- Le spectrophotomètre UV-Vis est un instrument d'analyse qui mesure l'absorption de la lumière par une solution.

- La manipulation correcte des **cuves** (qui doivent être propres, sans rayures, et insérées dans le bon sens) est essentielle pour la fiabilité de la mesure de l'absorbance.

4.4 Gestion des Déchets Chimiques

La protection de l'environnement commence au laboratoire. Les rejets directs à l'évier sont strictement réglementés.

4.4.1 Tri et Neutralisation

- Les **déchets acides** et les **déchets basiques** doivent être collectés séparément et neutralisés (pH ≈ 7) avant d'être éliminés, sauf instruction contraire.
- Les solutions contenant des **oxydants forts** (ex: Cr^{6+}, MnO_4^-) doivent d'abord être réduites (ex: avec du $NaHSO_3$).

4.4.2 Collecte des Solvants Organiques

- Les solvants organiques (inflammables, toxiques) ne doivent jamais être jetés à l'évier.
- Ils sont collectés dans des bidons spécifiques, en séparant si nécessaire les solvants halogénés (ex: $CHCl_3$) des solvants non halogénés (ex: éthanol, hexane).

4.4.3 Gestion des Métaux Lourds

- Les solutions contenant des ions de métaux lourds (ex: Cu^{2+}, Co^{2+}, Pb^{2+}), courants dans les expériences d'électrochimie et d'analyse, sont particulièrement toxiques pour les écosystèmes aquatiques.
- Ces ions doivent être précipités (souvent sous forme d'hydroxydes insolubles en ajustant le pH, ou de sulfures) et le solide filtré avant que la solution aqueuse ne soit rejetée.

Éditions Donel C.
Direction Éditoriale et Conception Générale :
MURHULA BAZIKANGE M.
Pour contacts, mon site web :
https://murhulabazikange.com/

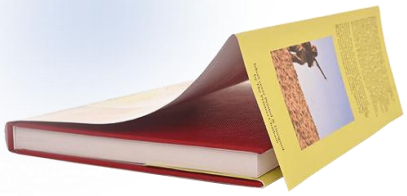
© 2025, Donel Consulting, Kin. RDC
Tous droits réservés.

Pour l'excellence de l'éducation en RDC,
Tous les manuels scolaires en un seul endroit,
sur ce site web :
https://manuels-scolaires-rdc.com/

Pour plus de détails, scannez ceci :

PARTIE I

CHIMIE PHYSIQUE ET DES SOLUTIONS



CHAPITRE 1 : Solides cristallins et amorphes

1.1 Réseaux cristallins et maille élémentaire

Cette section explore l'organisation ordonnée des atomes, ions ou molécules dans les solides cristallins. L'étude se concentre sur les différents types de réseaux de Bravais et la description de la maille élémentaire comme unité de répétition fondamentale, en prenant pour exemple la structure cubique du diamant extrait dans la province du Kasaï-Oriental.

1.1.1 Distinction entre solide cristallin et solide amorphe

La matière à l'état solide se caractérise par des positions fixes de ses constituants (atomes, ions ou molécules). Cependant, l'arrangement spatial de ces constituants permet de distinguer deux catégories principales de solides.

- **Le solide cristallin** 💎 : Il possède une structure interne hautement ordonnée et périodique. Les constituants sont arrangés selon un motif géométrique précis qui se répète à grande échelle dans les trois dimensions de l'espace. Cette organisation confère aux cristaux des formes géométriques externes définies (faces planes, arêtes vives) et des propriétés physiques souvent anisotropes (variant selon la direction). Des exemples incluent le chlorure de sodium (sel de cuisine), le quartz et les métaux purs.
- **Le solide amorphe** (ou vitreux) : Il ne présente pas cet ordre à grande échelle. L'arrangement des constituants est désordonné, similaire à celui d'un liquide figé. Les solides amorphes sont isotropes (propriétés identiques dans toutes les directions) et n'ont pas de point de fusion franc, mais plutôt une "zone de transition vitreuse". Des exemples incluent le verre de fenêtre, le caoutchouc et la plupart des plastiques.

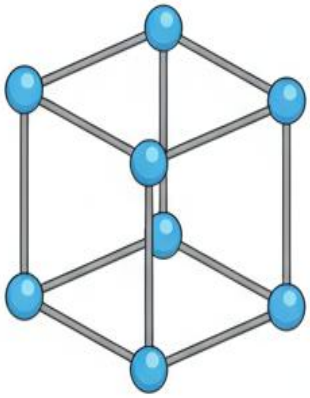
Contexte RDC



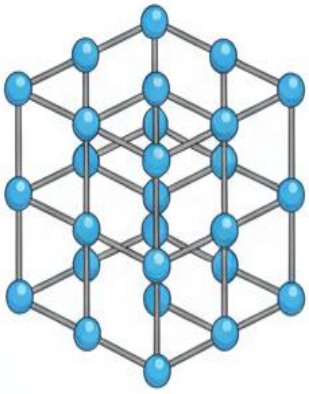
Amorphe

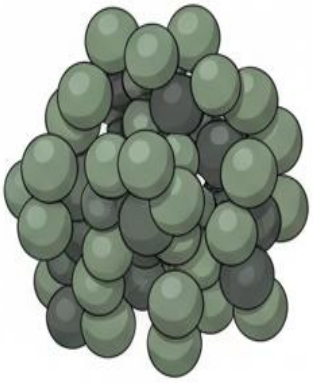


Cristallin

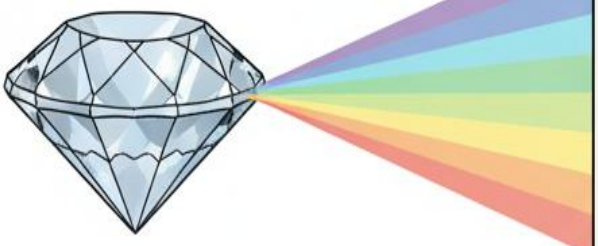


Schèma Technique





Résulat Macorsopaique



Résulat Macorsopaique

