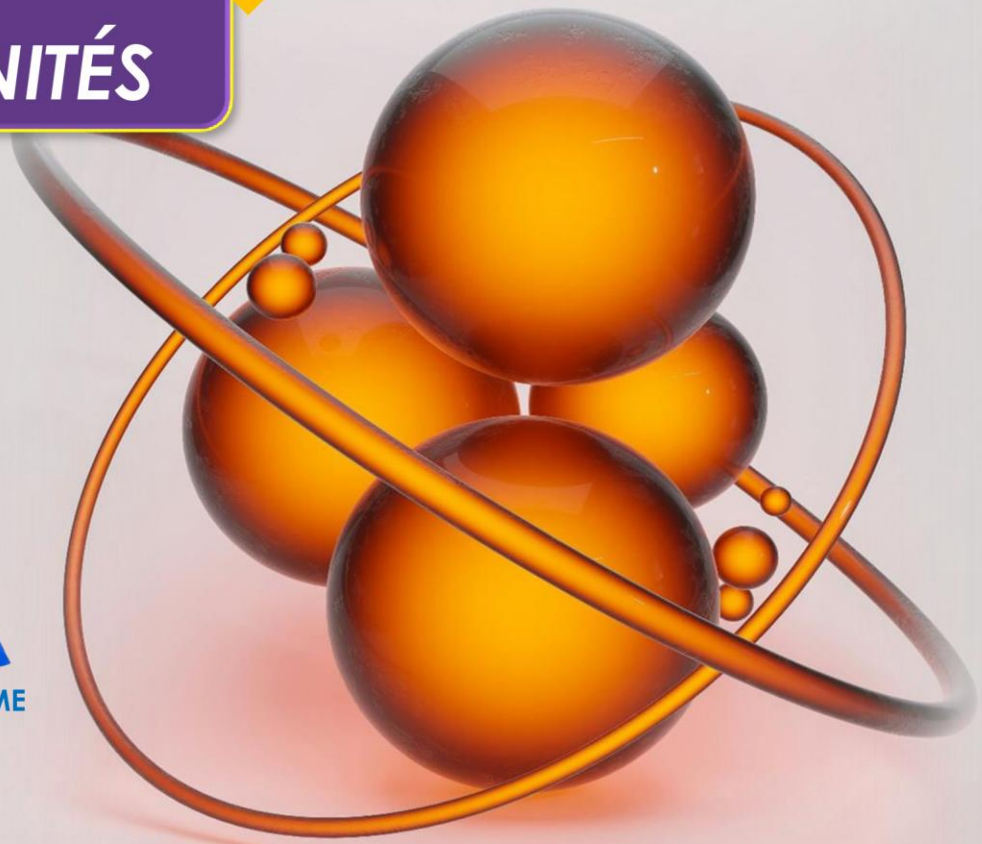
Cours de

Physique

1ère Année

DES

HUMANITÉS



CONFORME AU PROGRAMME NATIONAL

EDITION 2025



a

TABLE DE MATIERE

PRÉLIMINAIRES 1

0.1. Finalités du cours de physique 🎯 1

- 1.1. La Finalité Citoyenne : Former un Acteur Éclairé 1
- 1.2. La Finalité Intellectuelle et Culturelle : Structurer la Pensée 2
- 1.3. La Finalité Pratique et Économique : Préparer au Développement 3

0.2. Compétences visées 🧠 4

- 2.1. Compétence 1 : Maîtriser le Langage Scientifique 4
- 2.2. Compétence 2 : Appliquer les Lois et Principes (Résolution de Problèmes) 5
- 2.3. Compétence 3 : Maîtriser l'Outil de Mesure 6
- 2.4. Compétence 4 : Penser en Expérimentateur 7
- 2.5. Compétence 5 : Connecter la Science à la Vie 8

0.3. Directives méthodologiques pour l'enseignant 👩‍🏫 9

- 3.1. Primauté de l'Approche Expérimentale et Active 9
- 3.2. L'Ancrage Systématique dans le Contexte Congolais 10
- 3.3. La Gestion Constructive de l'Erreur 11

0.4. L'approche par les situations : un exemple concret CD 12

- 4.1. Phase 1 : Le Déclenchement (La Situation d'Accroche) 13
- 4.2. Phase 2 : La Formulation des Conceptions Initiales et des Hypothèses 13
- 4.3. Phase 3 : L'Investigation et l'Expérimentation 14
- 4.4. Phase 4 : La Structuration des Connaissances (Formalisation) 14
- 4.5. Phase 5 : Le Transfert et le Réinvestissement 15

INTRODUCTION À LA MATIÈRE ET AUX MESURES PHYSIQUES 18

Chapitre 1 : Les États et la Structure de la Matière 19

1.1. États physiques et leurs propriétés 🧊 💧 ⚪ 19

- 1.1.1. L'état solide 19
- 1.1.2. L'état liquide 20
- 1.1.3. L'état gazeux 21

1.2. Structure atomique et moléculaire de la matière ⚛️ 23

- 1.2.1. La nature discontinue de la matière 23
- 1.2.2. L'agitation thermique 25
- 1.2.3. Les forces intermoléculaires 25
- 1.2.4. Le modèle du gaz parfait 26

1.3. Changements d'état physique de la matière 🔥 27
- 1.3.1. Les différents types de changements d'état 27
- 1.3.2. Paliers de température et chaleur latente 28

Scenarios et Exercices 29
- Exercices d'application 29
- Scénarios d'assimilation 30

Chapitre 2 : Phénomènes Électriques Élémentaires 34
2.1. Électrisation et nature des charges ⚡ 34
- 2.1.1. Les phénomènes d'électrisation 34
- 2.1.2. Nature de la charge électrique et structure de la matière 37
- 2.1.3. Lois fondamentales de l'électrostatique 37
- 2.1.4. Quantification de la charge 39

2.2. Le courant électrique continu et ses effets 💡 39
- 2.2.1. Le courant électrique continu (C.C.) 39
- 2.2.2. Sens du courant 40
- 2.2.3. Intensité du courant 40
- 2.2.4. Les effets du courant électrique 41

Scenarios et Exercices 42
- Exercices d'application 42
- Scénarios d'assimilation 43

Chapitre 3 : Les Grandeurs Physiques Fondamentales et leur Mesure 47
3.1. La longueur et sa mesure 📏 47
- 3.1.1. Définition et Unité 47
- 3.1.2. Multiples et Sous-multiples 47
- 3.1.3. Instruments de mesure 50
- 3.1.4. Grandeurs dérivées 50

3.2. La masse et sa mesure ⚖️ 52
- 3.2.1. Définition et Unité 52
- 3.2.2. Distinction entre Masse et Poids 52
- 3.2.3. Multiples et Sous-multiples 53
- 3.2.4. Instruments de mesure 53

3.3. Le temps et sa mesure ⏱️ 54
- 3.3.1. Définition et Unité 54

- 3.3.2. Autres unités de temps 54
- 3.3.3. Instruments de mesure 54

3.4. Précision et calculs : chiffres significatifs et incertitudes 🎯 55

- 3.4.1. Erreurs et Incertitudes 55
- 3.4.2. Incertitude Absolue et Relative 56
- 3.4.3. Chiffres Significatifs (C.S.) 56
- 3.4.4. Calculs avec les Chiffres Significatifs 57

Scenarios et Exercices 57

- Exercices d'application 57
- Scénarios d'assimilation 58

RESSOURCES COMPLEMENTAIRES 63

I. Questions et reponses d'approfondissement 63

II. Confusions et erreurs frequentes a eviter 71

- 1. Confondre la Masse et le Poids 71
- 2. Inverser le Sens Réel et le Sens Conventionnel du Courant 72
- 3. Confondre Température et Chaleur 72
- 4. Négliger les Chiffres Significatifs dans les Calculs 73
- 5. Oublier de Convertir les Unités avant un Calcul 73
- 6. Confondre Charge Électrique et Courant Électrique 74

III. La fiche de revision prete a l'emploi 75

- Chapitre 1 : Les États et la Structure de la Matière 🧊💧⚪ 75
- Chapitre 2 : Phénomènes Électriques Élémentaires ⚡💡 76
- Chapitre 3 : Grandeurs Physiques et Mesures 📏⚖️⏱️ 77

MÉCANIQUE : ÉTUDE DES FORCES ET DES MOUVEMENTS 80

Chapitre 4 : Statique : L'Équilibre des Forces 81

4.1. Le concept de force et ses caractéristiques 💪 81

- 4.1.1. Modélisation d'une action mécanique 81
- 4.1.2. Classification des forces 83
- 4.1.3. La nature vectorielle d'une force 83

4.2. Composition et décomposition des forces ➕ 86

- 4.2.1. Composition des forces : la résultante 86
- 4.2.2. Condition d'équilibre d'un point matériel 87
- 4.2.3. Décomposition d'une force 88

4.3. Le poids : une force omniprésente 🌎 88
- 4.3.1. Définition et caractéristiques 89
- 4.3.2. Relation entre Poids et Masse 89

Scenarios et Exercices 90
- Exercices d'application 90
- Scénarios d'assimilation 91

4.4. Moment d'une force et équilibre de rotation 🔄 96
- 4.4.1. Effet de rotation d'une force 96
- 4.4.2. Définition du moment d'une force 96
- 4.4.3. Signe d'un moment et Théorème des moments 97
- 4.4.4. Le couple de forces 97

4.5. Centre de gravité et conditions d'équilibre 🧘 98
- 4.5.1. Définition du centre de gravité 98
- 4.5.2. Détermination du centre de gravité 98
- 4.5.3. Conditions générales d'équilibre d'un solide 99
- 4.5.4. Les différents types d'équilibre statique 100

4.6. Instruments de mesure : dynamomètre et balance 🔬 102
- 4.6.1. Le Dynamomètre : Mesureur de Forces 102
- 4.6.2. La Balance : Comparateur de Masses 102

Scenarios et Exercices 104
- Exercices d'application 104
- Scénarios d'assimilation 105

Chapitre 5 : Cinématique : Description des Mouvements 111

5.1. Mouvement Rectiligne Uniforme (MRU) 🚙 111
- 5.1.1. Notions Préliminaires de la Cinématique 111
- 5.1.2. Définition du Mouvement Rectiligne Uniforme (MRU) 113
- 5.1.3. La Vitesse en MRU 113
- 5.1.4. Équation Horaire du MRU 115
- 5.1.5. Représentations Graphiques du MRU 115

5.2. Mouvement Rectiligne Uniformément Varié (MRUV) 🚀 116
- 5.2.1. Définition du Mouvement Rectiligne Uniformément Varié (MRUV) 116
- 5.2.2. L'Accélération 117
- 5.2.3. Équations Horaires du MRUV 117

- 5.2.4. Relation indépendante du temps 118
- 5.2.5. Cas particulier : la Chute Libre 118
- 5.2.6. Représentations Graphiques du MRUV 118

Scenarios et Exercices 119

- Exercices d'application 119
- Scénarios d'assimilation 120

Chapitre 6 : Dynamique : Relation entre Forces et Mouvements 126

6.1. La relation fondamentale de la dynamique (Loi de Newton) ന്യൂട്ടൺ 126

- 6.1.1. Introduction à la Dynamique et Principe d'Inertie 126
- 6.1.2. La Deuxième Loi de Newton : Principe Fondamental de la Dynamique (PFD) 128
- 6.1.3. Application pratique et définition du Newton 130

6.2. Application : la chute libre des corps 130

- 6.2.1. Définition du modèle de la chute libre 130
- 6.2.2. L'accélération de la pesanteur 'g' 131
- 6.2.3. Équations horaires de la chute libre 131

6.3. Distinction fondamentale : masse et poids 132

- 6.3.1. Une relation issue de la dynamique 132
- 6.3.2. Tableau récapitulatif de la distinction 133
- 6.3.3. Comprendre la variabilité du poids 133

Scenarios et Exercices 134

- Exercices d'application 134
- Scénarios d'assimilation 135

Chapitre 7 : Travail, Puissance et Machines Simples 140

7.1. Le travail d'une force 140

- 7.1.1. Définition physique du travail 140
- 7.1.2. Expression mathématique du travail d'une force constante 140
- 7.1.3. Nature et signe du travail 143
- 7.1.4. Travail du poids 144

7.2. La puissance mécanique 146

- 7.2.1. Définition de la puissance 146
- 7.2.2. Unités de puissance 146
- 7.2.3. Puissance instantanée 147

7.3. Application pratique : les machines simples ⚙️ 147
- 7.3.1. Principe général des machines simples 147
- 7.3.2. Le Levier 148
- 7.3.3. La Poulie 148
- 7.3.4. Le Plan Incliné 149

Scenarios et Exercices 150
- Exercices d'application 150
- Scénarios d'assimilation 151

RESSOURCES COMPLEMENTAIRES 155

I. Questions et reponses d'approfondissement 155

II. Confusions et erreurs frequentes a eviter 161
- 1. La Confusion Aristotélicienne : Penser que le Mouvement Exige une Force 161
- 2. Confondre Vitesse Élevée et Forte Accélération 161
- 3. Appliquer les Forces d'Action-Réaction sur le Même Corps 162
- 4. Oublier le Caractère Vectoriel des Forces et des Mouvements 162
- 5. Confondre le Travail au Sens Physique et l'Effort 163

III. La fiche de revision prete a l'emploi 163
- Chapitre 4 : Statique : L'Équilibre des Forces 💪 163
- Chapitre 5 : Cinématique : Description des Mouvements 🚗 165
- Chapitre 6 : Dynamique : Relation Forces-Mouvements ന്യൂടൻ 165
- Chapitre 7 : Travail, Puissance et Machines Simples 🛠️ 166

..... 168

MÉCANIQUE DES FLUIDES AU REPOS 168

Chapitre 8 : Propriétés des Fluides et Pression 169

8.1. Grandeurs caractéristiques : masse volumique et densité ⚖️ 169
- 8.1.1. Introduction aux fluides 169
- 8.1.2. La masse volumique ($\boldsymbol{\rho}$) 169
- 8.1.3. La densité ($\boldsymbol{d}$) 170

8.2. Le concept de pression 📌 171
- 8.2.1. Définition de la pression 171
- 8.2.2. Unités de pression 172
- 8.2.3. Distinction fondamentale entre Force et Pression 172
- 8.2.4. Pression dans les fluides 173

Scenarios et Exercices....174
- Exercices d'application....174
- Scénarios d'assimilation....175

Chapitre 9 : Principes Fondamentaux de la Statique des Fluides....179

9.1. Pression au sein d'un liquide : principe de l'hydrostatique 💧....179
- 9.1.1. Origine de la pression hydrostatique....179
- 9.1.2. Loi fondamentale de la statique des fluides....179
- 9.1.3. Pression absolue et pression relative....180
- 9.1.4. Conséquences de la loi fondamentale....180

9.2. Principe de Pascal et ses applications hydraulic press....181
- 9.2.1. Énoncé du principe de Pascal....181
- 9.2.2. Application : la presse hydraulique....181
- 9.2.3. Conservation du travail....182
- 9.2.4. Autres applications....182

9.3. Principe d'Archimède et la flottaison 🚢....183
- 9.3.1. Mise en évidence de la poussée d'Archimède....183
- 9.3.2. Énoncé du principe d'Archimède....183
- 9.3.3. Conditions de flottaison....184

Scenarios et Exercices....185
- Exercices d'application....185
- Scénarios d'assimilation....186

Chapitre 10 : Statique des Gaz et Pression Atmosphérique....190

10.1. La pression atmosphérique et sa mesure 🌬️....190
- 10.1.1. Nature et origine de la pression atmosphérique....190
- 10.1.2. Mise en évidence de la pression atmosphérique....190
- 10.1.3. La mesure de la pression atmosphérique : le baromètre de Torricelli....191
- 10.1.4. Variation de la pression atmosphérique....191

10.2. Loi de Boyle-Mariotte 🎈....192
- 10.2.1. Énoncé de la loi....192
- 10.2.2. Interprétation microscopique....193
- 10.2.3. Représentation graphique....193

10.3. Applications des principes de pression 🥤....193
- 10.3.1. Applications basées sur la création d'une dépression....194

- 10.3.2. Applications basées sur la compression 194

Scenarios et Exercices 195

- Exercices d'application 195
- Scénarios d'assimilation 196

RESSOURCES COMPLEMENTAIRES 200

I. Questions et reponses d'approfondissement 200

II. Confusions et erreurs frequentes a eviter 204

- 1. Confondre Pression et Force 204
- 2. Se tromper sur la Poussée d'Archimède 204
- 3. La "Force d'Aspiration" 205
- 4. Oublier la Pression Atmosphérique 205
- 5. Appliquer la Loi de Boyle-Mariotte Incorrectement 206

III. La fiche de revision prete a l'emploi 207

- Chapitre 8 : Propriétés des Fluides et Pression ⚖️📌 207
- Chapitre 9 : Principes Fondamentaux de la Statique des Fluides 💧🚢 207
- Chapitre 10 : Statique des Gaz et Pression Atmosphérique 💨🎈 208

ANNEXES ..... a

ANNEXES ..... a

Annexe 1 : Tableau des unités du Système International (SI) 🌍 i

- 1.1. Les Sept Unités de Base du SI i
- 1.2. Tableau des Préfixes du SI ii
- 1.3. Exemples d'Unités Dérivées du SI iii

Annexe 2 : Formulaire de mécanique 📝 iv

- 2.1. Statique iv
- 2.2. Cinématique v
- 2.3. Dynamique vi
- 2.4. Travail, Puissance et Énergie vi
- 2.5. Mécanique des Fluides vii

Annexe 3 : Glossaire des termes clés 📖 viii

Annexe 4 : Figures historiques de la physique 📜 xii

- 4.1. Archimède de Syracuse (env. 287 av. J.-C. – 212 av. J.-C.) xii
- 4.2. Galilée (Galileo Galilei) (1564 – 1642) xii
- 4.3. Blaise Pascal (1623 – 1662) xii

- 4.4. Isaac Newton (1643 – 1727) xiii
- 4.5. Edme Mariotte (env. 1620 – 1684)..... xiii
- 4.6. Evangelista Torricelli (1608 – 1647) xiv



PRÉLIMINAIRES

0.1. Finalités du cours de physique 🎯

Ce parcours en physique vise à doter l'élève congolais des outils intellectuels nécessaires pour observer, comprendre et questionner le monde naturel et technologique qui l'entoure. L'objectif transcende la simple mémorisation de lois ; il s'agit de cultiver un esprit scientifique, logique et critique, capable d'analyser une situation concrète, de la modéliser et de participer de manière éclairée au développement de la nation. La physique, en tant que science fondamentale, n'est pas une simple matière scolaire ; elle est une clé de lecture du réel, une discipline de l'esprit et un moteur de progrès. Pour l'élève qui achève son cycle secondaire, la maîtrise de ses fondements poursuit trois finalités interdépendantes et essentielles pour son avenir et celui de la République Démocratique du Congo.

🟥 1.1. La Finalité Citoyenne : Former un Acteur Éclairé

La première finalité est de former un citoyen capable de comprendre les grands enjeux technologiques et environnementaux de son temps. Dans un monde et un pays où les questions énergétiques, climatiques, et l'exploitation des ressources naturelles sont centrales, une culture scientifique de base est indispensable pour se forger une opinion éclairée et participer au débat public.

- **Comprendre les enjeux énergétiques nationaux** : La RDC est dotée d'un potentiel hydroélectrique exceptionnel, incarné par le fleuve Congo et les sites d'Inga. Le cours de physique donne les clés pour comprendre les concepts de **puissance**, d'**énergie**, de **rendement** et de **tension électrique**. L'élève pourra ainsi saisir la différence entre la puissance installée d'un barrage et l'énergie effectivement distribuée, comprendre les défis du transport de l'électricité sur de longues distances (effet Joule, haute tension), et évaluer l'importance de diversifier les sources d'énergie (solaire, biomasse) dans les zones non desservies par le réseau de la SNEL. Il devient capable de participer à des discussions sur la pertinence de grands projets d'infrastructure en comprenant leurs fondements techniques.
- **Développer une conscience environnementale** : Les principes de la **thermodynamique** et des transferts d'énergie permettent d'aborder scientifiquement des problématiques comme le réchauffement climatique ou l'efficacité énergétique. L'élève peut comprendre pourquoi l'utilisation

du charbon de bois ("makala") à grande échelle contribue à la déforestation et comment des foyers améliorés ("braseros améliorés") permettent, grâce à une meilleure gestion des transferts thermiques, de consommer moins de combustible pour une même cuisson. La physique lui donne les outils pour analyser les causes et les conséquences de phénomènes qui impactent directement son environnement, de l'érosion des sols à la gestion de la qualité de l'air dans les grandes villes comme Kinshasa.

- **Exercer un esprit critique face à l'information** : À l'ère de l'information rapide et des "fake news", l'esprit scientifique est un rempart. Apprendre la physique, c'est apprendre à distinguer une corrélation d'une causalité, à exiger des preuves, à évaluer la validité d'un argument basé sur des données chiffrées. Face à une affirmation promettant une "énergie libre et infinie" ou un produit aux propriétés miraculeuses, l'élève habitué aux principes de **conservation de l'énergie** saura faire preuve de scepticisme et poser les bonnes questions.

1.2. La Finalité Intellectuelle et Culturelle : Structurer la Pensée

La deuxième finalité est de participer au développement intellectuel de l'élève en structurant sa pensée. La physique est une école de rigueur, de logique et d'abstraction.

- **Développer la capacité de modélisation** : La physique apprend à simplifier la complexité du réel pour en extraire l'essentiel. Face à un objet qui tombe, le physicien ignore la couleur de l'objet, sa température ou sa nature chimique pour se concentrer sur sa masse, sa position et sa vitesse. Il construit un **modèle** (la chute libre) régi par une loi mathématique. Cette capacité à identifier les paramètres pertinents, à négliger le superflu et à traduire une situation en un modèle abstrait est une compétence intellectuelle transférable à tous les domaines de la vie, de la gestion d'un projet à la résolution de problèmes économiques.

- **Maîtriser un langage universel** : Les lois de la physique et leur formulation mathématique sont universelles. La loi de la gravitation de Newton s'applique de la même manière à une mangue qui tombe d'un arbre à Gemena qu'à la Lune en orbite autour de la Terre. En apprenant ce langage, l'élève accède à une part fondamentale du patrimoine culturel et scientifique de l'humanité. Il comprend que la science transcende les

frontières et les cultures, et que la quête de la connaissance du cosmos est une aventure humaine partagée.

- **Cultiver la rigueur et la logique** : La résolution d'un problème de physique impose une démarche structurée : analyse des données, application rigoureuse d'un principe, développement mathématique sans erreur, et analyse critique du résultat. Cette discipline forge un esprit méthodique, capable de construire un raisonnement cohérent et de le vérifier étape par étape.

1.3. La Finalité Pratique et Économique : Préparer au Développement

La troisième finalité, éminemment pratique, est de fournir les bases scientifiques indispensables aux métiers techniques et d'ingénierie qui sont les piliers du développement économique d'une nation. La RDC, avec ses immenses ressources et ses besoins en infrastructures, requiert une main-d'œuvre qualifiée dont la formation repose, à la base, sur une solide compréhension de la physique.

- **Fondement de l'ingénierie et du BTP** : La construction d'un pont sur la rivière Kasaï, d'un bâtiment à Goma ou d'une route entre Kisangani et Lubumbashi repose entièrement sur les principes de la **statique** et de la **résistance des matériaux**. L'étude des **forces**, des **pressions**, des **moments** et des **équilibres** est le prérequis indispensable pour tout futur ingénieur ou technicien en génie civil.

- **Socle des métiers de l'industrie et des mines** : L'exploitation des immenses ressources minières du pays (cuivre, cobalt, diamants, etc.) fait appel à de multiples branches de la physique. La **géophysique** utilise des principes électriques et magnétiques pour la prospection. L'**électrométallurgie**, cruciale pour le raffinage du cuivre dans le Katanga, est une application directe de l'**électrochimie** et de l'effet chimique du courant. La mécanique des fluides est essentielle pour la gestion de l'eau dans les mines, et la mécanique générale pour la conception des engins d'excavation.

- **Base pour les télécommunications et la technologie** : Le déploiement de la fibre optique le long du fleuve Congo ou l'expansion des réseaux de téléphonie mobile sont des applications directes des principes de l'**optique** et de l'**électromagnétisme**. Comprendre comment une onde radio transporte de l'information ou comment la

lumière est guidée dans une fibre sont des connaissances fondamentales pour les techniciens et ingénieurs de ce secteur en pleine croissance.

- **Indispensable pour la médecine et l'agronomie** : Même des domaines apparemment plus éloignés dépendent de la physique. L'imagerie médicale (rayons X, échographie) repose sur la physique des ondes. Le fonctionnement des pompes hydrauliques pour l'irrigation des champs est une application de la mécanique des fluides.

En conclusion, ce cours de physique de 4ème année n'est pas une fin en soi. C'est une étape fondamentale pour équiper la jeunesse congolaise des compétences nécessaires pour devenir des citoyens critiques, des penseurs logiques et des acteurs compétents, capables de comprendre le monde et de contribuer activement à la construction et au développement durable de la République Démocratique du Congo.

0.2. Compétences visées 🧠

À l'issue de cette année, l'élève devra avoir acquis et consolidé un ensemble de compétences fondamentales qui lui permettront de mettre en pratique les finalités du cours. Ces compétences ne sont pas des savoirs isolés, mais des savoir-faire intégrés qui combinent connaissances, aptitudes et attitudes. Elles sont le véritable objectif de l'apprentissage, car ce sont elles qui resteront et serviront l'élève bien au-delà de l'examen final.

🟥 2.1. Compétence 1 : Maîtriser le Langage Scientifique

"Identifier et décrire un phénomène physique en utilisant un vocabulaire scientifique précis."

Cette compétence est le socle de toute communication scientifique. Le passage du langage quotidien, souvent ambigu et qualitatif, à un langage scientifique, précis et quantitatif, est un objectif central.

- **Observer et Nommer** : L'élève doit être capable de regarder une situation – une pirogue qui flotte, un fil électrique qui chauffe, un objet qui glisse – et d'y associer les concepts physiques pertinents. Il doit voir au-delà de l'objet pour identifier les phénomènes : la **poussée d'Archimède**, l'**effet Joule**, la **force de frottement**.

- **Définir avec Précision** : Il ne suffit pas de nommer, il faut définir. L'élève doit pouvoir expliquer la différence fondamentale entre des termes que le langage courant confond. Il doit articuler clairement que :
  - La **masse** est la quantité de matière (en kg), tandis que le **poids** est la force de gravité (en N).
  - La **vitesse** est la rapidité du mouvement (en m/s), tandis que l'**accélération** est la variation de cette vitesse (en m/s²).
  - L'**énergie** est la capacité à produire un travail (en Joules), tandis que la **puissance** est le débit de cette énergie (en Watts).
- **Utiliser les Symboles et les Unités** : Le langage scientifique inclut une symbolique universelle. L'élève doit associer chaque grandeur à son symbole (F pour la force, p pour la pression, V pour le volume) et à son unité dans le Système International.

Langage Courant	Concept Scientifique	Grandeur(s) et Unité(s) SI
"C'est lourd."	L'objet a une grande masse ou un grand poids.	Masse (m, en kg) ; Poids (P, en N)
"Ça va vite."	L'objet a une vitesse élevée.	Vitesse (v, en m/s)
"C'est très puissant."	Le moteur a une grande puissance.	Puissance (P, en Watt)
"Le fil est chaud."	Le fil a une température élevée.	Température (T, en Kelvin ou °C)

2.2. Compétence 2 : Appliquer les Lois et Principes (Résolution de Problèmes)

"Appliquer les lois et principes de la mécanique et de la statique des fluides pour résoudre des problèmes qualitatifs et quantitatifs simples."

C'est le cœur de l'activité du physicien : utiliser un principe général pour expliquer ou prédire le comportement d'un système particulier. La résolution de problèmes n'est pas un simple exercice de calcul, mais une démarche de raisonnement structurée.

- **Analyse Qualitative** : Avant tout calcul, l'élève doit pouvoir prédire qualitativement l'effet d'un changement. *Exemple : "Si l'on augmente l'angle d'un plan incliné, l'accélération de l'objet qui y glisse va-t-elle augmenter ou diminuer ? Pourquoi ?"*. La réponse fait appel à la décomposition des forces et à la compréhension des rôles de la gravité et de la réaction normale, sans forcément poser de calcul.
- **Démarche de Résolution Quantitative** : Pour les problèmes chiffrés, l'élève doit maîtriser une méthode rigoureuse :
    1. **Lire et Comprendre** : Identifier l'objectif du problème et extraire toutes les données fournies, en les notant avec leurs symboles et unités.
    2. **Modéliser et Schématiser** : Réaliser un schéma clair de la situation (un diagramme des forces, un schéma de circuit, etc.). C'est une étape cruciale pour visualiser le problème.
    3. **Identifier le Principe Physique** : Choisir la loi ou le principe pertinent pour la situation (Principe Fondamental de la Dynamique, Théorème d'Archimède, Loi d'Ohm, etc.).
    4. **Écrire l'Équation Littérale** : Poser la formule mathématique qui traduit ce principe.
    5. **Isoler l'Inconnue** : Manipuler l'équation algébriquement pour exprimer la grandeur recherchée en fonction des données connues.
    6. **Application Numérique** : Remplacer les symboles par leurs valeurs numériques, en s'assurant que toutes les unités sont cohérentes (converties en unités SI).
    7. **Calculer et Présenter le Résultat** : Effectuer le calcul et donner le résultat avec le bon nombre de chiffres significatifs et la bonne unité.
    8. **Analyse Critique** : Le résultat a-t-il un sens physique ? L'ordre de grandeur est-il plausible ?

2.3. Compétence 3 : Maîtriser l'Outil de Mesure

"Utiliser correctement les unités du Système International (SI) et effectuer des conversions simples."

La physique est une science de la mesure. Sans une maîtrise des unités, les nombres n'ont aucun sens.

- **Connaître le Système International (SI)** : L'élève doit savoir que le SI est le langage commun des sciences dans le monde entier, garantissant que les résultats sont comparables. Il doit identifier les unités de base pour les grandeurs fondamentales : le **mètre (m)** pour la longueur, le **kilogramme (kg)** pour la masse, et la **seconde (s)** pour le temps.
- **Effectuer des Conversions** : La compétence ne se limite pas à connaître les unités. Il faut pouvoir naviguer entre elles. L'élève doit être capable de convertir avec aisance :
  - Des multiples et sous-multiples : kilomètres en mètres, grammes en kilogrammes, centimètres cubes en mètres cubes.
  - Des unités composées : des km/h en m/s (en divisant par 3,6) et inversement.
  - Des unités non-SI courantes : des minutes ou des heures en secondes.
- **Analyse Dimensionnelle** : Une compétence plus avancée est d'utiliser les unités pour vérifier la cohérence d'une formule. Si une formule est censée donner une force (en Newtons, soit $kg \cdot m \cdot s^{-2}$) et que le calcul des unités des termes de droite donne un résultat différent, la formule est incorrecte.

2.4. Compétence 4 : Penser en Expérimentateur

"Mener une démarche expérimentale : observer, émettre une hypothèse, la vérifier par une mesure simple et interpréter le résultat."

Cette compétence transforme l'élève de consommateur passif de savoir en producteur actif de connaissance. Elle incarne l'essence même de la physique.

- **Observer un Phénomène** : L'observation doit être active et questionnante. *Exemple : "Je vois qu'un objet lourd tombe aussi vite qu'un objet léger (si l'on néglige le frottement de l'air). Pourquoi ?"*.
- **Émettre une Hypothèse** : L'hypothèse est une proposition de réponse, une conjecture qui doit être testable. *Exemple : "Mon hypothèse est que la vitesse de chute ne dépend pas de la masse de l'objet."*.
- **Concevoir un Protocole Expérimental** : Comment tester l'hypothèse ? L'élève doit imaginer une expérience simple. *Exemple : "Je vais lâcher*

simultanément, de la même hauteur, une grosse pierre et une petite pierre, et observer laquelle touche le sol en premier. Je vais répéter l'expérience plusieurs fois."

- **Réaliser la Mesure** : Utiliser des instruments simples (un chronomètre, une latte) pour collecter des données quantitatives, même approximatives. L'élève apprend ici à lire une graduation, à estimer une incertitude.
- **Interpréter le Résultat et Conclure** : Les données confirment-elles ou infirment-elles l'hypothèse ? *Exemple : "Dans toutes mes tentatives, les deux pierres sont arrivées en même temps au sol. Mes observations confirment mon hypothèse. La masse ne semble pas influencer la durée de la chute."*. L'élève doit aussi être capable de critiquer son expérience : "Le frottement de l'air a peut-être eu un petit effet que je n'ai pas pu mesurer."

2.5. Compétence 5 : Connecter la Science à la Vie

"Relier les concepts physiques à des applications technologiques et à des situations de la vie quotidienne en RDC."

Cette compétence finale assure que la physique n'est pas perçue comme un savoir abstrait et désincarné, mais comme un outil pertinent pour comprendre et agir sur son environnement.

- **Identifier la Physique dans la Vie de Tous les Jours** : L'élève doit développer un "regard de physicien".
  - En voyant une femme porter une charge sur sa tête, il doit penser aux notions de **centre de gravité** et d'**équilibre**.
  - En cuisinant avec un "brasero", il doit identifier les trois modes de **transfert thermique** : conduction, convection et rayonnement.
  - En traversant un pont, il doit voir un jeu de **forces en tension et en compression**.
- **Comprendre le Fonctionnement des Objets Technologiques** : L'élève doit pouvoir expliquer, avec des termes simples, le principe physique derrière des technologies courantes.
  - **Le téléphone portable** : fonctionne grâce aux **ondes électromagnétiques**.

- **Le barrage hydroélectrique** : transforme l'**énergie potentielle** de l'eau en **énergie cinétique**, puis en **énergie électrique** via un alternateur (induction électromagnétique).
- **La bouteille isotherme (thermos)** : est conçue pour minimiser les transferts thermiques en luttant contre la conduction (vide partiel), la convection (vide) et le rayonnement (parois argentées).

Cette compétence d'ancrage est ce qui donne son sens et sa saveur au cours de physique en RDC. Elle assure que l'apprentissage est significatif et mémorable, car il parle directement de la réalité vécue par l'élève.

0.3. Directives méthodologiques pour l'enseignant 👩‍🏫

La réussite de la transmission des savoirs et du développement des compétences repose en grande partie sur l'approche pédagogique adoptée par l'enseignant. La physique, par sa nature, appelle une pédagogie active, concrète et contextualisée. Les directives suivantes visent à guider l'enseignant dans la préparation et l'animation de ses leçons pour rendre la physique vivante et accessible.

3.1. Primauté de l'Approche Expérimentale et Active

La physique est une science expérimentale. Chaque concept doit, dans la mesure du possible, être introduit par une observation ou une expérience simple, même avec du matériel rudimentaire. L'enseignant doit privilégier une approche active, en encourageant les élèves à poser des questions et à manipuler.

- **Partir du Concret pour Aller vers l'Abstrait** : Le cours ne doit pas commencer par l'énoncé d'une loi ou la présentation d'une formule. La démarche inductive est plus efficace : on part d'une observation, d'une expérience simple, d'un questionnement, et c'est l'analyse de cette situation concrète qui mène progressivement à la formulation de la loi générale. Par exemple, avant de définir la pression, on peut réaliser des expériences simples comme essayer d'enfoncer le bout d'un stylo des

deux côtés sur son doigt pour sentir la différence, ou observer qu'un couteau bien aiguisé coupe mieux.

- **La Science avec des "Ficelles"** : L'absence de matériel de laboratoire sophistiqué ne doit pas être un frein. De nombreuses expériences fondamentales peuvent être réalisées avec du matériel de récupération ou à faible coût :
  - **Mécanique** : Un pendule fait avec une ficelle et une pierre permet d'étudier les oscillations. Un plan incliné fait avec une planche et des livres permet d'étudier les forces et le mouvement. Des balances simples peuvent être construites avec une règle et un pivot pour aborder les moments et l'équilibre.
  - **Statique des fluides** : Des bouteilles en plastique percées à différentes hauteurs permettent de visualiser la relation entre la pression et la profondeur.
  - **Optique** : Des morceaux de verre, des loupes simples ou même une goutte d'eau peuvent servir à montrer les phénomènes de réfraction.
- **L'Élève au Centre de l'Apprentissage** : L'enseignant doit se voir comme un guide plutôt que comme un simple transmetteur de savoir. Il doit créer un environnement où les élèves osent poser des questions ("Monsieur, pourquoi... ?"), proposer des hypothèses (même si elles sont fausses), et débattre de leurs idées. Le cours magistral doit laisser une place importante aux travaux en petits groupes, aux courtes manipulations et aux séances de questions-réponses.

3.2. L'Ancrage Systématique dans le Contexte Congolais

L'ancrage dans le contexte congolais est impératif. Relier systématiquement les concepts physiques à la réalité locale a un double avantage : cela rend la matière plus concrète et plus intéressante pour l'élève, et cela lui montre la pertinence directe de ce qu'il apprend pour comprendre son propre environnement et le développement de son pays.

- **Illustrer chaque concept par un exemple local** :
  - **Les forces et le mouvement** : L'étude des forces peut être illustrée par le poussage d'un chariot de « pousse-pousse » à Kinshasa, en discutant des forces de poussée, de frottement et

d'inertie. Le transport du bois par flottage sur la rivière Itimbiri illustre la poussée d'Archimède et l'équilibre des forces.

- **La pression** : La pression hydrostatique peut être expliquée par la profondeur du fleuve Congo à Matadi (le "canyon"), qui atteint plusieurs centaines de mètres, créant des pressions colossales au fond. La pression atmosphérique peut être abordée en comparant la cuisson des aliments à basse altitude à Kinshasa et à haute altitude à Bukavu.
- **Le travail et la puissance** : La puissance peut être concrétisée par les besoins énergétiques d'une ville comme Lubumbashi, en calculant l'énergie nécessaire pour alimenter ses usines et ses foyers, et en la comparant à la puissance fournie par les centrales hydroélectriques. Le travail mécanique peut être illustré par le travail fourni par une femme qui puise de l'eau d'un puits et la transporte sur plusieurs centaines de mètres.
- **La thermodynamique** : La préparation du "fufu" est un excellent support pour parler des changements d'état (eau en vapeur) et des transferts thermiques. Le fonctionnement d'un réfrigérateur pour conserver les aliments dans le climat chaud de l'Équateur est une application directe des principes de la thermodynamique.

- **Utiliser les réalités socio-économiques comme support de problèmes** : Les problèmes et exercices ne doivent pas être des situations abstraites. Ils peuvent et doivent être inspirés du contexte local.
  - *Exercice sur la densité* : "Un chercheur d'or artisanal de la province de l'Ituri trouve une pépite. Elle a une masse de 25 g et un volume de 1,3 cm^3. S'agit-il d'or pur (masse volumique = 19,3 g/cm^3) ou d'un autre métal ?"
  - *Exercice sur la puissance* : "Une pompe à eau électrique, d'une puissance de 1500 W, est utilisée pour remonter l'eau d'un puits de 30 m de profondeur. Si son rendement est de 70%, combien de litres d'eau peut-elle remonter en une heure ?"

3.3. La Gestion Constructive de l'Erreur

L'erreur est une étape normale et même nécessaire de l'apprentissage scientifique. L'enseignant doit dédramatiser l'erreur et l'utiliser comme un outil pédagogique.

- **L'Erreur comme Révélateur d'une Conception Initiale** : Quand un élève affirme qu'un objet lourd tombe plus vite qu'un objet léger, il ne fait pas une "bêtise", il exprime une conception intuitive, forgée par l'expérience de tous les jours (où le frottement de l'air n'est pas négligeable). L'enseignant doit accueillir cette idée, la valoriser ("C'est une observation intéressante, voyons si c'est toujours vrai") puis concevoir l'expérience qui permettra à l'élève de la dépasser.
- **Analyser l'Origine de l'Erreur** : Une erreur de calcul dans un problème peut avoir plusieurs origines : une mauvaise compréhension de l'énoncé, une erreur dans le choix de la formule, une erreur de conversion d'unités, une faute d'algèbre, ou une simple faute de calcul. En aidant l'élève à identifier la source précise de son erreur, l'enseignant lui donne les moyens de ne plus la reproduire.
- **Encourager l'Auto-Correction** : Apprendre aux élèves à avoir un regard critique sur leurs propres résultats est une compétence clé. "Ton calcul te donne une vitesse de 500 m/s pour une personne qui court. Cela te semble-t-il possible ? Comparons avec la vitesse d'un avion." Cette simple question encourage l'élève à développer un sens physique et à vérifier la plausibilité de ses réponses.

En adoptant ces directives, l'enseignant ne se contente pas d'enseigner la physique ; il enseigne à penser comme un physicien. Il fait de sa salle de classe un lieu d'exploration, de questionnement et de découverte, où la science devient une aventure intellectuelle connectée au monde réel.

0.4. L'approche par les situations : un exemple concret CD

L'approche par les situations ou "situation-problème" est une stratégie méthodologique particulièrement puissante en physique. Elle consiste à structurer une leçon ou une séquence d'apprentissage non pas autour d'un concept abstrait, mais autour d'une question concrète et motivante qui sert de fil conducteur. Cette approche place l'élève en position d'acteur et de chercheur, transformant la leçon en une véritable investigation.

Prenons l'exemple, déjà esquissé, de l'introduction au principe d'Archimède, et détaillons les étapes qu'un enseignant pourrait suivre en classe.

4.1. Phase 1 : Le Déclenchement (La Situation d'Accroche)

L'objectif est de créer un étonnement, un conflit cognitif qui suscite la curiosité et le besoin de comprendre. Au lieu d'énoncer abstraitement le principe d'Archimède, l'enseignant peut poser une situation-problème :

Situation-problème : « Nous sommes au bord du lac Kivu à Goma. Nous voyons d'énormes barges en acier, chargées de tonnes de marchandises, qui flottent sans problème. Nous voyons aussi des pêcheurs dans de grandes pirogues taillées dans des troncs d'arbres très denses. Pourtant, si je prends ce simple caillou ou un petit morceau de fer et que je le jette dans l'eau, il coule immédiatement. **Comment une pirogue en bois lourd ou une barge en acier peuvent-elles flotter sur le lac Kivu alors qu'un simple caillou ou un bloc du même acier coule ?** »

L'enseignant peut renforcer cette accroche avec des images, des vidéos, ou un récit vivant. La question est ouverte et fait appel à l'intuition et à l'expérience des élèves.

4.2. Phase 2 : La Formulation des Conceptions Initiales et des Hypothèses

L'enseignant donne la parole aux élèves et les encourage à proposer des explications. Il joue le rôle de modérateur, sans juger de la validité des réponses à ce stade. Toutes les idées sont notées au tableau. On pourrait entendre :

- "C'est parce que la barge est creuse, il y a de l'air dedans."
- "C'est à cause de la forme du bateau."
- "Peut-être que le bois de la pirogue n'est pas si lourd que ça."
- "L'eau pousse les gros objets vers le haut."
- "La barge est très large, ça l'aide à flotter."

Ces conceptions initiales sont précieuses. Elles constituent le point de départ de l'investigation. L'enseignant peut ensuite aider la classe à transformer ces idées en **hypothèses** testables. Par exemple, l'idée "C'est à cause de la forme" devient l'hypothèse : "La capacité d'un objet à flotter ne dépend pas seulement de son matériau, mais aussi de sa forme."

4.3. Phase 3 : L'Investigation et l'Expérimentation

C'est la phase de recherche. L'enseignant propose des expériences simples pour tester les hypothèses émises.

- **Expérience 1 : Tester l'influence de la forme.**
  - **Matériel** : Un bac d'eau, une boule de pâte à modeler (argile).
  - **Protocole** : 1. L'enseignant donne la boule de pâte à modeler à un élève et lui demande de la placer dans l'eau. La boule coule. 2. Il demande ensuite au même élève de reprendre la boule et de la modeler en forme de barque ou de panier creux. 3. L'élève place délicatement sa "barque" en pâte à modeler à la surface de l'eau. Elle flotte.
  - **Observation/Conclusion** : C'est bien le même objet, avec la même masse et fait du même matériau. Seule la forme a changé. L'hypothèse est donc validée : la forme joue un rôle crucial. La conception "seuls les matériaux légers flottent" est invalidée.
- **Expérience 2 : Mettre en évidence la poussée de l'eau.**
  - **Matériel** : Un dynamomètre (peson à ressort), un objet dense (une pierre, un morceau de métal), un bac d'eau.
  - **Protocole** : 1. Accrocher l'objet au dynamomètre et mesurer son poids dans l'air. Noter la valeur P_{air}. 2. Tout en le laissant accroché, plonger complètement l'objet dans l'eau et mesurer la nouvelle valeur indiquée par le dynamomètre. Noter la valeur P_{eau}.
  - **Observation/Conclusion** : Les élèves constatent que P_{eau} est inférieure à P_{air}. L'objet semble "plus léger" dans l'eau. L'enseignant guide le raisonnement : "Puisque le poids de l'objet (l'attraction de la Terre) n'a pas changé, cela signifie qu'une autre force, dirigée vers le haut, aide à le soutenir. Cette force est exercée par l'eau. Nous l'appellerons la **poussée d'Archimède**." La différence $P_{air} - P_{eau}$ est la valeur de cette poussée.

4.4. Phase 4 : La Structuration des Connaissances (Formalisation)

Après l'expérimentation, il est temps de rassembler les découvertes et de les formaliser dans le langage de la physique.