PHySIQUE

CONFORME AU PROGRAMME NATIONAL

2ème Année

EDITION 2025

Options humanités SCIENTIFIQUES

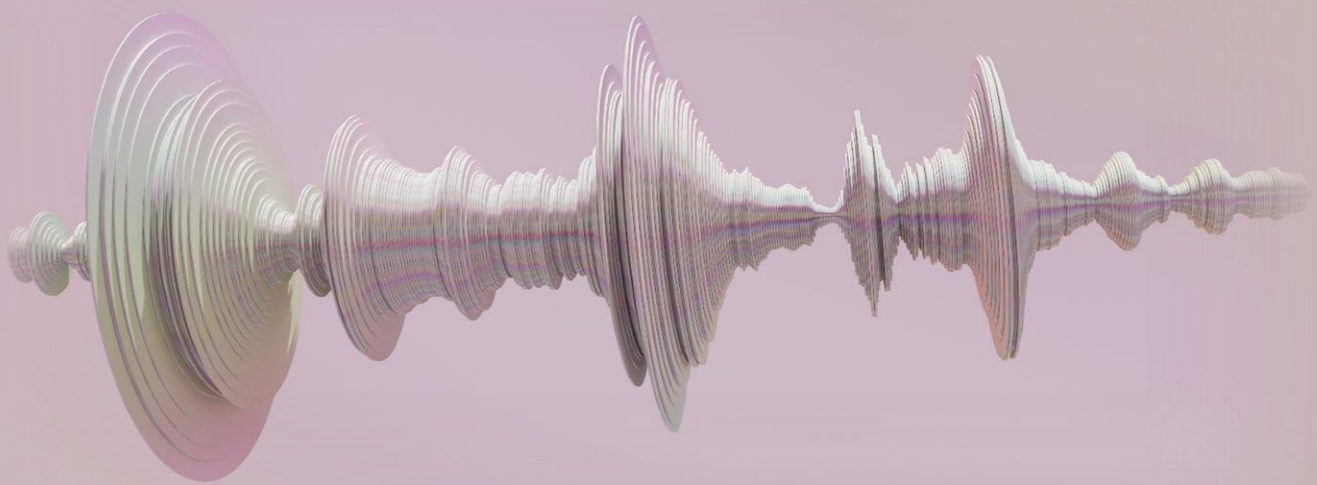


TABLE DES MATIÈRES

PRÉLIMINAIRES **1**

0.1. Note pédagogique à l'attention de l'enseignant 1
- 0.1.1. Finalité de l'approche didactique 1
- 0.1.2. Articulation Théorie-Pratique 1
- 0.1.3. Préparation aux évaluations nationales 1

0.2. Profil d'entrée et prérequis 1
- 0.2.1. Maîtrise des outils mathématiques 1
- 0.2.2. Consolidation des concepts physiques fondamentaux 2

0.3. Compétences visées et profil de sortie 2
- 0.3.1. Maîtrise des Outils Conceptuels et Analytiques 2
- 0.3.2. Développement de la Compétence Expérimentale 2
- 0.3.3. Constitution d'un Profil Scientifique Pré-universitaire 3

0.4. Méthodologie et matériel didactique 3
- 0.4.1. Approche Pédagogique 3
- 0.4.2. Structuration d'une Leçon Type 3
- 0.4.3. Matériel Didactique Requis 4

PARTIE 1. THERMOLOGIE ET DILATATION **5**

a. Chaleur et Agitation Moléculaire 5

b. La Température, une Échelle de Perception 5

c. La Dilatation, Conséquence Physique Directe 5

d. Calorimétrie et Échanges Thermiques 5

CHAPITRE 1. PROPAGATION DE LA CHALEUR ET THERMOMÉTRIE **6**

1.1. Modes de transmission de la chaleur 6
- a. La sagesse du forgeron 6
- A. La Conduction : le contact direct 6
- B. La Convection : le mouvement de la matière 6
- C. Le Rayonnement : l'énergie qui voyage dans le vide 7
- Scénarios et Exercices 7

1.2. Isolation thermique et le Thermos 9
- a. Le défi du chaud et du froid 9
- A. Les principes de l'isolation thermique 9
- B. Anatomie d'une bouteille Thermos (Vase de Dewar) 9

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

FIGURE 1 : RÉF. IMG (0411-2578-5817)..... 10

Coupe transversale d'une bouteille Thermos montrant ses couches isolantes.....10

- a. La double paroi en verre.....10
- b. Le vide d'air.....10
- c. Le revêtement argenté.....10
- d. Le bouchon isolant.....10
- C. SCÉNARIOS ET EXERCICES.....10

1.3. Échelles thermométriques.....12

- a. La quête d'une mesure universelle.....12
- A. L'échelle Celsius (°C) : la référence quotidienne.....12
- B. L'échelle Fahrenheit (°F) : une perspective différente.....12
- C. L'échelle Kelvin (K) : la référence scientifique.....13

FIGURE 2 : RÉF. IMG ()..... 15

Comparaison visuelle des trois échelles thermométriques : Celsius, Fahrenheit.....15

- a. Points de référence.....15
- b. L'échelle Celsius.....15
- c. La perspective Fahrenheit.....15
- d. Le zéro absolu.....15
- D. Formules de conversion.....15

1.4. Thermomètres usuels : Mercure et Médical.....17

- a. Le mercure, un messager de la fièvre.....17
- A. Le principe du thermomètre à mercure.....18
- B. Spécificités du thermomètre médical.....18

FIGURE 3 : RÉF. IMG ()..... 20

Anatomie détaillée d'un thermomètre médical à étranglement de Galilée.....20

- a. Le réservoir (bulbe).....20
- b. L'étranglement (ou striction).....20
- c. Le tube capillaire prismatique.....20
- d. L'échelle graduée restreinte.....20
- a. Anecdote : La précision du vieux "papa infirmier" de Mbandaka.....20

1.5. Équilibre thermique et principe zéro de la thermodynamique.....22

- a. Le sens du chaud et du froid.....22
- A. Définition de l'équilibre thermique.....22
- B. Le principe zéro, fondement de la mesure.....23

FIGURE 4 : RÉF. IMG (6130-7729-0556)..... 24

Un thermomètre mesurant deux liquides séparés à la même température finale.....24

- a. Le système de référence (C).....24

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- b. Première mesure (A et C)....24
- c. Seconde mesure (B et C)....24
- d. La conclusion du principe zéro....24
- C. Scénarios et Exercices....24

1.6. Applications technologiques de la transmission de chaleur (radiateurs, d....26

- a. Le problème de la chaleur indésirable....26
- A. Le principe du dissipateur thermique....26

FIGURE 5 : RÉF. IMG (0052-8816-7472)....27

Schéma d'un dissipateur thermique sur un processeur d'ordinateur....27

- a. La zone de contact....27
- b. La conduction dans les ailettes....27
- c. L'augmentation de la surface d'échange....27
- d. L'évacuation par l'air....27
- B. Le radiateur : un échangeur de chaleur optimisé....27

FIGURE 6 : RÉF. IMG ()....30

Fonctionnement d'un radiateur de voiture avec son circuit de refroidissement....30

- a. L'arrivée du fluide chaud....30
- b. La circulation dans le faisceau....30
- c. Le rôle crucial des ailettes....30
- d. Le retour du fluide refroidi....30
- b. Scénarios et Exercices....30

CHAPITRE 2. DILATATION THERMIQUE DES SOLIDES ET DES LIQUIDES....33

2.1. Dilatation linéaire des solides....33

- a. Une sagesse de grand-mère ?....33
- A. Observation et définition....33

FIGURE 7 : RÉF. IMG ()....35

Schéma illustrant la dilatation linéaire d'une tige métallique chauffée....35

- a. État initial....35
- b. Apport de chaleur....35
- c. État final....35
- d. Le principe physique....35
- B. Loi de la dilatation linéaire....35

FIGURE 8 : RÉF. IMG ()....38

Tableau des coefficients de dilatation linéaire pour divers matériaux courants....38

- a. Lecture du tableau....38

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- b. Interprétation des valeurs.....38
- c. Utilisation pratique.....38
- d. Importance du matériau.....38
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....38

2.2. Dilatation superficielle et cubique des solides.....41
- a. L'expansion au-delà de la ligne droite.....41
- A. Dilatation superficielle.....41

FIGURE 9 : RÉF. IMG ().....43

Schéma de la dilatation superficielle d'une plaque métallique carrée chauffée.....43
- a. État initial.....43
- b. Apport de chaleur.....43
- c. État final.....43
- d. Le coefficient en action.....43
- B. Dilatation cubique (ou volumique).....43

FIGURE 10 : RÉF. IMG ().....46

Visualisation de la dilatation cubique d'un dé en cuivre chauffé.....46
- a. Analyse du volume initial.....46
- b. Processus d'expansion tridimensionnelle.....46
- c. Visualisation du volume final.....46
- d. Le rôle du coefficient.....46
- b. Scénarios et Exercices.....46

2.3. Dilatation des liquides : Apparente et Absolue.....48
- a. L'observation trompeuse.....48
- A. La dilatation apparente ().....48

FIGURE 11 : RÉF. IMG ().....51

Schéma de la dilatation apparente d'un liquide dans un récipient.....51
- a. État initial.....51
- b. Phénomène de chauffe.....51
- c. État final observé.....51
- d. La part cachée.....51
- B. La dilatation absolue ou réelle ().....51

FIGURE 12 : RÉF. IMG ().....54

Comparaison entre dilatation apparente, réelle et du récipient.....54
- a. La dilatation du récipient ().....54
- b. La dilatation apparente ().....54
- c. La dilatation réelle ().....54

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- d. La formule clé en coefficients.....54
- Anecdote du grand-père et du thermomètre.....54
- Scénarios et Exercices.....55

2.4. Dilatation anormale de l'eau.....56
- a. Un paradoxe naturel.....56
- A. Le mécanisme entre 0 °C et 4 °C.....56
- B. Conséquence sur la masse volumique.....57

2.5. Contraintes thermiques et forces de dilatation.....59
- a. Quand la chaleur empêchée se transforme en force.....59
- A. Définition de la contrainte thermique (σ).....59
- B. Expression de la force de dilatation (F).....59

2.6. Le bimétal et ses applications (thermostats).....61
- a. Le paradoxe de l'union des métaux.....61
- A. Le principe de la lame bimétallique.....62

FIGURE 13 : RÉF. IMG ().....64

Schéma d'une lame bimétallique sous l'effet de la chaleur.....64
- a. État initial (froid).....64
- b. Effet de la chaleur (chaud).....64
- c. Analyse de la courbure.....64
- d. Application : l'interrupteur.....64
- B. Application : Le thermostat.....64

CHAPITRE 3. DILATATION DES GAZ ET LOIS DES GAZ PARFAITS.....67

3.1. Loi de Boyle-Mariotte (Température constante).....67
- a. L'intuition et l'expérience.....67
- A. Énoncé de la loi.....67
- B. Formulation mathématique.....67

FIGURE 14 : RÉF. IMG (9748-2242-9491).....69

Relation inverse entre pression et volume d'un gaz à température constante.....69
- a. L'état initial.....69
- b. Le processus de compression.....69
- c. L'état final.....69
- d. La condition isotherme.....69
- C. Scénarios et Exercices.....69

3.2. Loi de Gay-Lussac (Pression constante).....71
- a. L'intuition du ballon à air chaud.....71
- A. Énoncé mathématique de la loi.....72
- B. Représentation graphique.....72

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

FIGURE 15 : RÉF. IMG () **74**

Représentation graphique de la loi de Gay-Lussac (transformation isobare) 74

- a. L'axe des volumes (ordonnée) 74
- b. L'axe des températures (abscisse) 74
- c. La droite isobare 74
- d. Extrapolation vers le zéro absolu 74
- C. Interprétation physique 74

3.3. Loi de Charles (Volume constant) 76

- a. Le danger d'un récipient scellé au soleil 76
- A. Énoncé et formulation mathématique 76
- B. Représentation graphique : l'isochore 77

3.4. Équation d'état des gaz parfaits 79

- a. Le lien manquant 79
- A. Synthèse des lois des gaz 79
- B. Formulation de l'équation d'état 79

3.5. Théorie cinétique des gaz : Interprétation microscopique 82

- a. Du vide "horrible" à l'agitation des particules 82
- A. Les postulats du modèle 82
- B. L'origine microscopique de la Pression et de la Température 82

PARTIE 2. CALORIMÉTRIE ET CHANGEMENTS D'ÉTAT **85**

De la sensation à la mesure 85

L'art d'isoler pour quantifier 85

Les paliers de la transformation 85

Des machines à vapeur au climat du Kwilu 85

CHAPITRE 4. PRINCIPES FONDAMENTAUX DE LA CALORIMÉTRIE **86**

4.1. Sources de chaleur et Quantité de chaleur 86

- a. L'évidence thermique 86
- A. Les sources de chaleur : Origines de l'énergie thermique 86
- B. La Quantité de chaleur () : Définition et Calcul 87

FIGURE 16 : RÉF. IMG (0795-0855-2784) **88**

Expérience de chauffage de l'eau pour illustrer la chaleur massique 88

- a. Le Dispositif 88
- b. L'Observation Initiale 88
- c. L'Apport de Chaleur 88
- d. La Notion de Capacité 88
- C. Scénarios et Exercices 88

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

4.2. Capacité calorifique et Chaleur massique....90
- a. L'inertie face à la chaleur....90
- A. La capacité calorifique (C) : L'identité thermique de l'objet....90
- B. La chaleur massique (c) : L'ADN thermique de la matière....91

FIGURE 17 : RÉF. IMG (2855-6591-1628)....92

Comparaison de l'échauffement de deux matériaux différents sous une même flamme....92
- a. L'expérience visuelle....92
- b. Observation du cuivre....92
- c. Observation du bois....92
- d. Le concept clé....92
- Une histoire de cuisson à Uvira....92

4.3. Principe des échanges thermiques....94
- a. Une évidence trompeuse....94
- A. L'équation fondamentale des échanges....94
- B. Le calorimètre, notre laboratoire isolé....95

4.4. Principe des transformations inverses....97
- a. Le secret de la glace fondue....97
- A. Énoncé du principe....97
- B. Chaleur latente : l'énergie du changement....98

FIGURE 18 : RÉF. IMG ()....100

Diagramme des changements d'état et des transferts d'énergie associés....100
- a. Analyse visuelle....100
- b. Processus endothermiques....100
- c. Processus exothermiques....100
- d. Le bilan énergétique....100

FIGURE 19 : RÉF. IMG ()....102

Courbe de chauffe de l'eau pure à pression atmosphérique normale....102
- a. Lecture du graphique....102
- b. Le palier de fusion....102
- c. Le palier de vaporisation....102
- d. Le chemin inverse....102
- b. Anecdotes, scénarios et exercices....102

4.5. Équivalent mécanique de la chaleur : Expérience de Joule....104
- a. De l'observation à la quantification....104
- A. Le dispositif expérimental de Joule....104

FIGURE 20 : RÉF. IMG (7967-0854-4541)....105

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

Schéma du dispositif de l'expérience de Joule avec masses et palettes.....105
- a. Le calorimètre isolé.....105
- b. Le système de poulies et de masses.....105
- c. L'agitateur à palettes.....105
- d. Le thermomètre de précision.....105
- B. L'équivalence Travail-Chaleur.....105

CHAPITRE 5. MESURES CALORIMÉTRIQUES.....109

5.1. Description du Calorimètre à eau.....109
- a. Le principe d'isolement.....109
- A. Constitution du calorimètre de Berthelot.....109
- B. Principe de fonctionnement.....110

5.2. La valeur en eau du calorimètre.....112
- a. Le passager clandestin de la chaleur.....112
- A. Définition et Capacité Thermique.....112

FIGURE 21 : RÉF. IMG ().....114

Schéma détaillé d'un calorimètre de Berthelot avec ses accessoires.....114
- a. L'enceinte externe.....114
- b. Le vase calorimétrique (ou vase intérieur).....114
- c. L'agitateur et le couvercle.....114
- d. Le thermomètre.....114
- B. Détermination par la méthode des mélanges.....114

FIGURE 22 : RÉF. IMG ().....117

Flux de chaleur lors de la méthode des mélanges dans un calorimètre.....117
- a. Flux cédé.....117
- b. Flux absorbé par l'eau froide.....117
- c. Flux absorbé par le calorimètre.....117
- d. L'équilibre thermique final.....117
- L'anecdote de la bouillie de Mbandaka.....117

5.3. Établissement de l'équation calorimétrique.....120
- a. L'intuition et la rigueur.....120
- A. Principe de Conservation de l'Énergie Thermique.....120
- B. Formulation de l'Équation Calorimétrique.....121

FIGURE 23 : RÉF. IMG ().....123

Schéma d'un calorimètre illustrant le principe des échanges de chaleur.....123
- a. Le système isolé.....123
- b. Les corps en interaction.....123

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- c. L'échange thermique.....123
- d. L'équilibre final.....123
- C. Scénarios et Exercices.....123

5.4. Détermination expérimentale de la chaleur massique.....125
- a. Le principe des échanges thermiques.....125
- A. La méthode des mélanges.....125

FIGURE 24 : RÉF. IMG (6259-1078-3473).....127

Schéma d'un calorimètre pour la méthode des mélanges.....127
- a. L'enceinte isolante.....127
- b. Les composants internes.....127
- c. Le corps d'épreuve.....127
- d. L'objectif expérimental.....127
- B. Prise en compte du calorimètre.....127
- C. Scénarios et Exercices.....128

5.5. Sources d'erreurs et correction des pertes thermiques.....130
- a. Le défi de la mesure parfaite.....130
- A. Identification des sources d'erreurs.....131
- B. La méthode graphique de correction (Méthode de Regnault).....131

FIGURE 25 : RÉF. IMG ().....133

Schéma de la correction graphique de Regnault pour les pertes thermiques.....133
- a. Analyse de la courbe.....133
- b. La phase de pré-équilibrage (avant le mélange).....133
- c. La phase de post-équilibrage (après le mélange).....133
- d. L'extrapolation cruciale.....133
- b. La chasse aux joules perdus.....133

5.6. Mesure de la chaleur de combustion : la bombe calorimétrique.....136
- a. L'enjeu de la mesure énergétique.....136
- A. Principe de fonctionnement à volume constant.....136

FIGURE 26 : RÉF. IMG ().....139

Schéma de principe d'une bombe calorimétrique et de ses composants essentiels.....139
- a. La bombe interne (réacteur).....139
- b. Le calorimètre externe (bain d'eau).....139
- c. Le système d'ignition et de mesure.....139
- d. L'isolation thermique.....139
- B. Détermination de la chaleur de combustion.....139

CHAPITRE 6. THERMODYNAMIQUE DES CHANGEMENTS D'ÉTAT.....142

6.1. Les états de la matière et transitions....142
- a. Une question de cohésion....142
- A. Les trois états fondamentaux....142

FIGURE 27 : RÉF. IMG (1057-5674-6963)....143

Arrangement moléculaire des trois états de la matière....143
- a. Le solide : un cristal ordonné....143
- b. Le liquide : un désordre mobile....143
- c. Le gaz : une liberté totale....143
- d. Le rôle de l'énergie thermique....143
- B. Les transitions de phase : un ballet énergétique....143

6.2. Lois de la fusion et de la solidification....145
- a. L'énigme du glaçon persistant....145
- A. La Température Constante (Première Loi)....146

FIGURE 28 : RÉF. IMG ()....148

Courbe de fusion de la glace montrant le palier de température....148
- a. Palier de température....148
- b. Phase solide....148
- c. Phase liquide....148
- d. Le principe de la solidification....148
- B. La Chaleur Latente de Fusion (Deuxième Loi)....148
- C. Scénarios et Exercices....149

6.3. Vaporisation : Ébullition et Évaporation....151
- a. Le paradoxe de la flaque d'eau....151
- A. L'Évaporation : une fuite moléculaire en surface....151
- B. L'Ébullition : une vaporisation massive et interne....151

FIGURE 29 : RÉF. IMG ()....153

Comparaison schématique entre l'évaporation de surface et l'ébullition volumique....153
- a. Zone d'action....153
- b. Agitation thermique....153
- c. Manifestation visible....153
- d. Condition de température....153
- SCÉNARIOS ET EXERCICES....153

6.4. Chaleur latente de changement d'état....155
- a. L'énergie cachée dans la matière....155
- A. Définition et Formule....155
- B. Les différents types de chaleur latente....156

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

FIGURE 30 : RÉF. IMG (0118-7599-4121) **157**

Graphique de la température de l'eau en fonction de la chaleur fournie 157

- a. Analyse des paliers 157
- b. Premier palier : la fusion 157
- c. Second palier : la vaporisation 157
- d. Les pentes 157
- C. SCÉNARIOS ET EXERCICES 157

6.5. Influence de la pression sur les températures de changement d'état 159

- a. Le paradoxe de l'alpiniste 159
- A. Le principe de l'équilibre thermodynamique 159
- B. L'anomalie de l'eau : une exception vitale 160

FIGURE 31 : RÉF. IMG () **162**

Diagramme de phase de l'eau : pression contre température 162

- a. Analyse des axes 162
- b. Les trois phases 162
- c. Les courbes d'équilibre 162
- d. Le point triple 162
- b. Le secret de l'autocuiseur de Mama Hélène 162

6.6. Le diagramme de phase de l'eau (point triple, point critique) 164

- a. Une carte pour gouverner l'eau 164
- A. Anatomie du diagramme Pression-Température (P-T) de l'eau 164

FIGURE 32 : RÉF. IMG () **167**

Diagramme de phase Pression-Température (P-T) pour l'eau pure 167

- a. Les trois territoires de l'eau 167
- b. Les frontières d'équilibre 167
- c. Le Point Triple (T) 167
- d. Le Point Critique (C) 167
- B. Points remarquables : le Triple et le Critique 167

PARTIE 3. OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE **170**

a. Le postulat du rayon lumineux 170

b. Réflexion et réfraction : les deux lois du jeu 170

c. Un modèle purement géométrique 170

d. L'optique au quotidien, du Kwilu au Kongo Central 170

CHAPITRE 7. PROPAGATION RECTILIGNE ET RÉFLEXION DE LA LUMIÈRE **171**

7.1. Sources, propagation et vitesse 171

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- a. L'héritage de la lumière.....171
- A. Les sources de lumière.....171
- B. Propagation et vitesse de la lumière.....171

FIGURE 33 : RÉF. IMG ().....174

Schéma illustrant la propagation rectiligne et les sources lumineuses.....174

- a. Analyse de l'illustration.....174
- b. Le modèle du rayon lumineux.....174
- c. La formation de l'ombre portée.....174
- d. Source primaire et objet diffusant.....174
- Scénarios et Exercices.....174
- Une anecdote de Kananga.....174

7.2. Ombres, Pénombres et Éclipses.....176

- a. L'ombre, une peur ancestrale.....176
- A. Source Ponctuelle : L'Ombre Nette.....176
- B. Source Étendue : Apparition de la Pénombre.....176

FIGURE 34 : RÉF. IMG ().....179

Formation de l'ombre et de la pénombre par une source étendue.....179

- a. La source lumineuse étendue (S).....179
- b. L'objet opaque (O).....179
- c. La zone d'ombre portée (Umbra).....179
- d. La zone de pénombre (Penumbra).....179
- C. L'Éclipse : Une Application Astronomique.....179

7.3. Lois de la réflexion et Miroirs plans.....181

- a. Le reflet du mythe.....181
- A. Les deux lois de la réflexion (Lois de Snell-Descartes).....182
- B. Propriétés de l'image dans un miroir plan.....182

7.4. Miroirs sphériques (concaves et convexes).....184

- a. Une question de courbure.....184
- A. Définitions et éléments caractéristiques.....184

FIGURE 35 : RÉF. IMG ().....186

Schéma d'un miroir concave avec ses éléments caractéristiques.....186

- a. Analyse du miroir concave.....186
- b. Les points cardinaux.....186
- c. Un miroir convergent.....186
- d. Distance focale positive.....186
- B. Marche des rayons lumineux remarquables.....186

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

FIGURE 36 : RÉF. IMG ()..... 189

Marche des rayons pour un miroir convexe montrant leur divergence..... 189

- a. Analyse du miroir convexe..... 189
- b. Un foyer virtuel..... 189
- c. Un miroir divergent..... 189
- d. Image toujours virtuelle..... 189
- Scénarios et Exercices..... 189
- L'anecdote du rétroviseur de wewa..... 189

7.5. Principe de Fermat et retour inverse de la lumière..... 191

- a. Le chemin le plus rapide, pas le plus court..... 191
- A. Le principe de moindre temps (Principe de Fermat)..... 191
- B. Le principe du retour inverse de la lumière..... 192

CHAPITRE 8. RÉFRACTION ET DISPERSION DE LA LUMIÈRE..... 194

8.1. Lois de la Réfraction et Indice de réfraction..... 194

- a. L'illusion du bâton brisé..... 194
- A. Définition et Vocabulaire de la Réfraction..... 194

FIGURE 37 : RÉF. IMG ()..... 196

Schéma de la réfraction de la lumière à l'interface air-eau..... 196

- a. Identification des milieux..... 196
- b. Description des rayons lumineux..... 196
- c. Le rôle de la normale..... 196
- d. Angles d'incidence et de réfraction..... 196
- B. Les Lois de Snell-Descartes..... 196
- C. L'Indice de Réfraction ()..... 197

8.2. Réflexion totale et Fibres optiques..... 199

- a. La lumière piégée..... 199
- A. Les conditions de la réflexion totale..... 199
- B. L'angle limite de réfraction ()..... 200
- C. Application : la fibre optique..... 200

8.3. Le Prisme et la Dispersion..... 202

- a. Le secret de l'arc-en-ciel..... 202
- A. Lois et formules du prisme..... 202
- B. Le phénomène de la dispersion..... 203

8.4. L'Arc-en-ciel et les Mirages..... 205

- a. L'illusion d'optique parfaite..... 205
- A. L'arc-en-ciel : la décomposition de la lumière solaire..... 206

FIGURE 38 : RÉF. IMG ()..... 208

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

Schéma de la réfraction et réflexion dans une goutte d'eau....208
- a. L'entrée du rayon solaire....208
- b. La dispersion des couleurs....208
- c. La réflexion interne totale....208
- d. La sortie du faisceau coloré....208
- B. Le mirage : la déviation par l'air chaud....208
- C. Scénarios et Exercices....209

8.5. Lames à faces parallèles et applications....210
- a. L'illusion du fond de la rivière....210
- A. Définition et marche d'un rayon lumineux....211

FIGURE 39 : RÉF. IMG ()....213

Trajectoire d'un rayon lumineux traversant une lame à faces parallèles....213
- a. Le rayon incident....213
- b. La première réfraction....213
- c. La seconde réfraction....213
- d. Le déplacement latéral....213
- B. Formule du déplacement latéral....213
- C. Applications courantes....214

CHAPITRE 9. LENTILLES ET INSTRUMENTS D'OPTIQUE....217

9.1. Classification des lentilles minces....217
- a. Le secret du cristal de roche....217
- A. Lentilles à bords minces (Convergentes)....217

FIGURE 40 : RÉF. IMG ()....219

Formes et action des trois types de lentilles minces convergentes....219
- a. Analyse géométrique....219
- b. Comportement des rayons....219
- c. La lentille biconvexe....219
- d. Le ménisque convergent....219
- B. Lentilles à bords épais (Divergentes)....219

FIGURE 41 : RÉF. IMG (7526-1681-6294)....221

Formes et action des trois types de lentilles minces divergentes....221
- a. Analyse géométrique....221
- b. Comportement des rayons....221
- c. La lentille biconcave....221
- d. Le ménisque divergent....221
- C. Scénarios et Exercices....221

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

9.2. Formules de conjugaison et Grandissement....223
- a. L'œil, une lentille naturelle....223
- A. La relation de conjugaison (Formule de Descartes)....223

FIGURE 42 : RÉF. IMG ()....226

Schéma de la convention de signe pour une lentille convergente....226
- a. L'axe orienté....226
- b. L'origine O....226
- c. Positions algébriques....226
- d. Application de la formule....226
- B. Le grandissement transversal (γ)....226

FIGURE 43 : RÉF. IMG ()....229

Comparaison entre une image réelle inversée et une image virtuelle droite....229
- a. Image réelle inversée....229
- b. Le signe de gamma négatif....229
- c. Image virtuelle droite....229
- d. Le signe de gamma positif....229
- C. Scénarios et Exercices....229

9.3. L'Œil humain et ses défauts....231
- a. L'œil, une merveille biologique....231
- A. Anatomie optique et fonctionnement de l'œil normal (emmétrope)....232
- B. Les défauts de l'œil (amétropies) et leurs corrections....232

FIGURE 44 : RÉF. IMG ()....235

Correction optique des défauts de l'œil : myopie et hypermétropie....235
- a. Oeil normal (Emmétrope)....235
- b. Oeil myope et sa correction....235
- c. Oeil hypermétrope et sa correction....235
- d. Le principe de correction....235
- SCÉNARIOS ET EXERCICES....235

9.4. Instruments d'optique : Loupe et Microscope....237
- a. Introduction à l'agrandissement....237
- A. La Loupe (Microscope simple)....238
- B. Le Microscope Composé....238

FIGURE 45 : RÉF. IMG ()....240

Trajet des rayons lumineux dans un microscope composé à deux lentilles....240
- a. L'objectif et l'objet....240
- b. L'image intermédiaire....240

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- c. L'oculaire en mode loupe....240
- d. L'image finale virtuelle....240
- b. Scénarios et Exercices....240

9.5. Le télescope et la lunette astronomique....242
- a. Une fenêtre sur l'infini....242
- A. La lunette astronomique (ou réfracteur)....242
- B. Le télescope (ou réflecteur)....243

FIGURE 46 : RÉF. IMG ()....245

Schéma comparatif d'une lunette astronomique et d'un télescope de Newton....245
- a. Identification des composants clés....245
- b. Trajet optique distinct....245
- c. Position de l'œil....245
- d. L'image finale....245
- C. Scénarios et Exercices....245

9.6. L'appareil photographique : du sténopé à l'objectif moderne....247
- a. La chambre noire originelle....247
- A. Le sténopé : une capture brute de la lumière....247

FIGURE 47 : RÉF. IMG ()....249

Formation d'une image inversée par un sténopé ou chambre noire....249
- a. L'objet observé....249
- b. La propagation rectiligne....249
- c. Le trou du sténopé (O)....249
- d. L'image projetée (A'B')....249
- B. La lentille convergente : la révolution de la netteté et de la lumière....249

ANNEXES....253

A.1. Constantes physiques et Tables de référence....253
- A. Constantes Physiques Universelles....253
- B. Constantes Physico-Chimiques Courantes....253
- C. Données Astronomiques et Géophysiques....254
- D. Propriétés de quelques matériaux (à 20°C et 1 atm, sauf indication)....254
- E. Préfixes du Système International (SI) et Conversions....255

A.2. Guide des Travaux Pratiques (TP)....256
- A. Sécurité et Bonnes Pratiques au Laboratoire....256
- B. Méthodologie Expérimentale....257
- C. Mesures, Incertitudes et Chiffres Significatifs....257
- D. Analyse et Présentation des Données....259

A.3. Sécurité au laboratoire....260

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- A. Principes Fondamentaux de Conduite.....260
- B. Équipement de Protection Individuelle (EPI).....260
- C. Manipulation et Stockage des Produits Chimiques.....261
- D. Identification des Dangers : Système Général Harmonisé (SGH/GHS).....262
- E. Verrerie et Appareils.....262
- F. Procédures d'Urgence.....262

A.4. Biographies succinctes des physiciens.....263

- A. Isaac Newton (1643-1727).....263
- B. James Clerk Maxwell (1831-1879).....264
- C. Max Planck (1858-1947).....265
- D. Albert Einstein (1879-1955).....266

PRÉLIMINAIRES

0.1. Note pédagogique à l'attention de l'enseignant

0.1.1. Finalité de l'approche didactique

La démarche pédagogique de cet ouvrage favorise le développement du raisonnement hypothético-déductif. L'objectif est de dépasser la simple mémorisation des formules pour ancrer une véritable culture scientifique. Chaque concept est introduit par l'observation d'un phénomène, suivi de sa modélisation mathématique, puis de la vérification expérimentale ou de la résolution de problèmes. Cette méthode en trois temps structure la pensée de l'élève et renforce sa capacité d'analyse.

0.1.2. Articulation Théorie-Pratique

Chaque chapitre articule systématiquement les concepts théoriques et leurs applications pratiques. Une attention particulière est portée à la modélisation de situations concrètes, souvent inspirées du quotidien de l'élève. Les exercices proposés ne sont pas de simples applications numériques. Ils exigent une traduction du réel en langage physique avant toute résolution mathématique. L'enseignant dispose ainsi d'un outil pour faire du laboratoire de physique un prolongement direct de la salle de classe.

0.1.3. Préparation aux évaluations nationales

La structuration des leçons et la typologie des exercices sont alignées sur les compétences évaluées lors des épreuves nationales. L'enseignant trouvera ici un support pour entraîner rigoureusement les élèves à la résolution de problèmes complexes, compétence clé de l'Examen d'État. La progressivité de la difficulté des scénarios permet une préparation méthodique et efficace, de l'assimilation des lois fondamentales à leur mobilisation dans des contextes inédits.

0.2. Profil d'entrée et prérequis

0.2.1. Maîtrise des outils mathématiques

Une maîtrise fonctionnelle des outils algébriques est attendue. Cela inclut la manipulation d'équations littérales, l'isolation de variables et la résolution de systèmes d'équations du premier degré. La compétence à traduire une

situation physique en une relation mathématique est un indicateur clé de préparation.

Parallèlement, la familiarité avec le calcul vectoriel est essentielle pour aborder la mécanique. L'élève doit pouvoir décomposer un vecteur selon des axes orthogonaux, effectuer des sommes vectorielles graphiquement et analytiquement. L'application des fonctions trigonométriques de base (sinus, cosinus, tangente) dans le contexte géométrique du triangle rectangle est également un prérequis fondamental.

0.2.2. Consolidation des concepts physiques fondamentaux

Sur le plan conceptuel, le programme de deuxième année s'appuie sur les acquis de la classe précédente. Une compréhension qualitative et quantitative des principes de la cinématique du point est nécessaire. Les notions de référentiel, de trajectoire, de vitesse et d'accélération doivent être mobilisables.

Enfin, une compréhension des principes de la dynamique newtonienne constitue la base de plusieurs chapitres. La distinction claire entre masse et poids, ainsi que la capacité à identifier et à schématiser les forces agissant sur un système isolé, sont des compétences supposées acquises. La rigueur dans l'utilisation du Système International d'unités (SI) est un automatisme à vérifier dès les premières séances.

0.3. Compétences visées et profil de sortie

0.3.1. Maîtrise des Outils Conceptuels et Analytiques

La maîtrise des concepts physiques fondamentaux représente le premier axe de compétence. L'élève apprend à modéliser une situation réelle par un schéma physique pertinent. Il applique les lois et principes pour en déduire des grandeurs quantifiables. L'utilisation rigoureuse de l'outil mathématique devient un automatisme pour la résolution de problèmes complexes, des circuits de l'Équateur aux plans inclinés du Kasaï. La capacité à structurer un raisonnement logique et à le communiquer de manière claire est une attente centrale de ce programme.

0.3.2. Développement de la Compétence Expérimentale

Parallèlement au raisonnement théorique, la compétence expérimentale est consolidée. L'élève exécute un protocole expérimental en autonomie. Il réalise des mesures précises et évalue les incertitudes associées, que ce soit en

optique à Lubumbashi ou en mécanique à Matadi. Une part essentielle de cette compétence réside dans l'analyse critique des résultats. L'élève apprend à confronter ses données expérimentales au modèle théorique, à identifier les écarts et à en proposer des interprétations physiques cohérentes.

0.3.3. Constitution d'un Profil Scientifique Pré-universitaire

Finalement, le profil de sortie de l'élève de deuxième année scientifique est celui d'un futur initié aux sciences supérieures. Il articule de manière autonome la démarche hypothético-déductive. Sa compréhension des phénomènes physiques lui permet d'aborder avec succès les épreuves certificatives (EXETAT) et d'envisager une orientation vers les filières universitaires scientifiques ou techniques. Il possède une culture scientifique suffisante pour décrypter les enjeux technologiques du monde contemporain.

0.4. Méthodologie et matériel didactique

0.4.1. Approche Pédagogique

La démarche pédagogique préconisée est active et inductive. Chaque notion théorique doit découler d'une observation, d'une expérience simple ou d'un questionnement sur un phénomène physique. L'enseignant guide les élèves à travers le raisonnement hypothético-déductif. Cette méthode part d'un problème concret, pousse à la formulation d'hypothèses, puis les vérifie par l'expérimentation ou le calcul. L'objectif final est la construction par l'élève de son propre savoir, rendant l'apprentissage de la physique durable et significatif. La mémorisation brute est ainsi subordonnée à la compréhension profonde des principes.

0.4.2. Structuration d'une Leçon Type

Chaque chapitre s'articule autour d'une progression logique. L'introduction ancre le sujet dans une réalité observable, parfois à travers une anecdote locale (par exemple, la vitesse du courant du fleuve Congo à Matadi pour introduire la dynamique des fluides). Suit le développement théorique, rigoureux et soutenu par des formules mathématiques explicitées. Viennent ensuite les exercices d'application directe, puis des problèmes de synthèse plus complexes. Cette structure vise à consolider les acquis de manière progressive, préparant efficacement l'élève aux évaluations certificatives comme l'EXETAT.

0.4.3. Matériel Didactique Requis

La physique est une science expérimentale. Son enseignement exige un minimum de matériel. Au-delà du tableau et de la craie, l'enseignant est encouragé à utiliser des objets du quotidien pour illustrer les concepts. * **Mécanique** : un simple pendule, des plans inclinés, des chariots à faible friction. * **Optique** : des sources lumineuses (bougies, lampes de poche), des prismes, des miroirs et des lentilles simples. * **Électricité** : des piles (de préférence celles produites à Lubumbashi), des ampoules, des interrupteurs et des fils conducteurs. Ce matériel, même rudimentaire, est essentiel pour transformer les concepts abstraits en réalités tangibles.

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

Partie 1. THERMOLOGIE ET DILATATION

a. Chaleur et Agitation Moléculaire

L'énergie thermique n'est pas une substance invisible qui s'écoule. Toute matière, du sol aride du Kasaï à l'eau du fleuve Congo, est composée de particules en agitation perpétuelle. La chaleur est la manifestation de cette danse microscopique. Plus les atomes et les molécules vibrent et se déplacent rapidement, plus le corps est perçu comme chaud. La thermologie étudie cette énergie cinétique à l'échelle macroscopique.

b. La Température, une Échelle de Perception

Souvent, chaleur et température sont confondues. La température, elle, quantifie le degré d'agitation moyen des particules. C'est une grandeur repérable, une échelle objective qui dépasse la simple sensation de "chaud" ou de "froid". Que ce soit pour un diagnostic médical à Mbandaka ou pour le contrôle d'un processus industriel, la mesure précise de la température est indispensable. Elle définit l'état thermique d'un système.

c. La Dilatation, Conséquence Physique Directe

Physiquement, une augmentation d'agitation moléculaire a des conséquences visibles. Les corps, qu'ils soient solides, liquides ou gazeux, tendent à occuper un volume plus grand lorsqu'ils sont chauffés. Ce phénomène est la dilatation. Des rails de train qui se déforment sous le soleil de la Province Orientale aux ponts métalliques dont la longueur varie, la dilatation est une réalité technique à maîtriser impérativement.

d. Calorimétrie et Échanges Thermiques

Au-delà de l'observation, la physique cherche à quantifier. La calorimétrie est la branche de la thermologie qui mesure les quantités de chaleur échangées lors d'un processus. Savoir quelle énergie est nécessaire pour faire bouillir l'eau ou pour faire fondre un métal relève de ses principes. La maîtrise de ces calculs est au cœur de la conception des moteurs, des réfrigérateurs ou des isolants thermiques.

Chapitre 1. Propagation de la chaleur et Thermométrie

1.1. Modes de transmission de la chaleur

a. La sagesse du forgeron

Pendant des siècles, nos ancêtres forgerons du Kasaï ou du Kongo Central maîtrisaient le feu sans connaître les équations de la thermodynamique. Ils savaient instinctivement qu'un métal rougi à blanc transmettait sa chaleur de plusieurs manières : en touchant un autre objet, en chauffant l'air ambiant et même en rayonnant à distance, comme le soleil qui nous chauffe depuis des millions de kilomètres.

Cette sagesse pratique est la porte d'entrée de notre étude. La chaleur, cette énergie en transit, ne se déplace jamais au hasard. Elle obéit à des lois précises et utilise trois canaux de transmission distincts. Comprendre ces mécanismes est fondamental pour maîtriser les phénomènes thermiques, de la cuisson du *fufu* à la conception d'un moteur.

A. La Conduction : le contact direct

Directement, la conduction thermique décrit le transfert de chaleur de proche en proche au sein d'un même corps, ou entre deux corps en contact. Ce mode de transmission est prédominant dans les solides. L'agitation thermique des atomes et des électrons se propage sans qu'il y ait de déplacement global de matière.

Une tige métallique plongée dans de l'eau bouillante illustre parfaitement ce phénomène. La chaleur se propage de l'extrémité chaude vers l'extrémité froide. Les métaux (cuivre, aluminium, fer) sont d'excellents conducteurs thermiques. À l'inverse, des matériaux comme le bois, le plastique ou l'air sont des isolants thermiques. Ils conduisent mal la chaleur.

B. La Convection : le mouvement de la matière

Contrairement à la conduction, la convection implique un déplacement de matière. Ce mode de transmission est caractéristique des fluides (liquides et gaz). Lorsqu'une partie d'un fluide est chauffée, elle se dilate, sa masse volumique diminue et elle s'élève. La partie plus froide, plus dense, descend pour prendre sa place. Elle se réchauffe à son tour et monte.

Ce mouvement crée des "courants de convection". C'est le principe qui explique pourquoi l'eau chauffe dans une casserole posée sur un feu ou pourquoi les radiateurs sont placés en bas des pièces. Les vents et les

courants marins sont de gigantesques phénomènes de convection à l'échelle de la planète.

C. Le Rayonnement : l'énergie qui voyage dans le vide

Finalement, le rayonnement thermique est une transmission d'énergie qui ne nécessite aucun support matériel. La chaleur se propage sous forme d'ondes électromagnétiques, principalement dans l'infrarouge. Tout corps dont la température est supérieure au zéro absolu ($0\,K$ ou $-273{,}15\,°C$) émet un rayonnement thermique.

La chaleur du soleil nous parvient à travers le vide spatial grâce au rayonnement. La sensation de chaleur ressentie à proximité d'un feu de bois ou d'un *makala* bien ardent est aussi due au rayonnement. Les surfaces sombres et mates absorbent et émettent mieux le rayonnement que les surfaces claires et polies, qui ont tendance à le réfléchir.

Scénarios et Exercices

Une matinée à Mbandaka

Maman Hélène, à Mbandaka dans la province de l'Équateur, prépare le café matinal. Elle pose une casserole en aluminium sur le brasero (*makala*). La chaleur intense des charbons ardents atteint le fond de la casserole principalement par **rayonnement**. La poignée en plastique de la casserole reste tiède, car le plastique est un mauvais conducteur, tandis que le métal chauffe vite par **conduction**. En regardant l'eau frémir, elle observe des mouvements : l'eau chaude du fond remonte et la plus froide redescend, créant un tourbillon. C'est un courant de **convection**. Sans le savoir, Maman Hélène orchestre chaque matin une parfaite démonstration des trois modes de transmission de la chaleur, bien plus efficacement que certains longs discours.

Exercice 1 : Le thé du soir à Lubumbashi

Énoncé : Joseph, élève à Lubumbashi, se prépare un thé. Il utilise une bouilloire électrique. La résistance chauffe l'eau au fond. Sa tasse est en céramique et il y plonge une cuillère en argent. Identifiez les modes de transmission de la chaleur dans les situations suivantes : - La chaleur passe de la résistance à l'eau en contact avec elle. - L'eau du haut de la bouilloire devient chaude. - Il sent la chaleur de la tasse sur ses mains. - La cuillère devient brûlante jusqu'au bout du manche.

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Transfert de la résistance à l'eau** Le transfert de chaleur se fait par contact direct entre la surface chauffante de la bouilloire et la couche d'eau adjacente. Il s'agit de **conduction**.
2. **Étape 2 : Chauffage de toute l'eau** L'eau chauffée au fond monte et l'eau plus froide du dessus descend. Ce mouvement de matière qui répartit la chaleur dans tout le volume est la **convection**.
3. **Étape 3 : Chaleur de la tasse aux mains** La chaleur traverse la paroi solide de la tasse en céramique pour atteindre les mains de Joseph. C'est un transfert de proche en proche sans mouvement de matière. Il s'agit de **conduction**.
4. **Étape 4 : Chauffage de la cuillère en argent** L'argent est un excellent conducteur. La chaleur se propage le long du solide qu'est la cuillère. C'est également de la **conduction**.

Exercice 2 : Le feu de camp à Goma

Énoncé : Près de Goma, Sarah et ses amis sont assis autour d'un feu de camp. Ils sentent la chaleur sur leur visage même si un léger vent souffle. Une brochette en métal qu'ils utilisent pour griller des maïs devient rapidement trop chaude pour être tenue à main nue. L'air chaud qui monte du feu fait danser les feuilles des arbres situés juste au-dessus. Identifiez les trois modes de transmission de la chaleur présents dans cette scène.

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : La chaleur ressentie sur le visage** La chaleur voyage du feu jusqu'au visage de Sarah à travers l'air, sans que l'air lui-même ait besoin de se déplacer jusqu'à elle. C'est un transfert par ondes électromagnétiques. Il s'agit du **rayonnement**.
2. **Étape 2 : La brochette en métal qui chauffe** La chaleur se propage le long de la tige métallique solide, de l'extrémité dans le feu jusqu'à la main. C'est un transfert par contact de proche en proche. Il s'agit de la **conduction**.
3. **Étape 3 : L'air chaud qui monte du feu** Le feu chauffe la masse d'air située juste au-dessus. Cet air, devenu moins dense, s'élève en un courant ascendant. Ce déplacement de matière (l'air chaud) est la **convection**.

1.2. Isolation thermique et le Thermos

a. Le défi du chaud et du froid

Même si le soleil tape fort à Gemena, une boisson fraîche reste fraîche plus longtemps dans une bouteille thermos. Ce phénomène n'est pas magique. Il obéit aux lois de l'isolation thermique, un principe physique qui ralentit les transferts d'énergie.

L'art de conserver le chaud ou le froid repose sur la maîtrise des trois modes de propagation de la chaleur : la conduction, la convection et le rayonnement. Un bon isolant est une structure conçue pour bloquer ces trois vecteurs énergétiques.

A. Les principes de l'isolation thermique

L'isolation thermique a un objectif unique : réduire au maximum les échanges de chaleur entre deux milieux à températures différentes. Un matériau est qualifié d'isolant s'il s'oppose efficacement aux trois modes de transfert thermique.

- La conduction : limitée par des matériaux à faible conductivité thermique (air sec, vide, polystyrène, bois).
- La convection : bloquée en immobilisant le fluide caloporteur (air emprisonné dans la laine de verre ou les plumes).
- Le rayonnement : réfléchi par des surfaces polies et de couleur claire (miroir, aluminium poli).

B. Anatomie d'une bouteille Thermos (Vase de Dewar)

L'exemple le plus courant d'isolation thermique avancée est la bouteille Thermos. Son nom scientifique est le vase de Dewar. Son efficacité provient de la combinaison de plusieurs barrières physiques.

Figure 1 : Réf. IMG (0411-2578-5817)

Coupe transversale d'une bouteille Thermos montrant ses couches isolantes

a. La double paroi en verre

Le verre est un mauvais conducteur de chaleur. Utiliser deux parois fines et espacées constitue une première barrière efficace contre la conduction thermique. Chaque paroi ralentit la progression de la chaleur.

b. Le vide d'air

L'espace entre les deux parois de verre est vidé de son air. En l'absence de matière, les transferts de chaleur par conduction et par convection deviennent quasi impossibles. Le vide est le meilleur isolant connu.

c. Le revêtement argenté

Les surfaces internes des deux parois (celles qui font face au vide) sont recouvertes d'une fine couche d'argent, comme un miroir. Cette surface réfléchit les ondes de rayonnement thermique, les empêchant de traverser le vide.

d. Le bouchon isolant

Le bouchon, souvent en liège ou en plastique creux, limite les pertes de chaleur par conduction et convection au niveau de l'ouverture du récipient. C'est un point faible, mais son matériau est choisi pour être le plus isolant possible.

■ ■ ■

Finalement, l'ingéniosité du vase de Dewar réside dans cette superposition de barrières. Chaque composant neutralise un mode de propagation spécifique, rendant l'ensemble redoutablement efficace pour maintenir un liquide chaud ou froid pendant des heures.

C. SCÉNARIOS ET EXERCICES

a. L'anecdote du thé de Maman Hélène à Matadi

Dans la chaleur humide du Kongo Central, Maman Hélène se lève chaque jour à 4 heures du matin. Son mari, docker au port de Matadi, a besoin d'un thé sucré et brûlant pour tenir toute la matinée. Elle prépare le thé, le verse dans une vieille bouteille thermos, un cadeau de mariage qui a plus de vingt ans. Vers 10 heures, sous un soleil déjà puissant, son mari ouvre la bouteille. La

vapeur s'en échappe encore. Ce petit miracle quotidien n'est que la physique en action. Le vide, les parois argentées et le bouchon en liège de la bouteille luttent silencieusement contre les lois de la thermodynamique, préservant la chaleur du thé comme un trésor. Pour lui, c'est bien plus que de la physique ; c'est un message d'amour gardé au chaud.

Exercice 1 : Le Fufu de Bukavu

Énoncé : Pour son voyage en bus de Bukavu vers Goma, Jean-Luc enroule sa boule de fufu chaud dans plusieurs feuilles de journal, puis place le tout dans un sac en plastique. Quel(s) mode(s) de transfert de chaleur le journal permet-il de ralentir principalement ?

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Analyse de la situation** Le fufu est chaud, l'air ambiant est plus froid. La chaleur va naturellement chercher à s'échapper du fufu vers l'extérieur.
2. **Étape 2 : Rôle du papier journal** Le papier journal, en tant que matériau, est un mauvais conducteur de chaleur. Plus important encore, les multiples couches de papier emprisonnent de fines couches d'air. L'air immobile est un excellent isolant thermique.
3. **Étape 3 : Identification des modes de transfert bloqués** L'air emprisonné empêche la chaleur de se propager par **convection**. Le papier lui-même, étant un solide peu dense, freine la **conduction**. Le journal ralentit donc principalement la conduction et la convection.

Exercice 2 : La glacière du pêcheur de l'Équateur

Énoncé : Un pêcheur à Mbandaka utilise une glacière de couleur blanche avec une surface extérieure très lisse et brillante pour conserver son poisson au frais. Expliquez l'importance de la couleur blanche et de l'aspect brillant pour lutter contre la chaleur du soleil.

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Identification de la source de chaleur principale** La source de chaleur la plus importante qui menace la glacière est le rayonnement solaire. Le soleil transfère son énergie principalement par rayonnement.
2. **Étape 2 : Rôle de la couleur blanche** Les surfaces de couleur blanche absorbent très peu le rayonnement visible et le réfléchissent

en grande partie. Moins d'énergie lumineuse est absorbée, donc moins d'énergie est convertie en chaleur.

3. **Étape 3 : Rôle de la surface brillante** Une surface lisse et brillante est un mauvais émetteur et un excellent réflecteur du rayonnement infrarouge (rayonnement thermique). Elle réfléchit la chaleur rayonnante venant de l'environnement au lieu de l'absorber.

4. **Étape 4 : Synthèse** La combinaison d'une couleur blanche et d'une surface brillante minimise l'absorption de chaleur par **rayonnement**. Cela permet de garder l'intérieur de la glacière froid plus longtemps.

1.3. Échelles thermométriques

a. La quête d'une mesure universelle

Lorsque l'on touche une poignée de porte métallique à Mbandaka, elle semble plus froide qu'une chaise en bois dans la même pièce. Pourtant, les deux objets sont à la même température ambiante. Cette perception subjective de la chaleur montre la nécessité d'une mesure objective, indépendante de nos sens. La température est une grandeur physique fondamentale.

Mesurer cette grandeur demande un instrument, le thermomètre, et une convention de lecture, l'échelle thermométrique. Sans ces échelles, une "fièvre" à Matadi serait inquantifiable et la cuisson du manioc à Kananga, une pure loterie. Trois échelles principales dominent la physique et la vie courante.

A. L'échelle Celsius (°C) : la référence quotidienne

Anders Celsius, un astronome suédois, a proposé cette échelle en 1742. Elle se fonde sur les propriétés de l'eau à la pression atmosphérique normale (1 atm). L'échelle est définie par deux points fixes : - Le point de congélation de l'eau pure, fixé à 0 °C. - Le point d'ébullition de l'eau pure, fixé à 100 °C.

L'intervalle entre ces deux points est divisé en 100 parties égales, chaque partie représentant un degré Celsius. C'est l'échelle la plus utilisée dans la vie de tous les jours, de la météo à Bukavu à la cuisson de la moambe.

B. L'échelle Fahrenheit (°F) : une perspective différente

Introduite par le physicien Daniel Gabriel Fahrenheit en 1724, cette échelle est encore utilisée dans certains pays, notamment aux États-Unis. Ses points de