Code :
MS411621

MÉCANIQUE APPLIQUÉE

Principes fondamentaux de la mécanique des fluides et solides en plomberie.



4ème année

Domaine : Sciences et Techniques
Option : Plomberie



TABLE DES MATIÈRES

PRÉLIMINAIRES **1**

0.1. Objectifs Généraux du Cours 1
- 0.1.1. Maîtrise des Fondamentaux Théoriques 1
- 0.1.2. Acquisition des Compétences Analytiques et Pratiques 1
- 0.1.3. Développement de l'Autonomie et de la Rigueur Professionnelle 1

0.2. Compétences Techniques Visées 2
- 0.2.1. Maîtrise des principes fondamentaux de la statique et de l'hydrostatique 2
- 0.2.2. Capacité de dimensionnement et de calcul des installations 2
- 0.2.3. Analyse systémique et diagnostic des contraintes dynamiques 2
- 0.2.4. Compétence en sélection et justification des matériaux 2

0.3. Stratégie Pédagogique et Matériel 3
- 0.3.1. Approche Pédagogique 3
- 0.3.2. Matériel Didactique Requis 3

0.4. Prérequis Académiques 3
- 0.4.1. Maîtrise des Outils Mathématiques 3
- 0.4.2. Fondamentaux de Physique Générale 4
- 0.4.3. Compétences en Dessin Technique 4

PARTIE 1 : PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET NOTIONS DE PRESSION 🌊 **5**

a. L'eau, une matière vivante 5

b. La carte d'identité d'un fluide 5

c. La pression, cette force invisible 5

d. L'hydrostatique ou l'art de l'équilibre 5

CHAPITRE 1 : CARACTÉRISTIQUES FONDAMENTALES DE LA MATIÈRE **6**

1.1. Masse volumique et densité absolue 6
- a. L'éclair de génie dans la baignoire 6
- A. La Masse Volumique (ρ), la carte d'identité de la matière 6
- B. La Densité Absolue (d), la comparaison qui décide de tout 7

FIGURE 1 : RÉF. IMG (4666-3026-9174) **9**

Comparaison visuelle de la masse volumique entre le PVC et le cuivre 9

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- C. SCÉNARIOS ET EXERCICES.....9

1.2. Poids volumique et gravité spécifique.....11
- a. Une question de lourdeur.....11
- A. Le poids volumique (gamma, γ).....11
- B. La gravité spécifique (GS).....12

FIGURE 2 : RÉF. IMG (4091-6825-1713).....14

Comparaison de la gravité spécifique dans un verre d'eau.....14
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....14

1.3. Densité relative des corps liquides et solides.....16
- a. Une simple question de comparaison.....16
- A. Définition et corps de référence.....16

FIGURE 3 : RÉF. IMG (7138-0074-3604).....18

Comportement de trois solides de densités différentes dans un récipient d'eau.....18
- B. Distinction entre Masse Volumique et Densité.....18

FIGURE 4 : RÉF. IMG (8595-2041-0861).....20

Stratification de deux liquides non miscibles en fonction de leur densité.....20
- L'astuce du vieux soudeur de Kisangani.....20

1.4. Compressibilité et viscosité élémentaire.....22
- a. L'eau ne se laisse pas faire.....22
- A. La compressibilité, une affaire de volume.....22
- B. La viscosité, le frottement interne du fluide.....23

FIGURE 5 : RÉF. IMG (3900-1388-6450).....24

Comparaison de l'écoulement de trois liquides de viscosités différentes.....24
- b. Scénarios et Exercices.....24

CHAPITRE 2 : LA PRESSION DANS LES SYSTÈMES MÉCANIQUES.....27

2.1. Définition vectorielle et scalaire de la pression.....27
- a. L'énigme de la punaise.....27
- A. La Pression, une grandeur scalaire.....27
- B. La Force Pressante, une grandeur vectorielle.....27

FIGURE 6 : RÉF. IMG (9206-5170-5770).....30

Pression scalaire et forces pressantes vectorielles dans un contenant.....30
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....30

2.2. Pression exercée par les solides.....32
- a. Une question de surface.....32
- A. Définition et formule de la pression.....32
- B. La relation entre force, pression et surface.....32

2.3. Pression hydrostatique au sein des fluides.....34
- a. L'intuition trompeuse du volume.....34
- A. Le Principe Fondamental de l'Hydrostatique.....34

FIGURE 7 : RÉF. IMG (1396-3122-7070).....37

Paradoxe hydrostatique : la pression ne dépend pas de la forme du récipient.....37
- B. L'Équation et ses Implications Pratiques.....37

2.4. Unités de mesure et conversions (Pascal, Bar, PSI).....39
- a. La genèse des unités.....39
- A. Le Pascal, le Bar et le PSI : Trois Langues pour une Force.....40

FIGURE 8 : RÉF. IMG (7329-1898-0536).....42

Manomètre polyvalent affichant les échelles en Bar et en PSI.....42
- B. La Conversion : Le Traducteur Automatique du Plombier.....42

FIGURE 9 : RÉF. IMG (5836-7757-4496).....45

Schéma de conversion visuelle entre le Bar, le PSI et le Pascal.....45
- C. Scénarios et Exercices.....45

CHAPITRE 3 : PRESSION ATMOSPHÉRIQUE ET INSTRUMENTATION.....48

3.1. L'expérience de Torricelli et la pression atmosphérique.....48
- a. L'air, ce poids invisible.....48
- A. Une colonne de mercure contre le vide.....48

FIGURE 10 : RÉF. IMG (2414-7647-2049).....50

Schéma de l'expérience historique de Torricelli avec un tube de mercure.....50
- B. L'altitude et ses conséquences pour le plombier.....50

FIGURE 11 : RÉF. IMG (6772-0640-9111).....53

Comparaison de la pression atmosphérique au niveau de la mer et en montagne.....53

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- Anecdote pour la pratique.....53

3.2. Le Baromètre : Principe et utilisation.....55
- a. L'air qui pèse une tonne.....55
- A. Le principe de Torricelli.....55

FIGURE 12 : RÉF. IMG (6520-1052-2998).....57

Schéma du baromètre à mercure de Torricelli et son principe.....57
- B. Les unités de pression et types de baromètres.....57

3.3. Le Manomètre : Types et technologies (Bourdon, U).....59
- a. L'œil du plombier sur la pression.....59
- A. Le Manomètre à Tube de Bourdon.....60

FIGURE 13 : RÉF. IMG (2657-5463-4528).....62

Schéma de fonctionnement d'un manomètre à tube de Bourdon.....62
- B. Le Manomètre à Tube en U.....62

FIGURE 14 : RÉF. IMG (3516-2297-8407).....65

Principe du manomètre à colonne de liquide en forme de U.....65
- Anecdote : La sagesse de Papa Kanku à Matadi.....65

3.4. Pressions absolue, relative et différentielle.....67
- a. Le zéro qui n'est pas un zéro.....67
- A. La Pression Atmosphérique : Notre Référence Quotidienne.....68
- B. La Pression Relative (ou Manométrique).....68
- C. La Pression Absolue : La Référence au Vide.....68
- D. La Pression Différentielle.....69

3.5. Maintenance et étalonnage des instruments de mesure.....70
- a. Le verdict de la mesure.....70
- A. La maintenance préventive : L'art d'éviter la panne.....71

FIGURE 15 : RÉF. IMG (1947-2504-6807).....73

Vérification périodique d'un manomètre analogique sur un banc d'étalonnage.....73
- B. L'étalonnage : Rétablir la vérité de la mesure.....73

FIGURE 16 : RÉF. IMG (4850-0992-5712).....76

Étalonnage d'un capteur de pression numérique avec un calibrateur portable.....76
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....76

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

PARTIE 2 : THÉORÈMES FONDAMENTAUX DE L'HYDROSTATIQUE ⚖️ 79

La pression silencieuse 79

La force cachée dans chaque goutte 79

La pression, une force démocratique 79

Le principe d'Archimède 79

CHAPITRE 4 : LE PRINCIPE DE PASCAL ET LA TRANSMISSION DE PUISSANCE 80

4.1. Énoncé et démonstration du théorème de Pascal 80

- a. L'essentiel dans un sachet d'eau 80
- A. Énoncé du principe 80

FIGURE 17 : RÉF. IMG (0291-1524-8734) 82

Le fonctionnement d'une presse hydraulique simple à deux pistons 82

- B. La transmission de puissance : Le multiplicateur de force 82

4.2. La presse hydraulique : Multiplication de force 84

- a. L'ingéniosité au service de la force 84
- A. Le principe de la multiplication de force 85

FIGURE 18 : RÉF. IMG (9705-7111-1656) 87

Schéma de fonctionnement d'une presse hydraulique simple 87

- B. Applications concrètes et quotidiennes 87

4.3. Applications aux vérins et crics hydrauliques 89

- a. La multiplication de la force 89
- A. Le principe du multiplicateur de force 90

FIGURE 19 : RÉF. IMG (4628-9778-0555) 92

Schéma de principe d'un cric hydraulique simple à deux pistons 92

- B. SCÉNARIOS ET EXERCICES 92

4.4. Transmission de pression dans les réseaux ramifiés 94

- a. Une vérité vieille comme les aqueducs 94
- A. Le principe de Pascal dans les branches 94
- B. L'équation de la hauteur : Pression et altitude 95
- SCÉNARIOS ET EXERCICES 96

4.5. Limites et pertes de charge dans les systèmes hydrauliques simples 98

- a. Le paradoxe du chemin parfait 98

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- A. Les pertes de charge régulières (ou linéaires)....98
- B. Les pertes de charge singulières (ou locales)....99
- SCÉNARIOS ET EXERCICES....100

CHAPITRE 5 : LE PRINCIPE D'ARCHIMÈDE ET LA FLOTTABILITÉ....102

5.1. Énoncé du théorème et notion de poussée....102
- a. L'Eurêka de Syracuse....102
- A. Énoncé du principe d'Archimède....102

FIGURE 20 : RÉF. IMG (9373-9989-0718)....104

Schéma de la poussée d'Archimède sur un corps immergé....104
- B. Applications directes en plomberie....104

5.2. Conditions d'équilibre des corps immergés....106
- a. L'équilibre, une question de forces....106
- A. Les trois états d'équilibre....106

FIGURE 21 : RÉF. IMG (0231-0782-8838)....109

Les trois états d'équilibre d'un corps totalement immergé....109
- B. Le concept de métacentre pour les corps flottants....109

FIGURE 22 : RÉF. IMG (5328-4386-9138)....112

Rôle du métacentre (M) dans la stabilité d'un flotteur de vanne....112
- Une pirogue trop chargée sur le fleuve Congo....112

5.3. Fonctionnement des densimètres et pèse-acides....114
- a. L'équilibre subtil de la flottaison....114
- A. Le principe physique du densimètre....114

FIGURE 23 : RÉF. IMG (4069-7713-3317)....117

Comportement d'un densimètre dans deux liquides de densités différentes....117
- B. Le pèse-acide : un densimètre spécialisé....117

FIGURE 24 : RÉF. IMG (6064-3019-6993)....120

Vérification de l'état de charge d'une batterie avec un pèse-acide....120
- SCÉNARIOS ET EXERCICES....120

5.4. Applications aux mécanismes de chasse et flotteurs....122
- a. L'ingénierie cachée de nos toilettes....122

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- A. Le flotteur : Le gardien du niveau d'eau.....122

FIGURE 25 : RÉF. IMG (5942-7800-0870).....125

Schéma de principe d'un mécanisme de chasse d'eau à flotteur.....125

- B. L'équilibre des forces et le rôle du levier.....125
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....126

CHAPITRE 6 : ÉQUILIBRE DES FLUIDES ET VASES COMMUNIQUANTS.....128

6.1. Principe des vases communicants.....128

- a. Une observation simple, une loi puissante.....128
- A. Définition et Énoncé du Principe.....128

FIGURE 26 : RÉF. IMG (8548-2197-2338).....130

Schéma du principe des vases communicants pour un liquide homogène.....130

- B. Justification par la pression hydrostatique.....130
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....131

6.2. Paradoxe hydrostatique et formes de récipients.....132

- a. Une question d'intuition.....132
- A. Le Principe Fondamental Expliqué.....133

FIGURE 27 : RÉF. IMG (8935-6870-5038).....135

Trois récipients, une même hauteur de liquide, une seule pression.....135

- B. L'Application Pratique du Plombier.....135

FIGURE 28 : RÉF. IMG (7452-6443-3172).....137

La pression dans un circuit de plomberie ne dépend pas des diamètres.....137

- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....137

6.3. Liquides non miscibles et superposition.....139

- a. L'erreur du cuisinier distrait.....139
- A. Le principe d'équilibre hydrostatique.....139

FIGURE 29 : RÉF. IMG (4966-7303-1201).....142

Schéma d'un tube en U avec deux liquides non miscibles.....142

- B. Application : Le densimètre à tube en U.....142
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....143

6.4. Niveaux à eau et applications topographiques.....145

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- a. La sagesse du maçon de Mbandaka.....145
- A. Le niveau à eau : un instrument de précision rustique.....145
- B. Application en topographie : la mesure de dénivelé.....145

FIGURE 30 : RÉF. IMG (4085-8410-2286).....148

Utilisation d'un niveau à eau pour mesurer un dénivelé topographique.....148
- Une question de pente à Lubumbashi.....148

6.5. Application au tracé des pentes pour évacuations sanitaires.....150
- a. La sagesse de la gravité.....150
- A. Le principe de la pente minimale.....150

FIGURE 31 : RÉF. IMG (9981-1929-9764).....153

Schéma comparatif d'une pente correcte et d'une pente incorrecte.....153
- B. Calcul de la dénivellation (Δh).....153

FIGURE 32 : RÉF. IMG (7362-0144-6066).....156

Outils et méthode de traçage d'une pente sur un chantier.....156
- b. Scénarios et Exercices.....156

PARTIE 3 : THERMODYNAMIQUE DES GAZ ET LOIS THERMIQUES 🔥.....158

a. Une force invisible mais puissante.....158

b. La température, l'agitateur des molécules.....158

c. Les lois du jeu : Boyle, Charles et Gay-Lussac.....158

d. L'application concrète pour le plombier.....158

CHAPITRE 7 : LA LOI DE BOYLE-MARIOTTE (ISOTHERME).....159

7.1. Relation Pression-Volume à température constante.....159
- a. Le gaz, cet élément compressible.....159
- A. Énoncé de la loi.....159
- B. Formulation mathématique.....159
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....160

7.2. Fonctionnement des vases d'expansion fermés.....162
- a. L'indispensable "poumon" du circuit.....162
- A. Le rôle d'amortisseur de pression.....162

FIGURE 33 : RÉF. IMG (8700-5877-5073).....164

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

Vase d'expansion fermé au repos dans un circuit de chauffage....164
- B. L'application directe de la loi de Boyle-Mariotte....164

FIGURE 34 : RÉF. IMG (3904-7300-4406)....167

Le même vase d'expansion sous l'effet de la dilatation de l'eau....167
- Scénarios et Exercices....167

7.3. Réservoirs hydropneumatiques (Ballons surpresseurs)....169
- a. Le bruit et le silence....169
- A. Principe de fonctionnement....170
- B. Application de la loi de Boyle-Mariotte....170

7.4. Calculs de volumes d'air et précautions de sécurité....173
- a. Le piège de l'air invisible....173
- A. L'air emprisonné : Un ennemi silencieux....173

FIGURE 35 : RÉF. IMG (5072-0158-7248)....175

Schéma d'une poche d'air piégée dans une canalisation d'eau....175
- B. Le calcul préventif et les gestes de sécurité....175

FIGURE 36 : RÉF. IMG (3210-1690-9368)....177

Pictogrammes de sécurité obligatoires sur un chantier de plomberie sous press....177
- SCÉNARIOS ET EXERCICES....177

CHAPITRE 8 : LES LOIS DE GAY-LUSSAC ET CHARLES (ISOBARE/ISOCHORE)....180

8.1. Influence de la température sur la pression (Volume constant)....180
- a. Le paradoxe de la marmite....180
- A. Le principe de la transformation isochore....180
- B. La formulation mathématique....180
- SCÉNARIOS ET EXERCICES....181

8.2. Dilatation volumique des gaz (Pression constante)....183
- a. Le principe de la première loi de Gay-Lussac....183
- A. Principe de la transformation isobare....183

FIGURE 37 : RÉF. IMG (6090-1221-2899)....185

Schéma d'un gaz chauffé dans un cylindre à pression constante....185
- B. Formulation mathématique de la loi....185
- SCÉNARIOS ET EXERCICES....186

8.3. Notion de Zéro Absolu et échelle Kelvin....187
- a. La quête du froid ultime....187
- A. L'origine du Zéro Absolu : une conséquence des lois des gaz....188

FIGURE 38 : RÉF. IMG (0531-8313-2497)....190

Graphique de la loi de Charles montrant l'extrapolation vers le zéro absolu....190
- B. L'échelle Kelvin (K) : l'échelle thermodynamique....190

8.4. Applications aux soupapes de sécurité thermique....192
- a. Le danger invisible de la chaleur....192
- A. Le principe de la soupape thermique : la loi de Gay-Lussac en action....193

FIGURE 39 : RÉF. IMG (9014-7594-2339)....195

Schéma de principe d'une soupape de sécurité sur un chauffe-eau....195
- B. Tarage et dimensionnement : les paramètres de sécurité....195

CHAPITRE 9 : APPLICATIONS SYSTÉMIQUES ET POMPES (INTRODUCTION)....199

9.1. Phénomènes d'aspiration et hauteur manométrique....199
- Un des faits les plus....199
- A. La dépression : le moteur de l'aspiration....199
- B. La Hauteur Manométrique Totale (HMT)....199

9.2. Le Siphon et la barrière hydraulique....201
- a. L'invention qui a changé l'hygiène domestique....201
- A. Anatomie et principe de la barrière hydraulique....202
- B. Typologies et dysfonctionnements....203

FIGURE 40 : RÉF. IMG (9576-5834-8970)....205

Comparaison des types de siphons et des causes de désiphonnage....205
- C. Scénarios et Exercices....205

9.3. Dilatation des liquides et rupture de tuyauterie....207
- a. Le paradoxe de l'eau chauffée....207
- A. Le coefficient de dilatation volumique (β)....207
- B. La surpression et la contrainte mécanique....208

FIGURE 41 : RÉF. IMG (9075-7743-8955)....210

Schéma d'une rupture de tuyauterie en cuivre par surpression thermique....210
- Scénarios et Exercices....210

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- a. L'anecdote du chauffe-eau de Mbandaka.....210

9.4. Bilan thermique simplifié des installations.....212

- a. La comptabilité de la chaleur.....212
- A. Principe de conservation de l'énergie en plomberie.....212

FIGURE 42 : RÉF. IMG (7606-9761-1133).....215

Schéma simplifié d'un bilan thermique pour un chauffe-eau électrique.....215

- B. Calcul de la quantité de chaleur utile.....215

FIGURE 43 : RÉF. IMG (0050-4470-6506).....218

Illustration des déperditions thermiques le long d'une canalisation d'eau chaude.....218

- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....218

9.5. Introduction à l'effet Venturi et aux variations de pression en mouvement.....220

- a. L'observation de Giovanni Venturi.....220
- A. Le principe de Bernoulli comme fondement.....220
- B. L'effet Venturi : la relation vitesse-pression.....221

ANNEXES.....225

A.1. Tableau des masses volumiques usuelles.....225

- A. Définitions et distinctions fondamentales.....225
- B. Facteurs d'influence.....226
- C. Valeurs usuelles (à 20 °C et pression atmosphérique standard).....227
- D. Unités et conversions.....227

A.2. Formulaire des lois des gaz et conversions.....228

- A. Variables d'état et constantes.....228
- B. Lois fondamentales des gaz parfaits.....229
- C. Facteurs de conversion usuels.....230

A.3. Guide de lecture des manomètres.....232

- A. Principes Fondamentaux et Typologies.....232
- B. Les Unités de Pression et Leurs Conversions.....233
- C. Lecture et Interprétation des Cadrans.....234
- D. Erreurs de Mesure et Précautions d'Usage.....235

A.4. Abaque de pression de vapeur saturante de l'eau.....236

- A. Définitions fondamentales.....236
- B. Applications techniques en plomberie et thermique.....237
- C. Lecture et utilisation de l'abaque.....238

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- D. Table des valeurs de référence (Eau pure).....238

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

PRÉLIMINAIRES

0.1. Objectifs Généraux du Cours

0.1.1. Maîtrise des Fondamentaux Théoriques

L'objectif premier vise la consolidation des connaissances en mécanique des fluides et en résistance des matériaux, appliquées spécifiquement à la plomberie. Ces savoirs théoriques forment le socle indispensable à toute intervention technique. La maîtrise des lois physiques régissant les écoulements, les pressions et les contraintes structurelles est une finalité essentielle. Cette base conceptuelle permet de justifier chaque choix technique par un raisonnement scientifique rigoureux.

0.1.2. Acquisition des Compétences Analytiques et Pratiques

Au-delà de la théorie, le cours développe la capacité à modéliser des systèmes de plomberie réels. L'élève acquiert la méthodologie pour dimensionner des réseaux, calculer des pertes de charge et sélectionner les composants appropriés aux contraintes d'un projet. Cette compétence analytique prépare à la résolution de problématiques concrètes, depuis une installation domestique à Kananga jusqu'à un réseau d'adduction d'eau à Matadi. L'articulation entre le calcul théorique et la solution pratique est un axe central.

0.1.3. Développement de l'Autonomie et de la Rigueur Professionnelle

Finalement, le programme vise à former des techniciens autonomes et méthodiques. La capacité à diagnostiquer une panne, à interpréter un plan technique et à respecter les normes en vigueur est une compétence terminale visée. L'objectif est de préparer l'apprenant non seulement à la réussite des épreuves certificatives nationales (TENASOSP), mais aussi à une intégration réussie dans le monde professionnel. La rigueur dans l'exécution et la justification des choix constitue le marqueur d'une expertise acquise.

0.2. Compétences Techniques Visées

0.2.1. Maîtrise des principes fondamentaux de la statique et de l'hydrostatique

La formation vise l'acquisition d'une maîtrise rigoureuse des forces, des moments et des conditions d'équilibre. Elle couvre le principe fondamental de l'hydrostatique, essentiel au calcul des pressions dans les colonnes d'eau et les réservoirs. L'élève doit pouvoir modéliser un système de plomberie simple, tel qu'un chauffe-eau mural ou une tuyauterie sur colliers, comme un ensemble de forces en équilibre statique. Cette base théorique est le prérequis à tout calcul de résistance et de stabilité.

0.2.2. Capacité de dimensionnement et de calcul des installations

La maîtrise théorique se traduit par une capacité de calcul appliquée. L'apprenant effectue le dimensionnement des supports et des ancrages en fonction des charges (poids propre des tuyaux, poids de l'eau). Il sait déterminer les efforts exercés par les fluides sous pression sur les coudes, les réductions et les vannes, garantissant la stabilité mécanique des réseaux. La finalité est de quantifier précisément les contraintes pour prévenir toute déformation ou rupture.

0.2.3. Analyse systémique et diagnostic des contraintes dynamiques

Une vision systémique de l'installation est cultivée. L'élève apprend à identifier les phénomènes dynamiques et les points de contrainte critiques : coups de bélier, effets de la dilatation thermique, vibrations. Cette compétence permet de diagnostiquer les causes d'une défaillance (fuite à un raccord, rupture de support) et de proposer des solutions techniques préventives ou correctives, comme la pose d'un anti-bélier ou d'une lyre de dilatation.

0.2.4. Compétence en sélection et justification des matériaux

La formation intègre la dimension matérielle de la plomberie. La sélection d'un tuyau (cuivre, PVC-pression, multicouche, acier galvanisé) ou d'un support n'est plus empirique. Elle devient une décision technique justifiée par des propriétés mécaniques quantifiables : résistance à la traction, limite d'élasticité, module de Young, coefficient de dilatation. L'élève doit être capable d'argumenter ses choix en se basant sur les contraintes calculées et les spécifications techniques des fabricants.

0.3. Stratégie Pédagogique et Matériel

0.3.1. Approche Pédagogique

La progression didactique suit un axe hypothético-déductif. Chaque chapitre expose d'abord un principe physique ou mécanique fondamental (statique des fluides, dynamique, résistance des matériaux). Son application concrète à une problématique de plomberie (calcul de pression, dimensionnement, choix des supports) suit immédiatement. Cette méthode vise la maîtrise du raisonnement technique autonome.

Les exercices sont progressifs. Ils débutent par une application directe du cours, puis évoluent vers des scénarios complexes simulant des situations de chantier. La finalité est de préparer l'élève à l'analyse et à la résolution de problèmes inédits, conformément aux exigences du Test National de Sélection et d'Orientation Scolaire et Professionnelle (TENASOSP) et de l'Examen d'État (EXETAT).

0.3.2. Matériel Didactique Requis

L'assimilation des concepts et la résolution des exercices nécessitent un matériel spécifique pour l'élève.

- Une calculatrice scientifique non programmable.
- Du papier millimétré pour la réalisation des graphiques et des épures.
- Les instruments de dessin technique de base (règle, équerre, compas, rapporteur).

Pour l'enseignant, la manipulation de composants réels est un vecteur pédagogique essentiel. Des sections de tuyauteries (cuivre, PVC, multicouche), des vannes diverses, des clapets anti-retour et des manomètres permettent d'ancrer les calculs théoriques dans la réalité tangible du métier.

0.4. Prérequis Académiques

0.4.1. Maîtrise des Outils Mathématiques

Une solide maîtrise de l'algèbre du premier et du second degré est fondamentale. La résolution d'équations et de systèmes d'équations simples conditionne la capacité de l'élève à modéliser les problèmes de plomberie. La trigonométrie plane, spécifiquement le calcul des sinus, cosinus et tangentes, intervient directement dans la détermination des pentes et des angles de

raccordement. Les calculs de surfaces et de volumes (cylindres, sections de tuyauterie) sont également des compétences consolidées.

0.4.2. Fondamentaux de Physique Générale

Les principes de la statique des solides, incluant la notion de force, de moment et d'équilibre, sont supposés acquis. Ces concepts sont mobilisés pour l'étude des supports et des fixations des canalisations. L'hydrostatique, avec les lois de Pascal et d'Archimède, forme le socle de la compréhension des pressions dans les fluides au repos. Une initiation à la dynamique des fluides, notamment les notions de débit (volumique, massique) et de pertes de charge linéaires, facilite l'abord des chapitres avancés.

0.4.3. Compétences en Dessin Technique

La lecture et l'interprétation de plans techniques constituent un prérequis non négociable. La maîtrise des conventions de représentation (vues en coupe, projections orthogonales) et de la symbolique normalisée en plomberie est indispensable à la compréhension des schémas d'installation. L'aptitude à réaliser des schémas isométriques simples pour la conceptualisation des réseaux est également attendue.

Partie 1 : PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET NOTIONS DE PRESSION 🌊

a. L'eau, une matière vivante

L'eau semble être une matière simple et docile. Elle coule, remplit les seaux et étanche la soif. Pour le plombier, cette vision est une illusion. L'eau possède une masse, une densité et une viscosité. Ses propriétés physiques dictent son comportement dans chaque tuyau, que ce soit pour une adduction d'eau à Kananga ou dans le circuit de refroidissement d'un groupe électrogène à Inga.

b. La carte d'identité d'un fluide

Chaque fluide possède sa propre "carte d'identité" technique. La plus importante est la masse volumique, notée par la lettre grecque ρ (rho). Elle exprime la masse contenue dans un volume donné (souvent en kg/m³). Cette valeur est capitale. Elle permet de calculer le poids d'une canalisation pleine à Goma et de dimensionner correctement les supports pour éviter tout affaissement.

c. La pression, cette force invisible

Une force invisible gouverne toute installation de plomberie : la pression. Elle correspond à une force agissant perpendiculairement sur une surface. Un château d'eau à Kikwit utilise simplement la hauteur de sa colonne d'eau et la gravité pour mettre tout un quartier sous pression. La compréhension de cette notion est le premier pas vers la maîtrise des réseaux hydrauliques, grands ou petits.

d. L'hydrostatique ou l'art de l'équilibre

L'étude des fluides au repos s'appelle l'hydrostatique. Cette science explique des phénomènes fondamentaux. Par exemple, la pression au fond d'une citerne à Bukavu est uniforme à une même profondeur, peu importe la forme du réservoir. Ce principe est la base du fonctionnement des vases communicants ou d'un simple niveau à eau, un outil essentiel sur nos chantiers.

Chapitre 1 : CARACTÉRISTIQUES FONDAMENTALES DE LA MATIÈRE

1.1. Masse volumique et densité absolue

a. L'éclair de génie dans la baignoire

Pendant que le roi Hiéron II se méfiait de son orfèvre, le grand savant Archimède, lui, prenait tranquillement son bain. En entrant dans l'eau, il remarqua que son corps déplaçait un certain volume de liquide. C'est à cet instant qu'il comprit comment vérifier si la couronne du roi était en or pur ou non, sans la détruire.

Cette histoire, vieille de plus de 2000 ans, est le point de départ de notre leçon. Elle explique pourquoi un flotteur de chasse d'eau en plastique remonte à la surface et pourquoi une clé à griffe en acier coule immédiatement au fond d'un seau. La matière possède des propriétés invisibles mais mesurables.

A. La Masse Volumique (ρ), la carte d'identité de la matière

La masse volumique mesure la quantité de matière présente dans un volume défini. Un matériau avec une haute masse volumique est très "compact". Un matériau avec une basse masse volumique est plus "aéré". Cette propriété est notée avec la lettre grecque ρ (rhô).

La formule pour la calculer est simple :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Où : - m est la masse du corps, exprimée en kilogrammes (kg). - V est le volume occupé par ce corps, exprimé en mètres cubes (m^3). - ρ est la masse volumique, exprimée en kilogrammes par mètre cube (kg/m^3).

Concrètement, 1 m^3 d'eau a une masse d'environ 1000 kg. Sa masse volumique est donc de $1000\,kg/m^3$. En plomberie, cette valeur est fondamentale. Le cuivre, lui, a une masse volumique de $8960\,kg/m^3$. Le PVC atteint environ $1400\,kg/m^3$. À volume égal, un tuyau en cuivre est donc presque 6,5 fois plus lourd qu'un tuyau en PVC.

B. La Densité Absolue (d), la comparaison qui décide de tout

La densité absolue est un rapport. Elle compare la masse volumique d'un matériau à celle d'un matériau de référence. Pour les solides et les liquides, cette référence est toujours l'eau.

La densité n'a pas d'unité. C'est un chiffre pur. La formule est :

$$d = \frac{\rho_{corps}}{\rho_{eau}}$$

Le résultat de ce calcul a une signification directe et pratique pour le plombier :

- Si $d > 1$: L'objet est plus dense que l'eau. Il coule. (Exemple : l'acier, la fonte, le cuivre).
- Si $d < 1$: L'objet est moins dense que l'eau. Il flotte. (Exemple : le bois sec, certains plastiques).
- Si $d = 1$: L'objet reste en équilibre dans l'eau, entre deux eaux.

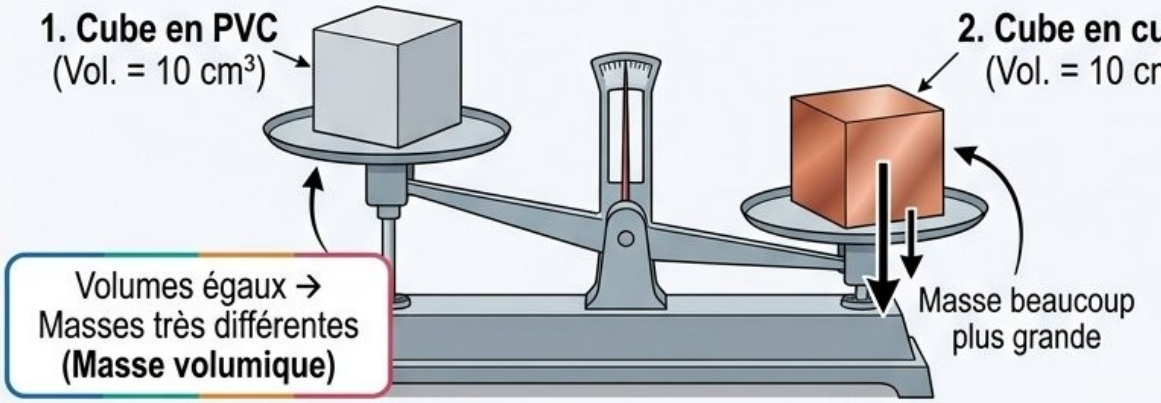
La densité du plomb est de 11,3. Il coulera très vite dans l'eau. La densité d'un flotteur en polyéthylène est d'environ 0,95. Il flottera toujours.

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

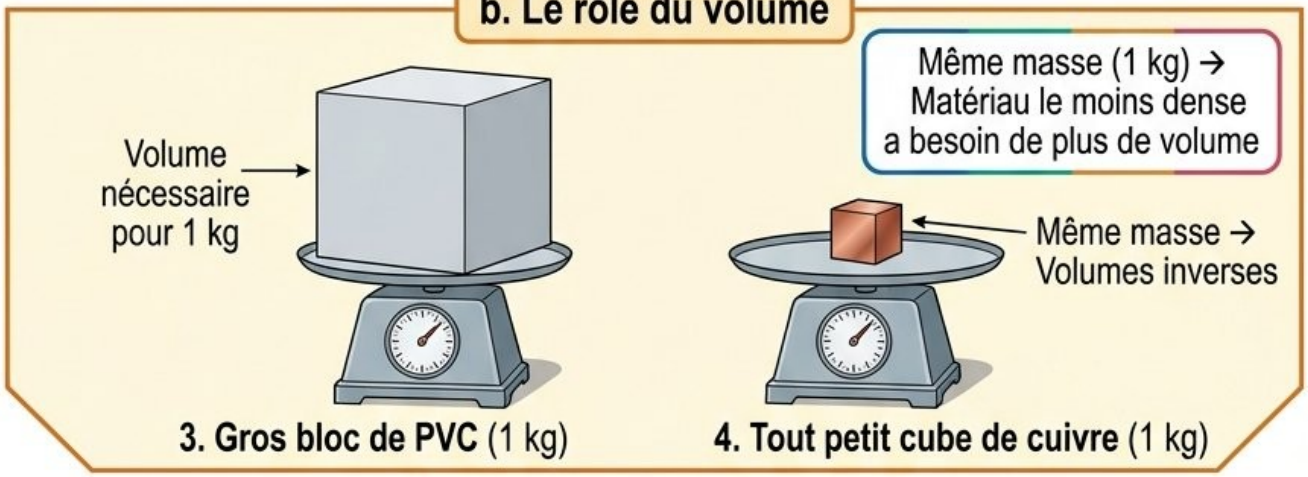
Figure 1 : Réf. IMG (4666-3026-9174)

Comparaison visuelle de la masse volumique entre le PVC et le cuivre

a. L'échelle de la compacité



b. Le rôle du volume



c. L'impact sur le chantier

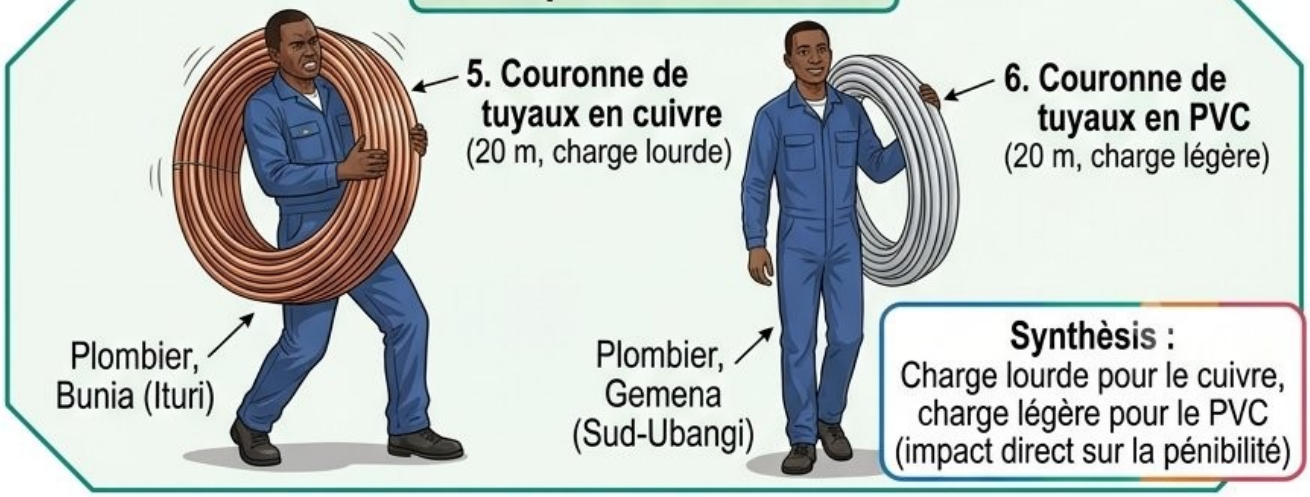


Figure 1 : Réf. IMG (4666-3026-9174)

Comparaison visuelle de la masse volumique entre le PVC et le cuivre

a. L'échelle de la compacité

Cette illustration montre deux cubes de même taille, un en PVC et un en cuivre, posés sur une balance. Le cube de cuivre fait pencher la balance de son côté. Bien qu'ils occupent le même volume, leur masse est très différente. Le cuivre concentre beaucoup plus de matière dans le même espace. C'est l'illustration parfaite du concept de masse volumique. Le PVC est moins compact.

b. Le rôle du volume

Inversement, pour obtenir une masse identique de 1 kg, il faudrait un très gros bloc de PVC mais un tout petit cube de cuivre. Le matériau le moins dense a besoin de plus d'espace pour atteindre la même masse. C'est une notion essentielle pour le stockage et le transport des matériaux de plomberie.

c. L'impact sur le chantier

Un plombier de Bunia, en Ituri, qui transporte une couronne de tuyaux en cuivre de 20 mètres sentira une charge bien plus lourde qu'un collègue de Gemena, dans le Sud-Ubangi, qui déplace la même longueur de tuyaux en PVC. La masse volumique a des conséquences directes sur la pénibilité du travail et la logistique du chantier.

C. SCÉNARIOS ET EXERCICES

a. Anecdote : Le piège de la barrique à huile de palme

À Boma, dans le Kongo Central, un commerçant réputé pour sa ruse vendait de l'huile de palme en barriques. Un jour, un jeune plombier de passage, Papa Kabasele, devait lui acheter une grande quantité d'huile pour un usage industriel. Suspicieux, il a demandé un petit échantillon et l'a versé dans une bouteille d'eau. Une partie de l'échantillon flottait, mais une autre semblait se mélanger difficilement.

Comprenant le principe des densités, Kabasele a réalisé que l'huile (densité ≈ 0,9) avait été coupée avec de l'eau (densité = 1) et un autre liquide

savonneux pour créer une émulsion trompeuse. Le poids total de la barrique était correct, mais pas sa composition. Il a simplement prouvé la fraude en laissant décanter l'échantillon. La science de la densité lui a évité de se faire escroquer.

Exercice 1 : Le poids d'un tuyau en fonte

Énoncé : Papa Mbuyi, plombier à Mbuji-Mayi (Kasaï-Oriental), doit installer un tuyau en fonte de 3 mètres de long. Le diamètre intérieur est de 100 mm et l'épaisseur du tuyau est de 5 mm. La masse volumique de la fonte est $\rho_{fonte} = 7200\,\text{kg/m}^3$. Calculez la masse du tuyau qu'il doit manipuler. (Formule du volume d'un cylindre creux : $V = \pi \times h \times \left(R^2 - r^2\right)$)

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Conversion des unités** Toutes les dimensions doivent être en mètres (m).
   - Longueur $h = 3$ m.
   - Rayon intérieur $r = \frac{100\,\text{mm}}{2} = 50\,\text{mm} = 0.05$ m.
   - Rayon extérieur $R = r + \text{épaisseur} = 50\,\text{mm} + 5\,\text{mm} = 55\,\text{mm} = 0.055$ m.
2. **Étape 2 : Calcul du volume de matière** On utilise la formule fournie. $V = \pi \times 3 \times \left(0.055^2 - 0.05^2\right)$ $V = \pi \times 3 \times \left(0.003025 - 0.0025\right)$ $V = \pi \times 3 \times 0.000525$ $V \approx 0.00495\,\text{m}^3$
3. **Étape 3 : Calcul de la masse** On utilise la relation $m = \rho \times V$. $m = 7200\,\text{kg/m}^3 \times 0.00495\,\text{m}^3$ $m \approx 35.64\,\text{kg}$ Papa Mbuyi devra soulever un tuyau pesant environ 36 kg.

Exercice 2 : Vérification d'un flotteur de chasse d'eau

Énoncé : Maman Hélène, à Mbandaka (Équateur), a une chasse d'eau qui fuit. Le flotteur en plastique a un volume total de 0,5 litre ($0.0005\,\text{m}^3$) et une masse à vide de 50 g. Le plombier pense que le flotteur est percé et à moitié rempli d'eau. Dans cet état, le flotteur peut-il encore flotter ? (Rappel : $\rho_{eau} = 1000\,\text{kg/m}^3$ ou 1 kg/litre).

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Calcul de la masse totale du flotteur endommagé** On additionne la masse du plastique et la masse de l'eau qu'il contient.

- Volume d'eau à l'intérieur = $\frac{0.5\,\text{litre}}{2} = 0.25$ litre.
- Masse de cette eau = 0.25 kg.
- Masse du plastique = $50\,\text{g} = 0.05$ kg.
- Masse totale $m_{total} = 0.25\,\text{kg} + 0.05\,\text{kg} = 0.30$ kg.

2. **Étape 2 : Calcul de la masse volumique apparente** C'est la masse totale divisée par le volume total de l'objet.

$$\rho_{apparent} = \frac{m_{total}}{V_{total}} = \frac{0.30\,\text{kg}}{0.0005\,\text{m}^3} \quad \rho_{apparent} = 600\,\text{kg/m}^3$$

3. **Étape 3 : Comparaison et conclusion** La masse volumique apparente du flotteur ($600\,\text{kg/m}^3$) est inférieure à la masse volumique de l'eau ($1000\,\text{kg/m}^3$). Conclusion : Oui, le flotteur flottera encore, mais il sera bien plus immergé. La fuite est donc possible car le flotteur n'arrête plus l'arrivée d'eau au bon niveau.

1.2. Poids volumique et gravité spécifique

a. Une question de lourdeur

Même si deux bidons de 20 litres, l'un rempli d'eau et l'autre rempli d'huile de palme, ont exactement le même volume, ils n'ont pas le même poids. Le bidon d'eau est plus lourd. Cette différence, ressentie par quiconque a déjà transporté ces liquides à Mbandaka ou à Matadi, est au cœur de la mécanique des fluides en plomberie.

Cette observation simple introduit deux notions cruciales : le poids volumique et la gravité spécifique. Elles permettent de quantifier et de comparer la "lourdeur" des substances pour un volume donné. C'est la science qui explique pourquoi l'huile flotte sur l'eau et pourquoi un tuyau doit être dimensionné différemment selon le fluide qu'il transporte.

A. Le poids volumique (gamma, γ)

Le poids volumique d'une substance est son poids par unité de volume. Il mesure la force que la gravité exerce sur un certain volume de cette substance. C'est une caractéristique essentielle pour calculer les charges sur les supports de tuyauterie ou la pression au fond d'un réservoir.

Sa formule est directe :

$$\gamma = \frac{\text{Poids } \(P\)}{\text{Volume } \(V\)}$$

L'unité du poids volumique dans le Système International est le Newton par mètre cube (N/m³).

Pour l'eau douce à 4°C, valeur de référence absolue en plomberie, le poids volumique est :

$$\gamma_{eau} \approx 9810\,\text{N/m}^3$$

B. La gravité spécifique (GS)

La gravité spécifique est un outil de comparaison. Elle est aussi appelée densité relative. C'est un rapport sans dimension qui compare le poids volumique d'une substance à celui d'une substance de référence. Pour les liquides et les solides, la référence est toujours l'eau.

La formule est donc :

$$GS = \frac{\gamma_{\text{substance}}}{\gamma_{\text{eau}}}$$

L'utilité de la gravité spécifique est immédiate :

- Si $GS > 1$, la substance est plus dense que l'eau. Elle coulera.
- Si $GS < 1$, la substance est moins dense que l'eau. Elle flottera.
- Si $GS = 1$, la substance a la même densité que l'eau.

Par exemple, l'huile de palme a une $GS \approx 0.92$. C'est inférieur à 1, donc elle flotte. Le PVC rigide a une $GS \approx 1.4$. Il est supérieur à 1, donc il coule.

Figure 2 : Réf. IMG (4091-6825-1713)
Comparaison de la gravité spécifique dans un verre d'eau

(a) L'huile en surface (GS < 1)



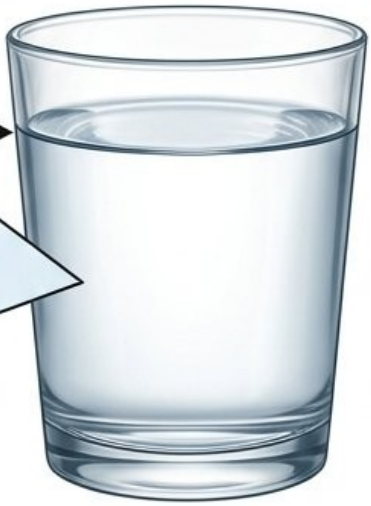
Couche d'huile flottant sur l'eau

Huile :
Gravité spécifique < 1 (env. 0.9).
Moins dense, ne se mélange pas.



Phénomène utilisé dans les séparateurs de graisses.

(b) L'eau comme référence (GS = 1)



Eau :
Gravité spécifique = 1
(par définition).
Plan de comparaison.

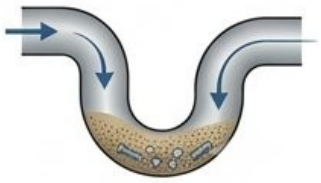
L'eau constituant la masse principale

(c) Le métal au fond (GS > 1)



Objets métalliques (boulon en acier, $GS \approx 7.8$) coulés au fond

Métal : Gravité spécifique > 1
. Beaucoup plus dense.
Explique accumulation de sédiments lourds.



Principe sédiments lourds (sable, particules métalliques) dans canalisations

Figure 2 : Réf. IMG (4091-6825-1713)

Comparaison de la gravité spécifique dans un verre d'eau

a. L'huile en surface (GS < 1)

Ce schéma montre une couche d'huile flottant sur l'eau. L'huile, avec une gravité spécifique inférieure à 1 (environ 0.9), est moins dense. Elle ne peut pas se mélanger à l'eau et reste au-dessus. Ce phénomène est visible dans les séparateurs de graisses, un équipement que le plombier installe et entretient.

b. L'eau comme référence (GS = 1)

L'eau constitue la masse principale du liquide. Par définition, sa gravité spécifique est de 1. Elle sert de plan de comparaison pour tous les autres liquides et solides en plomberie standard.

c. Le métal au fond (GS > 1)

Un objet métallique, comme un boulon en acier ($GS \approx 7.8$), est beaucoup plus dense que l'eau. Sa gravité spécifique largement supérieure à 1 explique pourquoi il coule instantanément et reste au fond. Ce principe explique l'accumulation de sédiments lourds (sable, particules métalliques) dans les points bas des canalisations.

SCÉNARIOS ET EXERCICES

Une tuyauterie qui s'affaisse à Kananga

Papa Mbuyi, un plombier expérimenté de Kananga au Kasaï-Central, est appelé dans une petite brasserie locale. Les propriétaires se plaignent que la tuyauterie en PVC servant à évacuer un sirop de sucre très concentré s'affaisse entre ses supports. Papa Mbuyi inspecte l'installation et son sourire s'élargit. Il explique que le sirop est bien plus "lourd" que l'eau. Le poids volumique de ce liquide est très élevé. Les supports, espacés pour une simple conduite d'eau, ne suffisent pas à soutenir la charge. Il doit d'abord estimer le poids volumique du sirop pour calculer le nouvel espacement des colliers de fixation et garantir la solidité de la ligne. La physique des fluides vient de sauver une installation.

Exercice 1 : Le poids du réservoir de Maman Hélène

Énoncé : Maman Hélène, à Bukavu dans le Sud-Kivu, vient de remplir son réservoir en plastique de 200 litres avec l'eau du lac. Calculez le poids total, en Newtons, de l'eau contenue dans ce réservoir. On prendra $\gamma_{eau} = 9810$ N/m³.

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Identifier les données** Le volume est $V = 200$ litres. Le poids volumique de l'eau est $\gamma_{eau} = 9810$ N/m³.
2. **Étape 2 : Convertir les unités** La formule utilise des mètres cubes (m³), pas des litres (L). La conversion est essentielle. Sachant que 1000 litres = 1 m³, on a : $V = 200\,\text{L} = 0.2\,\text{m}^3$.
3. **Étape 3 : Appliquer la formule du poids** La formule du poids volumique est $\gamma = P/V$. On la réarrange pour trouver le poids : $P = \gamma \times V$.
4. **Étape 4 : Calculer le résultat** $P = 9810\,\text{N/m}^3 \times 0.2\,\text{m}^3 = 1962$ N. Le poids de l'eau dans le réservoir est de 1962 Newtons.

Exercice 2 : Flotte ou coule ? Le test de la glycérine

Énoncé : Junior, un jeune technicien dans une savonnerie de Boma au Kongo Central, manipule de la glycérine. Il doit déterminer si une fuite de glycérine dans un bac d'eau flottera ou coulera. Il pèse 1 litre de glycérine et trouve une masse de 1,26 kg. La glycérine coulera-t-elle ?

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Calculer le poids de la glycérine** Le poids est la masse multipliée par l'accélération de la pesanteur ($g \approx 9.81$ m/s²). $P = m \times g = 1.26\,\text{kg} \times 9.81\,\text{m/s}^2 \approx 12.36$ N.
2. **Étape 2 : Calculer le poids volumique de la glycérine** Le volume est $V = 1$ litre ¿ 0.001 m³. $\gamma_{glycérine} = P/V = 12.36\,\text{N}/0.001\,\text{m}^3 = 12360$ N/m³.
3. **Étape 3 : Calculer la gravité spécifique (GS)** On compare le poids volumique de la glycérine à celui de l'eau. $GS = \gamma_{glycérine}/\gamma_{eau} = 12360/9810 \approx 1.26$.

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

4. **Étape 4 : Conclure** La gravité spécifique de la glycérine est de 1.26. Ce nombre est supérieur à 1. La glycérine est donc plus dense que l'eau et coulera au fond du bac.

1.3. Densité relative des corps liquides et solides

a. Une simple question de comparaison

Lorsque l'on verse de l'huile de palme dans un récipient d'eau, un phénomène simple se produit : l'huile flotte. Cette observation du quotidien, de la cuisine de Mbandaka à celle de Goma, cache un principe physique fondamental. Les fluides et les solides ne se comportent pas tous de la même manière face à l'eau.

Cette différence de comportement n'est pas due au hasard. Elle est gouvernée par une grandeur sans unité appelée la densité relative. Comprendre la densité permet au plombier de prédire comment un matériau ou un liquide interagira avec le principal fluide de son métier : l'eau.

A. Définition et corps de référence

La densité relative, notée d, est un rapport. Elle compare la masse volumique d'un corps (ρ_{corps}) à la masse volumique d'un corps de référence.

Pour les solides et les liquides, le corps de référence universel est l'eau pure à sa température de masse volumique maximale (4 °C). La masse volumique de l'eau (ρ_{eau}) est considérée comme égale à 1000 kilogrammes par mètre cube (kg/m³).

La formule est donc la suivante :

$$d = \frac{\rho_{corps}}{\rho_{eau}}$$

Puisque la densité est un rapport de deux grandeurs de même nature, c'est un nombre pur. Il ne possède aucune unité.