CALCUL PROFESSIONNEL

(Aires, Volumes et RDM)

OPTION PLOMBERIE

3ÈME ANNÉE

Volume:

Volume

$V = \#\pi$

RDM

$S_T = 18 \times 4.8$

CONFORME
AU PROGRAMME
NATIONAL CURRICULUM

EDITION
2025



TABLE DES MATIÈRES

PRÉLIMINAIRES **1**

Objectifs Pédagogiques 1

- 1. Consolider la maîtrise des concepts fondamentaux 1
- 2. Développer la capacité de modélisation 1
- 3. Former au raisonnement critique et à la validation des résultats 1
- 4. Structurer les compétences en vue des épreuves de certification 1

Matériel et Prérequis 2

- 1. Prérequis Cognitifs Fondamentaux 2
- 2. Instrumentation et Supports Didactiques 2
- 3. Posture Pédagogique et Articulation des Savoirs 2

Méthodologie Appliquée 3

- 1. Le Principe de Transposition Didactique 3
- 2. La Séquence Pédagogique Type 3

Sécurité et Normes 4

- 1. Fondement Pédagogique 4
- 2. Articulation Théorie-Pratique 4
- 3. Objectif d'Évaluation 4

PARTIE 1 : CALCUL DES SURFACES ET AIRES MATÉRIELLES **5**

a. La fin du gaspillage 5

b. Géométrie du chantier 5

c. Des formules et des hommes 5

d. Du mètre carré au franc congolais 5

CHAPITRE 1 : LES AIRES DES FIGURES SIMPLES **6**

1.1. Le Carré et le Rectangle (Parois et Sols) 6

- a. L'œil du géomètre 6
- A. Le Carré, une affaire d'égalité 6
- B. Le Rectangle, le cousin allongé 6

1.2. Le Triangle et le Trapèze (Toitures et Trémies) 8

- a. Une géométrie cachée dans le quotidien 8

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- A. Le Triangle : La base de la toiture....8
- B. Le Trapèze : La forme des ouvertures et des pans de toit....9

FIGURE 1 : RÉF. IMG (6335-2545-2225)....11

Schéma d'une toiture en trapèze et d'un pignon triangulaire....11

- Anecdote du chantier de Mbandaka....11

1.3. Le Cercle et la Couronne (Sections de Tuyauterie)....13

- a. Leçon du jour....13
- A. L'Aire du Cercle (Section intérieure d'un tuyau)....13

FIGURE 2 : RÉF. IMG (5425-5300-0484)....15

Représentation schématique d'un cercle avec son rayon et son diamètre....15

- B. L'Aire de la Couronne (Section de la matière du tuyau)....15

FIGURE 3 : RÉF. IMG (3429-2561-3669)....16

Schéma d'une couronne circulaire avec son grand et petit rayon....16

- b. Anecdote du chantier de Bukavu....16

1.4. Le Secteur Circulaire et l'Ellipse....18

- a. De la part de tarte à la citerne....18
- A. Le Secteur Circulaire : Une Portion de Disque....18
- B. L'Ellipse : Le Cercle Étiré....19

FIGURE 4 : RÉF. IMG (8468-0973-4092)....21

Géométrie comparée du secteur circulaire et de l'ellipse en plomberie....21

- Une histoire de citerne à Mbandaka....21

CHAPITRE 2 : LES AIRES COMPOSÉES ET LA DÉCOMPOSITION....23

2.1. Méthode de Décomposition en Surfaces Élémentaires....23

- a. Une approche intelligente du réel....23
- A. Le principe de l'addition et de la soustraction d'aires....23
- B. Les étapes de la méthode....23
- SCÉNARIOS ET EXERCICES....24

2.2. Calcul des Surfaces Latérales des Solides....26

- a. La peau des objets....26
- A. Le Cylindre : L'Ami du Plombier....26

FIGURE 5 : RÉF. IMG (2884-2282-5012)....28

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

Décomposition de la surface latérale d'un cylindre en un rectangle....28
- B. Le Pavé Droit : Le Cas des Réservoirs....28

2.3. Gestion des Ouvertures et Déductions....30
- a. L'erreur du débutant à tout prix éviter....30
- A. Le Principe de la Soustraction d'Aires....30

FIGURE 6 : RÉF. IMG (2356-9215-0294)....33

Schéma d'un mur de salle de bain avec une fenêtre rectangulaire....33
- B. Cas des Ouvertures Multiples ou Complexes....33

FIGURE 7 : RÉF. IMG (1413-0403-8215)....35

Plan au sol d'une cuisine avec une colonne et une trappe....35
- SCÉNARIOS ET EXERCICES....35

2.4. Calcul des Chutes et Coefficients de Perte....37
- a. L'art de ne rien gaspiller....37
- A. Définir et Quantifier la "Chute"....37

FIGURE 8 : RÉF. IMG (8467-2794-8086)....40

Optimisation de la découpe d'une barre de tuyau en PVC....40
- B. Le Coefficient de Perte : Une Assurance Matérielle....40

FIGURE 9 : RÉF. IMG (1343-6723-2541)....43

Impact du coefficient de perte sur le budget d'un chantier....43
- b. Scénarios et Exercices....43

CHAPITRE 3 : APPLICATIONS PROFESSIONNELLES DES AIRES....46

3.1. Métré des Revêtements Muraux Sanitaires....46
- a. La justesse du calcul, une question d'honneur....46
- A. La Surface Brute : Le Périmètre Déroulé....46
- B. La Surface des Vides : Les Ouvertures....46

FIGURE 10 : RÉF. IMG (8283-3133-0192)....48

Schéma d'une salle de bain pour le calcul du métré mural....48
- C. La Formule du Métré Sanitaire Net....48

3.2. Dimensionnement des Bassins de Récupération....50
- a. L'eau du ciel, une richesse à ne pas gaspiller....50

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- A. Le calcul du volume pour un bassin rectangulaire (parallélépipédique).....50
- B. Le cas du bassin cylindrique.....51

FIGURE 11 : RÉF. IMG (1665-9374-7555).....53

Schéma comparatif des deux types de bassins de récupération d'eau.....53

- C. Scénarios et exercices.....53

3.3. Calcul de Surface pour la Peinture des Tuyauteries.....55

- a. L'importance de la protection.....55
- A. La Formule Fondamentale : L'Aire Latérale du Cylindre.....55

FIGURE 12 : RÉF. IMG (4112-6919-7008).....56

Décomposition d'un tuyau cylindrique pour le calcul de sa surface latérale.....56

- B. Prise en Compte du Rendement de la Peinture.....56

FIGURE 13 : RÉF. IMG (3214-1946-8252).....59

Relation entre la surface à peindre et le rendement du pot de peinture.....59

- Scénarios et Exercices.....59

3.4. Estimation des Panneaux Solaires Thermiques.....61

- a. La puissance sous-estimée.....61
- A. Les Facteurs Déterminants.....61
- B. La Formule de Dimensionnement Simplifiée.....61

3.5. Calepinage et optimisation des découpes.....63

- a. L'art du tailleur de métaux.....63
- A. Surface brute, surface utile et chute.....63
- B. Les stratégies de placement.....64

FIGURE 14 : RÉF. IMG (3317-8293-7234).....66

Schéma comparatif d'un calepinage non optimisé et d'un calepinage optimisé.....66

- C. Application aux tuyauteries.....66

PARTIE 2 : VOLUMÉTRIE ET MASSE VOLUMIQUE.....69

a. Quantifier l'espace : la première mission du plombier.....69

b. Le poids des choses : introduction à la masse volumique.....69

c. L'union fait la force : du volume à la masse totale.....69

d. La géométrie comme boîte à outils.....69

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

CHAPITRE 4 : VOLUMES DES SOLIDES SIMPLES.....70

4.1. Le Cube et le Parallélépipède (Citernes).....70

- a. L'eau, une richesse à stocker.....70
- A. Le Cube : La simplicité parfaite.....70

FIGURE 15 : RÉF. IMG (9047-9470-7762).....72

Représentation schématique d'une citerne cubique et ses trois dimensions iden.....72

- B. Le Parallélépipède Rectangle : La citerne classique.....72

FIGURE 16 : RÉF. IMG (6865-2258-4179).....74

Schéma d'une citerne parallélépipédique avec ses trois dimensions distinctes.....74

- C. Conversion et Unités : Le secret du plombier.....74
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....75

4.2. Le Cylindre Droit (Tuyaux et Chauffe-eau).....76

- a. Le cylindre, un objet universel.....76
- A. Définition et Formule du Volume.....76

FIGURE 17 : RÉF. IMG (0281-6627-7771).....78

Schéma d'un cylindre droit avec ses dimensions : rayon et hauteur.....78

- B. Application au Tuyau et au Chauffe-eau.....78
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....79

4.3. Le Prisme et la Pyramide (Trémies).....80

- a. Une géométrie de bâtisseur.....80
- A. Le Prisme Droit : la base de tout stockage.....80
- B. La Pyramide et le Cône : l'art de la réduction.....81

FIGURE 18 : RÉF. IMG (4672-7227-2870).....83

Comparaison visuelle d'un prisme et d'une pyramide de même base.....83

- Scénarios et Exercices.....83
- a. L'erreur de calcul de Papa Mbuyi à la Katuba.....83

4.4. La Sphère et la Calotte Sphérique.....85

- a. L'obsession d'Archimède.....85
- A. Volume de la sphère.....85

FIGURE 19 : RÉF. IMG (9317-7494-2331).....87

Schéma d'une sphère avec son rayon et son diamètre.....87

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- B. Volume de la calotte sphérique.....87

FIGURE 20 : RÉF. IMG (9697-3101-5407).....90

Coupe d'une sphère montrant une calotte sphérique et ses dimensions.....90

- a. Le mystère du château d'eau de Mbandaka.....90

CHAPITRE 5 : VOLUMES COMPOSÉS ET TERRASSEMENT.....93

5.1. Décomposition en Volumes Élémentaires.....93

- a. La simplicité cachée de la complexité.....93
- A. Le principe de la décomposition.....93
- B. La méthode du plombier sur le terrain.....93

FIGURE 21 : RÉF. IMG (4037-4195-5414).....96

Décomposition d'une tranchée en L en deux pavés droits distincts.....96

- L'anecdote de la fosse septique de Matadi.....96

5.2. Calcul des Fouilles en Tranchée.....98

- a. Le geste ancestral et la précision moderne.....98
- A. La Formule Fondamentale du Volume d'une Tranchée.....98

FIGURE 22 : RÉF. IMG (3492-6818-3184).....100

Schéma d'une fouille en tranchée avec ses dimensions principales.....100

- B. Scénarios et Exercices.....100

5.3. Foisonnement et Remblai.....102

- a. Le paradoxe du trou et du tas.....102
- A. Le coefficient de foisonnement ().....102
- B. Le tassement et le remblai.....103
- C. Scénarios et Exercices.....104

5.4. Volume des Maçonneries Sanitaires.....105

- a. Du savoir-faire ancestral au calcul précis.....105
- A. Principe du Volume des Parois.....106

FIGURE 23 : RÉF. IMG (4613-6782-2328).....108

Schéma d'une fosse septique en blocs de ciment avec ses dimensions.....108

- B. Application sur une Fosse Septique Parallélépipédique.....108

CHAPITRE 6 : MASSE VOLUMIQUE ET POIDS DES OUVRAGES.....111

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

6.1. Définition et Unités de Masse Volumique....111
- a. L'intuition du plombier....111
- A. La Masse Volumique : Définition et Formule....111

FIGURE 24 : RÉF. IMG (7444-4989-4976)....113

Comparaison de deux matériaux de volume identique sur une balance....113
- B. Les Unités du Système International (SI) et Usuelles....113

FIGURE 25 : RÉF. IMG (2794-0579-9000)....115

Masse volumique de quelques matériaux courants en plomberie....115
- Une histoire de chantier à Mbandaka....115

6.2. Calcul du Poids des Fluides Stockés....117
- a. Le paradoxe de la goutte d'eau....117
- A. La Formule Fondamentale : Masse, Volume et Masse Volumique....117
- B. Les Masses Volumiques Courantes en Plomberie....118

FIGURE 26 : RÉF. IMG (1911-1736-0068)....120

Visualisation du poids de l'eau dans une citerne de 1000 litres....120
- Scénarios et Exercices....120
- a. L'erreur du jeune plombier de Lubumbashi....120

6.3. Calcul du Poids des Tuyauteries (Vides et Pleines)....121
- a. Le poids, cet ennemi silencieux....121
- A. Masse d'un tuyau vide : la matière seule....122

FIGURE 27 : RÉF. IMG (2503-2511-1552)....124

Coupe transversale d'un tuyau avec ses diamètres et son épaisseur....124
- B. Masse d'un tuyau plein : la matière et le fluide....124

FIGURE 28 : RÉF. IMG (0850-5414-2956)....127

Comparaison visuelle entre un tuyau en PVC et un tuyau en fonte....127
- Anecdote : Le tuyau de la Regideso à Bandalungwa....127

6.4. Densité et Flottaison (Archimède)....129
- a. Le paradoxe du bateau en acier....129
- A. La Densité : la carte d'identité d'un matériau....129

FIGURE 29 : RÉF. IMG (6819-9194-9278)....132

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

Un tuyau en PVC flotte alors qu'un raccord en cuivre coule.....132
- B. Le Principe d'Archimède : la poussée qui vient d'en bas.....132

PARTIE 3 : RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX (RDM) ET PHYSIQUE.....135

a. Le chantier, un champ de forces invisibles.....135

b. Traction, compression, flexion : les trois épreuves du tuyau.....135

c. La danse de l'eau : pression et débit.....135

d. Quand la chaleur s'en mêle : la dilatation.....135

CHAPITRE 7 : DILATATION LINÉAIRE DES MATÉRIAUX.....136

7.1. Le Coefficient de Dilatation Linéaire.....136
- Un phénomène visible sur les rails du Kongo Central.....136
- A. Définition et principe fondamental.....136
- B. La formule du plombier pour l'allongement.....136
- C. Le coefficient () : la carte d'identité thermique.....137

FIGURE 30 : RÉF. IMG (3274-7577-6583).....139

Comparaison de l'allongement de trois tuyaux : cuivre, acier et PVC.....139
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....139

7.2. Calcul de l'Allongement.....141
- a. Le murmure des métaux.....141
- A. La Formule Fondamentale de l'Allongement.....142

FIGURE 31 : RÉF. IMG (5138-7549-3378).....144

Schéma d'une canalisation en cuivre s'allongeant sous l'effet de la chaleur.....144
- B. Le Coefficient $ $: La Carte d'Identité du Matériau.....144

FIGURE 32 : RÉF. IMG (9065-2331-1331).....147

Tableau des coefficients de dilatation pour des matériaux de plomberie courants.....147
- Scénarios et Exercices.....147

7.3. Dimensionnement des Lyres et Compensateurs.....149
- a. Le paradoxe du métal au soleil.....149
- A. La Lyre de Dilatation : L'Art de la Souplesse.....150

FIGURE 33 : RÉF. IMG (3541-4219-8154).....152

Schéma d'une lyre de dilatation et ses dimensions principales.....152

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- B. Le Compensateur à Soufflet : La Solution Mécanique.....152

FIGURE 34 : RÉF. IMG (7114-3787-2427).....155

Coupe d'un compensateur de dilatation axial à soufflet métallique.....155

- C. Points d'Attention et Sécurité.....155

7.4. Points Fixes et Points Glissants.....158

- a. Le paradoxe du pont et de la tuyauterie.....158
- A. Le Point Fixe : L'Ancre du Système.....158

FIGURE 35 : RÉF. IMG (3471-4996-8869).....160

Schéma d'un collier de fixation rigide sur un tuyau en cuivre.....160

- B. Le Point Glissant : Le Guide Bienveillant.....160

FIGURE 36 : RÉF. IMG (3049-2543-2625).....162

Un support-guide simple permettant la dilatation axiale d'une tuyauterie.....162

- b. L'anecdote du chantier de l'hôtel de Kisangani.....162

CHAPITRE 8 : DILATATION VOLUMIQUE ET PRESSION.....165

8.1. Coefficient de Dilatation Volumique des Liquides.....165

- a. Le danger invisible d'un bidon au soleil.....165
- A. Le Coefficient de Dilatation Volumique (γ).....165
- B. Valeurs usuelles et conséquences.....165

FIGURE 37 : RÉF. IMG (5895-1446-3901).....167

Schéma d'un ballon jaugé d'eau chauffé par un bec Bunsen.....167

FIGURE 38 : RÉF. IMG (7991-4618-2606).....169

Coupe d'un chauffe-eau électrique avec son groupe de sécurité.....169

- L'anecdote du mécanicien de Lubumbashi.....169

8.2. Rôle du Vase d'Expansion.....171

- a. Un problème de pression.....171
- A. Le Principe de la Dilatation Thermique de l'Eau.....171
- B. La Mécanique du Vase d'Expansion.....172

FIGURE 39 : RÉF. IMG (5616-0558-5194).....174

Schéma de fonctionnement d'un vase d'expansion à membrane.....174

- a. La sagesse de Papa Kabasele sur le chantier de Mbandaka.....174

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

8.3. Loi de Gay-Lussac (Pression-Température)....176
- a. Le danger caché dans la chaleur....176
- A. Le principe de la transformation isochore....177

FIGURE 40 : RÉF. IMG (1851-0299-2063)....179

Schéma de l'agitation moléculaire et de la pression d'un gaz....179
- B. La Formule de Gay-Lussac et son Application....179

FIGURE 41 : RÉF. IMG (5707-9944-8781)....182

Manomètre d'un chauffe-eau indiquant une pression critique....182
- SCÉNARIOS ET EXERCICES....182

8.4. Précautions lors du Stockage d'Hydrocarbures....185
- a. Le danger oublié du soleil....185
- A. Dilatation Volumique : La Menace Invisible....185

FIGURE 42 : RÉF. IMG (8832-0486-3889)....186

Schéma d'une citerne de stockage avec son ciel gazeux et son évent....186
- B. Prévention : Le binôme Évent et Soupape....186

FIGURE 43 : RÉF. IMG (5608-5031-0988)....189

Vue en coupe d'une soupape de sécurité à ressort pour citerne....189
- L'anecdote de Papa Kabasele....189

CHAPITRE 9 : NOTIONS DE FORCE ET CHARGE MÉCANIQUE....192

9.1. La Force de Pesanteur et le Poids....192
- a. Une force invisible mais bien réelle....192
- A. La Masse et le Poids : Deux cousins à ne pas confondre....192

FIGURE 44 : RÉF. IMG (6696-5604-0645)....194

Comparaison visuelle entre la masse d'un objet et son poids....194
- B. L'Intensité de la Pesanteur ()....194

FIGURE 45 : RÉF. IMG (4071-7393-6786)....196

Un plombier calculant le poids d'un chauffe-eau avant de le fixer....196
- C. Scénarios et Exercices....196

9.2. Charges Réparties et Charges Ponctuelles....198
- a. La force, une idée aussi vieille que les pyramides....198

- A. La Charge Ponctuelle (ou Concentrée)....198
- B. La Charge Répartie (ou Distribuée)....198

FIGURE 46 : RÉF. IMG (5880-6829-2806)....201

Distinction visuelle entre une charge ponctuelle et une charge répartie....201

- Anecdote : La sagesse de Papa Mbuyi sur le toit....202

9.3. Résistance à l'Écrasement des Matériaux....203

- a. L'éponge invisible....203
- A. La Contrainte de Compression (σ)....203
- B. Limite d'Élasticité et Condition de Sécurité....204

9.4. Cisaillement et Ancrage....205

- a. L'analogie du pousseur de Mungul-diaka....205
- A. Le Cisaillement Simple : La Force qui Coupe....206

FIGURE 47 : RÉF. IMG (7538-1870-6922)....208

Schéma d'un boulon subissant une force de cisaillement simple....208

- B. La Pression de Matage et l'Ancrage au Mur....208

9.5. Moment d'une force et couple de serrage....211

- a. L'art d'appliquer la force....211
- A. Le moment d'une force : la physique du levier....211
- B. Le couple de serrage : la précision du plombier....212

Annexe A : Formulaire des Aires et Volumes Usuels....214

- A. Aires des Figures Planes Usuelles....214
- B. Aires des Formes Circulaires....215
- C. Volumes des Solides de Révolution et Prismes....216
- D. Volumes des Polyèdres....217

Annexe B : Table des Masses Volumiques et Coefficients de Dilatation....217

- A. La Masse Volumique (ρ)....217
- B. Le Coefficient de Dilatation Linéique (α)....218

Annexe C : Abaques de Dilatation des Tuyauteries....220

- A. Principe Fondamental de la Dilatation Linéaire....220
- B. Coefficients de Dilatation Linéaire (α) par Matériau....220
- C. Utilisation et Lecture d'un Abaque de Dilatation....221
- D. Paramètres d'Application et Calcul du ΔT....221
- E. Dispositifs Techniques de Compensation de la Dilatation....222

Annexe D : Conversion des Unités de Pression et Force.....222
- A. La Force : Définitions et Unités Fondamentales.....222
- B. La Pression : Définitions et Unités Fondamentales.....224

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

PRÉLIMINAIRES

Objectifs Pédagogiques

1. Consolider la maîtrise des concepts fondamentaux

Cet enseignement vise la consolidation des notions mathématiques et physiques indispensables au métier de plombier. Au-delà de la simple application de formules, l'élève doit acquérir une compréhension intime des principes de l'hydrostatique, de l'hydrodynamique et de la thermique. L'objectif est de rendre l'élève capable d'expliquer le "pourquoi" d'un calcul, non seulement le "comment". La finalité est une base théorique solide, prérequis à toute intervention technique réfléchie.

2. Développer la capacité de modélisation

Un savoir-faire central du technicien est sa faculté à traduire un problème de chantier concret en un modèle mathématique exploitable. L'élève apprendra à identifier les variables pertinentes, à choisir les formules appropriées et à poser correctement les équations pour des cas de figure variés : calcul de pertes de charge dans un réseau d'adduction à Kikwit, dimensionnement d'un échangeur de chaleur pour une maternité à Mbuji-Mayi, ou encore calcul de la puissance d'un circulateur.

3. Former au raisonnement critique et à la validation des résultats

L'obtention d'un résultat numérique ne constitue pas une fin en soi. Ce manuel a pour objectif de doter l'élève d'un esprit critique. Il doit être en mesure d'évaluer la plausibilité d'un résultat. Un diamètre de tuyauterie calculé à 500 mm pour une villa est-il cohérent ? Une perte de charge supérieure à la pression de service est-elle possible ? Cette compétence d'auto-évaluation prévient les erreurs de conception et garantit la sécurité des installations.

4. Structurer les compétences en vue des épreuves de certification

L'ensemble des chapitres et des exercices est rigoureusement aligné sur le référentiel national et les exigences du TENASOSP (Test National de Sélection et d'Orientation Scolaire et Professionnelle). L'objectif est de familiariser l'élève avec la typologie des problèmes, le niveau de complexité attendu et la rigueur de la présentation des calculs. Chaque exercice est pensé comme une préparation directe à l'Examen d'État.

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

Matériel et Prérequis

1. Prérequis Cognitifs Fondamentaux

L'abord efficace des calculs de troisième année suppose une maîtrise des fondamentaux acquis durant le cycle inférieur. La validation de ces compétences préalables est un impératif avant d'introduire toute nouvelle notion. Les savoirs à mobiliser incluent : - Les quatre opérations arithmétiques de base appliquées aux nombres entiers et décimaux. - Le raisonnement proportionnel, spécifiquement la maîtrise de la règle de trois simple et composée. - La géométrie euclidienne élémentaire, incluant le calcul des périmètres, des surfaces (carré, rectangle, disque) et des volumes (cylindre, parallélépipède). - La manipulation des unités de mesure du Système International (longueur, masse, volume, pression) et leurs conversions usuelles.

2. Instrumentation et Supports Didactiques

La résolution des problèmes techniques requiert un équipement minimal et standardisé. Chaque élève disposera d'une calculatrice scientifique non programmable, autorisant les calculs de puissances et de racines. L'usage du matériel de dessin technique (règle, équerre, compas) est également nécessaire pour la schématisation des installations et la représentation des problèmes. L'enseignant s'appuiera sur les tables de conversion et les abaques fournis en annexe de cet ouvrage, qui constituent des outils de référence essentiels.

3. Posture Pédagogique et Articulation des Savoirs

La démarche pédagogique privilégie l'ancrage systématique des nouveaux concepts sur les prérequis. Chaque notion théorique (perte de charge, dimensionnement, calorimétrie) sera immédiatement illustrée par une mise en situation concrète, tirée des réalités professionnelles. L'objectif est de transiter de la compétence mathématique abstraite vers la résolution de problèmes professionnels authentiques. Il est donc recommandé d'opérer constamment ce lien entre le calcul et sa finalité technique sur un chantier.

Méthodologie Appliquée

La transmission des compétences en calculs professionnels suit une logique rigoureuse. Elle subordonne l'outil mathématique à la réalité technique du métier de plombier. La finalité est l'acquisition d'une autonomie intellectuelle face à une problématique de chantier.

1. Le Principe de Transposition Didactique

1.1. Contextualisation Systématique

Chaque notion de calcul est systématiquement ancrée dans un contexte professionnel concret. Une formule de perte de charge, un calcul de pente ou une évaluation de débit trouvent leur origine dans une situation de travail identifiable. Cette approche garantit la liaison immédiate entre la théorie et sa finalité sur un chantier. L'abstraction mathématique pure est ainsi évitée.

1.2. Progression en Spirale

Les savoirs sont structurés selon une complexité croissante. Une compétence fondamentale, une fois acquise, est réinvestie et enrichie dans des chapitres ultérieurs avec des paramètres additionnels. Le calcul d'une section de tuyauterie simple évolue, par exemple, vers le dimensionnement d'un réseau complet incluant des contraintes multiples.

2. La Séquence Pédagogique Type

2.1. Démonstration par la Problématique

La démarche part d'une problématique technique observable. Elle procède par la formulation d'hypothèses quantifiées, menant à l'application d'un modèle de calcul spécifique. La résolution est ensuite vérifiée par rapport aux contraintes initiales du problème posé.

2.2. Validation par l'Application

La maîtrise d'une compétence est obtenue par la résolution d'exercices aux paramètres variés. La diversité des scénarios (pression, nature du fluide, configuration des lieux) force l'apprenant à adapter son raisonnement plutôt qu'à reproduire une solution mémorisée. La consolidation des acquis s'opère par cette mise en application diversifiée.

Sécurité et Normes

1. Fondement Pédagogique

Ce chapitre préliminaire installe la sécurité non comme une contrainte additionnelle, mais comme le postulat initial de toute pratique professionnelle en plomberie. Son enseignement précède logiquement celui des calculs de dimensionnement ou de débit. Une erreur de calcul se traduit physiquement par un risque matériel ou humain. La maîtrise des normes devient ainsi la condition de validité de toute opération mathématique ultérieure, en transformant une abstraction numérique en une installation fonctionnelle et pérenne.

2. Articulation Théorie-Pratique

L'enjeu didactique est de lier la norme abstraite (DTU, normes ISO, réglementations nationales) à ses implications concrètes sur chantier. Chaque standard de pression, de diamètre ou de compatibilité de matériau doit être systématiquement associé à un scénario de risque identifiable par l'élève : éclatement de raccord, corrosion galvanique, contamination de l'eau potable, coup de bélier. L'approche pédagogique privilégie la démonstration par le risque pour ancrer la nécessité de la norme, la rendant ainsi indissociable de l'acte technique.

3. Objectif d'Évaluation

L'évaluation de ces compétences dépasse la simple restitution mémorielle des nomenclatures. Elle mesure la capacité de l'apprenant à intégrer une contrainte normative comme une variable d'entrée dans un calcul. La finalité est de former un technicien apte à justifier un dimensionnement ou un choix de matériel par une argumentation sécuritaire et réglementaire rigoureuse. Cette compétence transversale est essentielle pour la réussite aux épreuves certificatives finales (TENASOSP).

Partie 1 : Calcul des Surfaces et Aires Matérielles

a. La fin du gaspillage

Un plombier professionnel évite le gaspillage. Chaque mètre de tuyau, chaque litre de colle ou de peinture coûte de l'argent. Une erreur de calcul sur un chantier à Mbuji-Mayi, au Kasaï-Oriental, se traduit par une perte sèche. Maîtriser les surfaces, c'est garantir un devis juste et un bénéfice réel. Le "à peu près" est ici l'ennemi direct du portefeuille.

b. Géométrie du chantier

Sur un chantier, la géométrie est partout. La surface d'un mur à carreler est un rectangle. La paroi extérieure d'une citerne est un cylindre. Le sol d'une douche à l'italienne peut être un carré ou une forme plus complexe. Chaque objet, du simple tuyau en PVC au grand réservoir d'eau d'un quartier de Bukavu, correspond à une figure géométrique dont l'aire se calcule.

c. Des formules et des hommes

Heureusement, des formules mathématiques simples existent pour chaque figure. L'aire d'un disque, la surface latérale d'un cône ou le développé d'un cylindre répondent à des calculs précis. Un plombier à Kisangani, dans la Tshopo, n'a pas besoin de réinventer les mathématiques. Il applique une méthode rigoureuse pour obtenir un résultat fiable, transformant un problème concret en une simple suite d'opérations.

d. Du mètre carré au franc congolais

Le calcul de surface est une étape initiale. Son résultat, exprimé en mètres carrés (m^2), sert de base pour d'autres décisions. Il permet de quantifier la peinture anti-rouille pour une installation à Matadi, le nombre de cartons de faïence pour une salle de bain, ou la quantité d'isolant pour une tuyauterie. Ainsi, une mesure géométrique se convertit directement en budget matériel.

Chapitre 1 : Les Aires des Figures Simples

1.1. Le Carré et le Rectangle (Parois et Sols)

a. L'œil du géomètre

Pendant que les anciens Égyptiens mesuraient leurs champs après chaque crue du Nil, ils ne faisaient pas que de l'agriculture. Ils inventaient la géométrie pratique. Le calcul de la surface, ou "aire", était une question de survie et d'impôts. Un champ carré ou rectangulaire était la base de toute leur économie agraire.

Cette même logique s'applique aujourd'hui au plombier. Chaque salle de bain, chaque cuisine, chaque mur à carreler est un petit territoire à conquérir. Le plombier moderne est un géomètre des espaces clos. Maîtriser le calcul des aires simples est la première étape pour estimer correctement un matériau, établir un devis juste et éviter le gaspillage.

A. Le Carré, une affaire d'égalité

Un carré possède quatre côtés de longueur identique et quatre angles droits. Dans la plomberie, cette figure se rencontre sur les sols de petites pièces comme les toilettes ou les douches, ou sur des sections de murs spécifiques.

Son aire, notée A, se calcule en multipliant la longueur de son côté par elle-même. La formule est d'une grande simplicité. Si c représente la longueur du côté :

$$A_{\text{carré}} = c \times c = c^2$$

Ainsi, pour une base de receveur de douche carrée de 90 cm de côté (soit 0,90 m), la surface au sol occupée est de $0,90\,\text{m} \times 0,90\,\text{m} = 0,81\,\text{m}^2$.

B. Le Rectangle, le cousin allongé

Le rectangle est omniprésent. Des murs d'une maison aux sols des couloirs, sa forme est la plus courante. Il se définit par une Longueur (L) et une largeur (l), avec quatre angles droits.

Pour calculer son aire, il suffit de multiplier sa longueur par sa largeur. La formule est une extension logique de celle du carré.

$$A_{\text{rectangle}} = L \times l$$

Concrètement, le mur d'une salle de bain à carreler à Kananga, mesurant 3 mètres de long pour une hauteur de 2,5 mètres, présente une surface de $3\,\text{m} \times 2{,}5\,\text{m} = 7{,}5\,\text{m}^2$. Ce calcul est la base pour commander le nombre exact de paquets de faïence.

L'astuce du Vieux Mbuta

À Bandundu-Ville, un jeune plombier du nom de Cédrick venait de terminer son apprentissage. Fier de ses nouvelles compétences, il mesurait au millimètre près la surface d'une cuisine pour un devis de carrelage. Il présenta son calcul à son ancien maître, le Vieux Mbuta : 12,48 m². "C'est exact, petit", dit le vieil homme avec un sourire malicieux. "Mais tu as oublié le plus important. La théorie te donne le minimum vital. La pratique t'apprend la survie." Le Vieux Mbuta lui expliqua alors qu'il fallait toujours ajouter 10% à cette surface pour "la casse et les coupes". Les carreaux se brisent, les angles sont rarement parfaits. "Le calcul te rend précis, l'expérience te rend professionnel", conclut-il.

Exercice 1 : Le carrelage de Papa Tshimanga

Énoncé : Papa Tshimanga, habitant le quartier Kinkanda à Matadi, souhaite faire carreler le sol de sa nouvelle salle de bain. La pièce est parfaitement rectangulaire et mesure 3 mètres de long sur 2 mètres de large. Quelle est la surface exacte à couvrir ?

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Identification de la figure et des données** La pièce est un rectangle. Nous avons la Longueur $L = 3\,\text{m}$ et la largeur $l = 2\,\text{m}$.
2. **Étape 2 : Application de la formule** La formule pour l'aire d'un rectangle est $A = L \times l$.
3. **Étape 3 : Calcul final** On remplace les valeurs dans la formule :

$$A = 3\,\text{m} \times 2\,\text{m} = 6\,\text{m}^2$$

La surface à carreler est de 6 mètres carrés.

Exercice 2 : L'étanchéité de la citerne

Énoncé : À Kisangani, Maman Hélène demande à un plombier de refaire l'étanchéité d'une face intérieure de sa citerne d'eau en béton. Cette face est

un carré parfait de 4 mètres de côté. Quelle surface de produit d'étanchéité le plombier doit-il prévoir pour cette seule face ?

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Identification de la figure et des données** La face de la citerne est un carré. La longueur de son côté est $c = 4\,\text{m}$.
2. **Étape 2 : Application de la formule** La formule pour l'aire d'un carré est $A = c^2$.
3. **Étape 3 : Calcul final** On applique la formule avec la valeur du côté :

$$A = (4\,\text{m})^2 = 4\,\text{m} \times 4\,\text{m} = 16\,\text{m}^2$$

Le plombier doit prévoir de couvrir une surface de 16 mètres carrés.

1.2. Le Triangle et le Trapèze (Toitures et Trémies)

a. Une géométrie cachée dans le quotidien

Même si le toit d'une case au Kasaï semble simple, sa forme cache une géométrie précise. Un simple coup d'œil révèle des triangles et souvent des trapèzes, surtout sur les bâtiments plus modernes que l'on voit à Matadi ou à Bukavu. Ces figures sont partout.

Calculer leur surface n'est pas un jeu. C'est une compétence essentielle pour le plombier qui doit estimer la tôle pour une toiture ou prévoir le passage de ses tuyaux. Une erreur de calcul mène au gaspillage d'argent ou au manque de matériel en plein chantier.

A. Le Triangle : La base de la toiture

Toute surface triangulaire, comme le pignon (la partie haute du mur) d'une toiture ou un renfort, possède une aire. Son calcul se fait avec une formule simple et universelle.

$$\text{Aire}_{\text{triangle}} = \frac{\text{Base} \times \text{Hauteur}}{2}$$

La base est l'un des côtés du triangle. La hauteur est la distance perpendiculaire mesurée de cette base jusqu'au sommet opposé. Attention à ne pas confondre la hauteur avec la longueur d'un autre côté.

B. Le Trapèze : La forme des ouvertures et des pans de toit

Souvent, une toiture ou une ouverture (une trémie pour un escalier, par exemple) n'est pas un simple rectangle. Sa forme est un trapèze. Cette figure possède deux côtés parallèles de longueurs différentes. On les appelle la grande base (B) et la petite base (b).

Pour connaître sa surface, une autre formule s'applique.

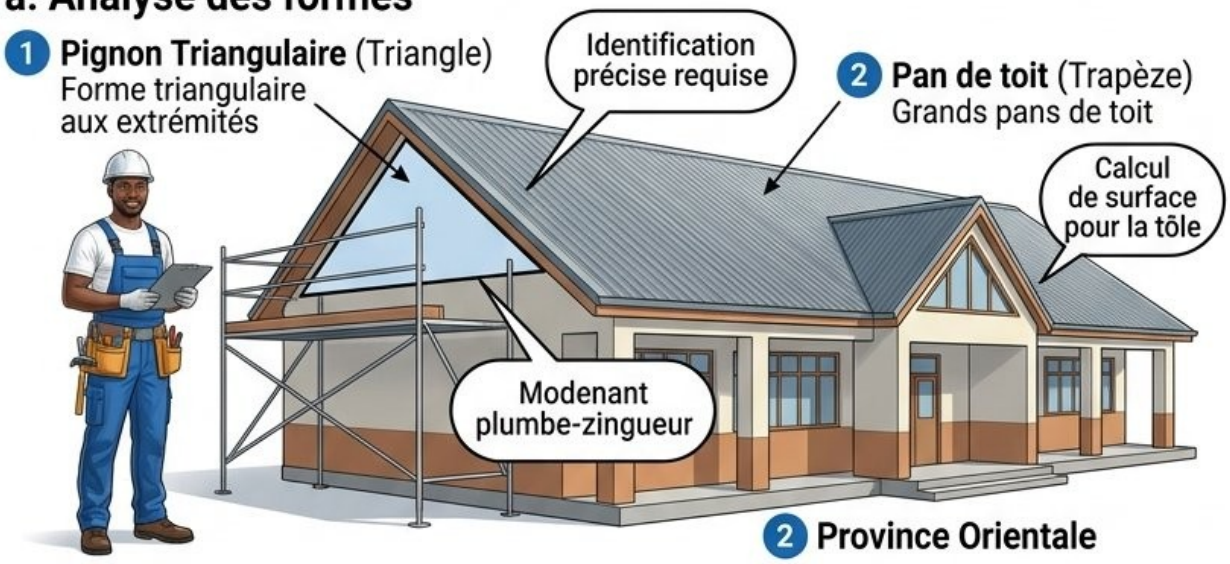
$$\text{Aire}_{\text{trapèze}} = \frac{(\text{Grande base} + \text{Petite base}) \times \text{Hauteur}}{2}$$

Le calcul est simple : additionner la longueur des deux bases parallèles. Multiplier ce résultat par la hauteur. Finalement, diviser le tout par deux.

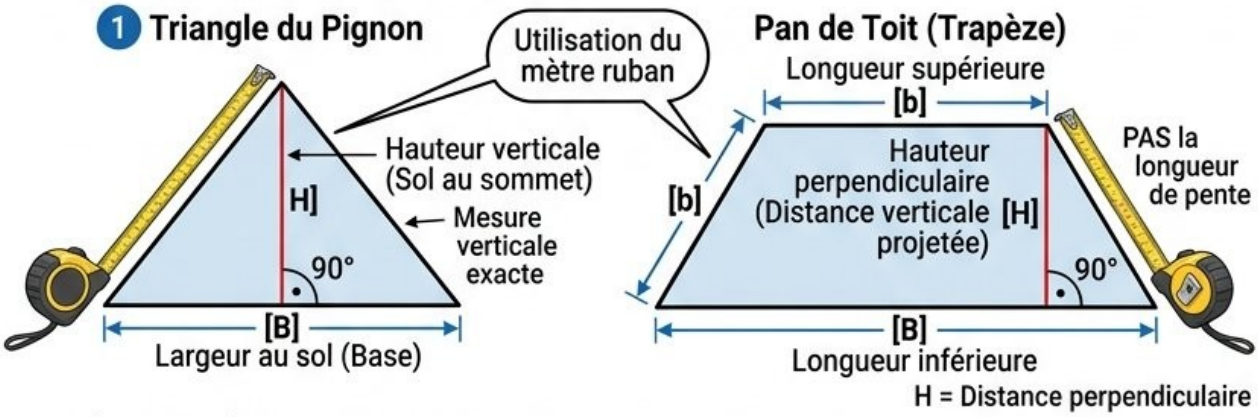
Figure 1 : Réf. IMG (6335-2545-2225)

Schéma d'une toiture en trapèze et d'un pignon triangulaire

a. Analyse des formes



b. Identification des mesures



c. L'erreur à ne pas commettre

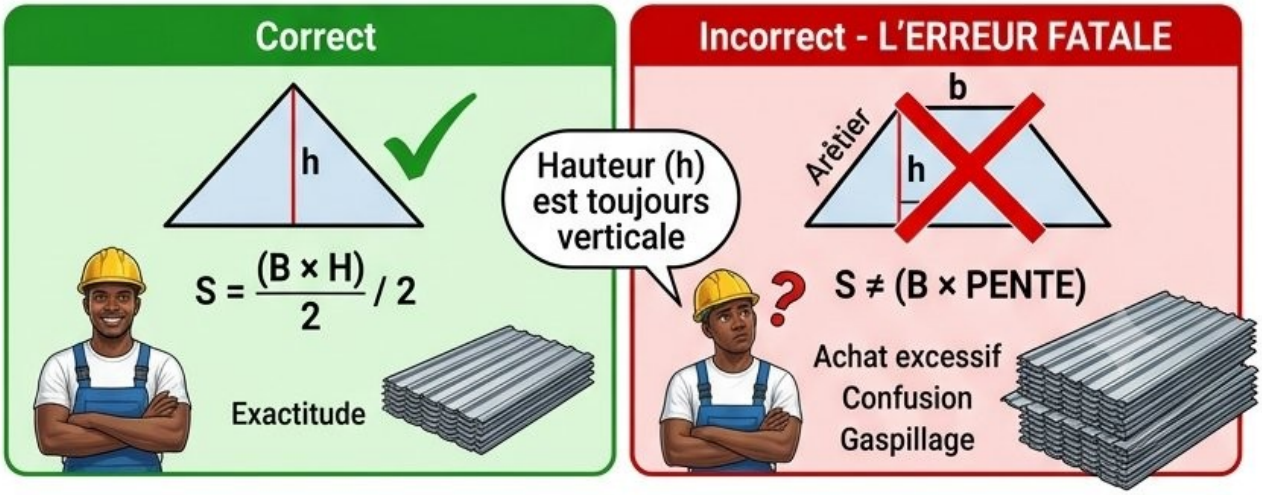


Figure 1 : Réf. IMG (6335-2545-2225)

Schéma d'une toiture en trapèze et d'un pignon triangulaire

a. Analyse des formes

Un bâtiment typique, comme une nouvelle école en construction dans la Province Orientale, expose clairement ces formes. Les extrémités de la toiture, appelées pignons, sont des triangles parfaits. Les grands pans de toit, eux, sont souvent des trapèzes ou de grands rectangles. Le travail du plombier-zingueur est d'identifier ces formes pour calculer la surface de tôle nécessaire. La précision ici évite de se retrouver avec des chutes inutiles ou, pire, de manquer de quelques mètres carrés pour finir le travail.

b. Identification des mesures

Sur le terrain, le mètre ruban est roi. Pour le triangle du pignon, il faut mesurer la largeur au sol (la base) et la hauteur verticale du sol au sommet. Pour le trapèze du pan de toit, il faut mesurer les deux longueurs parallèles (en haut et en bas de la pente) et la hauteur perpendiculaire entre ces deux lignes. Cette hauteur n'est PAS la longueur de la pente, mais bien la distance verticale projetée.

c. L'erreur à ne pas commettre

La confusion la plus fréquente est de mesurer la longueur du côté incliné (l'arêtier) et de l'utiliser comme hauteur. C'est une erreur fatale pour le calcul. La hauteur (h), qu'elle soit pour un triangle ou un trapèze, est toujours une mesure verticale, formant un angle droit (90°) avec la base. Utiliser une mesure inclinée augmentera faussement la surface calculée, menant à un achat excessif de matériel.

■ ■ ■

Anecdote du chantier de Mbandaka

Papa Gaston, un chef de chantier expérimenté à Mbandaka, dans la province de l'Équateur, aimait à raconter son erreur de jeunesse. Sur son premier grand projet, une villa pour un notable, il devait commander la tôle pour une toiture complexe avec plusieurs lucarnes. Pressé, il a estimé "à l'œil" la surface des découpes trapézoïdales. Il a simplement multiplié la longueur par la largeur

moyenne. Résultat : il lui manqua près de 15 m² de tôle. Le délai fut dépassé, le client furieux, et le bénéfice de Gaston fut mangé par l'achat en urgence de matériel supplémentaire au prix fort. Depuis ce jour, il répète à chaque apprenti : "La géométrie n'est pas une opinion. C'est de l'argent. Calcule deux fois, coupe une seule fois."

Exercice 1 : La toiture de Maman Charlotte à Goma

Énoncé : Maman Charlotte rénove le pignon de sa maison à Goma. La base du mur triangulaire mesure 8 mètres et sa hauteur verticale est de 3 mètres. Quelle est la surface en tôle à prévoir ?

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Identifier les données** La forme est un triangle.
   - Base (B) = 8 m
   - Hauteur (h) = 3 m
2. **Étape 2 : Appliquer la formule du triangle** La formule est : Aire = (Base × Hauteur) / 2.
3. **Étape 3 : Calculer le résultat final** Aire = (8 m × 3 m) / 2 = 24 m² / 2 = 12 m². Maman Charlotte doit prévoir 12 m² de tôle.

Exercice 2 : La trémie d'escalier chez Papa Bongo à Lubumbashi

Énoncé : Un maçon crée une ouverture (trémie) dans un plancher pour un futur escalier. L'ouverture a la forme d'un trapèze. La grande base mesure 5 m, la petite base 3 m et la hauteur (la distance perpendiculaire entre les deux bases) est de 2 m. Quelle est la surface de l'ouverture ?

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Lister les dimensions** La forme est un trapèze.
   - Grande base (B) = 5 m
   - Petite base (b) = 3 m
   - Hauteur (h) = 2 m
2. **Étape 2 : Utiliser la formule du trapèze** La formule est : Aire = ((B + b) × h) / 2.
3. **Étape 3 : Calculer la surface** Aire = ((5 m + 3 m) × 2 m) / 2 = (8 m × 2 m) / 2 = 16 m² / 2 = 8 m². La surface de la trémie est de 8 m².

1.3. Le Cercle et la Couronne (Sections de Tuyauterie)

a. Leçon du jour

Lorsque l'eau coule dans un tuyau, elle ne voit pas un carré ou un triangle. Elle occupe une surface ronde. Cette surface, c'est la section du tuyau. Sa mesure est capitale pour connaître le débit possible, de la plus petite installation à Gbadolite jusqu'au grand réseau d'adduction d'eau de la REGIDESO à Kinshasa.

Un tuyau n'est pas qu'un vide. Il est fait de matière : PVC, cuivre, acier. L'épaisseur du tuyau forme une figure géométrique précise : la couronne. Calculer son aire permet d'évaluer la quantité de matière, son poids et sa résistance.

A. L'Aire du Cercle (Section intérieure d'un tuyau)

La surface intérieure d'un tuyau est un cercle. C'est le passage utile pour le fluide. Son aire, appelée section, détermine la capacité d'écoulement.

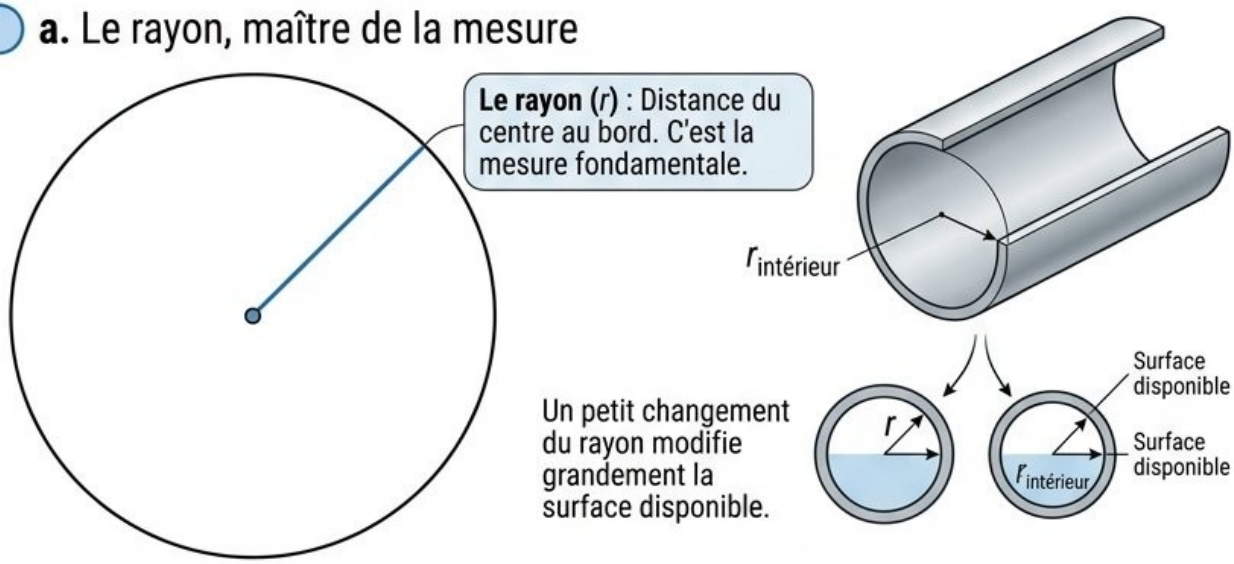
Le calcul de cette aire (A) dépend du rayon (r) ou du diamètre (D). La valeur de Pi (π) est approximée à $3,14$.

- Avec le rayon : la formule est
$$A = \pi \times r^2$$
- Avec le diamètre : la formule devient
$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

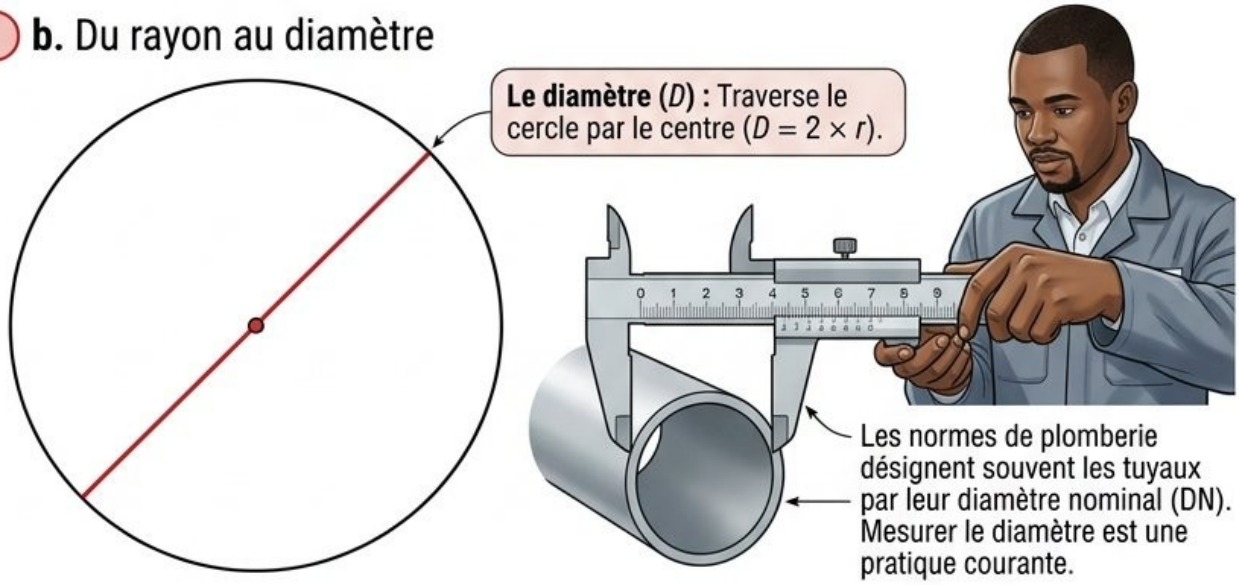
Savoir utiliser les deux est un atout. Le rayon est la base du calcul, mais le diamètre est souvent plus facile à mesurer sur un chantier à Matadi.

Figure 2 : Réf. IMG (5425-5300-0484) Représentation schématique d'un cercle avec son rayon et son diamètre

a. Le rayon, maître de la mesure



b. Du rayon au diamètre



c. La surface utile

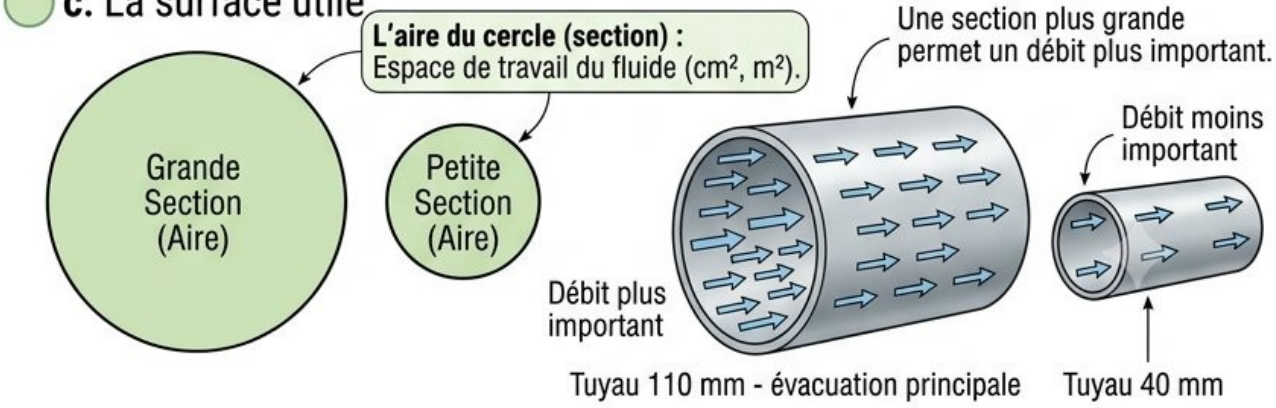


Figure 2 : Réf. IMG (5425-5300-0484)

Représentation schématique d'un cercle avec son rayon et son diamètre

a. Le rayon, maître de la mesure

Le rayon (r) est la distance qui part du centre du cercle jusqu'à son bord. C'est la mesure fondamentale. Toutes les propriétés du cercle découlent de cette simple longueur. Pour un tuyau, il définit la moitié de l'ouverture intérieure. Un petit changement du rayon modifie grandement la surface disponible pour l'eau, car il est élevé au carré dans la formule.

b. Du rayon au diamètre

Le diamètre (D) traverse le cercle en passant par son centre. Sa valeur est simplement le double de celle du rayon ($D=2\times r$). Les normes de plomberie désignent souvent les tuyaux par leur diamètre nominal (DN). Mesurer le diamètre est une pratique courante et directe pour identifier un conduit.

c. La surface utile

L'aire du cercle, ou section, est l'espace de travail du fluide. Elle se mesure en unités carrées (cm², m²). Une section plus grande permet un débit plus important. C'est ce calcul qui justifie le choix d'un tuyau de 110 mm pour une évacuation principale plutôt qu'un tuyau de 40 mm.

B. L'Aire de la Couronne (Section de la matière du tuyau)

La couronne est la surface formée par la matière même du tuyau. Visuellement, c'est un grand cercle dont on a retiré un plus petit cercle au centre.

Son calcul consiste à soustraire l'aire du cercle intérieur de l'aire du cercle extérieur. Soit R le rayon extérieur et r le rayon intérieur. La formule est :

$$A_{couronne}=(\pi\times R^2)-(\pi\times r^2)$$

Par factorisation, la formule simplifiée et plus rapide est :

$$A_{couronne}=\pi\times(R^2-r^2)$$

Figure 3 : Réf. IMG (3429-2561-3669)

Schéma d'une couronne circulaire avec son grand et petit rayon

a. Le vide et le plein

Une section de tuyau est une dualité. Il y a le vide au centre (le cercle intérieur, pour le passage) et le plein autour (la couronne, la matière). La couronne représente la structure physique, ce qui donne sa rigidité et sa résistance au tuyau. Un plombier de Kisangani qui choisit un tuyau en acier pour sa robustesse s'intéresse indirectement à la solidité de cette couronne matérielle.

b. La différence des rayons

La soustraction $(R - r)$ donne l'épaisseur du tuyau. La formule de l'aire de la couronne ne calcule pas l'épaisseur, mais bien la surface totale de la tranche de matière. C'est cette surface qui, multipliée par la longueur du tuyau, donnera le volume de matière utilisé, et donc une estimation de son poids et de son coût.

c. L'empreinte matérielle

L'aire de la couronne est l'empreinte de la matière. Plus cette aire est grande, plus le tuyau est épais, lourd et généralement résistant. Pour des applications sous haute pression dans la province du Kwilu, un ingénieur choisira un tuyau avec une aire de couronne importante pour garantir la sécurité de l'installation.

b. Anecdote du chantier de Bukavu

Papa Mbiya, un vieux briscard de la plomberie du Sud-Kivu, formait son neveu Fiston. Sur un chantier, Fiston voulait utiliser un tuyau en PVC de 50 mm pour l'évacuation principale d'une villa. "Attends un peu, petit", lui dit Papa Mbiya avec un sourire. "Calcule-moi la section de ce tuyau. Ensuite, calcule celle du 110 mm que je t'ai demandé d'apporter." Fiston s'exécuta. Il fut surpris de voir que la section du grand tuyau était presque 5 fois plus grande. "Tu vois ? L'eau a besoin de place pour bien couler." Ensuite, Papa Mbiya lui montra deux tuyaux de même diamètre intérieur, l'un en PVC simple, l'autre en PVC pression. "Calcule l'aire de la couronne pour chacun." Fiston comprit alors