

INSTITUT SUPERIEUR DE BATIMENT AYINA

2024 - 2025



DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE D'INTERIEUR ET DESIGN

Métré et Estimation de prix
(NOTES DE COURS et TD)

NIVEAU : Bachelor en Architecture d'intérieur et design

APPOH Kofi Mawududzi
Ingénieur Génie civil
Certifié GPPM Projet FIDA

Avant-propos

Ce support du module «métré et estimation des prix» est destiné aux étudiants en parcours Bachelor architecture d'intérieur et design, correspondant au programme officiel selon le nouveau canevas ministériel du Togo. Il aborde les notions plus avancées du métré et l'avant métré. Ce cours vise à fournir aux étudiants architecture d'intérieur et design, actuels et futurs architectes d'intérieur et designer, une base technique et scientifique solide.

Ce polycopié de cours s'articule autour de sept chapitres :

Le premier chapitre offre à l'étudiant l'occasion de comprendre la définition et l'objectif du métré et de l'avant-métré, ainsi que l'importance du métré dans le domaine de la construction. Il aborde également le rôle du métreur et discute de la nécessité et degré de l'évaluation des ouvrages.

Le deuxième chapitre aborde la compréhension des différents actes du métré et de l'avant-métré. Cela inclut les estimations sommaires, les devis, les attachements, les situations des travaux, les minutes, les décomptes provisoires, les décomptes généraux définitifs (DGD) ainsi que les avenants. De plus, il traite également des abréviations couramment utilisées dans le domaine de la construction et des différentes unités de mesure.

Le troisième chapitre comprend la connaissance de la rédaction et forme de présentation de l'avant métré, ainsi que du mode et de l'ordre de l'avant-métré. En outre, ce chapitre présente des rappels sur les formules courantes concernant les surfaces et les volumes, la méthode des trois niveaux, la formule de Simpson et la formule de Poncelet.

Le quatrième chapitre est consacré à l'application de l'avant métré des terrassements et fouilles. De plus, les articles de terrassements, les types de fouilles, le mode de métré en terrassement, le foisonnement et le calcul des quantités de terrassement ont été présentés dans ce chapitre

Le cinquième chapitre présente l'avant métré en maçonnerie, qu'il s'agisse de la maçonnerie en moellons ou de la maçonnerie de briques ou agglomérés.

Le sixième chapitre est réservé à l'application de l'avant métré du béton armé, englobant le béton, le coffrage et les armatures.

Le dernier chapitre se consacre à l'étude des prix, incluant sous-détail des prix, les méthodes de calcul, ainsi que le schéma et la présentation du sous détail des prix.

Finalement, notre objectif est de faire de ce manuel un excellent outil académique qui comblera le manque de polycopies et de supports de cours sur le métré et l'estimation des prix, en particulier pour les étudiants en génie civil de premier cycle. Nous nous efforçons de respecter scrupuleusement le programme détaillé tout en améliorant le contenu grâce à des applications et des exercices, afin de renforcer la compréhension de ce module.

Table des matières

Chapitre 1 : Notions générales

1.1. Objectifs	1
1.2. Introduction	1
1.3. Métré et de l'avant-métré	1
1.3.1. Définitions	1
1.3.2. But du métré et de l'avant-métré	2
1.4. Métreur et ses rôles	4
1.4.1. Définition	4
1.4.2. Qualités du métreur	4
1.4.3. Rôles du métreur	4
1.4.4. Missions (taches) du métreur	5
1.5. Nécessité de l'évaluation des ouvrages	5
1.6. Degrés de précision de l'évaluation	6
1.7. Conclusion	7

Chapitre 2 : Actes du métré et de l'avant-métré

2.1. Objectifs	8
2.2. Introduction	8
2.3. Différents actes du métré et de l'avant-métré	8
2.3.1. Estimations sommaires	8
2.3.2. Devis	8
2.3.2.1. Devis descriptif	9
2.3.2.1. Devis quantitatif	9
2.3.2.3. Devis estimatif	10
2.3.3. Attachements	11
2.3.4. Minute	11
2.3.5. Décompte Provisoire (Mémoire)	12
2.3.6. Situation des travaux	13
2.3.7. Révisions des prix	14
2.3.8. Décompte Général Définitif (DGD)	14
2.3.9. Avenant	15

2.4. Conventions particulières	15
2.4.1. Abréviations dans le bâtiment	15
2.4.2. Unités de mesure	16
2.5. Conclusion	17

Chapitre 3 : Mode de métré et de l'avant-métré des ouvrages

3.1. Objectifs	18
3.2. Introduction	18
3.3. Rédaction et forme de présentation de l'avant métré	18
3.3.1. Mode de l'avant-métré	18
3.3.1.1. Ordre chronologique des travaux	19
3.3.1.2. Localisation des travaux	19
3.3.1.3. Séparation par construction	19
3.3.2. Ordre de l'avant-métré	20
3.3.3. Forme de présentation de l'avant-métré	21
3.4. Rappels des formules usuelles	22
3.4.1. Mesure des lignes et des surfaces	22
3.4.1.1. Triangle rectangle	22
3.4.1.2. Triangles quelconques.....	22
3.4.1.3. Parallélogramme	23
3.4.1.4. Polygone	23
3.4.1.5. Surface d'un trapèze	24
3.4.1.6. Polygone régulier	24
3.4.1.7. Cercle	24
3.4.2. Mesure des volumes	28
3.4.2.1. Cylindre	28
3.4.2.2. Prisme droit	28
3.4.2.3. Pyramide régulière	28
3.4.2.4. Pyramide régulière tronquée	29
Exercice d'application 3.1	30
3.4.2.5. Cône droit	30
3.4.2.6. Cône tronqué	31

3.4.2.2. Exercice d'application 3.2	31
3.4.2.7. Sphère	33
3.4.2.8. Onglet sphérique	33
3.4.2.9. Segment sphérique	34
3.4.2.10. Zone sphérique	34
Exercice d'application 3.3	36
3.5. Méthode des trois niveaux	36
3.6. Formule de Simpson	37
3.7. Formule de Poncelet	38
3.8. Conclusion	38

Chapitre 4 : Application de l'avant métré des terrassements et fouilles

4.1. Objectifs	39
4.2. Introduction	39
4.3. Avant-métré des fouilles pour fondations	39
4.3.1. Définition	39
4.3.2. Articles de terrassements	40
4.3.3. Prix de terrassements	42
4.3.3.1. Classes des terres	42
4.3.3.2. Exemple de prix	43
4.3.4. Types de fouilles	43
4.3.4.1. Fouilles en pleine masse ou en excavation	43
4.3.4.2. Fouilles en rigoles	43
4.3.4.3. Fouille en tranchée	44
4.3.4.4. Fouilles en trous	44
4.3.4.4. Fouille en pieux	44
4.3.5. Mode de métré en terrassement	45
4.3.6. Foisonnement	46
4.4. Calcul des quantités de terrassement	48
Exercice d'application 4.1	48
Exercice d'application 4.2	48
Exercice d'application 4.3	49
Exercice d'application 4.4	51

4.5. Conclusion	53
-----------------------	----

Chapitre 5 : Avant métré en maçonnerie

5.1. Objectifs	54
5.2. Introduction	54
5.3. Définition	54
5.4. Maçonnerie de moellons	54
5.4.1. Maçonnerie de moellons bruts	55
5.4.2. Maçonnerie de moellons taillés	55
5.4.3. Maçonnerie de pierre de taille	56
5.5. Maçonnerie de briques ou d'agglomérés	56
5.5.1. Maçonnerie de briques	56
5.5.2. Agglomérés	57
5.6. Maçonnerie pour ouvrages de soutènement	57
5.7. Enduits	57
5.8. Mode d'établissement de l'avant-métré	59
5.8.1. Maçonnerie de moellons	59
5.8.2. Maçonnerie de briques ou agglomérés	59
5.8.3. Enduit	59
Exercice d'application 5.1.....	59
Exercice d'application 5.2.....	61
5.5. Conclusion	62

Chapitre 6 : Avant métré du béton armé

6.1. Objectifs	63
6.2. Introduction	63
6.3. Avant métré du béton	63
6.3.1. Mesurage	64
6.3.2. Paiement	64
6.4. Avant métré du coffrage	65
6.4.1. Choix d'un type de coffrage	66
6.4.2. Points à considérer lors du coffrage	67
6.4.3. Mesurage	67
6.4.4. Paiement	68

6.4.5. Vérification d'avant-métré de coffrage par le moyen des ratios	68
6.5. Avant métré des armatures	68
6.5.1. Développement des barres	69
Exercice d'application 6.1.....	70
Exercice d'application 6.2.....	74
Exercice d'application 6.3.....	76
6.6. Conclusion	78

Chapitre 7 : Etude des prix

7.1. Objectifs	79
7.2. Définition et but de l'étude des prix	79
7.3. Sous-détail des prix	80
7.3.1. Définition	80
7.3.2. Contenu	80
7.4. Méthodes de calcul du sous-détail des prix	81
7.4.1. Quantités élémentaires (toujours par unité d'ouvrage élémentaire)	81
7.4.2. Déboursés unitaires	82
7.4.3. Pourcentages majorateurs des charges et bénéfices	82
7.4.4. Calcul du coefficient d'entreprise	82
7.4.5. Etapes du sous détail	82
7.4.6. Composants complexes	83
7.5. Schéma et présentation du sous-détail des prix.....	83
Exercice d'application 7.1	85
7.6. Conclusion	86
Références Bibliographiques	87

Liste des Figures

Figure 3.1 : Triangle rectangle	22
Figure 3.2 : Triangle quelconque	22
Figure 3.3 : Triangle quelconque de l'exemple de calcul 3.1	22

Figure 3.4 : Parallélogramme	23
Figure 3.5 : Polygone	23
Figure 3.6 : Polygone de l'exemple de calcul 3.2	23
Figure 3.7 : Trapèze	24
Figure 3.8 : Polygone régulier.....	24
Figure 3.9 : Cercle et arc de cercle.....	24
Figure 3.10 : Segment de cercle	25
Figure 3.11 : Segment de cercle (exemple de calcul 3.3)	25
Figure 3.12 : Zone circulaire	26
Figure 3.13 : Portion de zone circulaire	26
Figure 3.14 : Cylindre	28
Figure 3.15 : Prisme droit	28
Figure 3.16 : Pyramide régulière.....	28
Figure 3.17 : Pyramide réelle	29
Figure 3.18 : Pyramide régulière tronquée	29
Figure 3.19 : pyramide tronquée à base carrée (Exercice d'application 1)	30
Figure 3.20 : Cône droit	30
Figure 3.21 : Cône tronqué	31
Figure 3.22 : Cône tronqué (Exemple de calcul 3.7)	32
Figure 3.23 : Plan de coffrage fondation (a)- Vue sur plan, (b)-Coupe A-A et (c)- Vue 3D	32
Figure 3.24 : Sphère	33
Figure 3.25 : Onglet sphérique	33
Figure 3.26 : Segment sphérique	34
Figure 3.27 : Zone sphérique	34
Figure 3.28 : Exemple d'une coupole	36
Figure 3.29 : Méthode des trois niveaux	37
Figure 3.30 : Schéma démontre la formule de Simpson	38
Figure 4.1 : Décapage de la terre végétale	40
Figure 4.2 : Nivellement de terrain	40
Figure 4.3 : Déblai d'un terrain	41
Figure 4.4 : Remblai d'un terrain	42
Figure 4.5 : Déblais non réutilisés et évacués à la décharge publique (DP)	42
Figure 4.6 : Fouilles en pleine masse ou en excavation	43

Figure 4.7 : Fouilles en rigoles	43
Figure 4.8 : Fouilles en tranchée	44
Figure 4.9 : Fouilles en trous	44
Figure 4.10 : Fouilles en pieux.....	45
Figure 4.11 : Transport de quantité du sol foisonnée vers DP	46
Figure 4.12 : Terrassement de la fouille de l'exercice 4.1	48
Figure 4.13 : Terrassement d'une fosse étanche	49
Figure 4.14 : Plan de fondation	50
Figure 4.15 : Plan de fondation (Exercice 4.4)	51
Figure 4.16 : Plan montre la méthode de décomposition des fouillés	52
Figure 5.1 : Maçonnerie de moellons	55
Figure 5.2 : Enduit au plâtre sous plafonds	58
Figure 5.3 : Enduit au plâtre sur murs	58
Figure 5.4 : Enduit au ciment sur murs	58
Figure 5.5 : Mur de façade en brique (Exercice 5.1)	60
Figure 5.6 : Mur de cloison simple (Exercice 5.2)	61
Figure 6.1 : Coffrage en bois	66
Figure 6.2 : Coffrage métallique	66
Figure 6.3 : Développement des barres	69
Figure 6.4: Coffrage fondation.....	71
Figure 6.5 : Coffrage plancher niv. +3.40	72
Figure 6.6 : Plan de ferrailage de la dalle	75
Figure 6.7 : Ferrailage d'une poutre	77
Figure 7.1 : Exemple d'un schéma du sous-détail des prix	84

Liste des Tableaux

Tableau 1.1 : Démarches de l'avant métré	3
Tableau 2.1: Exemple d'un devis quantitatif	9
Tableau 2.2: Exemple d'un devis estimatif	10
Tableau 2.3 : Exemple d'un attachement	11

Tableau 2.4 : Exemple d'une minute	12
Tableau 2.5 : Exemple d'un décompte provisoire	13
Tableau 2.6 : Exemple d'un décompte général définitif	14
Tableau 2.7 : Abréviations utilisées dans le bâtiment	15
Tableau 2.8 : Unités utilisées et leurs abréviations	16
Tableau 2.9 : Exemples des arrondis	16
Tableau 3.1 : Calcul de l'avant métré de divers articles	21
Tableau 3.2 : Formules des surfaces	27
Tableau 3.3 : Formules des volumes	35
Tableau 4.1 : Quelques coefficients de foisonnement utilisés	47
Tableau 4.2 : Calcul de l'avant métré de divers articles de terrassement (Exercice 2)	49
Tableau 4.3 : Calcul de l'avant métré de divers articles de terrassement (Exercice 4.3)	50
Tableau 4.4 : Calcul de l'avant métré de divers articles de terrassement (Exercice 4.4)	52
Tableau 5.1 : Calcul de l'avant métré d'un mur de façade en brique (Exercice 5.1)	60
Tableau 5.2 : Calcul de l'avant métré d'un mur de simple cloison (Exercice 5.2)	61
Tableau 6.1 : Feuille de calcul de l'avant métré des articles en béton armé	65
Tableau 6.2 : Masses linéaires des armatures en fonction de leur diamètre	69
Tableau 6.3 : Feuille de calcul utilisée pour établir l'avant métré du ferrailage	70
Tableau 6.4 : Calcul de l'avant métré de divers articles (pour les plans de coffrage)	73
Tableau 6.5 : Feuille de calcul utilisée pour établir l'avant métré du ferrailage (Exercice 6.1)	74
Tableau 6.6 : Feuille de calcul utilisée pour établir l'avant métré du ferrailage (Exercice 6.2)	75
Tableau 6.7 : Feuille de calcul utilisée pour établir l'avant métré du ferrailage (Exercice 6.3)	86
Tableau 7.1: Principe du DS	82
Tableau 7.2: Déboursé sec du m ³ de béton dallage: DS d'1 m ² de dallage béton de 0,15m	85
Tableau 7.3: Déboursé sec du m ³ de béton voile: DS d'1 m ² de voile béton de 0,18m	86

Chapitre 1 : Notions générales

1.1. Objectifs

- 1- Définition et but du métré et de l'avant-métré,
- 2- Importance du métré dans la construction,
- 3- Définition du métreur et de ses rôles,
- 4- Nécessité et degré de l'évaluation des ouvrages.

1.2. Introduction

Tout Projet de construction nécessite une estimation du cout de sa réalisation. Cette estimation permet au maitre d'ouvrage de juger sa capacité à financer les travaux en fonction du budget disponible. Quel que soit la nature des travaux prévus dans un projet, l'estimation est indispensable aussi bien pour le client que pour l'exécutant. L'art du "métré" a toujours été inséparable de "l'acte de construire". En effet, il n'est pas d'ouvrage qui n'ait été construit sans qu'on ne se soit préoccupé de sa qualité, des quantités et des coûts des différents travaux à réaliser.

De plus, généralement le client désigne un architecte ou un bureau d'étude pour l'étude et le suivi du projet. Le client ne peut prendre aucune décision ni traiter avec aucune entreprise avant de connaître l'importance des crédits à réserver ou à demander ainsi que leur échelonnement dans le temps. L'entrepreneur, lui aussi, doit procéder à une estimation préalable afin de prendre les dispositions nécessaires: moyens humains et matériels à immobiliser pour réaliser les travaux contractuels dans le délai convenu, marge bénéficiaire etc....

1.3. Métré et de l'avant-métré

1.3.1. Définitions

Le "**métré**" consiste à évaluer qualitativement et quantitativement de l'ensemble des travaux nécessaires à la réalisation d'un projet afin d'estimer le coût de l'ouvrage.

On devra différencier les appellations :

Chapitre 1 : Notions générales

- ❖ **Avant-métré** : pour les travaux quantifiés sur plans, (avant la réalisation de l'ouvrage)
- ❖ **Métré** : est réalisé sur chantier (pour travaux quantifiés à partir des relevés d'ouvrages existants, (Pendant et après la réalisation de l'ouvrage).

L'avant - métré, comme le métré ont pour objet le calcul détaillé des diverses quantités d'ouvrages élémentaires. Il doit comporter :

- la description des ouvrages et de leur mise en œuvre ;
- le détail précis des calculs de leurs quantités ;
- des croquis (croquis minute) améliorant la compréhension technique ; ➤ des indications dimensionnelles.

Ces études nécessitent des connaissances diverses :

1. **Scientifiques** : pour les connaissances mathématiques de base des calculs des quantités et de l'étude de prix.
2. **Techniques**, par la connaissance des matériels et matériaux ainsi que leurs conditions d'emploi et de mise en œuvre.
3. **Pratiques**, par les qualités d'observation et de déduction nécessaires au choix des quantités.
4. **Rigueur**, pour l'établissement des prix de vente unitaires hors taxes des ouvrages élémentaires.

1.3.2. But du métré et de l'avant-métré

Avant toute réalisation d'un ouvrage, une étude financière préalable est indispensable. Son but est de chiffrer le coût des travaux envisagés (fiche technique du projet).

Le client peut être soit l'état, soit une collectivité (commune ou wilaya), soit un particulier. Le client n'engagera aucun travail sans connaître au préalable le coût. Cette estimation va lui permettre aussi de négocier avec une entreprise de réalisation qui le plus souvent, aura des prétentions excessives.

Chapitre 1 : Notions générales

1.3.3. Démarches indispensables de l'avant métré

La réalisation d'un avant-métré sera conduite en respectant les démarches suivantes :

Tableau 1.1 : Démarches de l'avant métré

Étapes	Démarches	Remarques
1	S'imprégner des prestations demandées et des particularités des plans	Prendre des notes sur une feuille à part pour les points qui semblent importants; Prendre des notes en mettant les références indiquées ou les numéros d'article, le conditionnement pour la livraison... Faire des dessins de détails pour faciliter la compréhension du travail demandé.
2	Liste ordonnée (brouillon) des ouvrages élémentaires (O.E) à analyser :	Surligner ou colorier les éléments de même nature. Changer de couleur pour un autre élément et ainsi de suite. Nota : les différents O.E correspondent en grande majorité à ceux dont l'entreprise possède le prix dans son bordereau.
3	Analyse sans calcul des différents ouvrages élémentaires :	Recherche des dimensions manquantes sur les plans : <ul style="list-style-type: none">• Hauteur sous plafond• Hauteur d'allège ou de retombées de poutres• Epaisseur de l'isolant, d'enduit, des cloisons...
4	Faire et vérifier les calculs	Attention aux erreurs de frappe, il faut avoir une idée du résultat que l'on cherche.

Chapitre 1 : Notions générales

1.4. Métreur et ses rôles

1.4.1. Définition

Le métreur est un métier du bâtiment. Il s'agit d'une personne responsable de l'établissement ou de la vérification des avant-métrés et des métrés d'un projet de construction. Il en existe quatre grandes catégories :

1. Les "**métreurs libéraux**", qui louent leurs services aux différents acteurs de l'acte de construire (maîtres d'ouvrages, maîtres d'œuvres, entrepreneurs...etc). Entrent dans cette catégorie ceux qui possèdent un cabinet comme ceux qui y sont salariés ;
2. Les "**métreurs d'entreprises**", salariés des entreprises ;
3. Les "**vérificateurs**" d'administrations ou de grandes entreprises privées ;
4. Les "**assistants de concepteurs**", métreurs salariés ou associés avec les architectes ou les bureaux d'études architecturaux.

1.4.2. Qualités du métreur

- Le métreur doit être méthodique dans la réalisation de son métré ou avant métré ;
- Le métré doit suivre l'ordre chronologique des travaux afin d'éviter des oublis (décapage, terrassement, béton de propreté, semelles, voile périphérique, amorce poteaux, longrines, remblai, poteaux, plancher, maçonnerie,) ;
- Le métré doit suivre un ordre logique (Façade Est, puis Sud, puis Ouest, puis Nord), et suivre toujours le même ordre tout au long de l'étude.
- Le métreur doit connaître les différents actes du métré et de l'art de les rédiger.

1.4.3. Rôles du métreur

1. Evaluer le coût du projet :

- Le rôle du métreur est dans un premier temps d'évaluer le coût de l'ouvrage, il travaille avec l'architecte. Pour cela il utilise les plans de construction, pour réaliser une évaluation de la quantité de matériaux nécessaires à la réalisation d'un chantier. Il est aussi amené à vérifier ces informations sur place ;
- Il va également déterminer la main d'œuvre nécessaire. A l'aide des estimations obtenues, il va rédiger le cahier des charges et donner son budget prévisionnel ;
- Il va réaliser les pièces écrites (devis, attachement, décompte).

Chapitre 1 : Notions générales

2. **Réaliser le suivi du chantier** : il peut être chargé du suivi du chantier. Dans ce cas, il va planifier les différentes étapes de la construction. Il va également résoudre les problèmes de retard sur le planning, en raison du mauvais temps ou d'un retard de livraison d'un fournisseur.

1.4.4. Missions (taches) du métreur

Les missions (taches) d'un métreur sur un projet de construction sont :

- quantifier et qualifier les matériaux nécessaires;
- déterminer la main d'œuvre nécessaire;
- réaliser les pièces écrites (devis descriptif, métré minute, attachement, décompte);
- suivre et réorganiser (si nécessaire) le planning des travaux.

Un métreur doit donc avoir une connaissance solide des techniques de construction et des coûts associées à ces techniques.

1.5. Nécessité de l'évaluation des ouvrages

❖ Évaluation avant réalisation :

Avant de réaliser une construction, il est nécessaire d'en établir le coût tant pour le Client que pour l'entrepreneur. Le client n'engagera aucun travail avant de connaître l'importance du budget à préciser pour réaliser la construction.

L'entrepreneur doit procéder à une estimation avant la réalisation afin de remettre des propositions valables quand il est fait appel à ses services.

❖ Évaluation durant réalisation :

Pour la plupart des constructions, l'entrepreneur ne dispose pas d'une trésorerie suffisante pour assurer la réalisation complète de l'ouvrage. Dès lors il demande au client de verser des acomptes périodiques en fonction du travail exécuté.

❖ Évaluation après réalisation :

Une fois le travail terminé. L'estimation de la valeur des ouvrages exécutés présente une importance capitale aussi bien pour le client que pour l'entrepreneur.

Chapitre 1 : Notions générales

1.6. Degrés de précision de l'évaluation

Évaluer avec une grande précision la valeur de réalisation d'un ouvrage ou d'une construction est difficile et demande beaucoup de temps. Il n'est pas toujours nécessaire qu'une telle précision soit faite, tout dépend de la destination de l'évaluation.

❖ Avant la construction :

Pour le client qui commande le travail, il est nécessaire avant tout de fixer un ordre de grandeur de la dépense. Cet ordre d'ailleurs être précisé au fur et à mesure de l'avancement de l'étude du projet.

En tout cas il faut prévoir les crédits qui seront nécessaires et limiter l'ampleur des travaux envisagés en fonction des disponibilités financières, une estimation approchée est donc suffisante.

Pour l'entrepreneur qui doit exécuter le travail, une estimation précise est nécessaire (devis estimatif) l'entrepreneur n'a de chance l'obtenir une affaire déterminée que si ses prix sont inférieurs à ceux des concurrents mais ses prix doivent offrir une marge bénéficiaire aussi élevée que possible.

❖ Durant la construction :

Il s'agit d'opérer des règlements partiels au moyen d'acomptes versés à l'entrepreneur à la fin de périodes déterminés d'avance. Comme à la fin des travaux un bilan final sera établi, il n'est pas nécessaire d'évaluer au cours de chaque période les travaux avec une grande précision.

❖ Après la construction :

Lorsque la construction est terminée le client doit payer à l'entrepreneur le reliquat de ce que lui est du compte tenu des décomptes déjà versés, des révisions éventuelles des prix et d'autres prescriptions réglementaires.

L'estimation, faite par l'une des parties et soumise au contrôle et à l'acceptation de l'autre, doit être effectuée avec le plus grand soin et la plus grande précision.

Chapitre 1 : Notions générales

1.7. Conclusion

Le métré n'est pas un plan, c'est un document administratif établi par le métreur sur des feuilles spéciales. Le métré est composé de calculs de surfaces et de volumes qui permettent de déterminer les quantités de matières à mettre en œuvre. De plus, le métreur intervient à tous les stades de la construction et qu'il apporte son concours aux exécutants et aux maîtres d'ouvrages. Le métreur est à tous les stades de la construction le spécialiste déterminant le coût des travaux exécutent ou à exécuter.

Chapitre 2 : Actes du métré et de l'avant-métré

2.1. Objectifs

1- La connaissance des différents actes du métré et de l'avant-métré (estimations sommaires, devis, attachement, situation des travaux, minute, décompte provisoire, décompte général définitif (DGD) et avenant).

2- Abréviations dans le bâtiment

3- Unités de mesure.

2.2. Introduction

D'après ce que nous avons vu, il est évident que le métreur intervient à différentes étapes de la construction, avant, pendant et après, afin d'estimer sa valeur. Selon le moment où l'évaluation a lieu et que le métreur travaille pour le client ou l'entrepreneur, le métré prend différentes désignations. Ces désignations sont connues sous le nom « actes de métré », qui définissent en détail le travail complet du métreur. Parmi ces actes, les plus importants et les plus fréquemment établis sont :

2.3. Différents actes du métré et de l'avant-métré

2.3.1. Estimations sommaires

Les estimations sommaires sont des évaluations rapides et plus ou moins approchées de travaux à réaliser. Elles sont fréquemment utilisées par les autres du projet pour évaluer le coût des constructions envisagées et permettre ainsi à leurs clients de déterminer un budget pour les travaux projetés.

Les estimations sommaires peuvent être plus ou moins précises suivant l'état d'avancement du projet. Ainsi un architecte pourra donner une première estimation sommaire d'un bâtiment en se basant sur son expérience puis une deuxième estimation plus précise lorsqu'il aura réalisé l'avant-projet de la construction envisagée.

2.3.2. Devis

Après avoir étudié les avant-projets et les estimations sommaires, le client prend la décision de procéder à la construction et demande à l'architecte de préparer le projet final.

Chapitre 2 : Actes du métré et de l'avant-métré

Ce projet doit permettre la mise en concurrence de plusieurs entrepreneurs en garantissant que les prix soumis par ces derniers correspondent à un volume de travail identique. De plus, le projet sert de référence pendant la réalisation des travaux.

Parmi les éléments que doit comprendre le projet, figurent les devis. On distingue notamment:

2.3.2.1. Devis descriptif

Ce document décrit toutes les parties d'ouvrages qui seront demandés aux différents corps d'états participant à la réalisation du projet. Il doit être exhaustif afin d'éviter toute ambiguïté et doit être rédigé de manière claire et précise.

Généralement rédigés par l'architecte ou l'ingénieur, ces devis descriptifs sont en réalité élaborés par des métreurs qui travaillent en étroite collaboration avec les auteurs du projet

2.3.2.2. Devis quantitatif

Donne le détail complet des quantités d'ouvrages, nécessaires à l'exécution du projet, sans application de prix à ces quantités. Ces quantités sont déterminées par le métreur qui à partir des plans décompose le projet en éléments simples qu'il mesure. C'est le travail le plus long et le plus spécifique du métreur (l'avant-métré).

Tableau 2.1: Exemple d'un devis quantitatif

N°	Désignation des travaux	U	Quantité
1	Béton pour semelles	m ³	54
2	Béton pour amorces poteaux	m ³	6.2
3	Béton pour libages	m ³	25.8
4	Béton pour voile périphériques	m ³	45

Chapitre 2 : Actes du métré et de l'avant-métré

2.3.2.3. Devis estimatif

Donne les prix unitaires des différentes parties d'ouvrages. En multipliant ces prix par les quantités estimées et en additionnant les résultats, nous obtenons finalement une estimation complète du coût total de l'ouvrage.

Sans une connaissance précise de ce qui doit être réalisé, il est impossible pour le métreur de préparer un devis adéquat.

Tableau 2.2: Exemple d'un devis estimatif

N°	Désignation des travaux	U	Quantité	Prix Unit H.T	Montant
1	Béton pour semelles	m ³	54	12000.00	648000.00
2	Béton pour amorces poteaux	m ³	6.2	12000.00	74400.00
3	Béton pour libages	m ³	25.8	12000.00	309600.00
4	Béton pour voile périphériques	m ³	45	12000.00	540000.00
				Total HT	1572000.00
				TVA 19%	298680.00
				Total TTC	1870680.00

2.3.3. Attachements

Il s'agit d'un relevé temporaire qui récapitule les travaux effectués par l'entreprise pendant une période spécifique. Ce relevé est préparé sur le chantier et signé par l'entrepreneur ainsi que par le maître d'œuvre ou son représentant responsable du suivi. Il sert de base à la facturation des travaux.

Ce sont des documents qui constatent des travaux réalisés mais qui par la suite deviendront inaccessibles ou invisibles. Ils peuvent être écrits ou figurés.

Chapitre 2 : Actes du métré et de l'avant-métré

Les attachements sont nécessaires pour tous les travaux faisant l'objet d'un prix de règlement particulier. Ils sont inutiles dans le cas de marché traité au prix global ou forfaitaire.

Les attachements doivent être signés et datés par les deux parties contractantes car une fois pris ils deviennent définitifs. Il importe donc qu'ils soient complets, précis et présentés de façon claire.

Les attachements peuvent concerner les travaux de terrassements, de fondations et de tous les ouvrages exécutés sous le sol. Ils peuvent aussi concerner les travaux en élévation qui ne figurent pas sur les plans d'exécution.

Tableau 2.3 : Exemple d'un attachement

Travaux de la construction de la direction de distribution/Chlef Nord

Marché N° 02/DGI/INF/2011

Attachement de travaux n° 19 arrêté au : 31 / 01 /2022

N°	Désignation des travaux	U	Quantité du marché	Quantité précédente	Quantité du mois	Quantité cumulées
	Lot terrassements					
1	Fouilles en excavation)	m ³	752.576	752.576	-	752.576
3	Remblai compacté des fouilles par des terres neutres	m ³	18 637.775	18 626.255	11.520	18 637.775
4	Transport des terres meubles excédentaires à la DP	m ³	22 351.507	22 351.507	-	22 351.507
5					

2.3.4. Minute

C'est un attachement détaillé des travaux réalisés et des dépenses effectués par un entrepreneur.

Chapitre 2 : Actes du métré et de l'avant-métré

Tableau 2.4 : Exemple d'une minute

N°	Désignation des travaux	U	Longueur	Largeur	Epaisseur/ Hauteur	N de parties semblables	Quantité
	Lot Terrassement						
1	Fouilles en tranchées ou en rigoles	m ³	1.4	1.4	1.5	10	29.4
2	Remblais avec terres des déblais	m ³					
3	Transport des terres à la DP	m ³					
	Lot Infrastructure						
1	Semelles	m ³	1.2	1.2	0.35	10	5.04
2	Amorces poteaux	m ³	0.4	0.4	2	10	3.2

2.3.5. Décompte Provisoire (Mémoire)

Le décompte provisoire précise le coût total des travaux exécutés à une date donnée et permet d'établir le montant partiel des sommes à payer.

Les mémoires sont établis en cours des travaux ou postérieurement à l'exécution de ceux-ci et constituent la facture détaillée de la construction réalisée.

Les quantités des différents ouvrages sont établies après mesurage c à d après relevés exécutés sur le chantier. Ces quantités sont multipliées par les prix unitaires convenus. Les quantités réalisées sont celles indiquées dans l'attachement.

L'ensemble des valeurs des différents ouvrages constitue le montant du mémoire présenté par l'entrepreneur à son client.

Chapitre 2 : Actes du métré et de l'avant-métré

Tableau 2.5 : Exemple d'un décompte provisoire

Travaux de la construction de la/Chlef

Marché N°.....

Décompte Provisoire N 02 arrêté au 31/01/2023

N°	Désignation des travaux	U	Quantité du marché	Quantité Réalisé précédemment	Quantité Réalisé dans le mois	Prix unitaires	Montant
	Lot Terrassement						
1	Décapage des terres végétales et argiles	m ³	2 000.000	752.576	1 247.424	594.50	1 189 000.00
2	Terrassements en grande masse	m ³	35 000.000	18 858.025	16 141.975	594.50	20 807 500.00
3	m ³					

2.3.6. Situation des travaux

Lorsque les travaux font l'objet d'un marché dont le montant a été fixé par un détail estimatif, l'entrepreneur présente périodiquement une situation spécifiant l'ensemble des travaux exécutés avec note de calcul de métré pour justifier chaque tranche de paiement (Certificat pour paiement).

Les états d'avancements sont aussi nécessaires dans d'autres cas :

- ✓ Arrêt momentané du chantier
- ✓ Changement du maître de l'ouvrage
- ✓ Changement de l'entrepreneur
- ✓ Faillite de l'entreprise

Dans ce cas ils sont établis avec la plus rigoureuse précision.

Chapitre 2 : Actes du métré et de l'avant-métré

2.3.7. Révisions des prix

La plupart des marchés incluent une clause de révision des prix en raison de l'instabilité relative des prix des matériaux et de la main-d'œuvre. Cette clause spécifie la formule à appliquer pour tenir compte des augmentations éventuelles des coûts de production. Étant donné que les travaux peuvent s'étendre sur plusieurs années, il est nécessaire de prendre en compte ces fluctuations.

La révision des prix est effectuée à la fin des travaux, par tranches successives correspondant aux états d'avancement (états de situations). Les coefficients à appliquer sont déterminés en fonction des indices des coûts de production applicables à la période considérée.

La révision de prix est habituellement faite par le métreur qui a établi le devis de l'affaire et a suivi le chantier.

2.3.8. Décompte Général Définitif (DGD)

Le décompte général définitif est l'ensemble des travaux réalisés depuis le début jusqu'à la fin des travaux, en faisant apparaître les quantités attachées (figurants sur les attachements) et celles réalisées non-attachées et ainsi que les quantités non réalisés par rapport au quantitatif du marché.

Tableau 2.6 : Exemple d'un décompte général définitif
Travaux de la construction de la/Chlef
Marché N°.....
Décompte Général Définitif N 02 arrêté au 31/01/2022

N°	Désignation des travaux	U	Quantité				Prix unitaires	Montant			
			Marché	Réalisé	Plus value	Moins value		Marché	Réalisé	Plus value	Moins value
	Lot Terrassement										
1	Décapage des terres végétales et argiles	m ³	200.000	150.000	0.000	50.000	600	120 000.00	90 000.00	0.00	30 000.00
2	Terrassements en grande masse	m ³	300.000	360.000	60.000	0.000	600	180 000.00	216 000.00	36000	0.00

Chapitre 2 : Actes du métré et de l'avant-métré

2.3.9. Avenant

L'avenant est un document contractuel complémentaire au marché, conclu dans le but d'apporter des modifications (l'augmentation ou la diminution) aux prestations et/ou aux clauses contractuelles du marché initial. Ces modifications peuvent inclure des travaux supplémentaires, des travaux à désengager, un changement de domiciliation bancaire ou tout autre article, à condition que l'objet principal du marché ne soit pas changé.

2.4. Conventions particulières

2.4.1. Abréviations dans le bâtiment

Tableau 2.7 : Abréviations utilisées dans le bâtiment

BA	Béton Armé	PDAU	Plan Directeur d'Aménagement Urbain
BAP	Béton Auto Plaçant	POS	Plan d'Occupation des Sols
BP	Béton de Propreté	PV	Procès-Verbal
BP	Béton Précontraint	RAR	Reste A Réaliser
BTP	Bâtiment & Travaux Publics	SPA	Société Par Action
BET	Bureau d'Études Techniques	TS	Travaux Supplémentaires
CES	Corps d'Etats Secondaires	TS	Treillis Soudé
BPU	Bordereau des Prix Unitaires	TCE	Tous Corps d'Etat
CCAG	Cahier des Clauses Administratives Générales	HT	Hors Taxes
CPS	Cahier des Prescriptions Spéciales	TTC	Toutes Taxes Comprises
DGD	Décompte Général Définitif	TVA	Taxe à la Valeur Ajoutée
EP	Eaux Pluviales	TVC	Tout Venant du Carrière
F/P	Fourniture et Pose	TVO	Tout Venant de l'Oued
GO	Gros Œuvre	VRD	Voies et Réseaux Divers
ODS	Ordre De Service	DA	Dinar Algérien
HO	Hors œuvre, dimension prise d'un parement extérieur à un autre parement extérieur	DO	Dans œuvre, dimension prise d'un parement intérieur à un autre parement intérieur

Chapitre 2 : Actes du métré et de l'avant-métré

2.4.2. Unités de mesure

Tableau 2.8 : Unités utilisées et leurs abréviations

Unités Utilisées		Abréviation de l'unité	Arrondis
Linéaire	mètre linéaire	m, ml	Deux décimales après la virgule
Surface	mètre carré	m ²	Deux décimales après la virgule
Volume	mètre cube	³ m	Trois décimales après la virgule
Main d'œuvre	Heure	h	Deux décimales après la virgule
Masse	kilogramme tonne	kg ; t	Trois décimales après la virgule
monnaie	Francs des Colonie Française Africaine	FCFA	Valeur entière
Éléments indivisibles	Unité	U	Nombre entier

Tableau 2.9 : Exemples des arrondis

Arrondis	Unité	Exemple
Pour les éléments indivisibles	U	Prendre le chiffre supérieur, l'unité n'étant pas divisible 524,20 = 525U ou 534,70 = 535U
Pour un résultat avec deux chiffres après la virgule	m, m ² , h	Si le 3 ^{ème} chiffre après la virgule est: en-dessous de 5 (<5) la 2 ^{ème} décimale ne change pas: 125,144 = 125,14 à partir de 5 et plus elle est arrondie au-dessus: 155,285 = 155,29
Pour un résultat avec trois chiffres après la virgule	m ³ , Kg, t	Si le 4 ^{ème} chiffre après la virgule est: en-dessous de 5 (<5) la 3 ^{ème} décimale ne change pas: 28,6433 = 28,643 à partir de 5 et plus elle est arrondie au-dessus: 59,7455 = 59,746

Chapitre 2 : Actes du métré et de l'avant-métré

2.5. Conclusion

Les actes du métré et de l'avant-métré sont essentiels pour plusieurs raisons. Tout d'abord, ils permettent d'estimer les coûts d'un projet de construction, ce qui est crucial pour les propriétaires, les investisseurs et les entrepreneurs afin de planifier et de budgétiser adéquatement. En évaluant les quantités de matériaux nécessaires, ils permettent également d'optimiser l'approvisionnement en matériaux, d'éviter les surcoûts et de minimiser les pertes.

Chapitre 3 : Mode de métré et de l'avant-métré des ouvrages

3.1. Objectifs

- 1- Rédaction et forme de présentation de l'avant métré;
- 2- Mode de l'avant métré;
- 3- Ordre de l'avant métré;
- 4- Rappels des formules usuelles, mesure des lignes et des surfaces ainsi, les volumes;
- 5- Méthode des trois niveaux;
- 6- Formule de Simpson;
- 7- Formule de Poncelet.

3.2. Introduction

Le mode de métré désigne la méthode utilisée pour effectuer et détailler les travaux, déterminer l'ordre dans lequel ils doivent être réalisés et rédiger les spécifications qui définissent les éléments constitutifs des travaux, généralement appelés articles. Afin de réduire les erreurs potentielles, il est nécessaire d'adopter une approche méthodique qui présente les différentes composantes dans un ordre logique, facilitant ainsi la vérification, le contrôle et la codification de l'avant-métré.

3.3. Rédaction et forme de présentation de l'avant métré

Un avant métré présente une base de fixation du montant d'un projet, mais des erreurs peuvent avoir une influence prépondérante sur le bon déroulement des travaux et peuvent entraîner dans le cas extrême le non achèvement des travaux par manque de crédit nécessaires, Pour éviter de telles situations, il est primordial de suivre une forme méthodique lors de la présentation des éléments.

3.3.1. Mode de l'avant-métré

Le mode de métré est la manière dont le métreur décompose détaille, énumère et présente les articles du métré. Pour la rédaction du métré, aussi bien que pour en faciliter la vérification et en rechercher les erreurs, il importe de suivre trois règles :

- le métré doit suivre l'ordre chronologique des travaux
- le métré doit suivre la localisation des travaux
- le métré doit être séparé par construction.

3.3.1.1. Ordre chronologique des travaux

Chapitre 3 : Mode de métré et de l'avant-métré des ouvrages

- Ainsi la construction d'un immeuble sera détaillée à partir du sol vierge, en suivant le dégagement du sol, le terrassement, les fondations profondes...jusqu'aux ouvrages hors combles, suivis des ouvrages extérieurs au bâtiment (façades...), des espaces libres et abords, des égouts et canalisations.
- La mise à nu et le dégagement du sol seront donc détaillés, dans l'ordre des travaux, jusqu'à l'enlèvement des déblais et matériaux excédentaires, sans oublier le forfait pour l'arrachage des arbres et des souches.
- Les terrassements seront détaillés en descendant pour les fouilles, comme pour les déblais.
- Les fondations profondes, fondations, élévations et cloisons, seront détaillées en montant.

3.3.1.2. Localisation des travaux

L'interprétation de la première règle se fait, pour l'application de la seconde, de la manière suivante :

- Les murs, par exemple, seront détaillés en gros œuvre, les murs de façades d'abord, puis les murs de pignon, puis les refonds, et ceci sur toute la hauteur du bâtiment. ils seront toutefois détaillés par niveau.
- Les cloisons, détaillées dans chaque étage seront prises, par exemple, de la droite du plan, en allant vers la gauche.
- les planchers, toujours en gros œuvre, seront détaillés par étage, en montant, s'il y a lieu, dans chaque étage, de la droite vers la gauche.
- Les aménagements intérieurs seront détaillés dans le même esprit, c'est-à-dire par étage et dans l'ordre montant de ceux-ci, local par local en partant de la droite.

3.3.1.3. Séparation par construction

En cas de plusieurs constructions différentes dans un même projet, il importe de séparer les métrés de chaque bâtiment, de façon qu'une page de métré se rapporte à l'une des constructions exclusivement. Ceci facilite la vérification et la recherche d'erreurs ou d'omissions et permet de s'y retrouver en cas de modifications.

Exemple:

Soit un collège comprenant des bâtiments séparés pour les classes, les toilettes et le logement du Directeur ; il y a lieu d'ouvrir un dossier distinct pour chaque construction, soit 3, plus un

Chapitre 3 : Mode de métré et de l'avant-métré des ouvrages

dossier qui comprendra les travaux se rapportant à l'ensemble, tel que ; mur de clôture, assainissement, allées ; etc.....et que l'on nommera, par exemple, travaux extérieurs.

Ceci est très important car un métré n'est réellement terminé qu'après la réception ; et même après l'achèvement complet d'un bâtiment, le métré peut subir des modifications, ou après modifications, ou après vérification, on peut y ajouter les éventuelles omissions.

3.3.2. Ordre de l'avant-métré

Afin de simplifier la rédaction de l'avant-métré, il est courant de diviser l'ouvrage en différentes parties (lots), organisées selon un ordre logique qui peut correspondre à l'ordre de réalisation des travaux, tels que le terrassement, fondation, élévation,... soit par corps d'états.

Par exemple, dans un projet de construction on peut suivre l'ordre suivant :

1. **Lot Terrassement:** Il comprend les articles suivants (Décapage de la terre végétale, nivellement du sol, déblai, remblai et transport des terres à la décharge publique);
2. **Lot Infrastructure:** Il comprend les articles suivants (Béton de propreté, semelles, longrines (libages), amorces poteaux et voile périphérique);
3. **Lot Superstructure:** Il comprend les articles suivants (Poteaux, poutres, plancher, balcon et escalier);
4. **Lot Maçonnerie, Revêtement et Enduits;**
5. **Lot Peinture;**
6. **Lot Vitrierie;**
7. **Lot plomberie;**
8. **Lot Menuiserie;**
9. **Lot Électricité;**
10. **Lot Étanchéité;**
11. **Lot VRD.**

3.3.3. Forme de présentation de l'avant-métré

Chapitre 3 : Mode de métré et de l'avant-métré des ouvrages

Plusieurs modèles d'imprimés d'avant-métré sont utilisés dans les administrations car le mode de mesurage n'est pas le même selon que les éléments d'ouvrage sont en Béton armé ; en maçonnerie ; en métal ou en bois.

Le type d'imprimé le plus usuel et qui s'adapte presque à l'avant-métré des constructions de tout genre est présenté dans le tableau suivant :

Tableau 3.1 : Calcul de l'avant métré de divers articles

N°	Désignation des Travaux	Unité	Longueur	Largeur	Epaisseur ou hauteur	Nbre de parties semblables	Quantité
	Lot.....						
1		m ³					
2		m ³					
3		m ³					
4		m ³					
5		m ³					
	Lot.....						
1		m ³					
2		m ³					
3		m ³					
	Lot.....						
1		m ³					
2		m ²					
3		U					

3.4. Rappels des formules usuelles

3.4.1. Mesure des lignes et des surfaces

3.4.1.1. Triangle rectangle

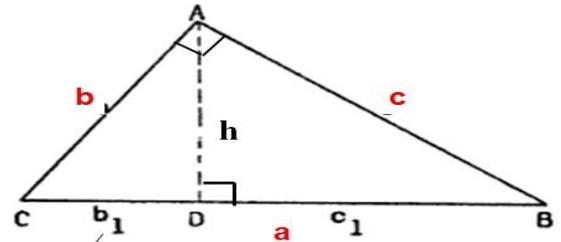
$$a^2 = b^2 + c^2 \text{ (Théorème de Pythagore)}$$

$$b^2 = a \times b_1$$

$$c^2 = a \times c_1$$

$$h^2 = b_1 \times c_1$$

$$S = (b \times c)/2 = a \times h/2$$



a = CB
b1 = CD
c1 = DB

Figure 3.1 : Triangle rectangle

3.4.1.2. Triangles quelconques

La formule de Héron permet de déterminer la surface d'un triangle lorsque les mesures de ses trois côtés sont connues (Héron d'Alexandrie : mathématicien grec du 1^{er} siècle apr. J.-C).

$$S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$$

Avec, p est le demi-périmètre, $p = \frac{a+b+c}{2}$

Les angles du triangle, $S = \frac{1}{2} ab \sin \hat{C} = \frac{1}{2} bc \sin \hat{A} = \frac{1}{2} ac \sin \hat{B}$

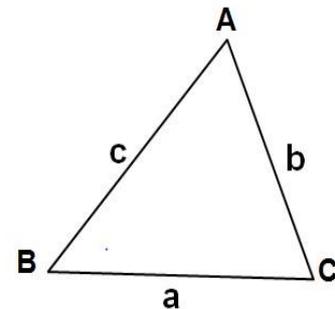


Figure 3.2 : Triangle quelconque

❖ Exemple de calcul 3.1:

$$P = (0.8+0.9+1)/2 = 1.35 \text{ m}$$

Surface du triangle : $S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$

$$S = \sqrt{1.35(1.25 - 0.8)(1.35 - 0.9)(1.35 - 1)} = 0.3419 \text{ m}^2$$

Calcul des angles

$$\sin \hat{A} = \frac{2S}{bc} = \frac{2 \times 0.3419}{90 \times 100} = 0.76 \Rightarrow \hat{A} = 49.5^\circ$$

$$\sin \hat{B} = \frac{2S}{ac} = \frac{2 \times 0.3419}{80 \times 100} = 0.85 \Rightarrow \hat{B} = 58.7^\circ$$

$$\sin \hat{C} = \frac{2S}{ab} = \frac{2 \times 0.3419}{80 \times 90} = 0.95 \Rightarrow \hat{C} = 71.8^\circ$$

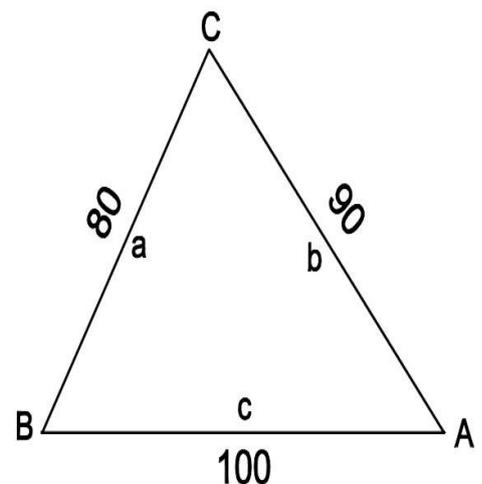


Figure 3.3 : Triangle quelconque de l'exemple de calcul 3.1

3.4.1.3. Parallélogramme

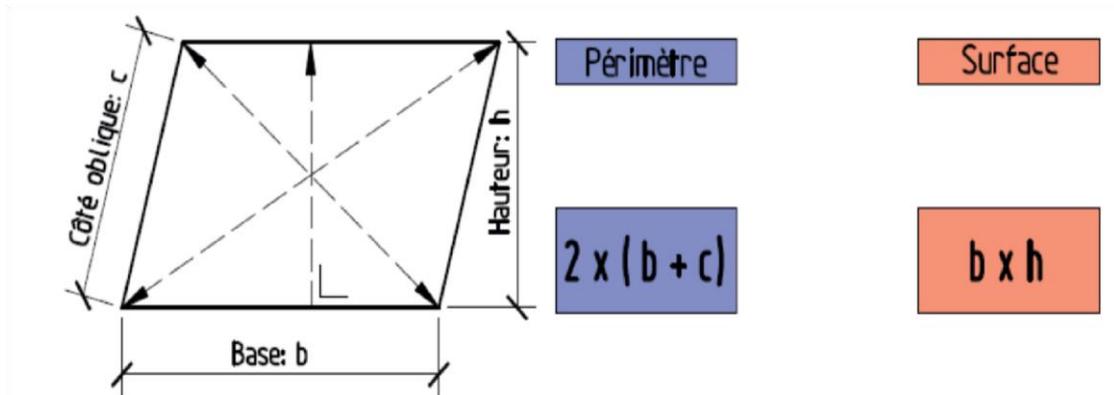


Figure 3.4 : Parallélogramme

- ✓ Les côtés opposés sont parallèles ;
- ✓ Les angles opposés sont égaux ;
- ✓ Les diagonales ne sont pas de même longueur.

3.4.1.4. Polygone

Pour calculer la surface d'un polygone, on peut le diviser en triangles et appliquer la formule de Héron à chaque triangle. Cependant, cela nécessite de connaître non seulement les longueurs des côtés du polygone, mais aussi les longueurs de ses diagonales

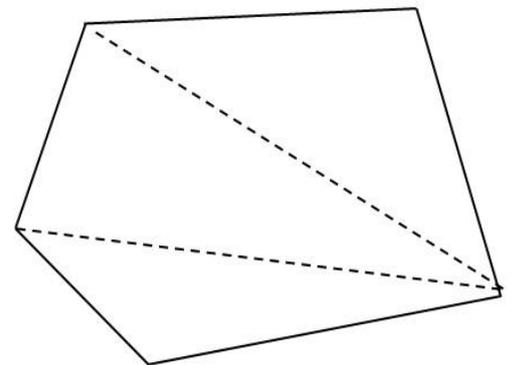


Figure 3.5 : Polygone

❖ Exemple de calcul 3.2 :

$$P1 = (0.8 + 0.9 + 1) / 2 = 1.35 \text{ m}$$

$$P2 = (1.5 + 0.9 + 1.8) / 2 = 2.1 \text{ m}$$

Surface du triangle 1:

$$S = \sqrt{1.35(1.35 - 0.8)(1.35 - 0.9)(1.35 - 1)} = 0.3419 \text{ m}^2$$

Surface du triangle 2:

$$S2 = \sqrt{2.1(2.1 - 1.5)(2.1 - 0.9)(2.1 - 1.8)} = 0.6735 \text{ m}^2$$

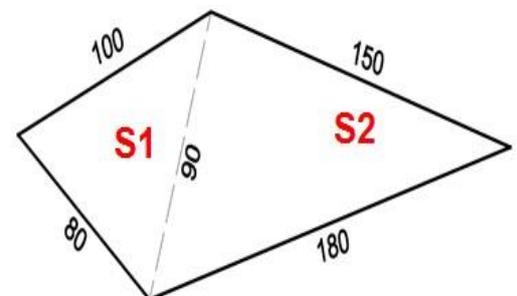


Figure 3.6 : Polygone de l'exemple de calcul 3.2

3.4.1.5. Surface d'un trapèze

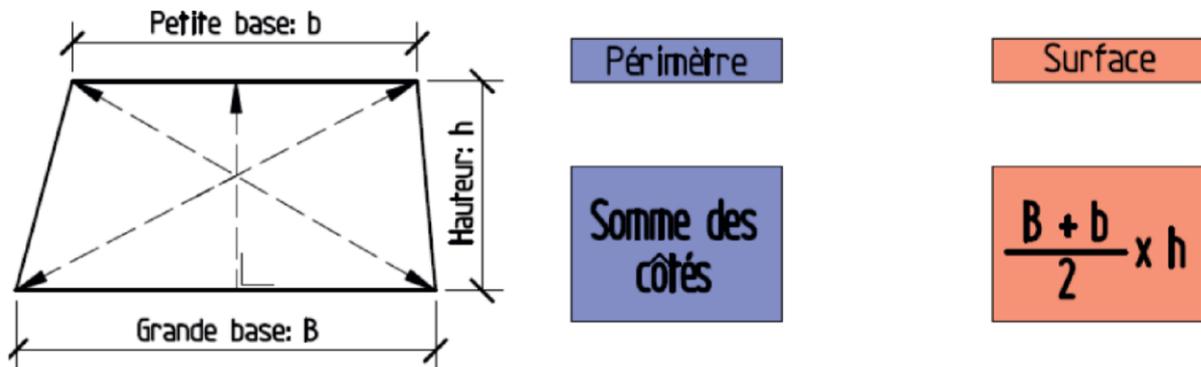


Figure 3.7 : Trapèze

- ✓ La grande base et la petite base sont parallèles ;
 - ✓ La hauteur est perpendiculaire aux deux bases ; ✓
- Les diagonales ne sont pas égales.

3.4.1.6. Polygone régulier

La surface d'un polygone régulier est égale à la moitié du produit de son apothème et de son périmètre.

Périmètre = NC et **Surface** = NRC/2 Avec N est le nombre de cotés.

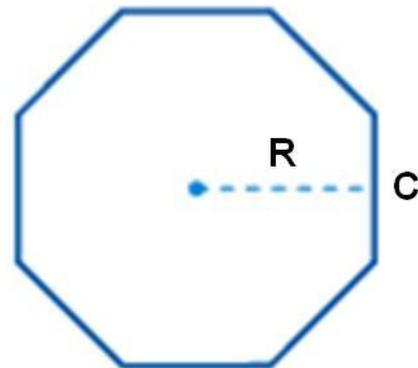


Figure 3.8 : Polygone régulier

3.4.1.7. Cercle

Périmètre du cercle = $2 \pi R$

Arc de cercle = $2 \pi R \frac{\alpha^\circ}{360^\circ}$

Surface du cercle = πR^2

Surface du secteur OAB = $\pi R^2 \frac{\alpha^\circ}{360^\circ}$

Avec, α angle en degré

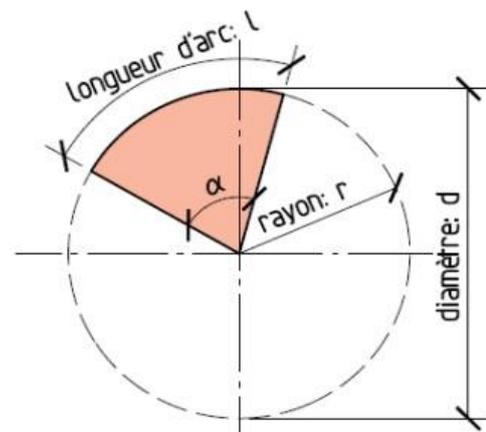


Figure 3.9 : Cercle et arc de cercle

• Segment de cercle

La surface du segment de cercle ABC est égale à la surface du secteur OACB moins la surface du triangle OAB: $S = \text{Surface (OACB)} - \text{Surface (AOB)}$

$$S = \pi R^2 \frac{\alpha^\circ}{360^\circ} - \frac{1}{2} R \times R \sin \alpha = \frac{R^2}{2} \left(\frac{\pi \alpha^\circ}{180^\circ} - \sin \alpha \right)$$

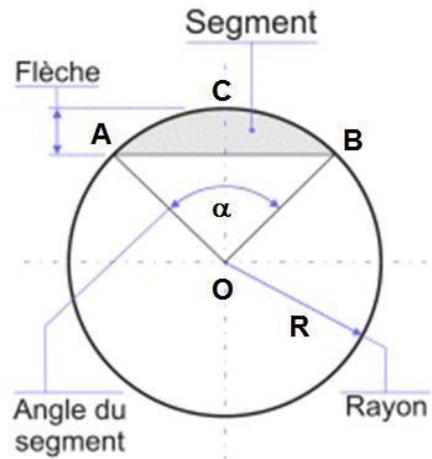


Figure 3.10 : Segment de cercle

❖ Exemple de calcul 3.3 :

➤ Longueur de l'arc

$$L = 2 \pi 40 \frac{120^\circ}{360^\circ} = 41.86 \text{ cm}$$

➤ Surface du secteur

$$S_1 = \pi 20^2 \frac{120^\circ}{360^\circ} = 418.66 \text{ cm}^2$$

➤ Surface du triangle

$$S_2 = (35 \times 10) / 2 = 175 \text{ cm}^2$$

➤ Surface du segment

$$S = S_1 - S_2 = 418.66 - 175 = 243.66 \text{ cm}^2$$

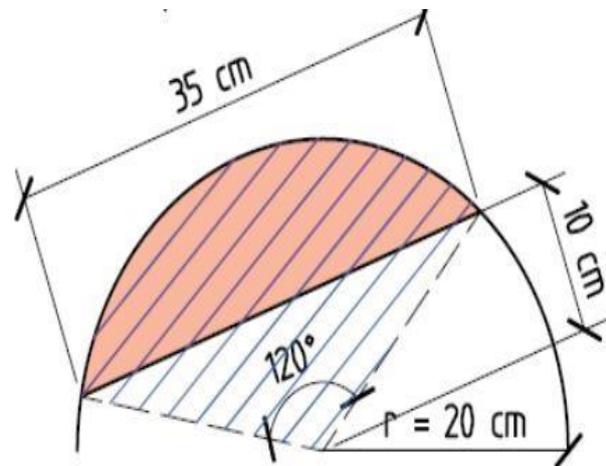


Figure 3.11 : Segment de cercle (exemple de calcul 3.3)

- **Zone circulaire ou couronne**

Zone circulaire

$$S = \pi R^2 - \pi r^2 = \pi(R^2 - r^2)$$

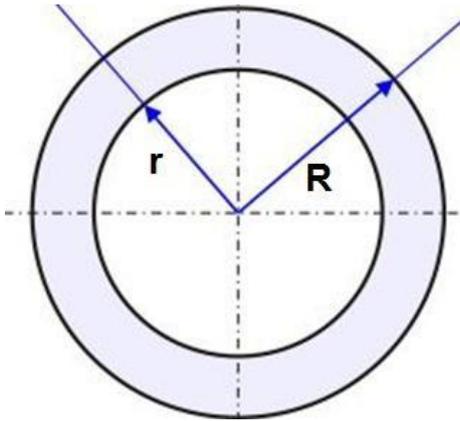


Figure 3.12 : Zone circulaire

Portion de zone circulaire

$$S = \pi R^2 \frac{\alpha^\circ}{360^\circ} - \pi r^2 \frac{\alpha^\circ}{360^\circ} = \pi(R^2 - r^2) \frac{\alpha^\circ}{360^\circ}$$

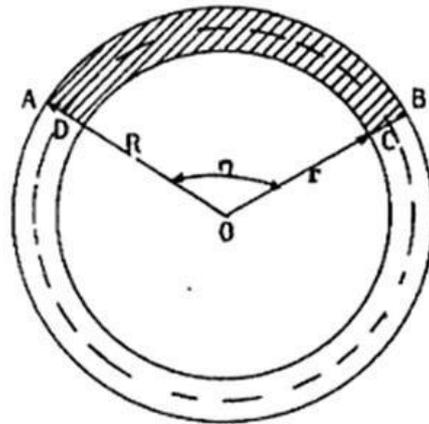
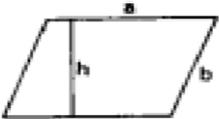
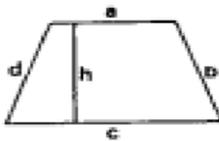
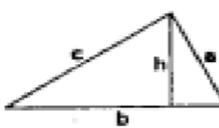
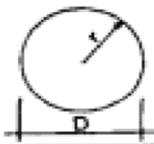
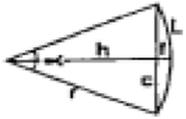
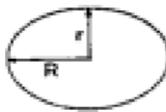


Figure 3.13 : Portion de zone circulaire

Chapitre 3 : Mode de métré et de l'avant-métré des ouvrages

Le tableau suivant résume les formules des surfaces de différentes formes.

Tableau 3.2 : Formules des surfaces

DENOMINATION	FIGURE	PERIMETRE	SURFACE
RECTANGLE		$2(a + b)$	$a b$
PARALLELOGRAMME		$2(a + b)$	$a h$
TRAPEZE		$a + b + c + d$	$\frac{(a + c) h}{2}$
TRIANGLE		$a + b + c$	$\frac{b h}{2}$
CERCLE		$2 \pi r = \pi D$	$\pi r^2 = \frac{\pi D^2}{4}$
POLYGONE REGULIER A n COTES		$n c$	$\frac{n c t}{2}$
SECTEUR CIRCULAIRE		$L = 2 \pi r \frac{\alpha^\circ}{360^\circ}$	$\pi r^2 \frac{\alpha^\circ}{360^\circ}$
SEGMENT		$L + c$	$\pi r^2 \frac{\alpha^\circ}{360^\circ} - \frac{c h}{2}$
ELLIPSE		$\pi (R + r)$	$\pi R r$

3.4.2. Mesure des volumes

3.4.2.1. Cylindre

Le volume d'un cylindre de hauteur h et dont le rayon de sa base est R , est égal à l'aire de sa base (un disque) multipliée par sa hauteur.

Surface latérale : $S = 2 \pi R h$

Volume : $V = S_{\text{base}} \times h = \pi R^2 h$

❖ Exemple de calcul 3.4 :

Calculer la surface latérale et le volume d'un poteau circulaire de diamètre 40 cm et de hauteur 300 cm.

- Surface latérale : $S = \text{Périmètre} \times h = 2\pi Rh = 2\pi \times 0.2 \times 3 = 3.77 \text{ m}^2$
- Volume : $V = S_{\text{base}} \times h = \pi R^2 h = \pi \times (0.2)^2 \times 3 = 0.377 \text{ m}^3$

3.4.2.2. Prisme droit

Le volume « V » d'un prisme est égal au produit de l'aire de sa base « S », et de sa hauteur « h ».

Volume : $V = S_{\text{base}} \times h$

Surface latérale :

$Sl = \text{Périmètre de la base} \times h$

3.4.2.3. Pyramide régulière

La surface latérale d'une pyramide régulière est égale à la moitié du produit du périmètre de la base $ABCD$ par l'apothème SK .

$Sl = (P_{ABCD}) \times SK/2$

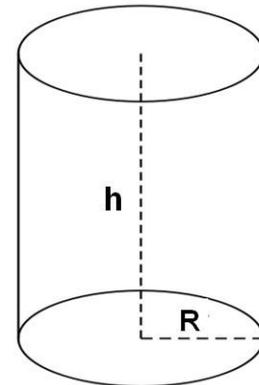


Figure 3.14 : Cylindre

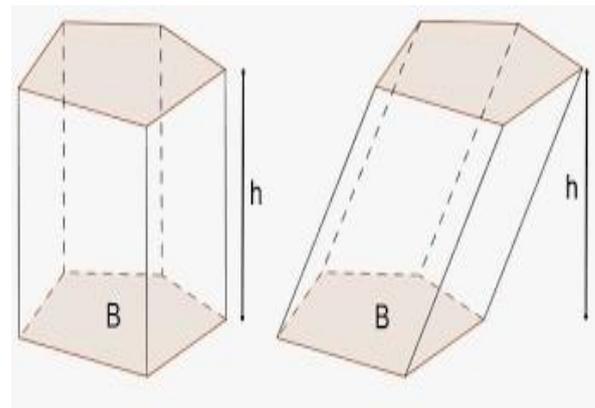


Figure 3.15 : Prisme droit

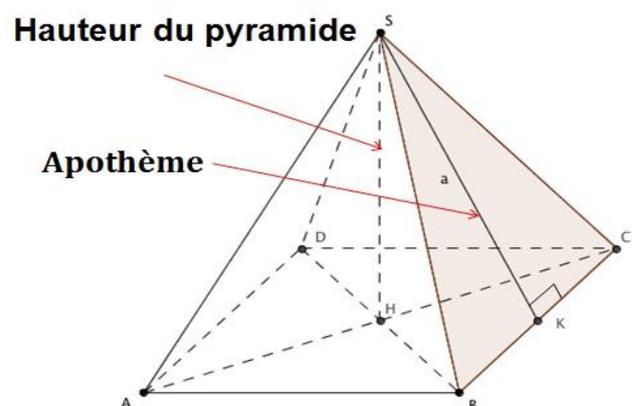


Figure 3.16 : Pyramide régulière

Le volume d'une pyramide régulière est égal à un tiers du produit de la surface de la base par la hauteur.

$$V = (S_{ABCD}) \times H/3$$

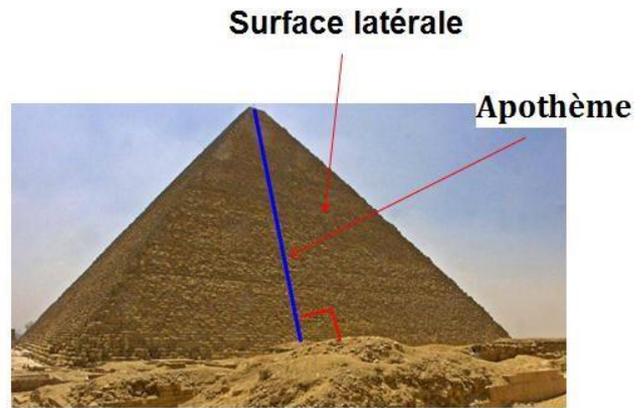


Figure 3.17 : Pyramide réelle

❖ Exemple de calcul 3.5 :

Calculer la surface latérale et le volume d'une pyramide régulière à base carrée, dont le coté de la base mesure 40 cm et la hauteur 300 cm.

- Calculons l'apothème a : $a^2 = 3^2 + (0.4/2)^2 \rightarrow a = \sqrt{3^2 + 0.2^2} = \sqrt{9.04}$
- Surface latérale S = $4 \times 0.4 \times \sqrt{9.04} / 2 = 2.40 \text{ m}^2$
- Volume du pyramide V = $S_{\text{base}} \times h/3 = (0.4^2) \times 3/3 = 0.160 \text{ m}^3$

3.4.2.4. Pyramide régulière tronquée

La surface latérale est le produit de la somme des périmètres des deux bases par la moitié de l'apothème.

$$S_L = (P_{ABCD} + P_{IJKL}) \times \text{apothème}/2$$

La formule générale pour le volume d'une pyramide régulière tronquée est:

$$V = \frac{h}{3} (S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 S_2})$$

Où :

V est le volume de la pyramide tronquée, h est la hauteur de la pyramide tronquée,

S₁ est la surface de la base inférieure, S₂ est la surface de la base supérieure.

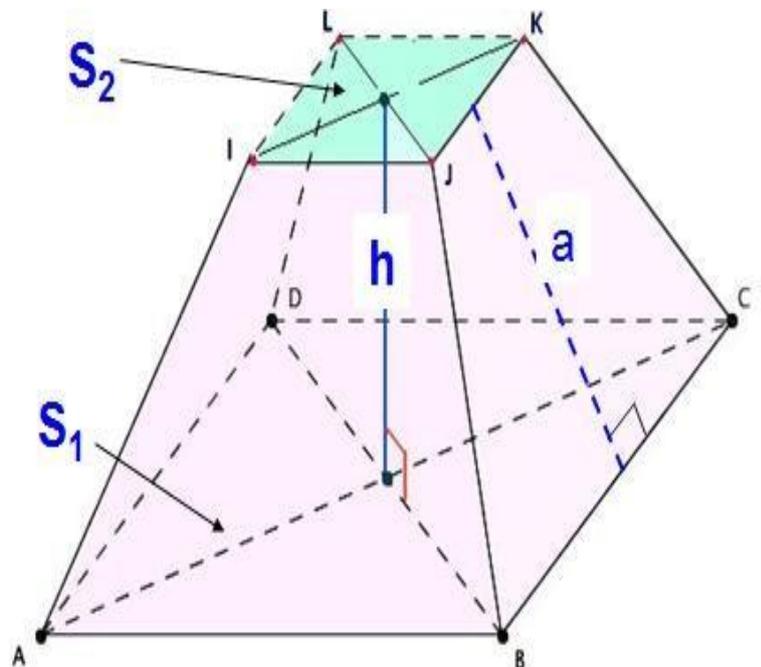


Figure 3.18 : Pyramide régulière tronquée

Chapitre 3 : Mode de métré et de l'avant-métré des ouvrages

❖ Exercice d'application 3.1

Quelle surface doit-on prévoir pour stocker 1500 m³ de sable sur 4 m de hauteur. On peut imaginer un tas de terre en forme de pyramide tronquée à base carrée, dont les pentes font 45°.

❖ Solution

Soit a le côté de la base, $h = 4$ m la hauteur et b le côté du sommet.

$$V = \frac{h}{3} (S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 S_2}) = \frac{h}{3} (a^2 + b^2 + ab)$$

$$\text{On a } \operatorname{tg} 45^\circ = \frac{4}{(a-b)/2} = 1 \Rightarrow \frac{a-b}{2} = 4 \Rightarrow a = b + 8$$

$$\frac{h}{3} (a^2 + b^2 + ab) = 1500 \Rightarrow 3b^2 + 24b - 1061 = 0$$

On obtient environ $b=15$ m et $a=23$ m. Un terrain de 530 m² devrait suffire.

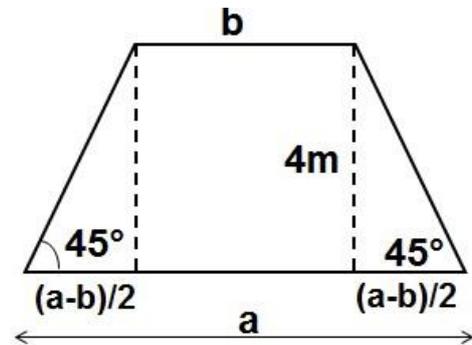


Figure 3.19 : pyramide tronquée à base carrée (Exercice d'application 1)

3.4.2.5. Cône droit

La surface latérale d'un cône droit est égale au produit du périmètre de la base par l'apothème, le tout divisé par 2.

$$S_l = \pi R a$$

Le volume d'un cône droit est égal au produit de l'aire de la base par la hauteur, le tout divisé par 3.

$$V = \pi R^2 h / 3$$

❖ Exemples de calcul 3.6 :

Calculer la surface latérale et le volume d'un cône de diamètre 40 cm et de hauteur 300 cm.

- Calculons l'apothème a : $a^2 = 3^2 + (0.4/2)^2 \Rightarrow a = \sqrt{3^2 + 0.2^2} = \sqrt{9.04}$
- Surface latérale : $S_l = 2 \times \pi \times 0.2 \times \sqrt{9.04} / 2 = 1.89 \text{ m}^2$
- Volume du cône : $V = S_{\text{base}} \times h / 3 = \pi R^2 h / 3 = \pi (0.2)^2 \times 300 / 3 = 12\,560 \text{ cm}^3 = 0.126 \text{ m}^3$

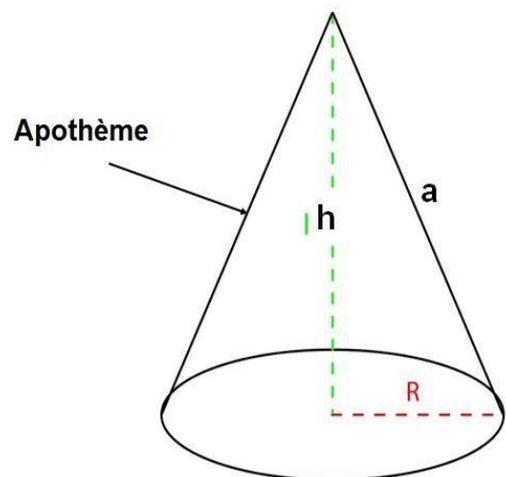


Figure 3.20 : Cône droit

3.4.2.6. Cône tronqué

La surface latérale d'un cône tronqué est égale à la somme des périmètres de la base supérieure et de la base inférieure, multipliée par l'apothème, le tout divisé par 2.

$$S_l = \pi(R+r)a$$

Le volume est calculé à l'aide de la formule des 3 niveaux

$$V = \frac{\pi h}{3} (R^2 + r^2 + Rr)$$

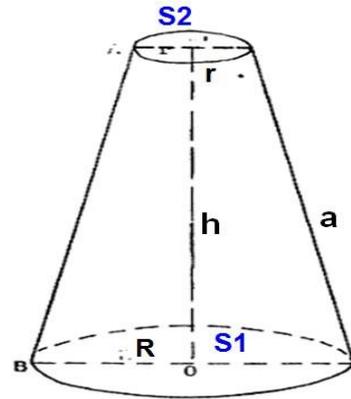


Figure 3.21 : Cône tronqué

❖ Exemple de calcul 3.7 :

Soit un cône tronqué de hauteur 16 cm et dont les diamètres des bases sont égaux à 37 et 13 cm. Calculer la surface latérale et le volume du cône.

- Calcul de l'apothème a : $a^2 = 16^2 + 12^2 = 400 \text{ cm} \Rightarrow a = 20 \text{ cm}$
- Surface latérale : $S_l = \pi \times (18.5 + 6.5) \times 20 = 1570 \text{ cm}^2$

- Volume du cône :

$$V = \frac{16\pi}{3} (18.5^2 + 6.5^2 + 18.5 \times 6.5) = 8452.88 \text{ cm}^3$$

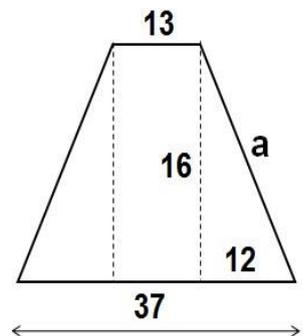


Figure 3.22 : Cône tronqué (Exemple de calcul 3.7)

❖ Exercice d'application 3.2

Etablir l'avant-métré de la forme suivante :

1. Fondations (Béton de propreté - Béton pour semelles – Béton pour poteau)
2. Enduit au ciment du poteau.

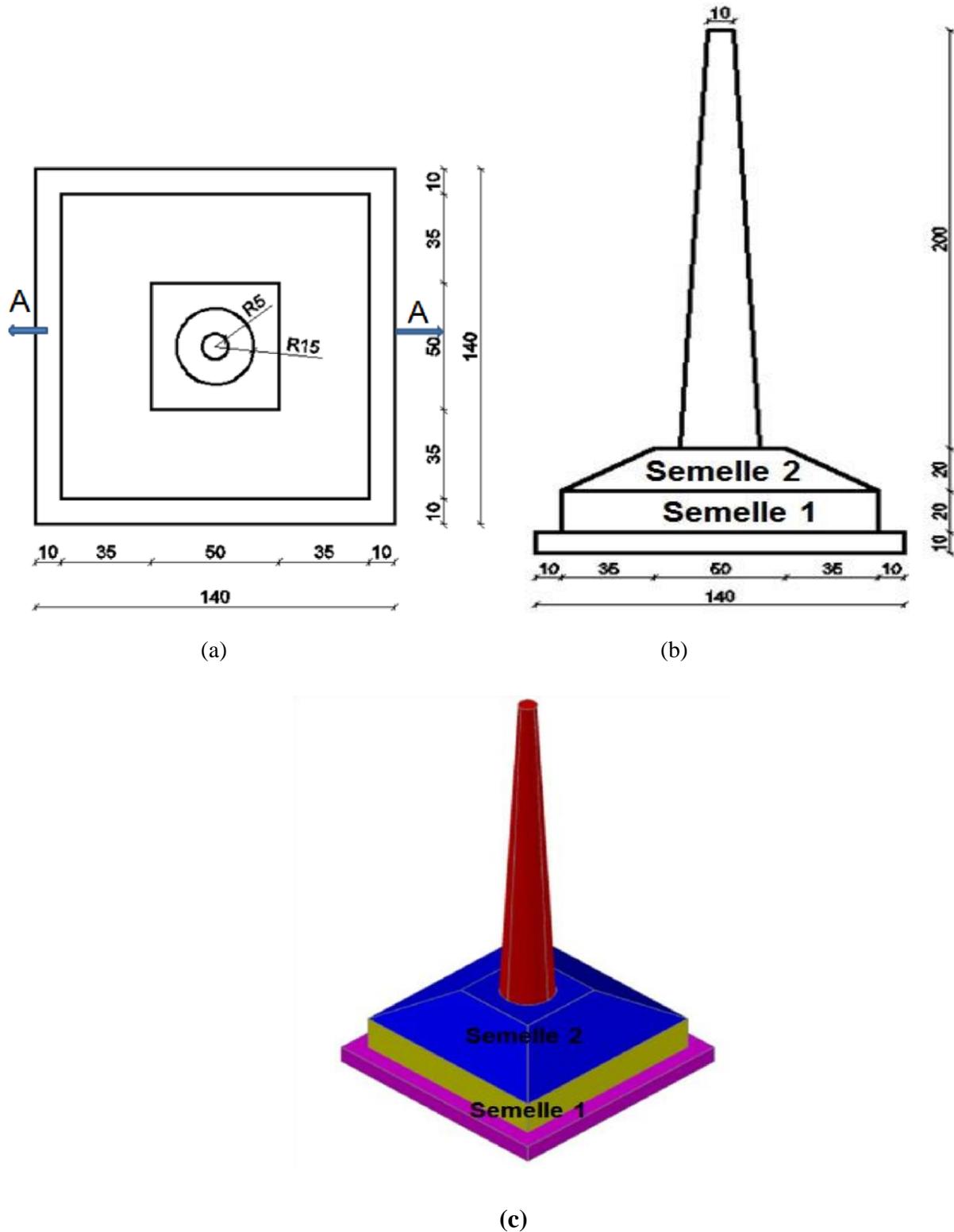


Figure : 3.23 : Plan de coffrage fondation (a)-
Vue sur plan, (b)-Coupe A-A et (c)- Vue 3D

Chapitre 3 : Mode de métré et de l'avant-métré des ouvrages

❖ Solution

- Volume du béton de propreté = $1.4 \times 1.4 \times 0.1 = 0.196 \text{ m}^3$
- Volume de la semelle 1 = $1.2 \times 1.2 \times 0.2 = 0.288 \text{ m}^3$
- Volume de la semelle 2 (pyramide tronquée)

$$V = \frac{h}{3} (S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 S_2}) = \frac{0.2}{3} (1.2^2 + 0.5^2 + 1.2 \times 0.5) = 0.153 \text{ m}^3$$

- Volume du poteau (cône tronqué)

$$V = \frac{2\pi}{3} (0.15^2 + 0.05^2 + 0.15 \times 0.05) = 0.068 \text{ m}^3$$

- Enduit au ciment du poteau $a^2 = 2^2 + 0.10^2$

$$\text{Surface latérale du poteau} = \pi(R+r)a = \pi(0.15+0.05) \times 2.002 = 1.257 \text{ m}^2$$

3.4.2.7. Sphère

Le volume d'une sphère de rayon R est donné par la formule :

$$V = \frac{4\pi R^3}{3}$$

La formule pour calculer la surface latérale d'une sphère est la suivante : $Sl = 4\pi R^2$

3.4.2.8. Onglet sphérique

La surface latérale d'un onglet sphérique est donnée par la formule suivante :

$$Sl = 4\pi R^2 \frac{\alpha^\circ}{360^\circ}$$

La formule suivante permet de calculer le volume d'un onglet sphérique :

$$V = \frac{4\pi R^3}{3} \frac{\alpha^\circ}{360^\circ}$$

Avec, α l'angle du fuseau en degrés.

Remarque : Si $\alpha = 360^\circ$ on retrouve la surface et le volume de la sphère.

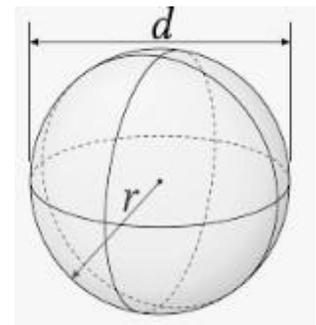


Figure3.24 : Sphère

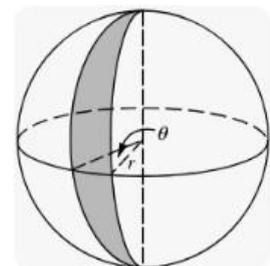


Figure3.25 : Onglet sphérique

3.4.2.9. Segment sphérique

La surface latérale et le volume d'un segment sphérique est donnée par les formules suivantes, respectivement.

$$S_l = 2\pi R h$$

$$V = \frac{\pi h^2}{3}(3R - h)$$

Avec, $R^2 = r^2 + (r-h)^2$

$r = AA'$ = rayon du cercle de base,

h = hauteur de la calotte.

Remarque : Si on remplace h par $2R$ on retrouve la surface et le volume de la sphère

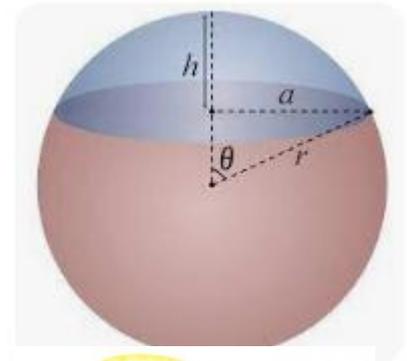


Figure 3.26 : Segment sphérique

3.4.2.10. Zone sphérique

Les formules suivantes permettent de calculer la surface latérale et le volume d'une zone sphérique.

Surface latérale, $S_l = 2\pi R h$

Volume,

$$V = \frac{\pi h}{6}(3r_1^2 + 3r_2^2 + h^2)$$

Remarque : Si $r_1 = r_2 = 0$ et $h = 2R$, on retrouve le volume d'une sphère.

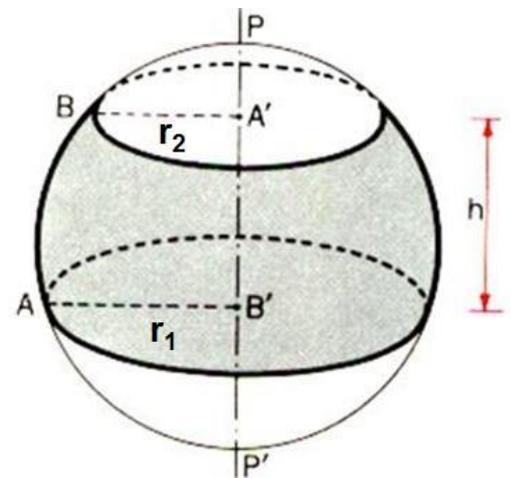
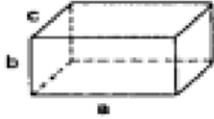
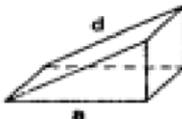
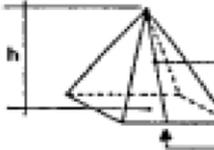
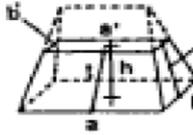
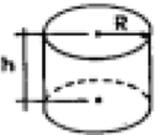
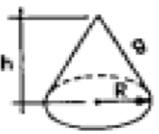
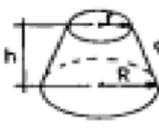


Figure 3.27 : Zone sphérique

Chapitre 3 : Mode de métré et de l'avant-métré des ouvrages

Le tableau suivant résume les formules des volumes de différentes formes.

Tableau 3.3 : Formules des volumes

DENOMINATION	FIGURE	SURFACE	VOLUME
PARALLELEPIPEDE RECTANGLE		$2(ab + bc + ca)$	$a b c$
PRISME DROIT TRIANGULAIRE		$b(a+c+d) + ac$	$\frac{a b c}{2}$
PYRAMIDE		$\frac{l(per S)}{2} + S$	$\frac{h}{3} \times S$
TRONC DE PYRAMIDE		$\frac{l(per S + per s)}{2} + S + s$	$\frac{h}{3} (S + s + \sqrt{S \cdot s})$
TAS DE SABLE		$l(a+a') + l'(b+b') + ab + a'b'$	$\frac{h}{6} [b(2a+a') + b'(2a'+a)]$
CYLINDRE		$2\pi R h + 2\pi R^2$	$\pi R^2 h$
CÔNE		$\pi R g + \pi R^2$	$\frac{h}{3} \pi R^2$
TRONC DE CÔNE		$\pi(R+r)g + \pi(R^2+r^2)$	$\frac{h}{3} \pi (R^2 + r^2 + R r)$
SPHERE		$4\pi R^2$	$\frac{4}{3} \pi R^3$

❖ Exercice d'application 3.3

Soit une coupole (demi-sphère) de diamètre interne 8 m et externe 8.30 m et repose sur une poutre de diamètre interne 8 m et externe 8.80 m et d'épaisseur 45 cm.

- 1- Calculer le volume du béton nécessaire pour le coulage de la coupole.
- 2- Calculer les surfaces, externe et interne de revêtement de la coupole.
- 3- Calculer le volume de la poutre.



Figure 3.28 : Exemple d'une coupole

❖ Solution

1- Le volume de la coupole est la différence entre les volumes des deux hémisphères de rayon 4 m et 4.15 m.

$$V_1 = \frac{4 \times 3.14 \times 4.15^3}{3 \times 2} = 149.617 \text{ m}^3 \quad \text{et} \quad V_2 = \frac{4 \times 3.14 \times 4^3}{3 \times 2} = 133.973 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume de la coupole} = 149.617 - 133.973 = 15.644 \text{ m}^3$$

$$2- \text{Surface supérieure de la coupole} = 2\pi R_1^2 = 2 \times 3.14 \times 4.15^2 = 108.157 \text{ m}^2$$

$$\text{Surface inférieure de la coupole} = 2\pi R_2^2 = 2 \times 3.14 \times 4^2 = 100.48 \text{ m}^2$$

$$3- \text{Volume de la poutre } V_p = (\pi R^2 - \pi r^2) \times h = \pi(R^2 - r^2) \times h = 3.14(4.40^2 - 4^2) \times 0.45 = 4.748 \text{ m}^3$$

3.5. Méthode des trois niveaux

Chapitre 3 : Mode de métré et de l'avant-métré des ouvrages

En terrassement, pour déterminer le volume des terres que l'on peut stocker sur une surface donnée, on utilise la formule des 3 niveaux.

$$V = \frac{h}{6}(A + 4B + C)$$

A = surface de la base inférieure.

B = surface de la base intermédiaire.

C = surface de la base supérieure.

h = hauteur de la pyramide tronquée

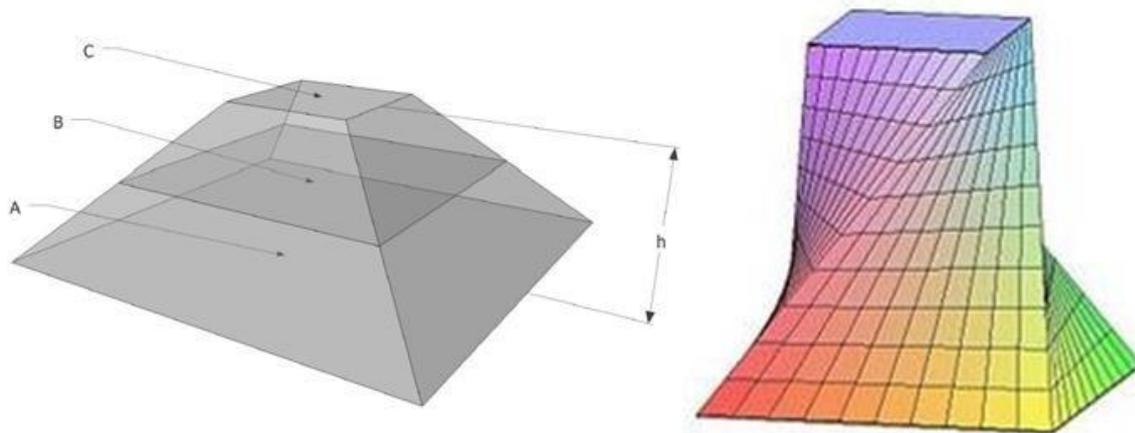


Figure 3.29 : Méthode des trois niveaux

3.6. Formule de Simpson

Pour une surface limitée par une courbe fermée, il suffit de diviser par une droite cette surface en deux parties.

Divisons la longueur L en un nombre n pair d'intervalles égaux et, les points de divisions ont les coordonnées $y_0, y_1, y_2 \dots y_n$.

Le nombre des ordonnées intermédiaires est impair

$$S = \frac{L}{3n} [y_0 + y_n + 4(y_1 + y_3 + \dots + y_{n-1}) + 2(y_2 + y_4 + \dots + y_{n-2})]$$

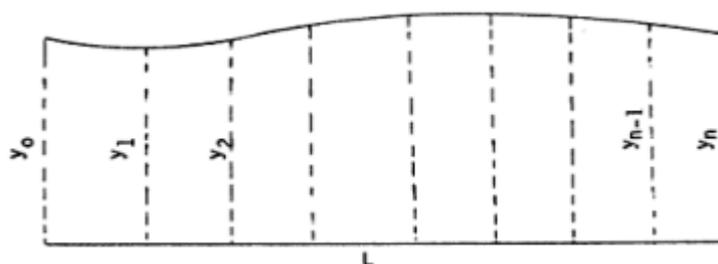


Figure 3.30 : Schéma démontre la formule de Simpson

3.7. Formule de Poncelet

Poncelet a proposé une formule de surface comme suit :

$$S = \frac{L}{n} \left[2(y_1 + y_3 + \dots + y_{n-1}) + \frac{1}{4}((y_0 + y_n) - (y_1 + y_{n-1})) \right]$$

- ✓ Les lettres ont la même signification que dans la formule de Simpson.
- ✓ Les deux formules donnent à peu près les mêmes résultats.
- ✓ La formule de Poncelet donne, dans certains cas des résultats plus approchés, elle a l'avantage de supprimer le calcul des ordonnées de rang pair.

3.8. Conclusion

Le mode du métré est d'une importance capitale dans la planification et le suivi des projets de construction. Il permet de estimer les coûts et les quantités de matériaux nécessaires, ce qui aide les entreprises à élaborer des devis précis et à gérer efficacement leurs approvisionnements. Grâce à l'ordre du métré, les entrepreneurs peuvent avoir une vision claire des travaux à effectuer, des matériaux à commander et des coûts associés. Cela facilite la coordination entre les différents acteurs du projet et contribue à une gestion efficace des ressources. Il est essentiel que le mode du métré soit précis et complet afin d'éviter les erreurs d'estimation et les dépassements de budget.

Chapitre 4 : Application de l'avant métré des terrassements et fouilles

4.1. Objectifs

- 1- Avant-métré des fouilles pour fondations;
- 2- Définition de terrassements;
- 3- Articles de terrassements;
- 4- Types de fouilles;
- 5- Mode de métré en terrassement;
- 6- Foisonnement;
- 7- Calcul des quantités de terrassement .

4.2. Introduction

Pour construire un ouvrage, quel qu'il soit (tunnel, route, pont, bâtiment, barrage, ...), il est nécessaire de modifier le terrain naturel. Il faut profiler la surface du terrain de telle sorte qu'il soit apte à supporter le poids de l'ouvrage et à en intégrer la forme. L'ensemble de ces opérations s'appelle "le terrassement".

Terrasser est un travail composite pouvant comprendre: de l'extraction de matériaux, au compactage, avec peut être du décapage de la terre végétale, et de la mise en dépôt des terres. Il n'existe pas un seul matériau à terrasser mais plusieurs sortes possibles : rochers - terre - gravier et sable - limon – argile.

Il est à noter que les modes de quantification pour la facturation sont fonction du type de terrassement, de la nature du terrain, des dimensions des fouilles et de l'accessibilité du site.

4.3. Avant-métré des fouilles pour fondations

4.3.1. Définition

Le terrassement désigne l'ensemble des opérations de mise en forme d'un terrain, d'une façon générale tout mouvement de terres (remblai ou déblai) constitue un terrassement. Le

Chapitre 4 : Application de l'avant métré des terrassements et fouilles

terrassement de fouilles des ouvrages d'art consiste à creuser dans le sol pour y poser de la maçonnerie telle que fondations, caves, fossés, regards, canalisations, etc.

4.3.2. Articles de terrassements

1- **Décapage de la terre végétale** : opération d'élimination de la couche superficielle de terre végétale et de déchets organiques (20 à 30cm). L'unité de mesurage est le m².

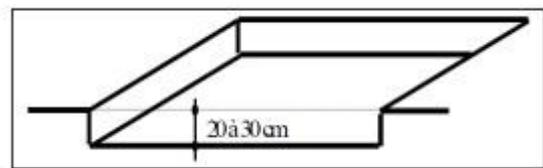


Figure 4.1 : Décapage de la terre végétale

2- **Nivellement de terrain** : Le nivellement de terrain se concentre principalement sur l'ajustement de la surface du sol pour des raisons fonctionnelles ou de construction (action d'aplanir le terrain). Il est évalué au m³.



Figure 4.2 : Nivellement de terrain

3- **Déblai**: l'ensemble des terres retirées du sol lors des divers travaux de terrassement s'appelle déblai (enlèvement de terre pour niveler ou baisser le sol), les terres sont soit

Chapitre 4 : Application de l'avant métré des terrassements et fouilles

réutilisées sur le terrain sous forme de remblai (ajout de terre pour niveler ou élever le sol) soit retirées du chantier. Il est évalué au m³.



Figure 4.3 : Déblai d'un terrain

4- Remblai: un remblai est l'ensemble des terres ou des matériaux rapportés sur un terrain afin de combler une cavité ou de modifier sa topographie. Les remblais sont généralement évalués en volume, exprimé en mètres cubes (m³). Cette mesure permet de déterminer la quantité de matériau nécessaire pour remplir un espace donné. Les remblais peuvent être utilisés dans divers contextes, tels que la construction de routes, de bâtiments, de digues, ou pour le nivellement d'un terrain.



Figure 4.4 : Remblai d'un terrain

Chapitre 4 : Application de l'avant métré des terrassements et fouilles

5- Terre excédentaire: Les termes "terre excédentaire" et "déblais non réutilisés" font référence à la quantité de sol ou de terre qui est excavée lors d'un projet de construction ou de terrassement et qui n'est pas réutilisée sur place. Cette terre est généralement considérée comme excédentaire et doit être évacuée vers une décharge publique (DP), également appelée décharge publique ou décharge contrôlée. Elle est évaluée au m³.



Figure 4.5 : Déblais non réutilisés et évacués à la décharge publique (DP)

4.3.3. Prix de terrassements

Plusieurs prix pourront être établis suivant la nature et les difficultés d'exécution des fouilles, ou suivant les profondeurs.

- Terrains meubles pouvant être enlevés directement par les engins,
- Terrains rocheux nécessitant des interventions spéciales d'artificiers ou au marteau piqueur.

4.3.3.1. Classes des terres

- ❖ Classe A : terre végétale, sable
- ❖ Classe B : Terre argileuse, tuf, caillouteuse,
- ❖ Classe C : Argile plastique
- ❖ Classe D : roche moyennement dure explorable au pic
- ❖ Classe E : Roche dure, explorable au marteau piqueur
- ❖ Classe F : Roche très dure, nécessitant l'emploi de mine.

Chapitre 4 : Application de l'avant métré des terrassements et fouilles

4.3.3.2. Exemple de prix

Sol meuble : 500 F/m³,

Sol semi rocheux : 3000 F/m³,

Sol rocheux : 6000 F/m³.

Remarque : Les travaux de préparation du sol: enlèvement de la végétation, des arbres, des racines et débris végétaux, décapages, compactage du sol, drainages, humidification du sol ou assèchement sont généralement payés au m².

4.3.4. Types de fouilles

4.3.4.1. Fouilles en pleine masse ou en excavation :

La fouille en pleine masse réalisée sur la totalité de l'emprise du bâtiment, plus ou moins profonde, selon l'importance de la partie enterrée de la construction. Elle Destinée à recevoir les semelles filantes de fondations ou un radier.

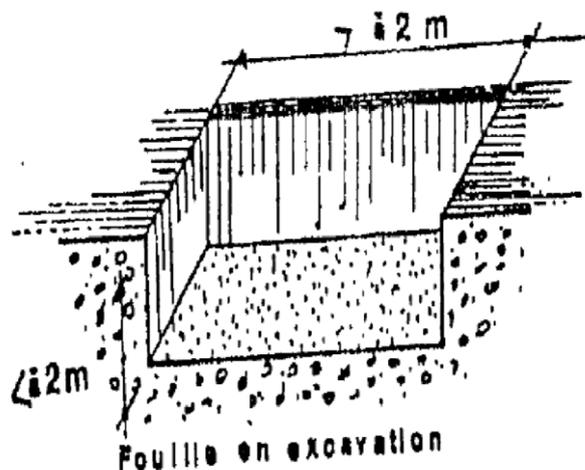


Figure 4.6 : Fouilles en pleine masse ou en excavation

4.3.4.2. Fouilles en rigoles : Creusement effectué dans le sol ne dépassant pas un mètre de profondeur et deux mètres de largeur. Elles correspondent aux semelles filantes (fondations sous les murs et les voiles de l'ouvrage) et les canalisations.

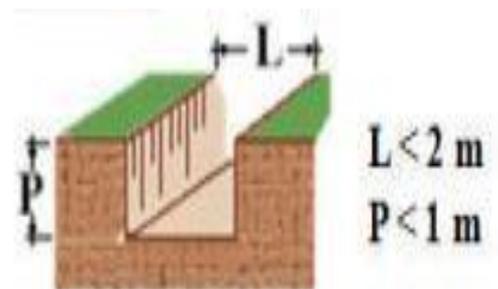


Figure 4.7 : Fouilles en rigoles

Chapitre 4 : Application de l'avant métré des terrassements et fouilles

4.3.4.3. Fosse en tranchée : dont la profondeur est supérieure à un mètre et la largeur ne dépasse pas deux mètres ; destinée à la mise en place de canalisation enterrée ou à la réalisation de fondations pour un mur de clôture.

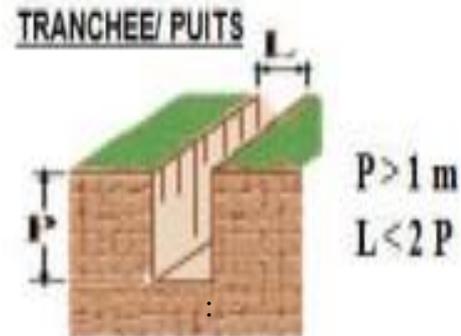


Figure 4.8 : Fosse en tranchée

Qu'elle qu'en soit la forme en plan, elles répondront aux deux conditions suivantes, simultanées ci-après :

- a) Dimension maximum en plan inférieure à 2,00 m
- b) Profondeur supérieure à 2,00 m

Remarque: Toutefois les fouilles dont une dimension en plan est supérieure 2.00 m seront considérées comme fouilles en puits, lorsque leur profondeur sera supérieure au double de la plus grande dimension en plan.

4.3.4.4. Fouilles en puits : Elles correspondent aux semelles isolées (ex : fondations sous les poteaux, sous les murs isolés de petites dimensions).

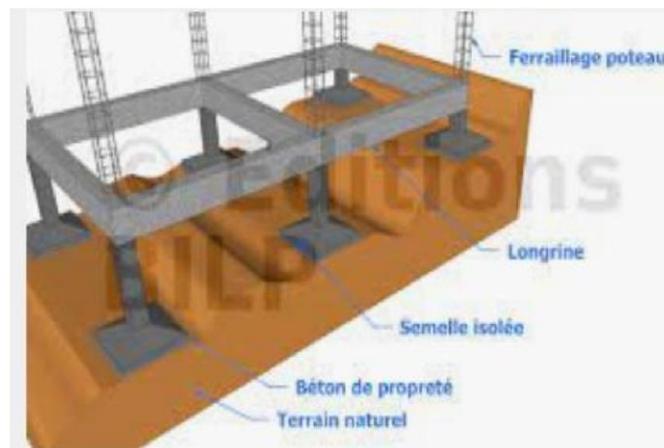


Figure 4.9 : Fouilles en trous

4.3.4.5. Fosse en pieux: La fosse en pieux consiste à enfoncer des éléments structurels allongés, appelés pieux, dans le sol jusqu'à atteindre une couche de sol plus résistante ou un substratum rocheux (lorsque le bon sol se trouve à une forte profondeur). Les pieux peuvent être en bois, en béton armé ou en acier, en fonction des exigences spécifiques du projet.

Chapitre 4 : Application de l'avant métré des terrassements et fouilles



Figure 4.10 : Fouilles en pieux

4.3.5. Mode de métrer en terrassement

Les travaux de terrassement et de puits sont effectués :

- ✓ Par engins mécaniques (évaluation au mètre cube) ;
- ✓ A la main (évaluation au mètre cube) ;
- ✓ A la main (évaluation au mètre superficiel) ;
- ✓ Dans tous les cas, à ciel ouvert. On distingue

- a) Les fouilles par engins mécaniques, à la pelle mécanique. Leur métré ne présente pas de difficultés particulières.
- b) Fouille manuelle. Action de piocher la terre, pour la rendre meuble et permettre de l'enlever. Il s'agit uniquement de cette action de piochement.
- c) Les travaux complémentaires ou préparatoires concernent ceux qui sont évalués au mètre superficiel, parce qu'effectués sur une faible profondeur, donc en terrain généralement meuble, ou facile à attaquer. Leur exécution constitue généralement un travail fini.
- d) L'enlèvement des déblais. Il s'agit du transport aux décharges publiques des déblais de terrassement, déchargement compris, sans intervention de main d'œuvre.
- e) Les fouilles de puits. Il s'agit essentiellement des puits de fondation, à ciel ouvert.
- f) Etaiements-blindages-protections. Ces travaux concernent essentiellement les ouvrages de terrassement.

Chapitre 4 : Application de l'avant métré des terrassements et fouilles

g) Le calcul des quantités des différents ouvrages de terrassement est déterminé suivant les mesures prises au vide de la fouille.

4.3.6. Foisonnement

Lors des travaux de terrassement, les terres produisent après leur extraction un volume plus important que celui qu'elles occupaient dans leur place primitive. Cette augmentation de volume, due à la présence des vides dans la terre remuée, s'appelle le foisonnement. C'est ce volume foisonné qui servira de base à l'établissement d'un devis pour transporter le matériau d'un point A à un point B. En cas de remblaiement, l'utilisation d'un coefficient de foisonnement permet de connaître le volume restant après tassement.



Figure 4.11 : Transport de quantité du sol foisonnée vers DP

Un m³ de déblai, après fouille, donne plus d'un m³ de terres utilisables, l'excédent est appelé foisonnement; il varie avec la nature des terres.

Les cubes à prendre en compte pour les transports seront ceux des déblais majorés du foisonnement.

$$V = C_f \times V_0$$

Où, V_0 : volume déblaie et C_f : coefficient de foisonnement.

Chapitre 4 : Application de l'avant métré des terrassements et fouilles

Tableau 4.1 : Quelques coefficients de foisonnement utilisés

Matériaux	Coefficient de foisonnement
Terre végétale	1.42
Pierres concassées, grès	1.67
Ciment	3.1
Argile, sable argileux	1.25
Gravier	1.12
Tourbe	1.18
Sable	1.12
Terre sèche	1.25
Granit fragmentée	1.64
Enrobés	1.09
Moellons	1.6

Remarque :

- Ces coefficients peuvent légèrement varier si le matériau est mouillé ou sec.
- Ces coefficients de foisonnement correspondent à un volume et non au poids des matériaux. N'hésitez pas à interroger l'entreprise si celle-ci vous donne un chiffrage en tonnage car 1m^3 de terre ou autre matériau de terrassement n'est pas égal à 1T. Par exemple, 1m^3 de sable équivaut à 1.8T.

Exemple de calcul : Vous avez 5 m^3 de terre à évacuer en **pierres concassées**, le volume foisonné sera de 5×1.67 soit **8.35 m^3** . Vous devez donc louer ou faire appel à un camion pouvant transporter au minimum 8.35 m^3 (et non pas 5 m^3).

Chapitre 4 : Application de l'avant métré des terrassements et fouilles

4.4. Calcul des quantités de terrassement

Étant donné que le sol est un plan horizontal, les masses de terre à évaluer peuvent être représentées sous forme de parallélépipèdes avec des sections triangulaires, rectangulaires ou trapézoïdales selon les circonstances. De plus, lorsque la surface du terrain est une surface quelconque, on effectue un levé planimétrique à une échelle convenable (1/200 à 1/2000) selon l'importance du travail et la précision demandée. L'altimètre est obtenue par un quadrillage si le terrain est sensiblement régulier (carreaux de 5 à 40,00 m de côté selon l'échelle et la régularité du terrain).

❖ Exercice d'application 4.1 :

Déterminer l'avant – métré de terrassement (déblai) de la fouille suivante.

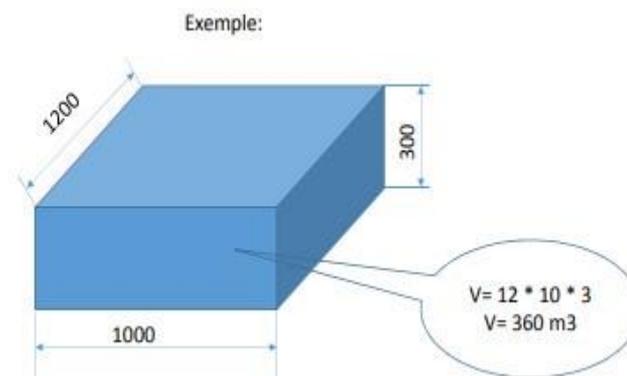


Figure 4.12 : Terrassement de la fouille de l'exercice 4.1

❖ Exercice d'application 4.2 :

La figure suivante présente un terrassement pour construire d'une fosse étanche (La nature de terre à évacuer est pierres concassées).

On demande de calculer l'avant métré de :

- 1- Décapage superficiel de végétation de 0,05 d'épaisseur (assimilé à terrain A)
- 2- Terrassement de déblai à la pelle mécanique en terrain B
- 3- Déversement des déblais en camion et enlèvement aux décharges publiques.

Chapitre 4 : Application de l'avant métré des terrassements et fouilles

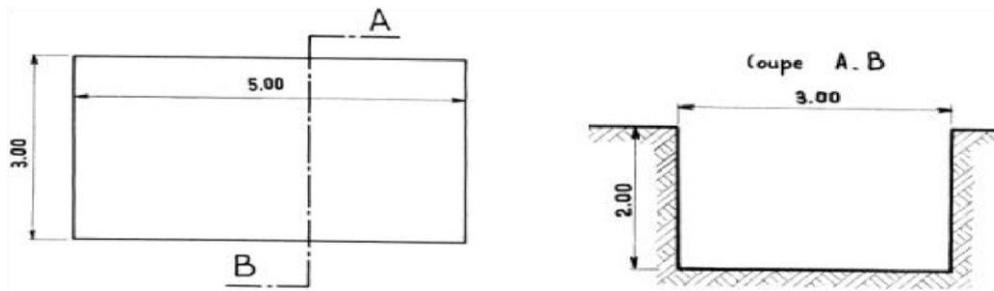


Figure 4.13 : Terrassement d'une fosse étanche

Solution :

Tableau 4.2 : Calcul de l'avant métré de divers articles de terrassement (Exercice 4.2)

N°	Désignation des travaux	U	Longueur	Largeur	Epaisseur/ Profondeur	Nbre de parties semblables	Cf	Quantité
1	Décapage superficiel de végétation de 0,05 d'épaisseur (assimilé à terrain A)	m ²	5	3		1		15
2	Terrassement de déblai à la pelle mécanique en terrain B	m ³	5	3	2	1		30
3	Transport des terres à la DP	m ³	5	3	2	1	1.67	50.1

❖ Exercice d'application 4.3 :

On se propose d'établir l'avant – métré de terrassement du projet de construction d'un bloc sanitaire dont le plan des fouilles ci – dessous.

Chapitre 4 : Application de l'avant métré des terrassements et fouilles

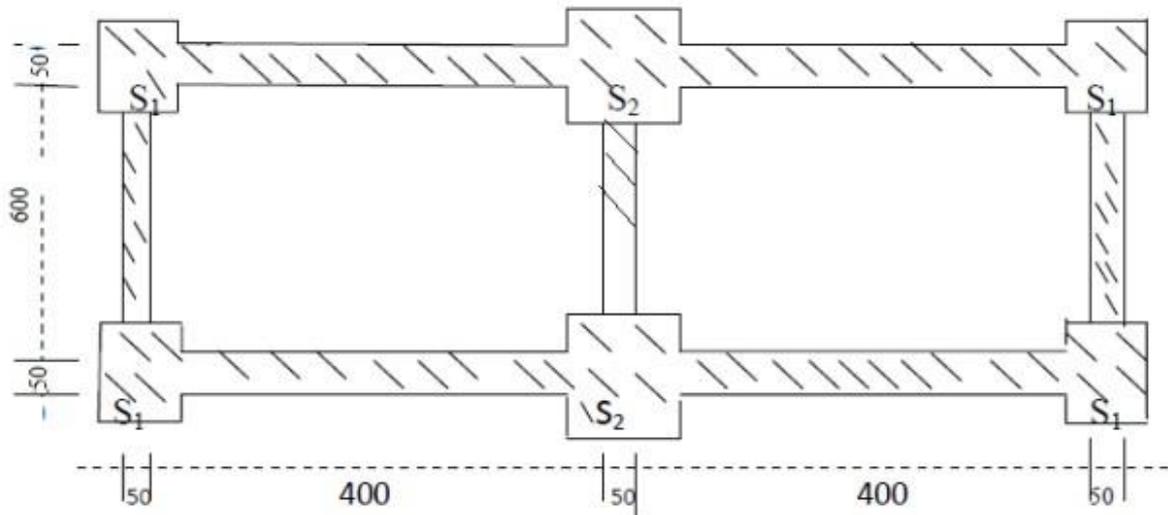


Figure 4.14 : Plan de fondation

❖ Données de l'exercice

- 1- Dimensions des semelles : S1 (100*100), S2 (150*150) en cm 1.
- 2- Terrassement en plein masse : sur l'ensemble de la parcelle s'effectue le décapage de la terre végétale sur 20 cm d'épaisseur après un nettoyage préliminaire du terrain (payé au m²).
- 3- Fouilles en rigoles ou en puits dans tout terrain sauf le rocher. Article N°2 : les fouilles seront descendues aux côtés reconnues par le maître d'œuvre et exécutées aux largeurs prévus sur les plans (payé au m³). On prend du terrain naturel au fond de la fouille, une hauteur H= 70 cm.

Chapitre 4 : Application de l'avant métré des terrassements et fouilles

Solution : On propose de décomposer les fouillés en 3 partie comme suit :

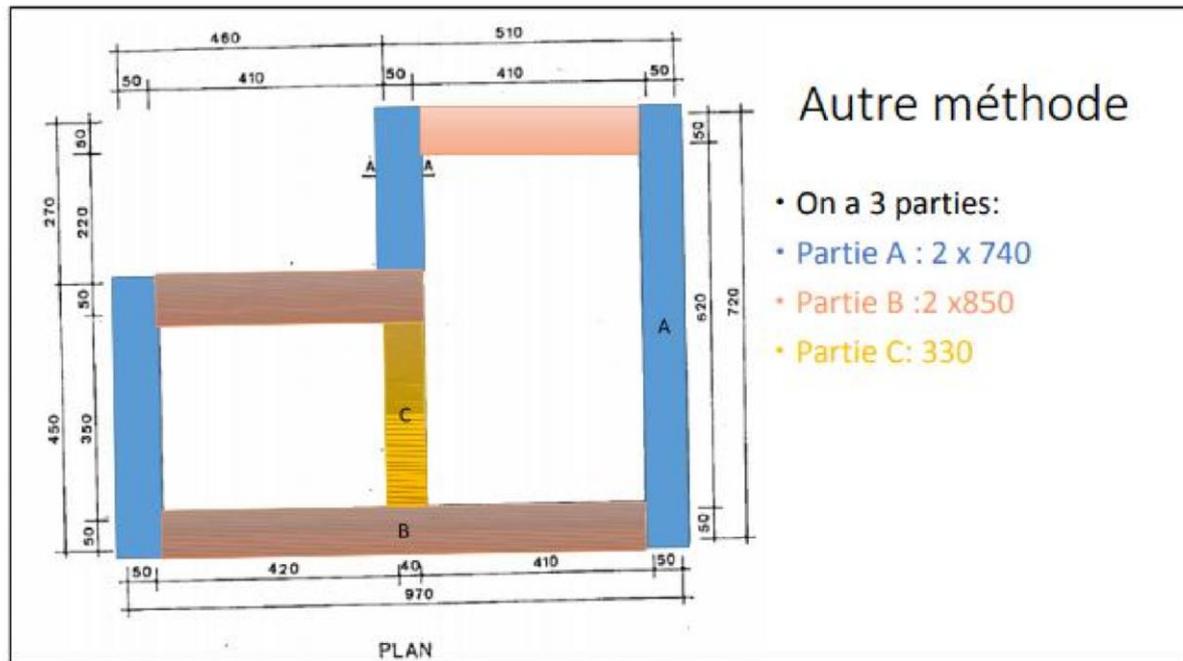


Figure 4.16 : Plan montre la méthode de décomposition des fouillés

Tableau 4.4 : Calcul de l'avant métré de divers articles de terrassement (Exercice 4.4)

N°	Désignation des travaux	U	Longueur	Largeur	Epaisseur/ Profondeur	N de parties semblables	Quantité
1	Fouilles en rigoles Sou semelles						
	Partie A	m ³	7.4	0.7	1.3	2	13.47
	Partie B	m ³	8.5	0.7	1.3	2	15.47
	Partie c	m ³	3.3	0.6	1.3	1	2.57

Chapitre 4 : Application de l'avant métré des terrassements et fouilles

5.5. Conclusion

L'application de l'avant-métré des terrassements et des fouilles est essentielle dans le domaine de la construction et des travaux publics. Cela consiste à effectuer une estimation préliminaire des quantités de terre à déplacer lors des travaux de terrassement et de fouilles, afin d'évaluer les coûts et les ressources nécessaires. De plus, cela contribue à une utilisation efficace des ressources et à la minimisation des risques sur le chantier. En intégrant cette étape préliminaire dans le processus de construction, les entrepreneurs peuvent améliorer l'efficacité, la durabilité et la rentabilité de leurs projets.

Chapitre 5 : Avant métré en maçonnerie

5.1. Objectifs

- 1- Définition;
- 2- Maçonnerie de moellons;
- 3- Maçonnerie de briques ou agglomérés.

5.2. Introduction

On appelle, maçonnerie un ouvrage composé de gros éléments liés (hourdés) entre eux par un mortier. Les gros éléments peuvent être soit de la pierre de taille, moellons taillés, moellons bruts, brique, agglomérés.

La maçonnerie peut aussi être composée de béton ou béton armé. Elle se distingue par le rôle qu'elle joue dans la construction.

- Maçonnerie en fondation : Son rôle est de supporter les ouvrages, remplir les fouilles et servent d'appui sur le sol.
- Maçonnerie en élévation : Son rôle est de supporter les charges, séparer les différentes pièces, protéger, isoler ...
- Maçonnerie de soutènement : Ce sont des ouvrages destinés à soutenir un remblai.

5.3. Définition

On classe sous le nom de maçonnerie tous les ouvrages dans lesquels entrent les pierres naturelles telles que les pierres de carrières, les cailloux, les pierres artificielles et composés céramiques (terre comprimée, brique, terre cuits, etc...).

La maçonnerie est exécutée à l'aide de moellon, briques, parpaings, pierres taillées, liés par un mortier. La mise en œuvre se fait manuellement. Le mortier peut se faire mécaniquement.

5.4. Maçonnerie de moellons

La maçonnerie de moellons pour fondation, soubassements, mur en élévation ou voûte seront mesurés tout vides déduits. Toutefois les vides ayant moins de $0,05 \text{ m}^2$ de sections, les tuyaux de fumée, ou les abouts des poutres prenant appuis sur les murs ne seront pas déduits du cube, le cube est déterminé d'après les dimensions données par les plans.

Chapitre 5 : Avant métré en maçonnerie



Figure 5.1 : Maçonnerie de moellons

Les moellons ou les pierres mis en œuvre par empilage forment eux même le parement des murs ou des piles, on distingue essentiellement :

5.4.1. Maçonnerie de moellons bruts

Ce sont des pierres d'un poids inférieures à 40 kg, généralement entre 20 et 30 kg et dans le volume dépasse $1/15 \text{ m}^3$ et prévu à être appareillé. Leurs hauteurs « H » varie entre 25 à 80 cm et l'épaisseur de 33 cm. Cette maçonnerie est constitué en pierre « tout-venant » c'est-à-dire brut sans taille (maçonneries en fondation). Le cube à déterminer est en générale le même que celui du terrassement des fouilles destinés à cette maçonnerie ou bien les mesures seront prises sur plans.

5.4.2. Maçonnerie de moellons taillés

La face en parement est plane ou à courbure simple. Chaque moellon recevra une taille qui est semblable pour tous les moellons. L'avant métré de maçonnerie est déterminée à partir des mesures prise après taille. La taille de moellons n'intervient généralement pas puisque, le prix du volume est établi pour la pierre taillée et que par la suite le prix de la taille est inclus dans le prix total.

Ce sont des pierres qui peuvent être maniée par un seul homme, dont les dimensions sont :

Chapitre 5 : Avant métré en maçonnerie

- ✓ La hauteur " H " : 16 à 25 cm ;
- ✓ La longueur " L " : $L = 1,5H$;
- ✓ L'épaisseur " e " : 18 à 25 cm.

5.4.3. Maçonnerie de pierre de taille

La taille peut être pour certains ouvrages très compliquée, avec une épaisseur supérieure à 0,25. (Corniches, socles...).

La taille est évaluée et payé au m^2 de surfaces réellement vues, sans tenir compte des parties courbes. Des ongles rentrants ou saillants.

5.5. Maçonnerie de briques ou d'agglomérés

Les murettes et les murs en maçonnerie de briques ou agglomérés sont mesurés au m^2 . La surface sera déduite des plans, déduction faite de tout vide sans plus-value pour raccord aux autres maçonneries adjacentes.

5.5.1. Maçonnerie de briques

La brique est un produit céramique obtenue par la cuisson de l'argile, sa résistance à l'écrasement varie d'une brique à l'autre, on distingue trois catégories:

- Les briques pleines : de 6 à 35 kg/cm^2 ;
- Les briques perforées : inférieure à 20 kg/cm^2 ;
- Les briques creuses : de 8 à 15 kg/cm^2 .

Les briques peuvent être employées à plat ou de champ ou à joints croisés et elles sont dites :

- Posées en murette simple lorsqu'elles sont posées à plat en panneresse, l'épaisseur de la paroi est celle de la largeur de la brique.
- posées en boutisse lorsqu'elles sont posées à plat à joint croisés (boutisses et panneresses alternées), l'épaisseur de la paroi est celle de la longueur de la brique.

Leur métré est simplifié, puisque les briques ou les parpaings ont des formes standard et leur mise en forme est simple. Ils peuvent aussi jouer le rôle de maçonnerie de parement (selon la disposition de l'appareil). Selon leur utilisation, on peut distinguer:

Chapitre 5 : Avant métré en maçonnerie

- Mur simple cloison
- Mur double cloison
- Mur en brique pleine

5.5.2. Agglomérés

Ce sont des blocs artificiels de dimensions variables, obtenu par gâchage et durcissement d'un liant avec des matières inertes extrêmement variés (sable, graviers).

Ils se distinguent des produits céramiques par leur agent de durcissement : prise du liant et non cuisson.

5.6. Maçonnerie pour ouvrages de soutènement

Ce sont des ouvrages destinés à soutenir un remblai. Ils peuvent être construits en maçonneries de moellons taillés, en pierre taillées ; en béton ou béton armé. Ils ont des formes géométriques très particulières. Le mode d'évaluation est de décomposer ces formes en formes géométriques simples, ils sont en générale évalués en m³.

5.7. Enduits

Ils concernent le garnissage de la maçonnerie des joints et le repiquage du béton (Figures 5.2, 5.3 et 5.4). On distingue :

- Enduit au mortier de ciment sur murs et sous plafonds,
- Enduit au plâtre sur murs et sous plafonds, ➤
Enduit au gravillon.

Chapitre 5 : Avant métré en maçonnerie



Figure 5.2 : Enduit au plâtre sous plafonds



Figure 5.3 : Enduit au plâtre sur murs



Figure 5.4 : Enduit au ciment sur murs

Un avant-métré pour les enduits consiste à évaluer les quantités nécessaires de matériaux pour réaliser un revêtement de surface à l'aide d'enduits. Voici les étapes générales pour effectuer un avant-métré pour les enduits :

Étudier les plans : Examinez les plans de construction ou les dessins fournis pour déterminer les surfaces qui nécessitent un enduit. Identifiez les différents types d'enduits requis (enduit de finition, enduit d'imperméabilisation, etc.) et notez les dimensions des surfaces concernées.

Calculer les surfaces : Pour chaque surface, calculez la surface totale en multipliant la longueur par la hauteur (ou l'épaisseur) pour obtenir la surface en mètres carrés. Si les surfaces

Chapitre 5 : Avant métré en maçonnerie

sont de formes irrégulières, divisez-les en formes géométriques plus simples (rectangles, triangles, cercles, etc.) et calculez la surface de chaque forme séparément.

Choisir les matériaux : Consultez les spécifications du projet ou les recommandations du fabricant pour déterminer l'épaisseur d'enduit requise et les rendements de chaque type d'enduit. Les rendements sont généralement fournis en mètres carrés par kilogramme ou en mètres carrés par litre. Utilisez ces informations pour calculer les quantités de matériaux nécessaires.

5.8. Mode d'établissement de l'avant-métré

5.8.1. Maçonnerie de moellons

Les maçonneries de moellons pour murs en élévation, piles ou voûtes sont évaluées au mètre cube (m^3) tout vides déduits. Le prix au m^3 pour chaque sorte de maçonnerie comprend toute sujétion pour angles, courbures, parement, raccords aux autres maçonneries, etc.

5.8.2. Maçonnerie de briques ou agglomérés

Les murettes ou les murs en maçonnerie de briques ou agglomérés sont évalués à la surface, donc l'unité d'ouvrage est le mètre carré (m^2), déduction faite de tout vide.

Remarque: Les prix de la maçonnerie comprennent: le cout de la main d'œuvre, des matériaux (mortier, pierres), les transports, les échafaudages, l'arrosage

5.8.3. Enduit

Les prix d'enduits sont évalués à la surface, donc l'unité d'ouvrage est le mètre carré (m^2).

❖ Exercice d'application 5.1 :

Soit à évaluer la surface d'un mur de façade en brique représenté ci-dessous:

Chapitre 5 : Avant métré en maçonnerie

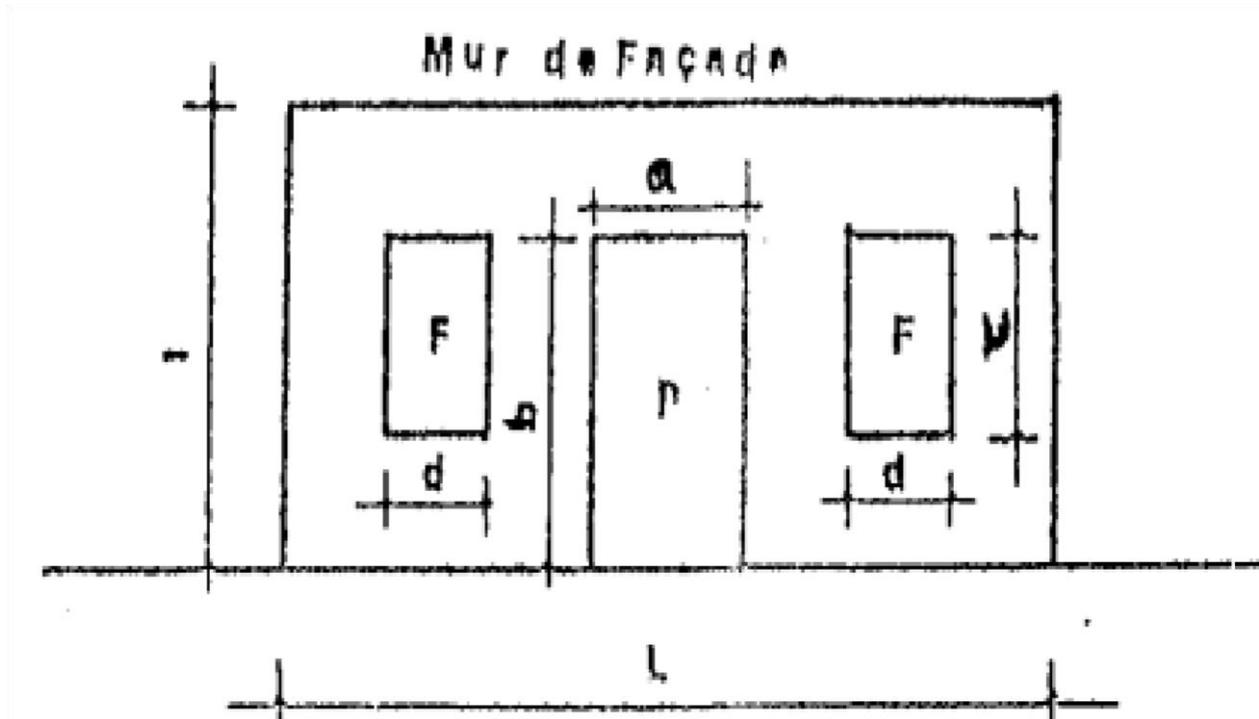


Figure 5.5 : Mur de façade en brique (Exercice 5.1)

Solution :

Tableau 5.1 : Calcul de l'avant métré d'un mur de façade en brique (Exercice 5.1)

N°	Désignation des travaux	U	Longueur	Largeur	Epaisseur/ Profondeur	N de parties semblables	Quantité
1	Surface totale	m ²	L	l		1	Lxl
	A déduire						
2	Porte	m ³	a	b		1	axb
3	Fenêtres	m ³	d	c		2	2xdxc
4	Surface du mur de façade	m ³					Lxl – (axb + 2cxd)

Chapitre 5 : Avant métré en maçonnerie

❖ Exercice d'application 5.2 :

Etablir l'avant métré du mur de simple cloison présenté ci-dessous, (Les dimensions sont en cm) :

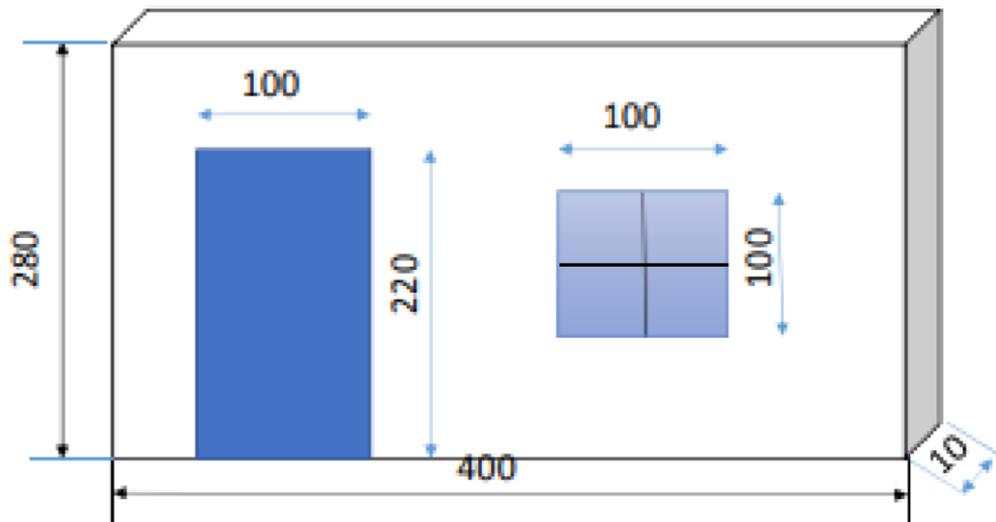


Figure 5.6 : Mur de cloison simple (Exercice 5.2)

Solution :

Tableau 5.2 : Calcul de l'avant métré d'un mur de simple cloison (Exercice 5.2)

N°	Désignation des travaux	U	Longueur	Largeur	Epaisseur/ Profondeur	N de parties semblables	Quantité
1	Surface totale	m ²	4	2.8		1	11.2.
	A déduire						
2	Porte	m ³	1	2.2		1	2.2.
3	Fenêtres	m ³	1	1		1	1.00
4	Surface du mur de façade	m ³					8.00

Chapitre 5 : Avant métré en maçonnerie

5.9. Conclusion

On donne le nom de maçonnerie à toute construction dont la mise en œuvre consiste à juxtaposer des éléments solides, massifs ou évidés, naturels ou artificiels (moellons, briques). Dans l'ensemble, réaliser un métré en maçonnerie avant le début des travaux offre de nombreux avantages, notamment une estimation précise des coûts, une utilisation efficace des matériaux, une planification optimale des ressources humaines et une meilleure gestion des fournisseurs. Cela contribue à assurer le bon déroulement du projet de construction et à minimiser les risques de dépassements de budget et de retards.

Chapitre 6 : Avant métré du béton armé

6.1. Objectifs

- 1- Avant métré du béton;
- 2- Avant métré du coffrage;
- 3- Avant métré des armatures

6.2. Introduction

L'avant-métré d'un projet en béton s'effectue généralement en trois étapes :

- 1) Le béton armé ou non sera mesuré au m^3 à partir des dimensions des plans de béton.
- 2) Les armatures s'il a lieu étant comptées à part et au poids (kg, ou tonne).
- 3) Enfin le coffrage étant comptés à part et au m^2 .

Toutefois dans certains cas on peut ramener l'ensemble à un seul prix au m^3 du béton, ce prix comprend la valeur de la quantité de béton, d'armature et de coffrage, mais on doit connaître tout de même pour établir ce prix, les proportions d'armatures en kg/m^3 de béton ainsi que à proportion du coffrage.

Il est plus exact de déterminer chaque élément à part c'est-à-dire béton, armature, coffrage.

6.3. Avant métré du béton

Le béton est un matériau très résistant à la compression et dans l'emploi est facile (on le coule dans des coffrages a la forme voulu ou il durci rapidement). Le béton est un mélange du ciment, du sable, du gravier.

Le béton peut être armé par l'insertion dans le mélange des armatures en acier (béton armé).

Le béton arme est exécuté soit en fondation (infrastructure), soit en élévation (superstructure). Les éléments construits en utilisant du béton armé incluent les semelles, les pieux, les poteaux, les poutres, les voiles, les murs de soutènement, les ponts, les dalles, etc.

L'exécution du béton armé doit passer par trois phases :

- 1- Le coffrage.
- 2- La fourniture, le façonnage et la mise des armatures dans le coffrage.
- 3- La confection et le coulage du béton.

Chapitre 6 : Avant métré du béton armé

6.3.1. Mesurage

Le béton est évalué au mètre cube (m^3) réellement mis en œuvre, les pièces sont généralement prismatiques et par suite facile à métrer.

Nous signalons seulement pour les calculs :

- Déduction faite de tous les vides.
- Le volume occupé par les armatures n'est jamais déduit du volume du béton.
- Il existe au raccordement de deux pièces des chanfreins qui ne doivent pas être négligés.

6.3.2. Paiement

Plusieurs prix pourront être établis pour le béton suivant le dosage, la nature et les difficultés d'exécution des travaux, le mode de serrage appliqué (vibration), la hauteur de la mise en œuvre, etc.

Pour chaque article du bordereau le prix s'étant pour des travaux complétement terminés y compris toutes fournitures, mise en place, frais de calcul, d'enlèvement des matériaux inemployés, etc.

En résumé, les prix sont basés sur le volume en mètre cube et comprennent: la main d'œuvre, les matériaux, les armatures, le coffrage, le transport, les échafaudages, le bétonnage, la vibration, les déchets, l'arrosage. Les prix pourront être établis pour le béton suivant le dosage du ciment.

Remarque:

- Dalle flottante réalisé en béton avec treillis soudé évalué au m^2 ou m^3 .
- Plancher dalle réalisé en béton armé évalué au m^3 .
- Planchers à corps creux avec poutrelles et hourdis sont évalués au m^2 .

Le tableau suivant présente un modèle de calcul de l'avant métré des articles en béton armé

Chapitre 6 : Avant métré du béton armé



Figure 6.1 : Coffrage en bois



Figure 6.2 : Coffrage métallique

6.4.1. Choix d'un type de coffrage

Les éléments à prendre en compte pour le choix d'un type de coffrage ont :

Chapitre 6 : Avant métré du béton armé

- 1) L'économie : compromis pérennité/amortissement (Représente 40 à 60 % du prix du Béton armé) ;
- 2) L'adaptation aux formes prévues et la modularité ;
- 3) La facilité de mise en œuvre et de réglage ;
- 4) La disponibilité dans l'entreprise ou sur le marché de la location ;
- 5) Le poids du coffrage, nécessitant ou non des moyens de levage ;
- 6) La sécurité des salariés lors des phases de coffrage, de ferrailage et de bétonnage
- 7) Le parement à obtenir (béton brut, soigné, enduit, l'assuré, architectonique...) ;
- 8) Les spécifications éventuelles du contrat ; 9) Les possibilités de réutilisation (pérennité) ; 10) Le taux de rotation.

6.4.2. Points à considérer lors du coffrage

Plusieurs points sont à contrôler lors du coffrage de béton afin d'assurer la qualité requise. Il faut que le béton soit mis en place dans des coffrages solides ayant les bonnes dimensions et les armatures installées correctement. L'équipement employé pour la mise en place du béton sert à empêcher que le béton se disperse lors de son séchage.

C'est pour cette raison que l'on doit tout d'abord préparer un plan de coffrage, soit un document de référence préparé par des ingénieurs civils afin de déterminer le type d'ossature de l'ouvrage. Les ingénieurs doivent tenir compte de plusieurs points techniques lors d'un calcul de coffrage :

- **Pour les éléments plans :**

- ✓ Poids propre des éléments constitutifs des coffrages ; ✓
- Poids propre du béton.

- **Pour les éléments verticaux :**

- ✓ Pression du béton (attention : pression non hydrostatique, sauf dans le cas particulier du coffrage des colonnes) ;
- ✓ Vent.

6.4.3. Mesurage

Les coffrages seront évalués au m² de parement de béton et affectées d'une plus ou moins-value selon leur difficulté d'exécution.

Chapitre 6 : Avant métré du béton armé

6.4.4. Paiement

Le prix de coffrages appliqué aux quantités résultent de la convention de mesurage comprend :

- Toutes les fournitures et main d'œuvre nécessaire pour le montage des étais, des moules et appareils divers ;
- Le décoffrage ;
- L'enlèvement des matériaux restés sans emplois.

6.4.5. Vérification d'avant-métré de coffrage par le moyen des ratios

A vérification d'avant-métré de coffrage par le moyen des ratios est une méthode utilisée dans le domaine de la construction pour estimer les quantités de matériaux nécessaires à la réalisation d'un coffrage. Ce ratio est défini comme la quantité de coffrage divisée par la quantité de béton.

Exemple de calcul: Calculer le ratio du poteau présenté ci-contre :

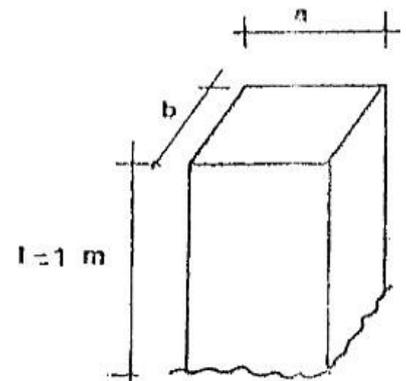
$$\text{Ratio} = \frac{\text{Quantité de coffrage}}{\text{Quantité de béton}}$$

$$R = \frac{2(a+b)*1}{a*b*1}$$

Donc: Pour P (20*20), $R = 20 \text{ m}^2/\text{m}^3$

Pour P (20*30), $R = 16.66 \text{ m}^2/\text{m}^3$

Pour P (30*30), $R = 13.33 \text{ m}^2/\text{m}^3$



6.5. Avant métré des armatures

Les armatures sont constituées par des barres rondes de diamètre variables de 5 à 50mm.

Les armatures comprennent :

- Les armatures dites principales de diamètre important, leurs extrémités comportent des crochets ou des ancrages à double courbes.
- Les armatures dites secondaires de diamètre faible formant des sections transversales, entourant l'armature principale.

Chapitre 6 : Avant métré du béton armé

Le poids des armatures pris en compte sera calculé en appliquant les poids linéaires fixés par les normes aux longueurs des barres indiquées aux dessins d'exécutions, sans aucune majoration pour chute, ligatures, cales, etc. Les armatures sont évaluées au poids (kg, ou tonne), ceux-ci sont obtenus par le produit de la longueur par le poids au mètre linéaire.

Le tableau suivant donne les masses linéaires des armatures en fonction du diamètre :

Tableau 6.2 : Masses linéaires des armatures en fonction de leur diamètre

Diamètre	6	8	10	12	14	16	20	25	32	40
Masse Kg/ml	0.222	0.395	0.617	0.888	1.208	1.578	2.466	3.358	6.313	9.8

6.5.1. Développement des barres

L'erreur la plus fréquente dans l'avant-métré consiste en une détermination inexacte de la longueur développée des armatures et leur conformation sur chantier la longueur développée L_d c'est-à-dire la longueur droite que doit avoir la barre avant son façonnage sur chantier.

Considérons la figure ci-contre d'une barre munie d'un crochet à chacune de ses extrémités, on connaît généralement la longueur d'encombrement mesurée entre nus extérieurs des crochets, en effet si la barre est prolongée jusqu'aux appuis cette longueur est égale à la longueur de la partie diminuée de l'enrobage à chaque extrémités.

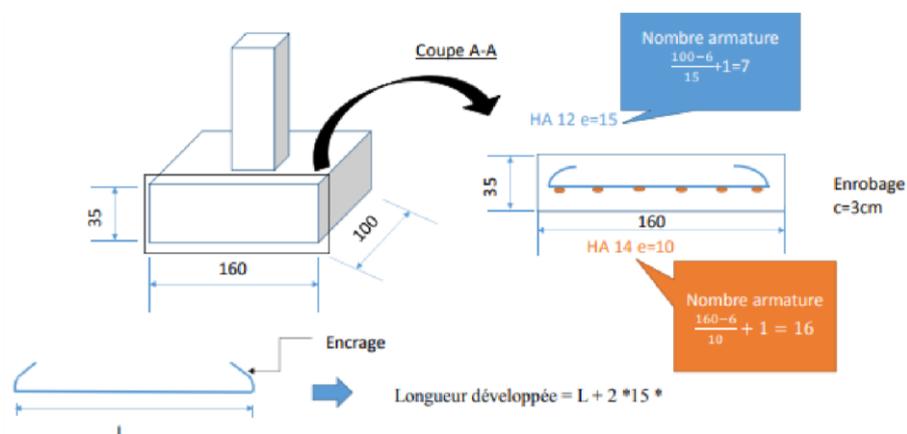


Figure 6.3 : Développement des barres

Chapitre 6 : Avant métré du béton armé

Le tableau ci-dessous présente une feuille de calcul utilisée pour établir l'avant métré du ferrailage.

Tableau : 6.3 : Feuille de calcul utilisée pour établir l'avant métré du ferrailage

N°	Désignations + Croquis	Diamètre (mm)	Longueur développée (m)	N° de barres (cadres,..)	N° d'éléments	Longueur totale (m)	Poids unitaire (kg/ml)	Poids totale (kg)
1								
2								
3								
4								
5								
6								

❖ Exercice d'application 6.1 :

Soit une structure en béton armé comme illustré par les plans d'exécution de coffrage et ferrailage (Figures 6.4 et 6.5). On demande de calculer :

1- L'avant métré des articles suivants :

- Béton de propreté ;
- Semelles ;
- Amorces poteaux ;
- Longrines ;
- Poteaux ;
- Poutres ;
- Plancher à corps creux ;
- Balcons (dalles).

2. La longueur totale approximative des armatures des semelles.

3. Le poids total de ces armatures si le poids unitaire est : T12 : 0.888 kg/ml.

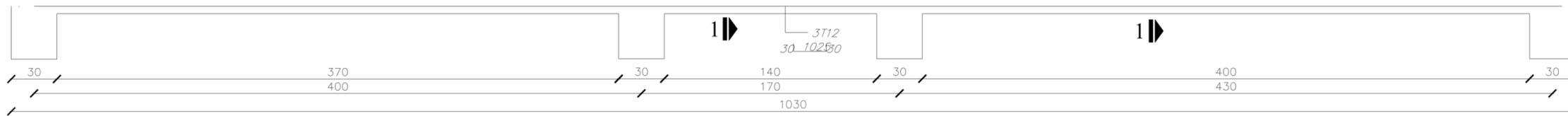
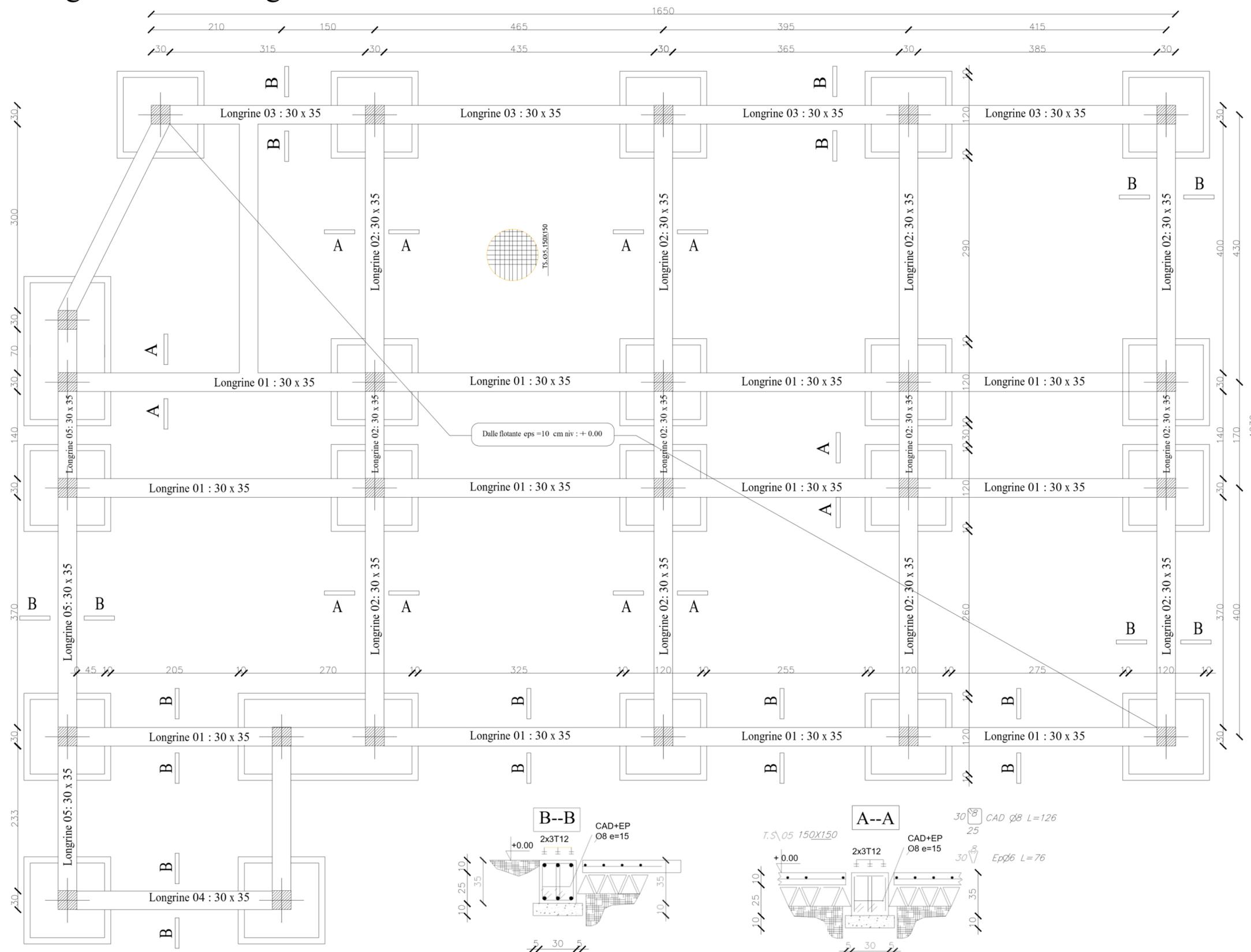
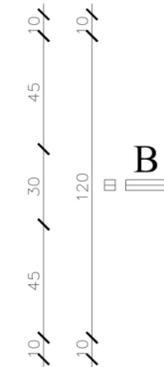
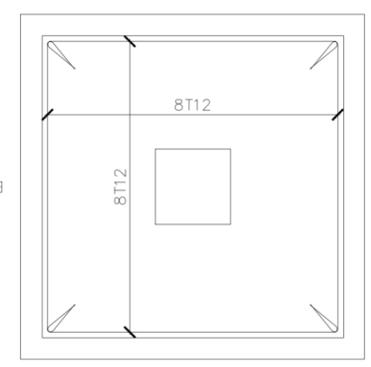


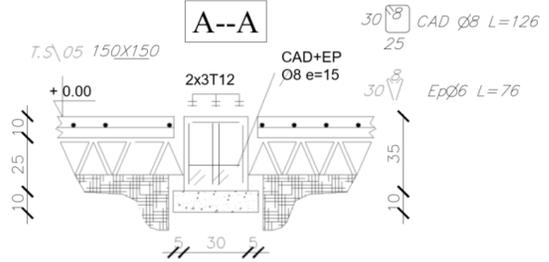
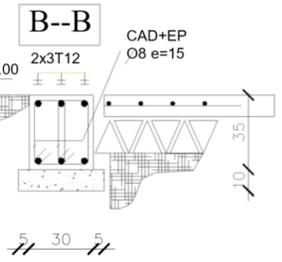
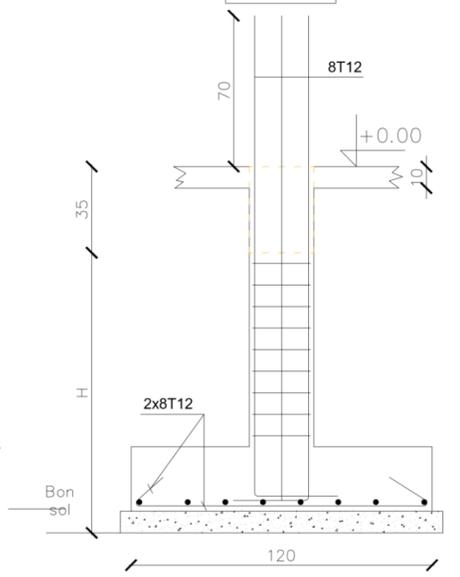
Figure 6.4: Coffrage fondation



S1=140x140 Ht=30



B--B



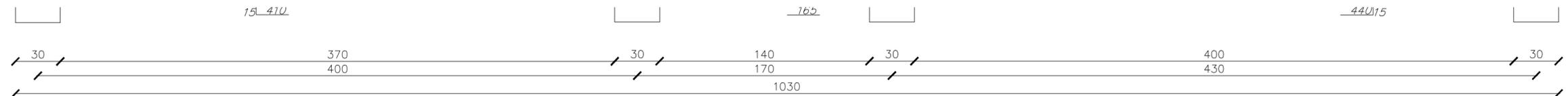
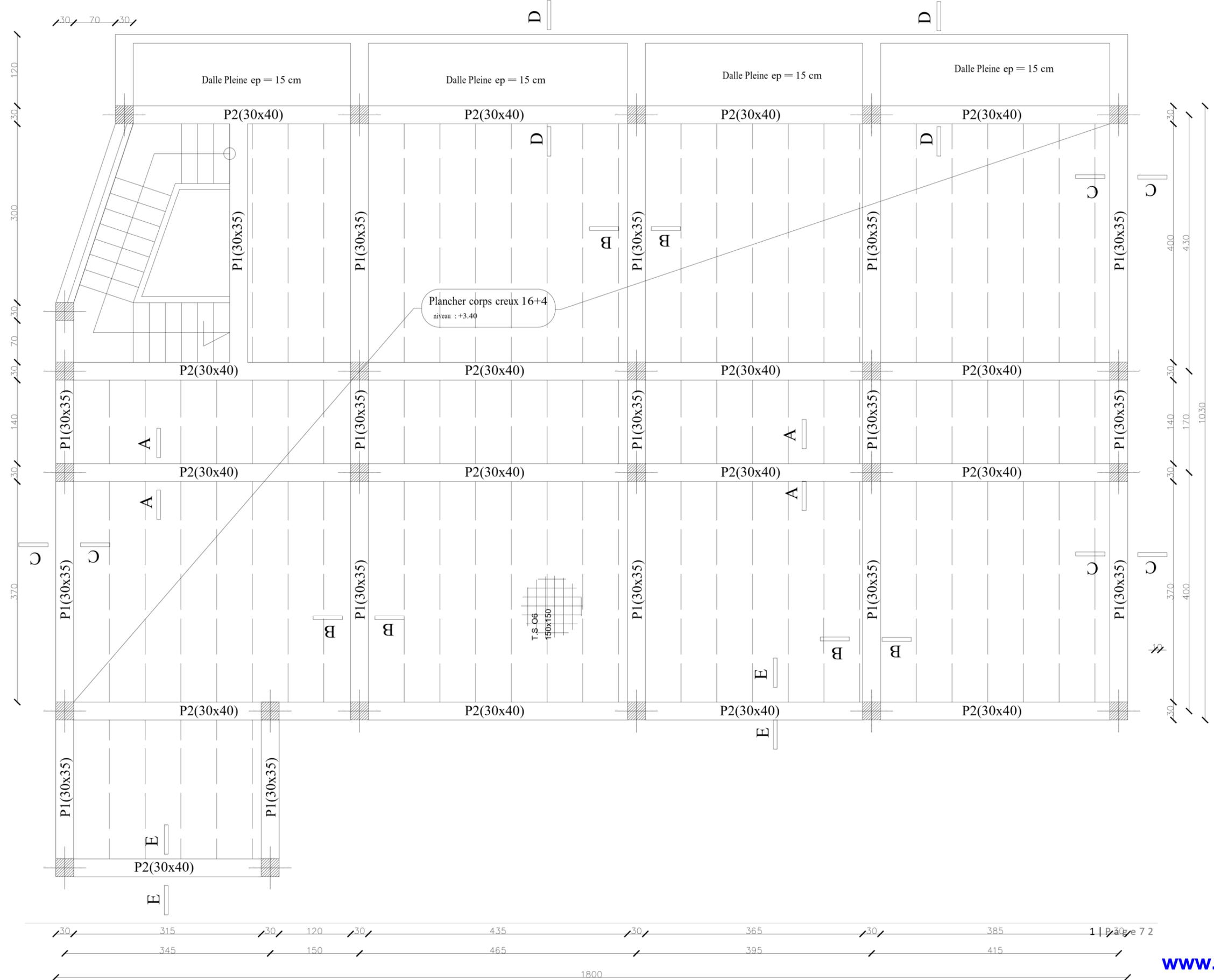


Figure 6.5 : Coffrage plancher niv. +3.40



Chapitre 6 : Avant métré du béton armé

Solution :

La solution de cet exercice a été résumé dans les tableaux 6.4 et 6.5.

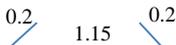
Tableau 6.4 : Calcul de l'avant métré de divers articles (pour les plans de coffrage)

N°	Désignation des Travaux	Unité	Longueur	Largeur	Epaisseur ou hauteur	Nbre de parties semblables	Quantité
1	Béton de propreté	m ³	1,4	1,4	0,1	20	3,92
			2,4	1,4	0,1	1	0,336
			2,9	1,4	0,1	1	0,406
	Totale						4,662
2	Semelles	m ³	1,2	1,2	0,3	20	8,64
			2,2	1,2	0,3	1	0,792
			2,7	1,2	0,3	1	0,972
							10,404
3	Amorces poteaux	m ³	0,3	0,3	1,05	24	2,268
4	Longrines (x)	m ³	67,35	0,3	0,35		7,072
	Longrines (y)	m ³	50,86	0,3	0,35		5,3403
	Longrine inclinée	m ³	3,35	0,3	0,35		0,339
							12,764
5	Poteaux	m ³	0,3	0,3	3,4	24	7,344
6	Poutres (x)	m ³	67,35	0,3	0,4		8,082
	Poutres (y)	m ³	56,86	0,3	0,35		5,970
	Poutre inclinée	m ³	3,23	0,3	0,35		0,339
							14,404
7	Plancher à corps creux	m ²	4	13,58			54,32

Chapitre 6 : Avant métré du béton armé

			1,4	16,5			23,1
			3,7	16,5			61,05
			2,33	3,15			7,339
							145,809
8	Balcons (dalles)	m ³	15	1,2	0,15		2,7

Tableau : 6.5 : Feuille de calcul utilisée pour établir l'avant métré du ferrailage (exercice 1)

N°	Désignations + croquis	Diamètre (mm)	Longueur développée (m)	N° de barres (cadres,..)	N° d'éléments	Longueur totale (m)	Poids unitaire (kg/ml)	Poids totale (kg)
1	Semelles 	T 12	1,55	16	24	595,2	0,888	528,5376
2								
3								

❖ Exercice d'application 6.2 :

Une dalle en béton armé d'épaisseur 15cm, ferrillée avec des armatures T14 et T12 dans les deux sens longitudinale et transversale, respectivement, comme indiqué dans la Figure 6.6. On demande d'établir l'avant métré des armatures de cette dalle:

On donne : poids unitaires de **T12** est : **0.888 kg/ml**, et de **T14** est **1.208 kg/ml**.

Chapitre 6 : Avant métré du béton armé

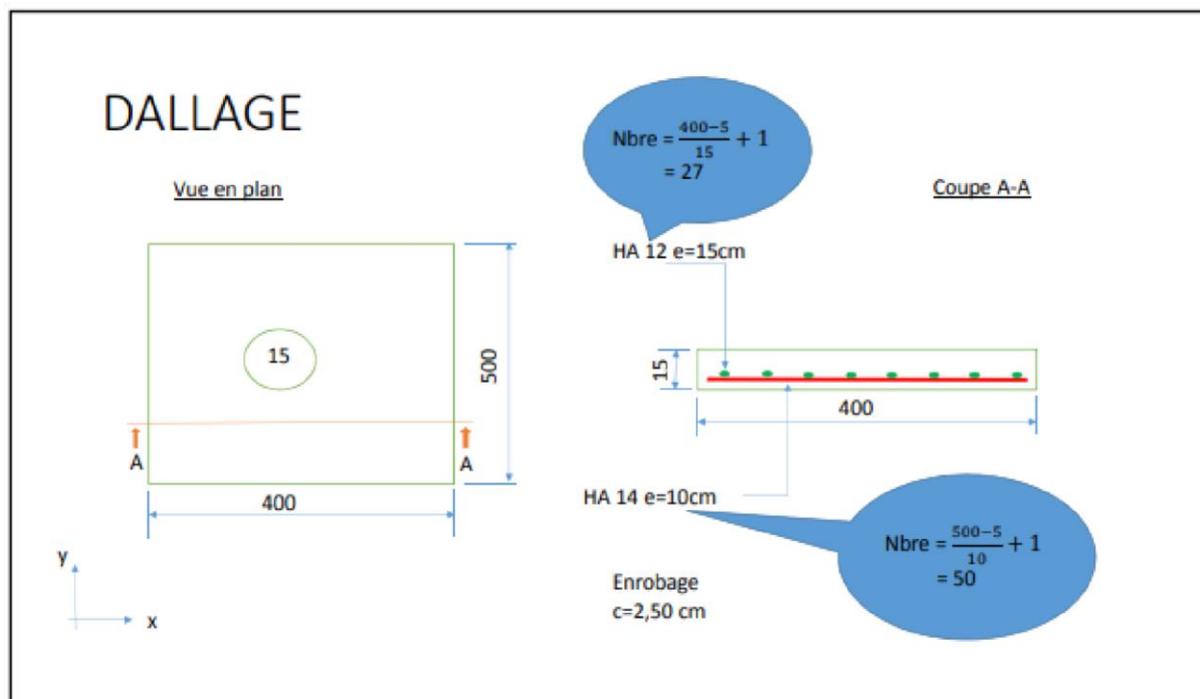


Figure 6.6 : Plan de ferrailage de la dalle

Solution : la solution de cet exercice se trouve dans le Tableau 6.6.

Tableau 6.6 : Feuille de calcul utilisée pour établir l'avant métré du ferrailage (Exercice 6.2)

N°	Désignations + croquis	Diamètre (mm)	Longueur développée (m)	N° de barres (cadres,..)	N° d'éléments	Longueur totale (m)	Poids unitaire (kg/ml)	Poids totale (kg)
1	Armature dallage							
2	Armature (x) <u>3.95</u>	T 14	3.95	50	1	197.5	1.208	238.58
3	Armature (x) <u>4.95</u>	T 12	4.95	27	1	133.65	0,888	118.68

Chapitre 6 : Avant métré du béton armé

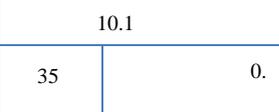
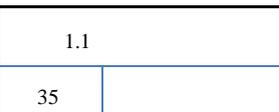
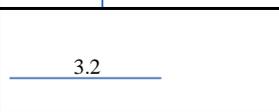
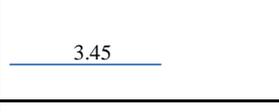
❖ Exercice d'application 6.3 :

La Figure 6.7 illustre un plan de ferrailage d'une poutre, on demande de calculer la longueur totale des armatures de cette poutre, ainsi le poids total de ces armatures.

On donne : poids unitaire de **T12** est : **0.888 kg/ml**.

Solution : Le Tableau 6.7 présente la solution à cet exercice.

Tableau 6.7 : Feuille de calcul utilisée pour établir l'avant métré du ferrailage (Exercice 6.3)

N°	Désignations + croquis	Diamètre (mm)	Longueur développée (m)	N° de barres (cadres,..)	N° d'éléments	Longueur totale (m)	Poids unitaire (kg/ml)	Poids totale (kg)
1	Armature Poutre							
0.		35 T 12	10.8	6	1	64.8	0.888	57.54
		35 T 12	2.45	3	1	7.35	0.888	6.53
		T 12	1.95	3	1	5.85	0.888	5.19
0.		T 12	1.45	3	1	4.35	0.888	3.86
		T 12	3.2	3	1	9.6	0.888	8.52
		T 12	3.45	3	1	10.35	0.888	9.19
	Armature poutre	T 12				102.3	0.888	90.84

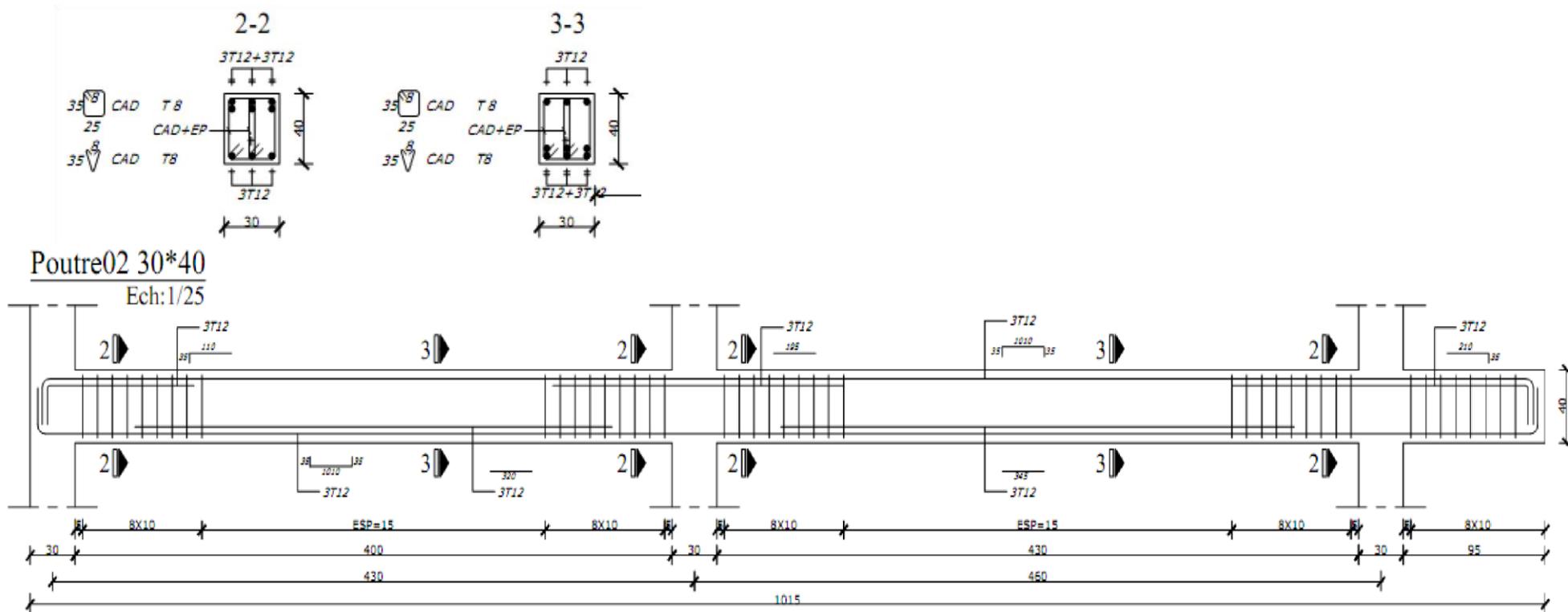


Figure 6.7 : Ferrailage d'une poutre

6.6. Conclusion

L'avant métré du béton armé, comprenant le béton, le coffrage et les armatures, est une étape essentielle dans la planification et la réalisation de tout projet de construction impliquant l'utilisation de structures en béton armé. Cette étape consiste à estimer les quantités nécessaires de béton, de coffrage et d'armatures pour la construction, afin d'évaluer les coûts, d'organiser les ressources et de garantir la conformité aux normes de construction.

7.1. Objectifs

- 1- Définition et but;
- 2- Sous-détail des prix;
- 3- Méthodes de calcul;
- 4- Schéma et présentation du sous-détail des prix.

7.2. Définition et but de l'étude des prix

L'étude des prix est une analyse approfondie des coûts et des prix associés à un produit, un service ou un projet. Son but principal est de déterminer les facteurs qui influencent les prix, d'identifier les coûts associés à la production ou à la prestation du produit ou du service, et de déterminer un prix de vente approprié.

Le principal but de l'étude des prix est d'optimiser la stratégie de tarification d'une entreprise afin de maximiser ses profits, tout en tenant compte des objectifs et contraintes spécifiques de l'entreprise. Voici quelques-uns des objectifs spécifiques poursuivis par une étude des prix :

- ❖ **Compréhension des coûts** : L'étude des prix permet de comprendre les coûts associés à la production, à la distribution et à la commercialisation d'un produit ou d'un service. Cela inclut les coûts directs tels que les matières premières et la main-d'œuvre, ainsi que les coûts indirects tels que les frais généraux et les dépenses marketing.
- ❖ **Analyse de la demande** : L'étude des prix aide à évaluer la sensibilité de la demande par rapport aux variations de prix. Cela permet de déterminer le niveau de prix optimal qui maximisera les revenus tout en maintenant une demande adéquate.
- ❖ **Positionnement concurrentiel** : L'étude des prix permet de comparer les prix pratiqués par les concurrents sur le marché. Cela aide à déterminer si les prix de l'entreprise sont compétitifs et si des ajustements sont nécessaires pour rester attractif pour les clients.
- ❖ **Rentabilité** : L'étude des prix permet d'évaluer la rentabilité de chaque produit ou service offert par l'entreprise. Cela peut aider à identifier les produits ou services qui génèrent les marges les plus élevées et à ajuster les prix en conséquence.
- ❖ **Stratégie de tarification** : L'étude des prix aide à définir une stratégie de tarification cohérente et adaptée aux objectifs commerciaux de l'entreprise. Cela peut inclure des stratégies telles que le positionnement en tant que leader des prix bas, le positionnement en tant que produit haut de gamme ou l'utilisation de différentes stratégies de tarification en fonction des segments de marché.

7.3. Sous-détail des prix

7.3.1. Définition

L'étude de prix et le sous détail de prix ont pour but de calculer les prix de vente unitaires hors taxes (P.V.H.T) des ouvrages élémentaires (O.E) afin d'en déduire à l'aide du devis quantitatif le montant total ou partiel des travaux hors taxes (H.T) et toutes taxes comprises (T.T.C).

Les documents fournis comprennent les éléments suivants :

- Recherche des quantités élémentaires de composants;
- Calcul des déboursés horaires de main d'œuvre;
- Calcul des coûts hors taxes des matériaux rendus chantiers;
- Calcul des coûts d'utilisation des matériels de production affectables;
- Calcul des sous-détails de prix en déboursés secs;
- Calcul des P.V.H.T et des coûts (recherche du coefficient de vente K); - Elaboration du devis quantitatif estimatif.

7.3.2. Contenu

Un coût est constitué par un ensemble de dépenses se rapportant toujours à un ouvrage élémentaire (O.E.) : c'est le déboursé sec (D.S).

Il s'agit de chiffrer tous les composants du D.S :

- Matériaux, fournitures,
- Main d'œuvre,
- Matériel, matières consommables.

Tous ces composants devront être calculés:

Dépense relative à un composant = Quantité élémentaire de composant X Déboursé unitaire correspondant.

Remarque: On utilise souvent improprement le terme Prix de Vente Unitaire Hors Taxes (P.V.U.H.T), ce qui voudrait dire que l'on vend 1ml de banché, ou encore 1m² de plancher.

Le terme Prix de Vente ne doit s'appliquer normalement qu'au seul ouvrage dans son ensemble; toutefois le client veut connaître lui les prix des différents ouvrages élémentaires constituant l'ouvrage dans son ensemble.

Après avoir calculé le déboursé sec de l'ouvrage élémentaire, on pourra calculer le **P.V.U. H.T** de chacun de ces ouvrages élémentaires en appliquant au **DS** un coefficient tenant compte des frais de chantier, frais généraux, frais complémentaires bénéfice, et aléas.

$$\mathbf{P.V.U.H.T = k \times D.S}$$

Où, Ce coefficient k est appelé **coefficient multiplicateur**, ou coefficient de vente ou encore coefficient d'entreprise.

Remarque: Penser toujours à préciser au départ l'unité à partir de laquelle on étudie le prix de l'O.E; toutes les quantités élémentaires de composant devront s'y rapporter.

7.4. Méthodes de calcul du sous-détail des prix

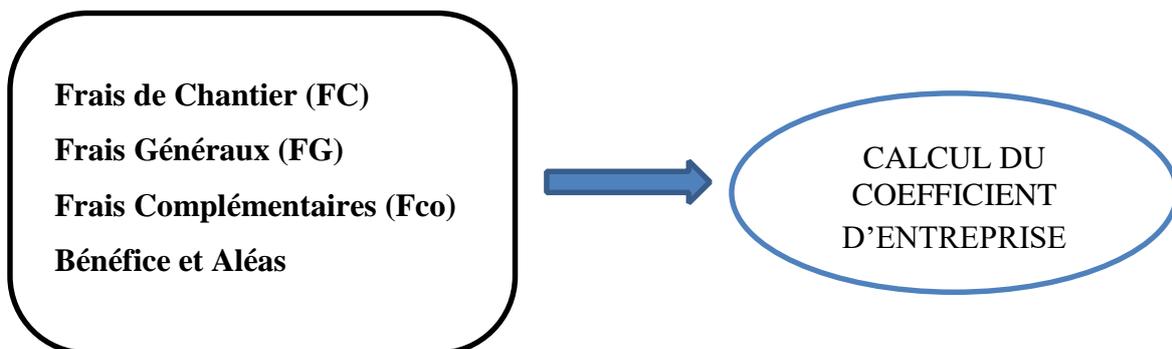
7.4.1. Quantités élémentaires (toujours par unité d'ouvrage élémentaire)

- **Quantités élémentaires** de matériaux nécessaires à la réalisation de l'OE ;
- **Temps unitaires de main d'œuvre:** TU, ce sont des temps d'exécution par unité d'OE Comprenant les manutentions nécessaires à la mise en œuvre ;
- **Besoins élémentaires en matériel ;**
- **Besoins élémentaires en matières consommables.**

7.4.2. Déboursés unitaires

- **Valeurs hors taxes rendues chantier des matériaux:** coût réel des matériaux prêts à être employés sur le chantier (transport, manutention, pertes, casses...);
- **Déboursés horaires de main d'œuvre:** coût par heure productive toutes dépenses charges et incidences prises en compte (Charges salariales, jours fériés, etc...);
- **Valeurs unitaires des matières consommables.**

7.4.3. Pourcentages majorateurs des charges et bénéfices



CHAPITRE 7 : ETUDE DE PRIX

7.4.4. Calcul du coefficient d'entreprise

C'est le coefficient qui permet de passer directement du prix en déboursé sec au prix de vente hors taxes.

Il varie d'une entreprise à l'autre, mais aussi pour une même entreprise d'un chantier à l'autre (Frais de chantier et bénéfice pouvant varier).

REMARQUE: Ce coefficient **K** est toujours supérieur à 1.000 à **exprimer avec 3 décimales**.

- ✓ Déboursés Secs noté : DS
- ✓ Frais de Chantier (toujours fonction des DS). noté : FC
- ✓ Coût de Réalisation noté : CR = DS + FC
- ✓ Frais Généraux (en fonction des DS, des DT. Noté : FG, ou du Chiffre d'Affaire Hors Taxes CA)
- ✓ Frais Complémentaires (en fonction du PV HT) noté : Fco ou Fcom
- ✓ Marge Bénéficiaire (en fonction du PV HT) noté : B (on peut inclure les Aléas).

7.4.5. Etapes du sous détail

1- Recherche des quantités

élémentaires

- ✓ Quantités élémentaires de fournitures ;
- ✓ Temps Unitaires de main d'œuvre.

2- Recherche des Déboursés Unitaires

- ✓ Valeurs rendues chantier des fournitures ;
- ✓ Déboursés horaires de main d'œuvre.

Calcul du Coefficient d'Entreprise : K

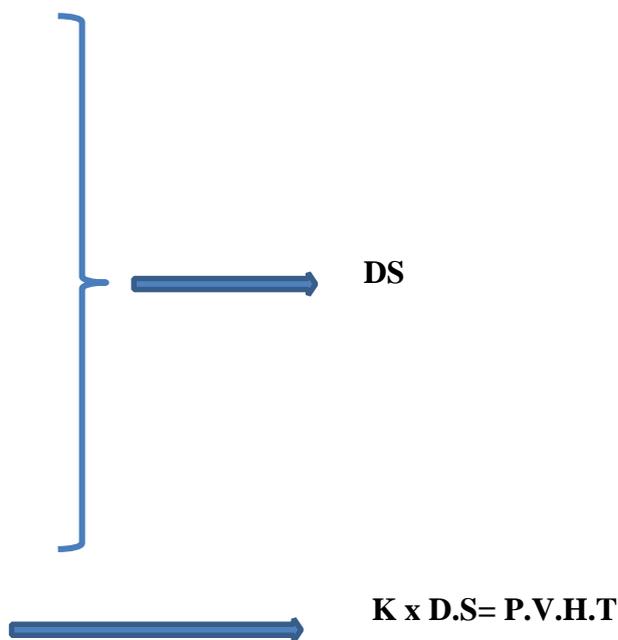


Tableau 7.1: Principe du DS

Composants du DS	Quantités élémentaires	Déboursés unitaires	Déboursé sec
MATERIAUX	Besoins élémentaires	Valeur HT des matériaux	Part Matériaux +
MAIN D'ŒUVRE	<u>Temps unitaires d'exécution</u>	Déboursé horaire	Part de la M.O. +
MATERIEL	Besoins élémentaires	<u>Coût d'utilisation</u>	Part du matériel
MATIERES CONSOMABLES	Besoins élémentaires	Valeur HT des matériaux	Part Matières conso

7.4.6. Composants complexes

Certains matériaux (béton, mortier, asphalte, enrobé), sont constitués de plusieurs composants (Sable, gravier, ciment, eau, bitume...).

On calculera d'abord le coût de l'unité d'ouvrage (m^3 , m^2 , t) élémentaire :

- le m^3 de béton de type A,
- Le m^3 de mortier de hourdage type A1 (pour les agglos)
- la T d'enrobé de type B,
- le m^3 de terrassement pleine masse type D,
- le ml de canalisation type ...

On traitera ensuite cette unité d'ouvrage comme un matériau de base. C'est le calcul dit « des composants complexes ».

Remarque : On retrouve cette méthode dans le chiffrage des grands chantiers. En effet, sur de grands projets on peut trouver le même matériau de base (béton par exemple) dans des ouvrages élémentaires différents :

- m^3 de béton pour voiles épaisseur 18 cm,
- m^2 de dalle BA épaisseur 15 cm,
- ml de semelle filante sous voiles,
- m^3 de béton pour poteaux 16*20.

7.5. Schéma et présentation du sous-détail des prix

Lors de la présentation du sous-détail des prix, il est courant d'utiliser un schéma ou un tableau pour illustrer la répartition des coûts. Le schéma peut montrer les différentes catégories de coûts (par exemple, main-d'œuvre, matériaux, matériels, etc.) et les sous catégories associées à chaque catégorie (Figure 7.1). Il peut également indiquer les pourcentages ou les montants monétaires correspondants à chaque élément de coût.

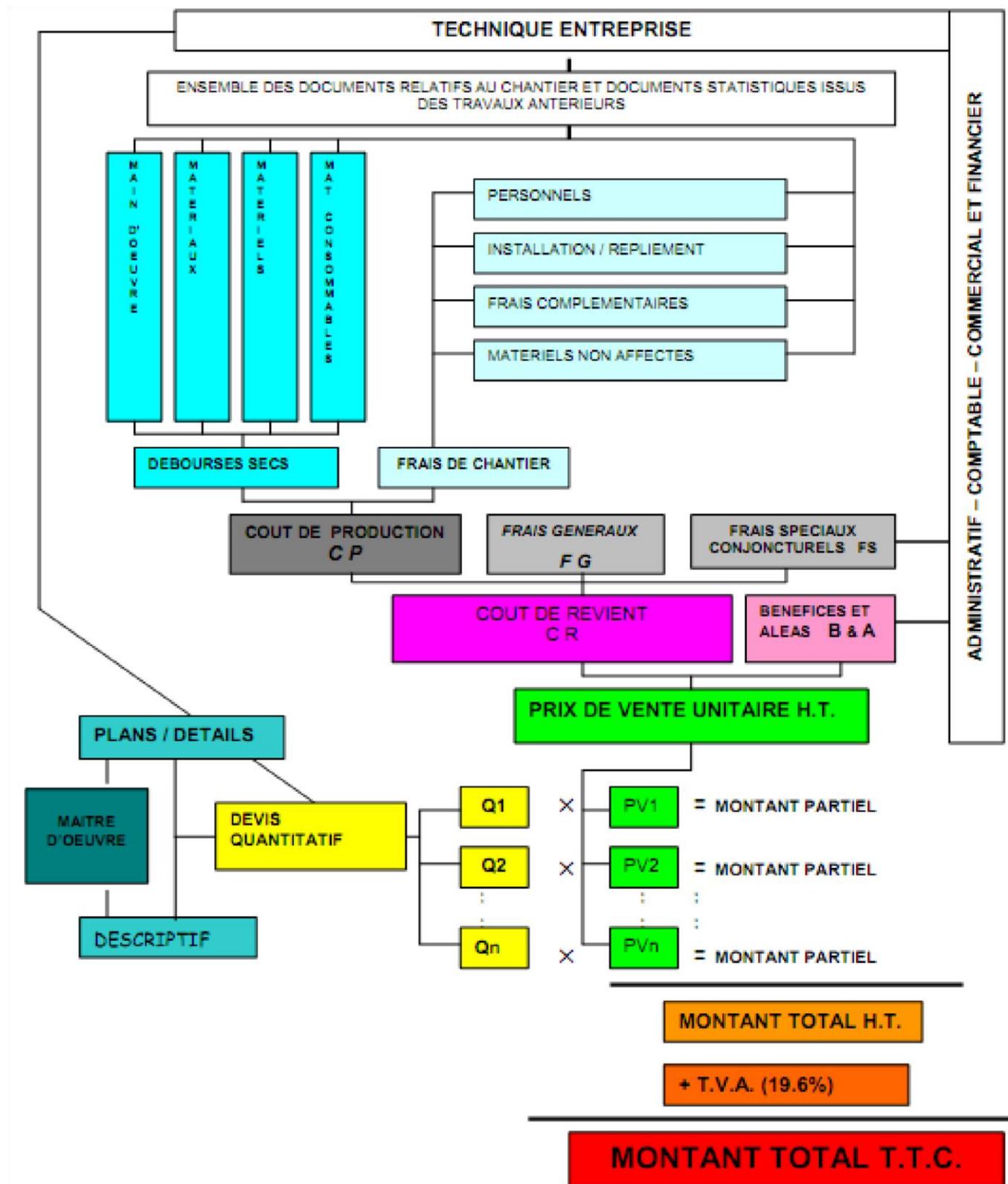


Figure 7.1 : Exemple d'un schéma du sous-détail des prix

❖ **Exercice d'application 7.1**

Sur un chantier de bâtiment, on souhaite établir les sous détails de prix de plusieurs ouvrages élémentaires, le m² voile BA de 18 cm et le m² dallage BA de 15cm.

On donne :

- Béton (dosage/m³) :
 - Ciment = 350 kg/m³ à 90000 F/T
 - Sable = 450 l/m³ à 25000 F/T (M.V.=1.5T/m³) -
 - Gravier = 750 l/m³ à 35000 F/T (M.V =1.45T/m³)
- T.U.
 - Temps de fabrication : 0.20 h/m³
 - Temps de mise en œuvre : 0.60 h/m² pour le dallage
 - Temps de mise en œuvre : 1.50 h/m³ pour les voiles
- D.H.M.O. = 3300 F/h
- Matériel (centrale à béton) = 60000 F/m³

Tableau 7.2: Déboursé sec du m³ de béton dallage: DS d'1 m² de dallage béton de 0,15m

Désignation	Quantité	Unité	Déboursé unitaire	Déboursé matériaux	Déboursé matériel	Déboursé main d'œuvre
Matériaux						
Ciment	0,350	T	9000	3150		
Sable (2500 F x 1,5=3750 F/m ³)	0,450	m ³	3750	1687.5		
Gravier (3500 F x 1,45=5075 F/m ³)	0,750	m ³	5075	3806.25		
	1	u	600		600	
Matériel						
Main d'œuvre						
	0,20	h h	3300			660
	0,60		3300			1980
Fabrication						
Mise en œuvre						
Totaux partiels (h.t.)				8643.75	600	2640
Montant total en Déboursé sec: 1 m³ de béton de dallage				11883 F/m³		
Montant total en Déboursé sec : 1 m² dallage de 15cm				1782.45 F/m²		

Tableau 7.3: Déboursé sec du m³ de béton voile: DS d'1 m² de voile béton de 0,18m

Désignation	Quantité	Unité	Déboursé unitaire	Déboursé matériaux	Déboursé matériel	Déboursé main d'œuvre
Matériaux						
Ciment	0,350	T	9000	3150		
Sable (2500 F x 1,5=3750 F/m ³)	0,45	m ³	3750	1687.5		
Gravier (3500 F x 1,45=5075 F/m ³)	0,750	m ³	5075	3806.25		
		u	600		600	
Matériel	1					
Main d'œuvre						
Fabrication	0,20	h	3300			660
Mise en œuvre	1.5	h	3300			4950
Totaux partiels (h.t.)				8643.75	600	5610
Montant total en Déboursé sec: 1 m³ de béton de dallage				14853.75 F/m³		
Montant total en Déboursé sec : 1 m² voile de 18cm				2673.675F/m F/m²		

7.6. Conclusion

Le sous-détail des prix est un élément essentiel dans la gestion des coûts et des finances d'une entreprise. Il se réfère à la ventilation détaillée des coûts associés à un produit ou à un service, permettant ainsi de comprendre la structure des coûts et d'identifier les différentes composantes qui contribuent au prix final. La présentation du sous-détail des prix doit être claire, organisée et facilement compréhensible. Elle permet aux parties prenantes de visualiser la structure des coûts et de prendre des décisions éclairées concernant la fixation des prix, l'allocation des ressources ou l'évaluation de la rentabilité d'un projet ou d'un produit.

Références Bibliographiques

Clavat, G. (2001) “Initiation au dessin de bâtiment”. 3^{ème} Edition, 136 p.

Gousset, J –P. (2002), “Série technique des dessins du bâtiment, dessin technique et lecture de plan. Principes et exercices”. 2^{ème} Edition.

Gousset, J-P. (2014), “Série technique des dessins du bâtiment, plans topographiques, plans d’architecte et permis de construire. Principes et exercices”. 2^{ème} Edition.

Gousset, J-P., Capdebelle, J-C., Pralat, R. (2011). “Le Métré, CAO-DAO avec Autocad- Etude de prix. Editions Eyrolles, 292 p.

Hamburguer, L. (2013) “Maitre d’œuvre bâtiment”. Guide pratique, technique et juridique. 2^{ème} Edition, 400 p.

Jouichat, A. (1987) : “Métré de routes et de bâtiment”. Royaume du Maroc ministère de l’intérieure direction de la formation des cadres.

Karsenty, G. (1997). “La fabrication du bâtiment. Tome 1 : le gros œuvre”. 552 p.

Karsenty, G. (2001). “La fabrication du bâtiment. Tome 2 : le second œuvre”. 594 p.

Michel, M. (1990). “Métré de Bâtiment. ” 7^{ème} Edition, Eyrolles.

Roy, J-P., Blin-Lacroix, J-L. (2011) “Le dictionnaire professionnel du BTP”. 3^{ème} Edition, 828 p.

Widloecher, Y., Cusant, D. (2014) “Manuel d’analyse d’un dossier de batiment.” 2^{ème} Edition .Eyrolles,238 p.

Zatir, A. (2018) “Polycopie de cours métré et estimation des prix”. Office des publications universitaires. Edition : 2.03.5949.