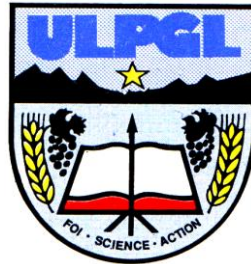


**UNIVERSITE LIBRE DES PAYS DES GRANDS LACS  
FACULTE DE SCIENCES ET TECHNOLOGIES**

**DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL**



BP. 368 GOMA

[www.ulpgl.net](http://www.ulpgl.net)

**ÉTUDES COMPARATIVES D'IMPLANTATION AU  
TACHÉOMÈTRE ET AU NIVEAU À LUNETTE**

**Application : Voirie principale du Campus Salomon-  
ULPGL/GOMA**

Par **KAKULE KISWAHILI Chrispin**

Travail présenté et défendu en vue de l'obtention du Diplôme  
de Bachelor en Sciences de l'Ingénieur

**Option** : Génie Civil

**Directeur** : MSc. Ing. MUHINDO WA MUHINDO Abdias

**Encadreur** : Ass. Ir Patrick KAMBALE SYAITSUTSWA

**ANNEE ACADEMIQUE 2023 – 2024**

## Epigraphe

*« Grâce à la topographie d'une ville, c'est toute votre vie qui vous revient à la mémoire par couches successives. »*

**Patrick MODIANO**

## Dédicace

Je dédie ce travail :

À ma famille, pour leur soutien inconditionnel et leur amour qui m'ont inspiré à persévérer et à repousser mes limites. Leur présence bienveillante a été ma source de motivation tout au long de ce parcours académique.

*KAKULE KISWAHILI Chrispin*

## Remerciements

Avant tout, nous bénissons l'Éternel Dieu Tout-Puissant pour ce don de vie qu'il ne cesse de nous accorder et pour ce précieux potentiel intellectuel dont il nous a dotés pour être capable de réaliser ce travail. Aussi, pour ce bon cadre social de vie dans lequel Il nous a mis, ce qui a aussi contribué à la réalisation de ce travail.

Nos remerciements s'adressent également au corps enseignant et aux autorités de l'Université Libre des Pays des Grands Lacs en général pour la formation et la découverte à notre égard. Particulièrement à notre directeur, monsieur MSc. Ing. MUHINDO WA MUHINDO Abdias, et à notre encadreur monsieur l'Assistant Ir Patrick KAMBALE SYAITSUTSWA, qui nous ont accompagné tout au long de notre recherche, jusqu'à l'aboutissement de ce travail.

Nous saluons ensuite la bravoure de nos parents, KAMATE KISWAHILI Moïse et MOSEKA NGULABO Mignonne, qui se sont battus bec et ongles pour nous assurer une scolarité digne et qui continuent à nous tenir la main dans le but de nous garantir un avenir meilleur et fructueux.

Notre sincère gratitude s'adresse de même à nos frères, sœurs et amis, Jean-Christien CUMA, Samuel SYAIKAMBA, Claude KAMALA et Jemimah MAHAMBABA, qui nous ont apporté leur soutien moral en vue de la réalisation de cette œuvre.

Que toute personne qui, de près ou de loin, a contribué à la réussite de cet exercice scientifique retrouve ici l'expression de notre profonde gratitude.

**KAKULE KISWAHILI Chrispin**

## Résumé

Ce travail porte sur une étude comparative d'implantation au tachéomètre (le théodolite plus précisément) et au niveau à lunette dont l'application a été faite sur la voirie principale du campus Salomon de l'Université Libre des Pays des Grands Lacs dans la ville de Goma. L'objectif de cette étude est de réaliser une étude comparative des méthodes d'implantation au tachéomètre (le théodolite plus précisément) et au niveau à lunette, en analysant les erreurs, le temps d'exécution et les implications budgétaires d'acquisition et de la main d'œuvre, afin de déterminer la méthode la plus adaptée en fonction des besoins spécifiques de tolérance des projets de mesure ou de construction.

La méthodologie de cette étude s'inspire de l'obtention des relevés topographiques altimétriques et planimétriques. Les logiciels Google Earth et ArcGIS ont été utiles pour nous donner la situation du site et la génération des cartes topographiques.

A partir de là, ce travail présente les résultats en termes de précision et d'erreurs des distances mesurées et escomptées, en terme de temps d'implantation par méthode, en terme du coût d'implantation pour aboutir à un choix judicieux d'un des deux appareils en étude dans un cas spécifique. Les résultats de cette étude permettent de mettre en évidence le théodolite en termes de calculs des distances liées à sa précision angulaire et sa complexité qui demande beaucoup plus d'attention et du temps et son coût élevé mais bien précis dans les relevés des angles verticaux et horizontaux. Contrairement au niveau à lunette bien précis, souple et économique en coût d'implantation dans son utilisation en calculs des distances horizontales n'étant pas liées à aucun angle étant calé à 100 gon, ce qui aussi le limite à certains projets présentant des différences des niveaux importants.

**Mots clés :** étude comparative, implantation, tachéomètre, niveau à lunette, voirie

## Abstract

This research focuses on a comparative study of setting-out methods using a tacheometer (more precisely, a theodolite) and a dumpy level, applied to the main road network of the Salomon Campus at the Université Libre des Pays des Grands Lacs in Goma. The main objective of this study is to perform a comparative analysis of setting-out techniques using a tacheometer and a level, by examining measurement errors, execution time, and budgetary implications related to equipment acquisition and labor. The aim is to determine the most suitable method according to the specific tolerance requirements of surveying or construction projects. The methodology of this research is based on the acquisition of topographic data in both planimetric and altimetric forms. Software tools such as Google Earth and ArcGIS were used to locate the study site and generate topographic maps.

Based on these data, the study presents the results in terms of measurement accuracy and error margins, setting-out time per method, and overall implementation cost, in order to make an informed choice between the two instruments under specific conditions. The results highlight that the theodolite offers high precision in distance measurements due to its angular accuracy; however, it is more complex, time-consuming, and costly, though particularly effective for precise vertical and horizontal angle observations. In contrast, the dumpy level proves to be accurate, flexible, and cost-effective for setting out horizontal distances, since it operates at a fixed angle of 100 gons. Nevertheless, this limitation restricts its use in projects with significant elevation differences.

**Keywords:** comparative study, setting-out, tachometer, dumpy level, road network

## Liste d'abréviations

$\Delta H$	:	Dénivelée
Alt. Comp	:	Altitude Compensée
Comp	:	Compensation
Dén. Comp	:	Dénivelée Compensée
Dh	:	Distance horizontale
Dh moy.	:	Distance horizontale moyenne
FET 220	:	GeoFennel Electronic Theodolite – modèle 220
GOL 32 D	:	GeoFennel Optical Level-Grossissement de 32 – modèle D
$\hat{i}$	:	Angle en coordonnées polaires
IMED	:	Instrument des Mesures Electroniques de Distances
IMEL	:	Instrument des Mesures Electroniques de Longueurs
Inf	:	Lecture Inferieur
K	:	Constante Tachéométrique
LAR	:	Lecture Arrière
LAV	:	Lecture Avant
N	:	Nombre des dénivelées
NA	:	Niveau à lunette
Niv	:	Lecture Nivelair
Niv. Moy	:	Lecture nivelair moyenne
Sup	:	Lecture supérieur
ULPGL/GOMA	:	Université libre des pays des grands lacs de Goma
$\sigma H$	:	Ecart type

## Liste de tableaux

Tableau 1-1 : Classification des cartes en fonction de leur échelle et de leur finalité. Topographie et Topométrie Tome 1 .....	9
Tableau 1-2 : Parties d'un Théodolite Electronique FET 220. Geofennel : FET 220. Mode d'emploi .....	17
Tableau 1-3 : Données techniques: Télescope. Geofennel : FET 220. Mode d'emploi .....	18
Tableau 1-4 : Données techniques: Mesure d'angle. Geofennel : FET 220. Mode d'emploi ..	18
Tableau 1-5 : Données techniques: Nivelles. Geofennel : FET 220. Mode d'emploi .....	18
Tableau 1-6 Geofennel : FET 220. Mode d'emploi Données techniques: Dimensions. Geofennel : FET 220. Mode d'emploi .....	18
Tableau 1-7 : Parties du niveau à lunette. Niveau à lunette. Bosch Gol professional .....	22
Tableau 1-8 : Caractéristiques techniques des marques des niveaux à lunette. Bosch Gol professional .....	25
Tableau 2-9 : Caractéristiques techniques du niveau à lunette GOL 32 D. Bosch Gol professional .....	30
Tableau 2-10 : Précisions des appareils topographiques. Manuel de topographie destiné aux hydrotechniciens .....	31
Tableau 2-11 : Précision des instruments topographiques en relation avec les conditions de travail. Manuel de topographie destiné aux hydrotechniciens .....	31
Tableau 2-12 Champ d'application des quelques instruments topographiques. Manuel de topographie destiné aux hydrotechniciens .....	32
Tableau 2-13 : Tableaux autres équipements .....	38
Tableau 3-14 : Relevés topographique au Théodolite FET 220 .....	54
Tableau 3-15 : Relevés topographique au Théodolite FET 220 (Home-Economie) .....	55
Tableau 3-16 : Relevé topographique au Théodolite FET 220 (intersection) .....	55
Tableau 3-17 présente le canevas des résultats du levé par cheminement fait par le théodolite de la voirie allant des ateliers (Génie Civil et Mécanique) vers le portail du Campus Salomon .....	55
Tableau 3-18 : Relevés topographiques au Niveau à lunette GOL 32 D .....	56

Tableau 3-19 : Relevés topographique au Niveau à lunette GOL 32 D (Home-Economie) ...	57
Tableau 3-20 : Relevé topographique au Niveau à lunette GOL 32 D (intersection).....	57
Tableau 3-21 : Altitudes trouvées .....	58
Tableau 3-22 : Hauteurs-instruments en rapport avec la station.....	58
Tableau 3-23 : Comparaison des levés de la voirie principale, effectués au niveau à lunette GOL 32 D et au théodolite FET 220.....	59
Tableau 3-24 : Comparaison des levés de la voirie Home-Fac. Economie de la voirie principale, effectués au niveau à lunette GOL 32 D et au théodolite FET 220 .....	59
Tableau 3-25 : Implantation par rayonnement de l'emprise .....	61
Tableau 3-26 : Implantation de la perpendiculaire R-6 .....	62
Tableau 3-27 : Implantation de la portée A-2.....	62
Tableau 3-28 : Mesure de la portée A-P .....	62
Tableau 3-29 : Implantation de la portée A-R .....	63
Tableau 3-30 : Position X, Y, Z.....	63
Tableau 3-31 : Implantation par rayonnement au Théodolite FET 220.....	63
Tableau 3-32 : Position X, Y, Z.....	64
Tableau 3-33 : Implantation de la perpendiculaire MC à l'alignement AB au Théodolite FET 220.....	66
Tableau 3-34 : Implantation de la perpendiculaire MC à l'alignement AB au Théodolite FET 220.....	67
Tableau 3-35 : Contrôle de l'alignement: 2ème procédure .....	67
Tableau 3-36 : Procédure 1ère: Implantation d'alignement au Niveau à lunette GOL 32 D...	69
Tableau 3-37 : Procédure 2ème: Implantation d'alignement au Niveau à lunette GOL 32 D .	70
Tableau 3-38 : Contrôle de l'alignement: 2ème procédure au NAGOL 32 D .....	70
Tableau 3-39 : Relevés du contournement d'obstacles avec le Théodolite FET 220.....	73
Tableau 3-40 : Relevés du contournement d'obstacles avec le Niveau à lunette GOL 32 D...	74
Tableau 3-41 : Durée des méthodes d'implantations .....	75
Tableau 3-42 : Coût global .....	76

## Liste de figures

Figure 1-1 : Observation par planimétrie. Elément de topographie pratique .....	6
Figure 1-2 : Observations par altimétrie. Elément de topographie pratique.....	6
Figure 1-3 : Plan topographique. Elément de topographie pratique .....	7
Figure 1-4 : Altitude d'un point. Elément de topographie pratique .....	7
Figure 1-5 : Coté d'un point. Elément de topographie pratique.....	8
Figure 1-6 : Implantation par abscisses et ordonnées. Topographie opérationnelle.....	12
Figure 1-7 : Implantation planimétrique par rayonnement. Résumé théorique et guide des travaux pratiques : module 20-Implantation des ouvrages .....	12
Figure 1-8 : Implantation altimétrique. Résumé théorique et guide des travaux pratiques : module 20-Implantation des ouvrages .....	13
Figure 1-9 : Tachéomètre électronique. Topographie opérationnelle.....	14
Figure 1-10 : Théodolite électronique. Topographie opérationnelle .....	15
Figure 1-11 : Théodolite électronique FET 220. Geo Fennel.....	16
Figure 1-12 : Parties d'un Théodolite électrique FET 220. Geofennel : FET 220. Mode d'emploi .....	17
Figure 1-13 : Calage avec le plomb laser. Topographie de base .....	19
Figure 1-14 : Mise à l'horizontal. Topographie de base .....	20
Figure 1-15 : Niveau à lunette. Bosch Gol professional.....	21
Figure 1-16 : Composition générale du niveau à lunette. : Cours de Mesures et instrumentations .....	21
Figure 1-17 : Parties d'un niveau à lunette. Niveau à lunette. Bosch Gol professional .....	22
Figure 1-18 : Réticule de visée sur la mire. Mesures et Instrumentations .....	23
Figure 1-19 : Vis calantes de mise en niveau du Niveau à lunette. Mesures et Instrumentations .....	24
Figure 1-20 : Définition et rôle de la voirie. Polycopié de cours voiries et réseaux Divers....	26
Figure 2-21 : Réticule de visée sur la mire. Mesures et Instrumentations.....	29
Figure 2-22 : Principe du levé par rayonnement. Polycopie. Cours : Topographie 2 .....	33
Figure 2-23 : Coordonnées polaires d'un point. Polycopie. Cours : Topographie 2.....	34

Figure 2-24: Altitude d'un point. Polycopie. Cours : Topographie 2 .....	35
Figure 2-25: Schématisation d'une dénivelée. Polycopie. Cours : Topographie 2.....	35
Figure 2-26 : Vue inclinée angles vers le haut. Polycopie. Cours : Topographie 2.....	35
Figure 2-27: Vue inclinée angles vers le bas. Polycopie. Cours : Topographie 2 .....	36
Figure 2-28: Levé par cheminement. Nivellement Direct .....	37
Figure 2-29 : Vue horizontale. Polycopie. Cours : Topographie 2.....	37
Figure 2-30 : Implantation d'alignement au théodolite et au niveau à lunette. Topographie et topométrie Tome 1 et 2 .....	41
Figure 2-31 : Implantation d'alignement au théodolite et au niveau à lunette. Topographie et topométrie Tome 1 et 2 .....	42
Figure 2-32 : Contournement d'obstacles. Topographie et topométrie Tome 1 et 2 .....	42
Figure 2-33 : Rayonnement. Topographie et topométrie Tome 1 et 2.....	44
Figure 2-34 : Contrôle d'implantation. Topographie et topométrie Tome 1 et 2.....	45
Figure 3-35 : Levé par cheminement au Théodolite FET 220.....	52
Figure 3-36 : Levé par cheminement au Niveau à lunette GOL 32 D.....	53
Figure 3-37 : Implantation par rayonnement .....	61
Figure 3-38 : Implantation d'alignement au Théodolite FET 220 en 3 procédures .....	64
Figure 3-39 : Procédure 1ère: Implantation d'alignement au Théodolite FET 220 .....	65
Figure 3-40 : Procédure 2ème: Implantation d'alignement au Théodolite FET 220 .....	66
Figure 3-41 : Procédure 3ème: Implantation d'alignement au Théodolite FET 220 .....	68
Figure 3-42 : Contournement d'un obstacle .....	72

# SOMMAIRE

Epigraphe .....	i
Dédicace.....	ii
Remerciements.....	iii
Résumé.....	iv
Liste d'abréviations.....	vi
Liste de tableaux .....	vii
Liste de figures.....	ix
SOMMAIRE.....	xi
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
1. Contexte/Généralités sur le thème .....	1
2. Identification et formulation du problème .....	1
3. Questions de recherche .....	1
3.1. Question principale.....	1
3.2. Questions secondaires .....	1
4. Formulation des hypothèses.....	2
5. Justification du choix du sujet et motivations.....	2
6. Énoncé des objectifs de recherche .....	2
6.1. L'objectif général .....	3
6.2. Les objectifs opérationnels/spécifique .....	3

7. Méthodologie et délimitation du travail.....	3
8. Structure du mémoire/ Subdivision du travail .....	4
CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉS.....	5
1.1. Introduction.....	5
1.2. Généralités sur l'implantation topographie, le tachéomètre et le niveau à lunette.....	5
1.2.1. L'implantation topographique.....	10
1.2.1.2. Méthodes d'implantation topographique .....	11
1.2.2. Tachéomètre .....	14
1.2.2.1. Théodolite électronique FET 220 .....	15
1.2.2.2. Les parties du théodolite électronique FET 220 .....	17
1.2.2.3. Données techniques du théodolite électronique FET 220 .....	18
1.2.2.4. Mise en station du théodolite électronique FET220 .....	18
1.2.2.5. Mise en marche .....	20
1.2.2.6. Travaux à réaliser avec théodolite FET 220 .....	20
1.2.3. Le Niveau à Lunette .....	20
1.2.3.2. Nomenclatures du niveau à lunette .....	22
1.2.3.3. Fonctionnement.....	23
1.2.3.4. Rôle du niveau à lunette.....	23
1.2.3.5. Mise en station du niveau à lunette.....	24
1.2.3.6. Caractéristiques techniques.....	25

1.3. Généralités sur la voirie.....	26
1.4. Conclusion partielle.....	27
CHAPITRE 2 : MATERIELS ET METHODES .....	28
2.1. Introduction.....	28
2.2. Etude des matériels.....	28
2.2.2. Mode et conditions d'utilisation .....	30
2.3. Etude des méthodes d'implantation .....	32
2.3.1. Préparation .....	32
➤ Levé altimétrique avec le théodolite.....	35
1 <sup>er</sup> cas : Angles vers le haut.....	35
2 <sup>ème</sup> cas : Angles vers le bas.....	36
2.3.1.3.3. Plans topographiques .....	37
2.3.1.4. Matériels utilisés .....	38
2.3.2. Implantation sur terrain.....	39
2.3.2.1. Introduction .....	39
2.3.2.2. Application des méthodes d'implantation topographique .....	39
2.3.2.2.1. Méthodes d'implantation topographique.....	40
2.3.2.2.1.1. Implantation d'alignement.....	40
Cas d'implantation d'alignement.....	40
1. Tracer une perpendiculaire à un alignement existant (Avec un théodolite ou un niveau équipé d'un cercle horizontal = Niveau à lunette).....	41

2. Jalonnement avec obstacle.....	42
2.3.2.2.1.2. Implantation de points en planimétrie .....	43
1. Implantation de points en planimétrie par rayonnement .....	43
2.3.3. Contrôles .....	45
2.4. Elimination des fautes et calcul des erreurs .....	46
2.4.1. Introduction .....	46
2.4.2. Procédure de calculs.....	47
2.5. Calcul du temps d'exécution .....	48
2.5.1. Temps d'implantation au théodolite .....	48
2.5.2. Temps d'implantation avec le niveau à lunette.....	48
2.5.3. Procédure de mesure du temps d'implantation.....	49
2.7. Etude du coût .....	49
2.7.1. Facteurs influençant le coût d'une implantation au théodolite.....	49
2.7.2. Facteurs influençant le coût d'une implantation au théodolite.....	49
2.7.3. Procédure de calcul du coût d'implantation .....	49
2.8. Conclusion partielle.....	50
<b>CHAPITRE 3 : PRÉSENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS</b> .....	<b>50</b>
3.1. Introduction .....	50
3.2. Etude des méthodes d'implantation .....	51

❖ Levé par cheminement avec le Théodolite FET 220 et le Niveau à lunette GOL 32 D .....	51
3.3. Implantation sur terrain .....	60
b. Calcul du temps d'exécution.....	75
1.3. Etude du coût.....	76
1.4. Conclusion partielle.....	76
CONCLUSION GÉNÉRALE .....	78
Bibliographie.....	79
ANNEXES .....	A
Annexe A .....	A
ANNEXE B .....	D
Annexe C .....	J

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

### 1. Contexte/Généralités sur le thème

La comparaison entre le tachéomètre et le niveau à lunette présente un intérêt particulier dans les travaux topographiques et d'ingénierie civile, où la précision des mesures conditionne la réussite des projets de construction. L'implantation, étape essentielle de tout chantier, consiste à matérialiser sur le terrain les éléments prévus sur les plans. Cette opération repose sur la topographie, science de la mesure et de la représentation du terrain. L'étude comparative permet ainsi d'évaluer la fiabilité, la précision et l'efficacité de chaque instrument afin d'orienter le choix de l'ingénieur selon les besoins du projet. Conscient de l'importance de la justesse des relevés, ce travail vise à proposer des méthodes adaptées à chaque appareil pour garantir la qualité et la précision des implantations topographiques.

### 2. Identification et formulation du problème

Ce travail consiste à réaliser une étude comparative d'implantation au tachéomètre et au niveau à lunette sur la voirie principale du campus Salomon de l'ULPGL/Goma. La problématique de cette recherche est de déterminer la méthode d'implantation la plus fiable, la plus précise, la plus rapide et la plus économique selon des contextes spécifiques. L'étude analyse les avantages et les inconvénients de chaque méthode, les conditions d'utilisation optimales de chaque instrument ainsi que les erreurs potentielles associées. Cette comparaison permet d'orienter les professionnels de l'arpentage et de la topographie dans le choix de l'appareil le plus adapté aux besoins et aux contraintes techniques de chaque projet.

### 3. Questions de recherche

#### 3.1. Question principale

En quoi les méthodes d'implantation au tachéomètre et au niveau à lunette diffèrent-elles en termes de précision, du temps d'exécution et de coût lors des travaux topographiques ?

#### 3.2. Questions secondaires

1) Quelles sont les méthodes appropriées et les possibilités d'erreurs pour tous travaux d'implantations faites avec le tachéomètre et le niveau à lunette afin de faire un bon choix d'utilisation d'un de ces deux instruments pour un bon travail d'implantation ?

- 2) Combien de temps possibles prend un travail d'implantation au tachéomètre ou au niveau à lunette ?
- 3) Quel budget engage un travail d'implantation fait au tachéomètre ou au niveau à lunette ?

#### **4. Formulation des hypothèses**

Pour répondre provisoirement en ce questionnement, le choix entre le tachéomètre et le niveau à lunette :

- L'utilisation du tachéomètre génèrerait moins d'erreurs de mesure par rapport au niveau à lunette, grâce à sa technologie avancée et la capacité de mesurer des distances et des angles simultanément ;
- L'implantation au tachéomètre serait plus rapide que celle au niveau à lunette, permettant de réduire le temps total de chantier, ce qui influencerait le budget global du projet ;
- Bien que l'investissement initial pour un tachéomètre soit plus élevé, son efficacité et sa rapidité d'exécution permettraient de réduire les couts globaux du projet par rapport à l'utilisation d'un niveau à lunette, qui nécessiterait plus de temps et de main-d'œuvre

#### **5. Justification du choix du sujet et motivations**

Bien que les manuels d'utilisation du tachéomètre et du niveau à lunette présentent leurs principes de fonctionnement, leurs procédures d'emploi et les précautions à respecter, ils ne permettent pas de mesurer concrètement les performances de ces instruments dans des conditions réelles de terrain. En effet, les résultats d'un travail d'implantation dépendent de nombreux facteurs tels que la nature du sol, la topographie du site, les conditions climatiques, la visibilité, la précision de visée et l'expérience de l'opérateur.

La présente étude vise donc à aller au-delà des aspects purement théoriques pour analyser et comparer les méthodes d'implantation appliquées avec ces deux instruments, en identifiant leurs marges d'erreur, leurs avantages, leurs limites et leurs conditions d'efficacité. Une telle démarche permet d'établir des critères objectifs de choix entre le tachéomètre et le niveau à lunette, afin d'assurer la fiabilité, la précision et la rentabilité des travaux topographiques sur le terrain.

#### **6. Énoncé des objectifs de recherche**

## **6.1. L'objectif général**

Réaliser une étude comparative des méthodes d'implantation au tachéomètre et au niveau à lunette, en analysant les possibilités d'erreurs, le temps d'exécution et les implications budgétaires, afin de déterminer la méthode la plus adaptée en fonction des besoins spécifiques de tolérance des projets de mesure ou de construction.

## **6.2. Les objectifs opérationnels/spécifique**

Pour atteindre cet objectif général, nous poursuivons les objectifs spécifiques et opérationnels ci-après :

- Comparer les méthodes d'implantation utilisées avec le tachéomètre et le niveau à lunette, en analysant les possibilités d'erreurs associées à chaque méthode ;
- Mesurer le temps requis pour réaliser des implantations avec le tachéomètre et le niveau à lunette dans les conditions similaires ;
- Evaluer les coûts globaux de chaque méthode, incluant l'achat ou la location des équipements, les coûts de la main-d'œuvre.

## **7. Méthodologie et délimitation du travail**

Pour parvenir à notre objectif nous allons d'abord choisir et observer notre site d'étude, rendre disponible les matériels et équipements, puis procéder à la collecte et analyse des données, à l'implantation enfin l'interprétation des résultats.

Dans l'optique de la comparaison du tachéomètre et du niveau à lunette, nous allons exprimer nos résultats suivant le contexte géographique du site d'étude et prendre en compte des avancées technologiques des instruments.

## 8. Structure du mémoire/ Subdivision du travail

Hormis l'introduction et la conclusion, ce travail est subdivisé en trois chapitres.

- Le premier chapitre : **GENERALITES SUR LES METHODES D'IMPLANTATIONS, LE TACHEOMETRE, LE NIVEAU À LUNETTE ET LA VOIRIE ;**
- Le deuxième chapitre : **MATERIELS ET METHODES ;**
- Le troisième chapitre : **PRÉSENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS.**

## CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉS

### 1.1. Introduction

Le domaine de la topographie est aussi vaste, nous introduirons en disant que la topographie est une science qui permet l'exécution, le contrôle et l'exploitation des observations concernant la position et l'altitude, les dimensions, la forme et l'identification des éléments concrets, fixes et durables, existant à la surface du sol à un moment donné.

Cela étant, dans ce chapitre premier, nous présenterons les généralités sur l'implantation topographique, le tachéomètre, le niveau à lunette et ainsi que sur la voirie.

### 1.2. Généralités sur l'implantation topographie, le tachéomètre et le niveau à lunette

Dans cette section, nous parlerons de l'implantation topographique et ses méthodes possibles. Avant de parler de l'implantation topographique, comprenons d'abord ce quoi la topographie en quelques lignes bien qu'étant une branche et un domaine énorme.

#### 1.2.1. Définitions de la topographie et quelques termes topographiques [3].

Le mot TOPOGRAPHIE est formé à partir de deux mots grecs «*Topos*» qui signifient lieu et «*graphie*» qui signifie décrire, donc décrire à propos d'un lieu. La topographie consiste à représenter graphiquement un lieu sur le papier. Cette représentation se fait par une projection orthogonale du sol, sur une surface horizontale. L'opération correspondante s'appelle le *levé topographique*, technique qui a pour objet l'exécution, l'exploitation et le contrôle des observations concernant la position planimétrique et altimétrique.

La topographie nécessite un état d'esprit où la rigueur, la précision, la clarté et la conscience professionnelle sont indispensables.

Quelques définitions préalables de termes sont nécessaires :

#### a) **Le levé topographique :**

C'est l'ensemble des opérations destinées à recueillir sur le terrain les éléments nécessaires à l'établissement d'un plan ou d'une carte. Différents modes d'acquisition des données : Un levé est réalisé à partir d'observations : actions d'observer au moyen d'un ou plusieurs instruments permettant des mesures.

**b) La planimétrie :**

La planimétrie est l'exécution ou l'exploitation des observations et des mesures qui permettent de représenter sur un plan horizontal des détails situés à la surface du sol (terre). Elle comprend un ensemble d'opérations tel que :

- ❖ Les mesurages sur les lieux à l'aide d'angles horizontaux et de distance réduites à l'horizontale, des détails.
- ❖ Les calculs effectués au bureau ont pour but de fixer sur le plan les projections des points par rapport à un système d'axes choisi.

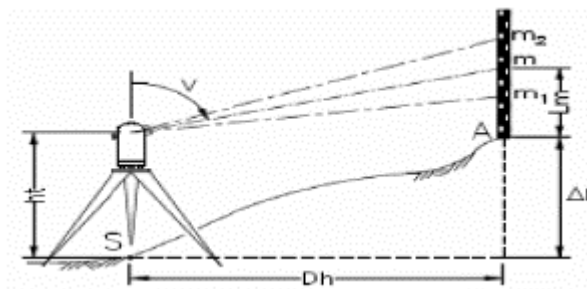


Figure 1-1 : Observation par planimétrie. Elément de topographie pratique

**c) L'altimétrie :**

L'altimétrie constitue l'ensemble des opérations qui ont pour objet de déterminer les ordonnées des différents points levés en planimétrie au-dessus d'une surface horizontale et plane de référence. La longueur de ces ordonnées porte le nom d'altitude. Leur mesurage peut s'effectuer soit directement au moyen d'un appareil définissant un plan horizontal (niveau) soit au moyen de mesure d'angles verticaux (la représentation du relief du sol).

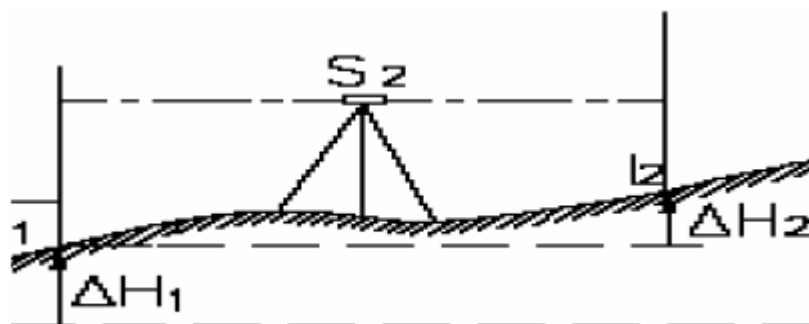


Figure 1-2 : Observations par altimétrie. Elément de topographie pratique

**d) Le plan topographique :**

Le plan topographique est la représentation exacte obtenue par projection, sur un plan horizontal, de tous les points caractéristiques situés sur le terrain.

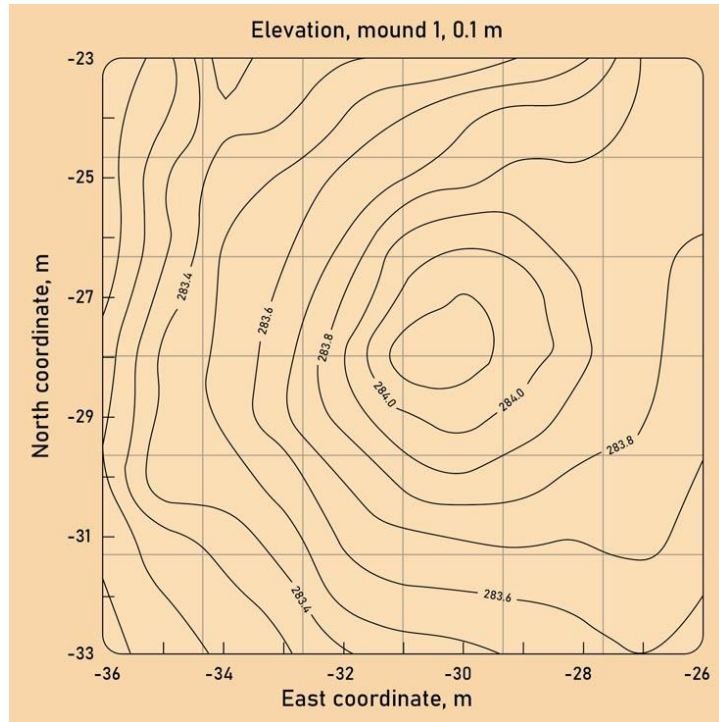


Figure 1-3 : Plan topographique. Élément de topographie pratique

e) **Altitude d'un point :**

Hauteur de ce point par rapport au niveau moyen des eaux de la mer.

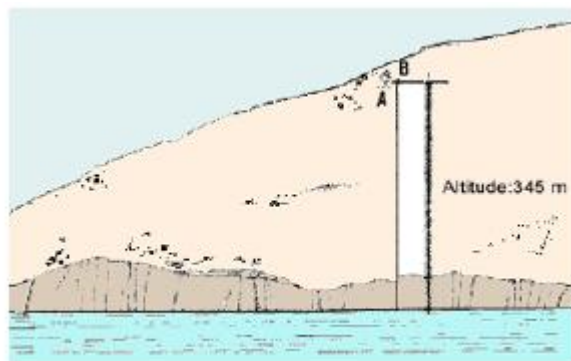


Figure 1-4 : Altitude d'un point. Élément de topographie pratique

f) **Côte d'un point :**

Hauteur d'un point par rapport à un plan horizontal de référence.

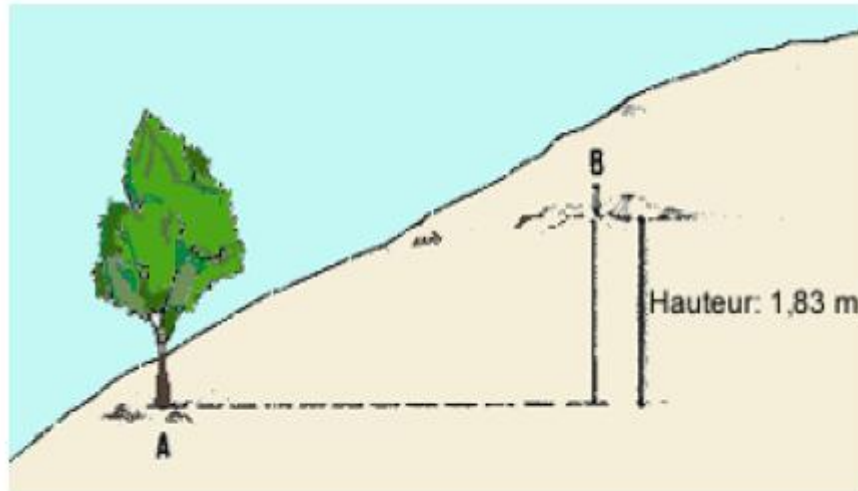


Figure 1-5 : Côté d'un point. Élément de topographie pratique

**g) La dénivelée :**

Lorsque deux piquets sont à une côte, la différence (entre ses deux côtes) représente la dénivelée. Elle est égale : Soit à la différence des altitudes de ces deux points Soit à la différence des côtes de ces deux points Soit à la différence des lectures effectuées sur les mires placées sur ces deux points

**h) Les échelles :**

L'échelle d'un plan ou d'une carte est le rapport exprimé dans la même unité entre une longueur mesurée sur la carte et la même longueur mesurée horizontalement sur le terrain.

L'échelle est toujours indiquée avec 1 numérateur :

Le rôle de l'échelle est de Réduire ou agrandir de façon constante et rationnelle les dimensions d'un objet, d'une pièce, d'une construction, d'un plan.

Plus l'échelle d'une carte ou d'un plan est petite, plus le nombre se trouvant au dénominateur est grand, et inversement, plus une échelle est grande, plus le nombre se trouvant au dénominateur est petit. Quatre types d'échelle en topographie :

- ❖ Petite échelle :  $100\ 000 \leq \text{Echelle}$
- ❖ Moyenne échelle :  $10\ 000 \leq \text{Echelle} \leq 100\ 000$
- ❖ Grande échelle : Echelle  $< 10\ 000$ , en général  $1/5000$   $1/2000$   $1/1000$
- ❖ « Très grande échelle » s'appliquant plutôt au  $1/500$   $1/250$   $1/100$   $1/50$

Lorsqu'un plan est dessiné à l'échelle, cela signifie que les distances réelles et les dimensions mesurées sur le plan, exprimées dans la même unité, sont proportionnelles.

Echelle = Dimension plan / Dimension réel

Dimension réel = Dimension du dessin x Echelle

Dimension dessin = Dessin réel / Echelle

La notion de l'échelle nous amène à la notion de la cartographie qui est l'ensemble des études et opérations scientifiques, artistiques et techniques intervenant à partir d'observations directes ou de l'exploitation d'un document en vue d'élaborer des cartes, plans et autres moyens d'expression. Ci-après, est donnée une classification des cartes en fonction de leur échelle et de leur finalité :

Tableau 1-1 : Classification des cartes en fonction de leur échelle et de leur finalité. Topographie et Topométrie Tome 1

Échelles	Finalité
1/1 000 000 à 1/500 000	Cartes géographiques
1/250 000 à 1/100 000	Cartes topographiques à petite échelle
1/50 000, 1/25 000 (base), 1/20 000	Cartes topographiques à moyenne échelle (IGN)
1/10 000	Cartes topographiques à grande échelle
1/5 000	Plans topographiques d'étude, plans d'urbanisme
1/2 000	Plans d'occupation des sols (POS), descriptifs parcellaires
1/1 000, 1/500	Plans parcellaires, cadastraux urbains
1/200	Plans de voirie, d'implantation, de lotissement
1/100	Plans de propriété, plans de masse
1/50	Plans d'architecture, de coffrage, etc.

Certains vocabulaires topographiques sont aussi importants à savoir pour ce travail, dont (4):

- a. **Axe de visée, axe de collimation** : ligne passant par les foyers de l'objectif d'une lunette et le point de mesure en correspondance avec le réticule ;
- b. **Basculement** : la lunette du théodolite est tournée de 200 gr autour de l'axe horizontal pour éliminer les erreurs instrumentales ;
- c. **Calage et mise en station** : opération effectuée par l'opérateur pour amener l'axe vertical de l'appareil à l'aplomb d'un repère sur le sol ;
- d. **Correction** : valeur algébrique à ajouter à une valeur observée ou calculée pour éliminer les erreurs systématiques connues ;
- e. **Croisée du réticule** : croix dessinée sur le réticule représentant un point de l'axe de visée ;
- f. **Erreur de fermeture** : écart entre la valeur d'une grandeur mesurée en topométrie et la valeur fixée ou théorique ;

- g. **Fils stadimétriques** : lignes horizontales marquées symétriquement sur la croisée du réticule. Elles sont utilisées pour déterminer les distances à partir d'une échelle graduée placée sur un point ;
- h. **Hauteur de l'appareil** : distance verticale entre l'axe horizontal de l'appareil et celle de la station ;
- i. **Levé** : relevé de la position d'un point existant ;
- j. **Lunette** : instrument optique muni d'une croisée de réticule ou d'un réticule, utilisé pour établir un axe de visée par l'observation d'un objet de mesure ;
- k. **Mesurage** : opérations déterminant la valeur d'une grandeur ;
- l. **Nivelle** : tube en verre scellé, rempli d'un liquide (alcool) dont la surface intérieure a une forme bombée obtenue par moulage, de sorte que l'air enfermé forme une bulle qui prend différentes positions suivant l'inclinaison du tube ;
- m. **Nivellement** : opération consistant à mettre une ligne ou une surface dans la position horizontale, ou mesurage de différences de niveaux ;
- n. **Repères** : Points dont on connaît les coordonnées ;
- o. **Réticule** : disque transparent portant des traits ou des échelles. Il permet d'effectuer correctement des lectures ;
- p. **Signal, balise** : dispositif auxiliaire pour indiquer l'emplacement d'une station (par un jalon) ;
- q. **Station** : tout point à partir duquel ou vers lequel on effectue une mesure. Cela peut être un point spécifié sur un bâtiment ou un point marqué dans la zone d'étude ;
- r. **Tolérance** : variation admissible pour une dimension.
- s. **Implantation** : établissement de repères et de lignes définissant la position et le niveau des éléments de l'ouvrage à construire ;

*Qui forme la base de notre travail*

### 1.2.1. L'implantation topographique

#### 1.2.1. Généralités [4]

L'implantation est l'opération qui consiste à reporter sur le terrain, suivant les indications d'un plan, la position de bâtiments, d'axes ou de points isolés dans un but de construction ou de repérage. La plupart des tracés d'implantation sont constitués de droites, de courbes et de points isolés. Les instruments utilisés doivent permettre de positionner des alignements ou des points : théodolites, équerres optiques, rubans, niveaux, etc. L'instrument choisi dépend de la précision cherchée, elle-

même fonction du type d'ouvrage à implanter : précision millimétrique pour des fondations spéciales, centimétrique pour des ouvrages courants, décimétriques pour des terrassements, etc.

#### **1.2.1.1. Chronologie des travaux d'implantation [5]**

##### **a) La préparation**

Avant d'entamer les travaux d'implantation, nous devons collecter certaines nécessaires informations telles que la préparation du plan de délimitation-bornage du terrain. On effectue aussi des calculs des points à implanter à partir des contraintes fixées par le bureau d'études et puis après tout calcul fait on rédige le plan d'implantation reprécisant les bases choisies et dans une dernière étape de préparation on valide le plan.

##### **b) Implantation sur terrain**

Dans cette étape la reconnaissance du périmètre opérationnel est la première tâche à faire, en suite, la mise en place d'un canevas planimétrique et altimétrique puis on cherche les repères fixes sur le terrain c'est-à-dire les bornes, puis la matérialisation de l'implantation par des piquets et cette tâche on l'appelle le piquetage qui suit à son tour les étapes suivantes : premièrement on réalise le repérage des points de référence, deuxièmement on effectue la mise en place de références, troisièmement on détermine les positions en X et Y et l'altitude Z et on calcule les éléments d'implantation à l'aide des données mémorisées, et pour finir on matérialise des points (piquets, bornes...).

##### **c) Contrôles**

Le contrôle d'une implantation est beaucoup plus important que l'implantation elle-même. Cette tâche vient tout juste après la matérialisation sur le terrain. Dans cette étape on doit vérifier les instruments utilisés pour minimiser les erreurs en plus pour s'assurer de l'exactitude et la qualité des références planimétriques et altimétriques sur lesquelles s'appuient les travaux.

L'étude comparative d'implantation dont l'objet du présent travail, nous conduit à comparer l'implantation faite au tachéomètre et au niveau à lunette moyennant les méthodes d'implantation afin de déduire quel est l'instrument le plus optimal selon les catégories de mesures effectuées.

#### **1.2.1.2. Méthodes d'implantation topographique [6]**

On utilise surtout deux méthodes pour implanter un point :

##### **1) *L'implantation par abscisses et ordonnées ;***

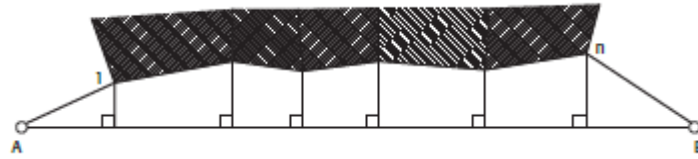


Figure 1-6 : Implantation par abscisses et ordonnées. Topographie opérationnelle

2) **L'implantation par coordonnée polaires.**

Cette méthode se réalise aussi en deux sortes :

a. **Implantation planimétrique par rayonnement**

L'implantation planimétrique par rayonnement prend le point 1 comme pôle et la ligne 1-2 comme axe polaire (figure 1-7)

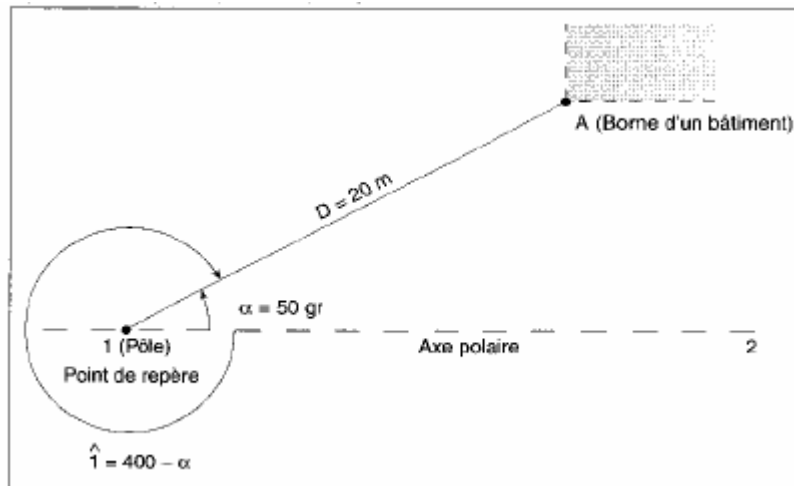


Figure 1-7 : Implantation planimétrique par rayonnement. Résumé théorique et guide des travaux pratiques : module 20-Implantation des ouvrages

La position du point A peut alors être implantée à partir du point de repère 1 à l'aide :

- De la distance(**D**) ;
- De l'angle(**α**)

Ces deux valeurs (D et  $\alpha$ ) constituent les coordonnées polaires du point A sur le terrain.

b. **Implantation altimétrique**

L'implantation altimétrique consiste à matérialiser sur le terrain des points dont l'altitude est comme sur un plan d'urbanisme ou sur le profil d'axe (d'une route, d'un chemin de fer, d'un réseau d'égout, etc.)

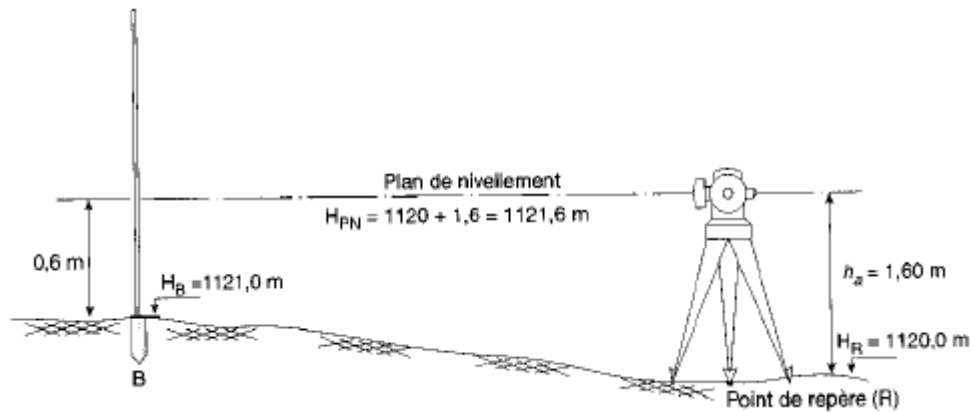


Figure 1-8 : Implantation altimétrique. Résumé théorique et guide des travaux pratiques : module 20-Implantation des ouvrages

A part les méthodes, nous pouvons aussi citer les techniques d'implantation [4] :

- 1) Implantation d'alignement
- 2) Implantation de points en planimétrie
- 3) Implantation des repères altimétriques
- 4) Implantation d'un bâtiment
- 5) Raccordement circulaire
- 6) Raccordement routiers
- 7) Terrassement d'un projet routier

### Remarques [5]

Le choix de l'une ou l'autre des méthodes dépend de l'appareillage dont on dispose et de la configuration du terrain. Ainsi, on aura recours à la méthode par abscisses et ordonnées si l'on dispose d'une équerre optique et que le terrain est sensiblement plat. En outre, les points d'appui qui constituent la ligne d'opération devront être matérialisés sur le terrain.

En revanche, si l'on utilise un théodolite ou un tachéomètre et que le terrain est accidenté, on utilisera la méthode par coordonnées polaires.

Sachons que l'implantation est une opération délicate et importante dont les erreurs peuvent engendrer des graves conséquences (alignements non respectés, chevauchement sur propriétés voisines, etc.). On doit donc réaliser cette tâche avec soin et précision.

### 1.2.2. Tachéomètre

Parmi les instruments topographiques dont *l'Equerre optique, Goniomètre, Goniographe, Niveau, Cercle, Éclimètre, Tachéomètre, Stadimètre, Théodolite* ; **le théodolite** est le plus utilisé en topographie. Etant donné que le tachéomètre est un instrument possédant les fonctions du théodolite plus un procédé de mesure de distance ce qui explique sa rapidité dans le travail de par son étymologie (du grec *tachéo*, qui signifie rapide).

Ce qui fait que dans ce travail, nous nous focaliserons beaucoup plus au tachéomètre et au niveau à lunette.

Parmi les catégories du tachéomètre, nous pouvons citer [7] :

1. **Tachéomètre à diagramme** est un ancien modèle mécanique à utiliser avec des mires spéciales.

La précision espérée sur une mesure de distance est de l'ordre de  $\pm 14$  cm pour une distance de 50 m.

2. **Tachéomètre électronique** est un théodolite couplé à un instrument de mesure électronique des longueurs (IMEL).



Figure 1-9 : Tachéomètre électronique. Topographie opérationnelle

En ce qui concerne les tachéomètres, citons :

- RDS : tachéomètre autoréducteur ;
- RDH : tachéomètre autoréducteur de précision (peu courant) ;
- RK1 : alidade autoréductrice (sur planchette topographique) ;

- DH1 : diastimomètre de précision. Dispositif supplémentaire pouvant être monté sur l'objectif de la lunette du T1 et du T2 ;
- TM10 : télémètre de 50cm de base.

*Un tachéomètre électronique comprend [8]:*

- ❖ Un théodolite électronique,



*Figure 1-10 : Théodolite électronique. Topographie opérationnelle*

- ❖ Un (I.M.E.L.),
- ❖ Un calculateur, qui transmet les données à l'enregistreur.

Ces instruments sont actuellement en pleine évolution. D'un prix assez élevé, ils demandent en outre toute une structure permettant une utilisation optimale et un amortissement rapide.

C'est pourquoi nous nous focalisons beaucoup plus au théodolite électronique FET 220 dans notre travail vu sa facilité à être trouvé dans le milieu (ville de Goma), précisément dans le laboratoire du département de génie civil de l'ULPGL/GOMA

### **1.2.2.1. Théodolite électronique FET 220**



Figure 1-11 : Théodolite électronique FET 220. Geo Fennel

Le théodolite est instrument permettant la mesure des angles horizontaux et verticaux [9].

Etant l'instrument le plus utilisé en topographie, il présente les avantages ci-dessous :

- C'est un instrument de géodésie complété d'un instrument d'optique, mesurant des angles dans les deux plans horizontal et vertical afin de déterminer une direction.
- Il est utilisé pour réaliser les mesures d'une triangulation : mesure des angles d'un triangle.
- C'est un instrument essentiel en topographie et en ingénierie.
- En topographie, il est utilisé dans les mesures d'un levé du territoire (levé topographique).
- Il peut être associé à différents instruments permettant par exemple la mesure des distances, on parlera alors des tachéomètres, ou la saisie automatique des mesures, on parlera alors des stations totales.
- Cet instrument fait partie des appareils de mesures électroniques d'où les I M E L ou I M E D qui fonctionnent comme des chronomètres. Ils utilisent les ondes électromagnétiques qui se propagent en ligne droite, à une vitesse constante et connue.

*Nous pouvons citer :*

- ❖ *Mesure supposant l'I M E L solidaire d'un théodolite.*
- ❖ *I M E L tonométriques ou distancemètres*

On les classe à leur tour en trois catégories :

- *Tachéomètres modulaires*
- *Tachéomètres intégrés*
- *Tachéomètres compacts*

1.2.2.2. Les parties du théodolite électronique FET 220 [10]

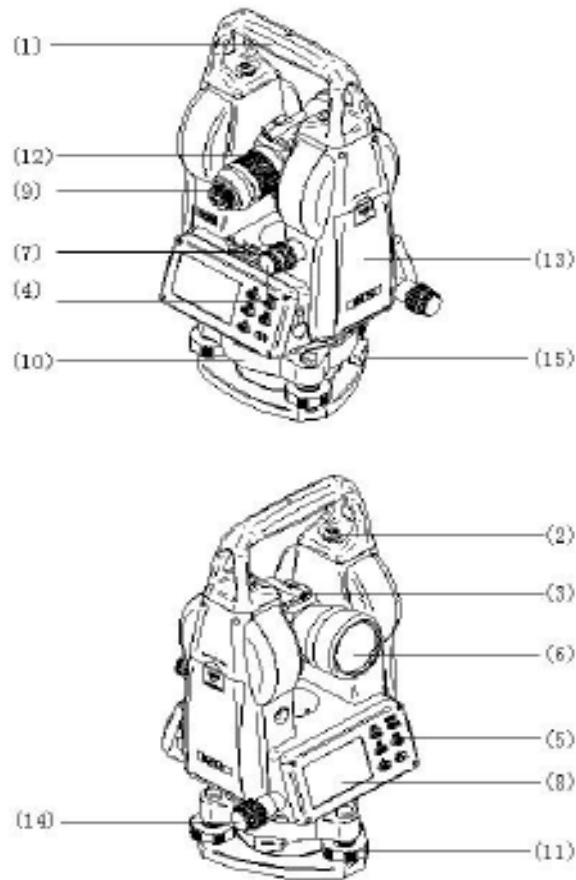


Figure 1-12 : Parties d'un Théodolite électrique FET 220. Geofennel : FET 220. Mode d'emploi

Tableau 1-2 : Parties d'un Théodolite Electronique FET 220. Geofennel : FET 220. Mode d'emploi

1.	Poignée	8.	Écran
2.	Vis de fixation de la poignée	9.	Oculaire
3.	Viseur optique	10.	Embase
4.	Vis de réglage micrométrique verticale et de blocage de mouvement	11.	Vis de réglages
5.	Bouton d'exploitation	12.	Réglage du focus
6.	Lentille de l'objectif	13.	Batterie
7.	Nivelle principale	14.	Vis de réglage micrométrique horizontale et de blocage de mouvement
		15.	Le levier de verrouillage de l'embase

### 1.2.2.3. Données techniques du théodolite électronique FET 220 [10]

#### ❖ Télescope

Tableau 1-3 : Données techniques: Télescope. Geofennel : FET 220. Mode d'emploi

Grossissement	30 x
Ouverture de l'objectif	45 mm
Visée minimale de focalisation	1,5 m

#### ❖ Mesure d'angle

Tableau 1-4 : Données techniques: Mesure d'angle. Geofennel : FET 220. Mode d'emploi

Précision	6 mgon (20")
Visée minimale de focalisation	3 mgon (10")
Unités de mesure	400 gon / 360°
Écran / rétro éclairage	1 x LCD / oui

#### ❖ Nivelles

Tableau 1-5 : Données techniques: Nivelles. Geofennel : FET 220. Mode d'emploi

Nivelles circulaires	30" / 2 mm
Niveau principale	8" / 2 mm
Alimentation	Accu NiMH
Autonomie	18 h
Alternative d'alimentation	4 x 1,5V AA piles alcalines

#### ❖ Dimensions

Tableau 1-6 Geofennel : FET 220. Mode d'emploi Données techniques: Dimensions. Geofennel : FET 220. Mode d'emploi

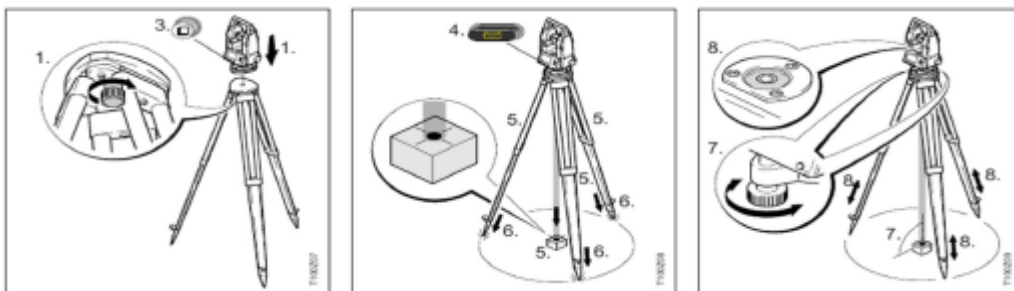
Longueur / largeur / hauteur	190 / 165 / 345 mm
Poids	4,8 kg
Plage de température	-20°C à +50°C
Embase	amovible
Protection poussière / eau	IP 54

### 1.2.2.4. Mise en station du théodolite électronique FET220 [10]

- ❖ Centrer et mettre l'instrument de niveau pour s'assurer de ses bonnes performances.
- ❖ Montez le trépied

- ❖ Tout d'abord placer les jambes du trépied à un endroit approprié et serrer le dispositif de verrouillage.
- ❖ Montez l'instrument sur le trépied. Fixez l'appareil sur le trépied avec soin, puis bougez l'instrument en desserrant la vis de blocage centrale. Verrouiller légèrement la vis centrale sur le trépied lorsque le plomb laser est centré au-dessus de la marque.
- ❖ Mettre l'embase de niveau grâce à la bulle circulaire
- ❖ Utiliser les vis calantes de l'embase 1, 2 pour déplacer la bulle dans la nivelle circulaire de sorte qu'elle soit centrée entre la gauche et la droite. Utiliser la vis réglable 3 pour déplacer la bulle vers le centre de la nivelle.
- ❖ Réglage de la nivelle principale
- ❖ Desserrez le bouton de serrage horizontal. Tournez l'instrument de manière à placer la nivelle principale parallèlement aux vis calantes 1 et 2. Centrer la bulle en utilisant ces deux vis réglables. Attention : Tourner en sens inverse les deux vis réglables lorsque vous les réglez.
- ❖ Tournez l'instrument à 90° et centrer la bulle à l'aide de la vis réglable 3. Répétez les étapes 1, 2 chaque fois que vous tournez l'appareil de 90° jusqu'à ce que la nivelle principale soit centrée dans toutes les positions.
- ❖ Revenez à la position initiale à l'étape A. Tourner l'instrument de 180°. La nivelle principale et l'instrument sont bien de niveau si la bulle est centrée quel que soit la direction de l'instrument quand on le tourne.

*S'il vous plaît prêter attention aux relations entre le sens de rotation des vis réglables et la direction de déplacement de la bulle de la nivelle circulaire.*



*Figure 1-13 : Calage avec le plomb laser. Topographie de base*

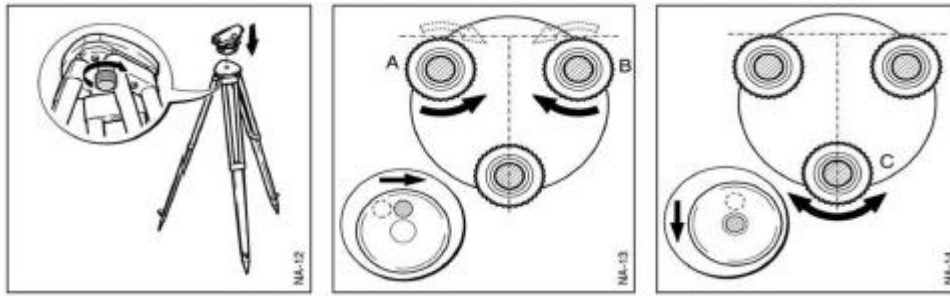


Figure 1-14 : Mise à l'horizontal. Topographie de base

### 1.2.2.5. Mise en marche

- ❖ Appuyez sur le bouton MARCHE/ARRÊT pour 1 sec. Une tonalité sonore retentit et après une période de test de 2 secondes environ, pendant laquelle toutes les fonctions sont affichées à l'écran, l'instrument est prêt à l'emploi.
- ❖ Appuyez sur le bouton „V%“ pour afficher l'angle vertical en %.
- ❖ Appuyez sur le bouton d'alimentation et maintenez pendant 2 secondes pour éteindre l'appareil.

### 1.2.2.6. Travaux à réaliser avec théodolite FET 220

- ❖ Relevés altimétrique.
- ❖ Mesures d'angles horizontaux et verticaux.
- ❖ Élévation d'un point précis au sol un chevalet d'alignement.
- ❖ Effectuer les différents levés topographiques.

## 1.2.3. Le Niveau à Lunette

### 1.2.3.1. Aperçu général [11]

Le niveau à lunette, couramment appelé niveau, convient au jalonnement des courbes de niveau et des faibles pentes, au nivellement de surface et également à la mesure de dénivellations et des distances.

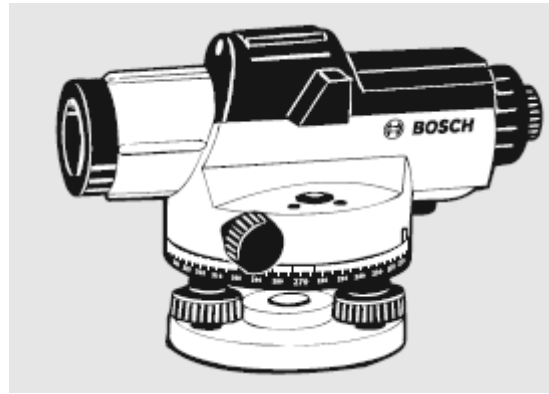


Figure 1-15 : Niveau à lunette. Bosch Gol professional

En général, le niveau est composé des éléments suivants :

- ❖ Une lunette
- ❖ Une nivelle
- ❖ Un dispositif de lecture

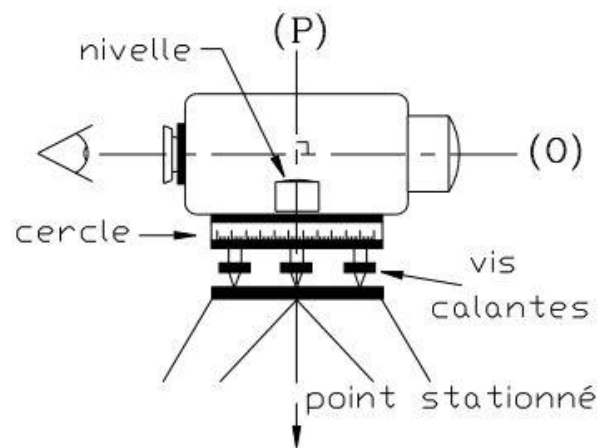


Figure 1-16 : Composition générale du niveau à lunette. : Cours de Mesures et instrumentations

1.2.3.2. Nomenclatures du niveau à lunette [12]

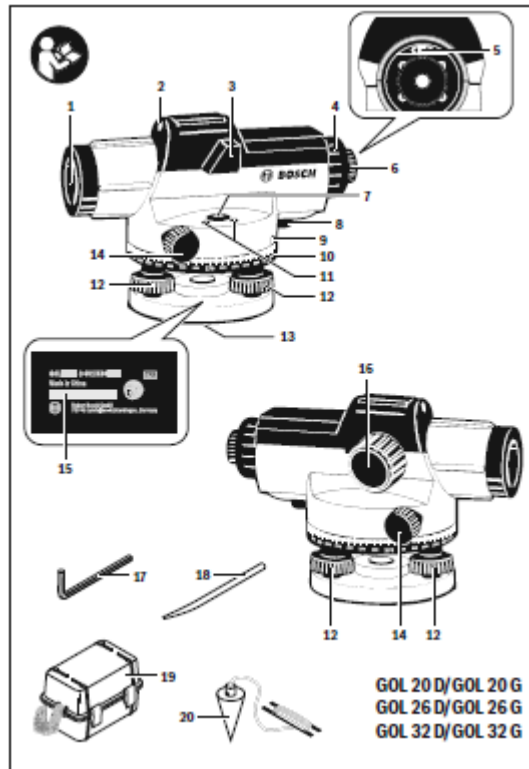


Figure 1-17 : Parties d'un niveau à lunette. Niveau à lunette. Bosch Gol professional

La numérotation des éléments de l'appareil le tableau ci-dessous se réfère à la représentation de l'appareil de mesure sur la page graphique précédente.

Tableau 1-7 : Parties du niveau à lunette. Niveau à lunette. Bosch Gol professional

1.	Objectif	11.	Vis d'ajustage niveau à bulle circulaire
2.	Visueur	12.	Molette de nivellement
3.	Miroir niveau à bulle	13.	Raccord de trépied 5/8" (sur le côté inférieur)
4.	Bonnette d'oculaire	14.	Vis tangente horizontale
5.	Vis d'ajustage ligne visuelle	15.	Numéro de série
6.	Oculaire	16.	Bouton de mise au point
7.	Niveau à bulle circulaire	17.	Clé mâle coudée pour vis à six pans creux
8.	Bouton de déverrouillage compensateur	18.	Mandrin de réglage
9.	Marquage du plan circulaire horizontal	19.	Coffret
10.	Plan circulaire horizontal	20.	Fil à plomb

### 1.2.3.3. Fonctionnement [12]

Le tout est mobile autour d'un axe vertical (axe de rotation ou axe principal). La lunette, une fois placée horizontalement, donne un plan horizontal en tournant autour de cet axe principal, à condition qu'il soit vertical. L'horizontalité de la lunette est généralement réglée au moyen d'une nivelle fixée sur la lunette. L'axe de la lunette est parallèle à la direction de cette nivelle.

L'exigence principale pour un bon fonctionnement de l'appareil est donc la suivante : La ligne de visée de la lunette doit être parallèle à la directrice de la nivelle ce qui impose que le réticule soit correctement positionné.

La plupart des instruments à niveau ont une graduation horizontale qui définit la position de l'instrument et celle du point à mesurer. Elle permet alors de mesurer des angles horizontaux. La graduation est en degrés (360) ou en grades (400).

### 1.2.3.4. Rôle du niveau à lunette [11]

Le niveau sert principalement à la lecture des hauteurs sur une mire.

Dans ce but, la lunette est munie d'un système de fils ou de traits gravés sur le réticule. Après avoir réglé et calé l'instrument, on vise la lunette sur la mire et on lit les hauteurs qui coïncident avec :

- ❖ Le fil ou trait supérieur
- ❖ Le fil ou trait central
- ❖ Le fil ou trait inférieur

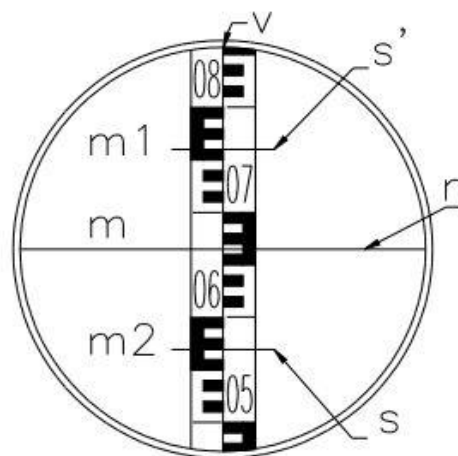


Figure 1-18 : Réticule de visée sur la mire. Mesures et Instrumentations

Ces hauteurs servent à calculer la dénivellation et la distance entre le point où se trouvent l'instrument et le point où se trouve la mire.

Actuellement, les instruments les plus courants sont le niveau à lunette fixe et le niveau automatique. Les autres ne sont presque plus fabriqués. Mais vu qu'ils sont toujours employés, on les traite dans le cadre « information complémentaire ».

Avant chaque utilisation, les instruments doivent être réglés et certaines fonctions doivent être vérifiées.

Il existe plusieurs types de niveaux à lunettes :

- 1) Le niveau à coller ou niveau de collimation
- 2) Le niveau à lunette fixe
- 3) Le niveau à bascule ou niveau articulé
- 4) Le niveau à lunette réversible
- 5) Le Niveau automatique
- 6) Le niveau géodésique

#### 1.2.3.5. Mise en station du niveau à lunette [13]

- 1) Le niveau n'étant pas (ou très rarement) stationné sur un point donné, le trépied est posé sur un point quelconque.
- 2) L'opérateur doit reculer après avoir positionné le trépied afin de s'assurer de l'horizontalité du plateau supérieur.
- 3) Lorsque le plateau est approximativement horizontal, l'opérateur y fixe le niveau.
- 4) Le calage de la nivelle sphérique se fait au moyen des vis calantes, comme indiqué sur la figure ci-dessous, en agissant sur les deux vis calantes V1 et V2 (en les tournant en sens inverse l'une de l'autre), l'opérateur fait pivoter le corps du niveau autour de la droite D3.

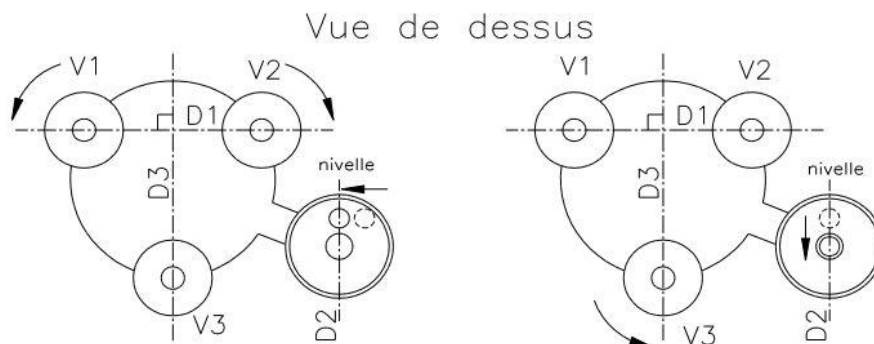


Figure 1-19 : Vis calantes de mise en niveau du Niveau à lunette. Mesures et Instrumentations

- 5) L'opérateur amène ainsi la bulle de la nivelle sur la droite D2 parallèle à D3.
- 6) En agissant ensuite sur la vis calante V3, il fait pivoter le niveau autour de la droite D1 et centre ainsi la bulle dans le cercle de centrage de la nivelle sphérique.

### 1.2.3.6. Caractéristiques techniques [12]

Tableau 1-8 : Caractéristiques techniques des marques des niveaux à lunette. Bosch Gol professional

Outil de nivellement optique	GOL 20 D	GOL 20 G	GOL 26 D	GOL 26 G	GOL 32 D	GOL 32 G
N° d'article	3 601 K68 400	3 601 K68 401	3 601 K68 000	3 601 K68 001	3 601 K68 500	3 601 K68 501
Portée	60 m	60 m	100 m	100 m	120 m	120 m
Précision de hauteur pour une mesure individuelle	3 mm/30 m	3 mm/30 m	1,6 mm/30 m	1,6 mm/30 m	1 mm/30 m	1 mm/30 m
Déviation pour 1 km de nivellement double	2,5 mm	2,5 mm	1,5 mm	1,5 mm	1,0 mm	1,0 mm
Précision du niveau à bulle circulaire	8'/2 mm	8'/2 mm	8'/2 mm	8'/2 mm	8'/2 mm	8'/2 mm
Compensateur						
- Plage de nivellement	± 15'	± 15'	± 15'	± 15'	± 15'	± 15'
- Amortissement magnétique	●	●	●	●	●	●
Lunette						
- Figure	vertical	vertical	vertical	vertical	vertical	vertical
- Grossissement	20x	20x	26x	26x	32x	32x
- Champ de vision	1°30'	1°30'	1°30'	1°30'	1°30'	1°30'
- Diamètre de l'objectif	36 mm	36 mm	36 mm	36 mm	36 mm	36 mm
- Distance de mesure						
- minimale	0,3 m	0,3 m	0,3 m	0,3 m	0,3 m	0,3 m
- Facteur de grossissement	100	100	100	100	100	100
- Constante d'addition	0	0	0	0	0	0
Graduation du plan circulaire horizontal	1°	1 gon	1°	1 gon	1°	1 gon
Raccord de trépied	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"
Poids suivant EPTA-Procédure 01:2014	1,5 kg	1,5 kg	1,5 kg	1,5 kg	1,5 kg	1,5 kg
Type de protection	IP 54 (étanche à la poussière et aux projections d'eau)					
Le numéro de série 15 qui se trouve sur la plaque signalétique permet une identification précise de votre appareil.						

Dans le présent travail, nous utiliserons le niveau à lunette du type outil de nivellement optique GOL 32 D avec un N° d'article : 3601 K68500. Les restes des données figurent dans le tableau ci-dessus.

### 1.3. Généralités sur la voirie [14] [15]

#### 1.3.1. Introduction

L'urbanisme et l'aménagement du territoire sont des éléments essentiels pour assurer le bon fonctionnement des villes et améliorer la qualité de vie de leurs habitants. Parmi les composantes clés de ces processus, on retrouve la voirie, les réseaux d'assainissement, les réseaux d'alimentation en eau potable et les espaces verts. Chacun de ces domaines joue un rôle spécifique et contribue à la création d'un environnement urbain harmonieux et durable.

La voirie constitue le réseau de voies de communication qui permet la circulation des véhicules et des piétons. Elle englobe les rues, les avenues, les routes et les trottoirs. La planification et la conception de la voirie tiennent compte de facteurs tels que la classification administrative et fonctionnelle des voies, les caractéristiques géométriques, les niveaux de trafic et les besoins en stationnement. Une voirie bien conçue favorise la fluidité du trafic, la sécurité des usagers et l'accessibilité des différentes zones de la ville.

#### 1.3.2. Définition

La voirie est un réseau constitué d'un espace collectif qui est appelé à couvrir la circulation des différents usagers (piétons, véhicules) avec une certaine fluidité.

La voirie est à la fois le squelette et l'appareil circulatoire qui joue un rôle important dans le développement de la structure spatiale de la ville.

#### 1.3.3. Rôle de la voirie

Les voiries et les cheminements doivent être conçus de manière à :

- Diminuer le trafic automobile,
- Diminuer les nuisances;
- Les dangers,
- Organiser le stationnement,
- Faciliter le repérage.

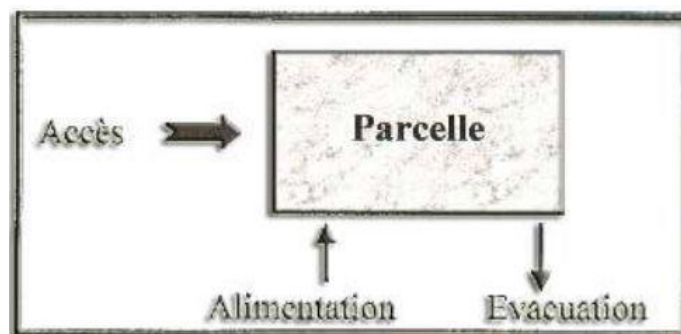


Figure 1-20 : Définition et rôle de la voirie. Polycopié de cours voiries et réseaux Divers

## **1.4. Conclusion partielle**

Dans ce chapitre, nous avons présenté les bases de l'implantation topographique, les appareils utilisés comment le tachéomètre (plus précisément le théodolite FET 220) et le niveau à lunette, ainsi que quelques notions sur la voirie. Ces éléments vont nous aider à mieux comparer les méthodes d'implantation dans la suite du travail.

## CHAPITRE 2 : MATERIELS ET METHODES

### 2.1. Introduction

Ce chapitre présente les différentes méthodologies et matériels de recherche qui nous ont permis à mener à bien ce travail. Nous allons effectuer une étude d'implantation au tachéomètre suivie et comparée à celle faite aussi au niveau à lunette. Cela étant, nous allons premièrement effectuer une étude des matériels comportant leurs marques mais aussi leur mode et conditions d'utilisation. En second lieu, nous allons effectuer une étude des méthodes d'implantations ; ensuite, une étude sur la précision qu'offrent les appareils topographiques et les calculs des erreurs pour une implantation réussie ; en troisième lieu, nous allons effectuer une étude sur le coût que peut générer une implantation ; en dernier lieu, une étude du temps que peut prendre une implantation. Ces études seront effectuées pour les deux types d'instruments (appareils) topographiques en étude.

### 2.2. Etude des matériels

#### 2.2.1. Marques des instruments de recherche

Comme dit dans le chapitre précédent, parmi les instruments topographiques dont *l'Equerre optique, Goniomètre, Goniographe, Niveau, Cercle, Éclimètre, Tachéomètre, Stadimètre, Théodolite* ; le **théodolite** est le plus utilisé en topographie. Étant donné que le **tachéomètre** est un instrument possédant les fonctions du théodolite plus un procédé de mesure de distance ce qui explique sa rapidité dans le travail de par son étymologie (du grec *tachéo*, qui signifie rapide).

Parmi les catégories du tachéomètre, nous pouvons citer [7] :

1. **Le tachéomètre à diagramme** est un ancien modèle mécanique à utiliser avec des mires spéciales.

La précision espérée sur une mesure de distance est de l'ordre de  $\pm 14$  cm pour une distance de 50 m.

2. **Le tachéomètre électronique** est un théodolite couplé à un instrument de mesure électronique des longueurs (IMEL).

La plupart des instruments à niveau ont une graduation horizontale qui définit la position de l'instrument et celle du point à mesurer. Elle permet alors de mesurer des angles horizontaux. La graduation est en degrés (360) ou en grades (400).

Le niveau sert principalement à la lecture des hauteurs sur une mire.

Dans ce but, la lunette est munie d'un système de fils ou de traits gravés sur le réticule. Après avoir réglé et calé l'instrument, on vise la lunette sur la mire et on lit les hauteurs qui coïncident avec :

- ❖ Le fil ou trait supérieur
- ❖ Le fil ou trait central
- ❖ Le fil ou trait inférieur

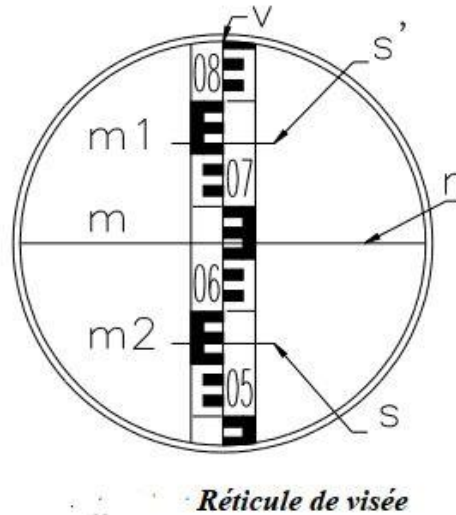


Figure 2-21 : Réticule de visée sur la mire. Mesures et Instrumentations

Actuellement, les instruments les plus courants sont le niveau à lunette fixe et le niveau automatique. Avant chaque utilisation, les instruments doivent être réglés et certaines fonctions doivent être vérifiées.

Il existe plusieurs types de niveaux à lunettes :

- 1) Le niveau à coller ou niveau de collimation
- 2) Le niveau à lunette fixe
- 3) Le niveau à bascule ou niveau articulé
- 4) Le niveau à lunette réversible
- 5) Le Niveau automatique
- 6) Le niveau géodésique

### 2.2.1.1. Instruments de recherche

Dans ce travail, nous nous focaliserons beaucoup plus au **théodolite électronique FET 220** et au **niveau à lunette du type outil de nivellement optique GOL 32 D** avec un N° d'article : 3601 K68500 vue leurs disponibilité dans la ville de Goma précisément au laboratoire de l'ULPGL/GOMA (Comme développé dans le chapitre précédent).

#### 2.2.1.2. Travaux à réaliser avec les instruments de recherche [10] [12]

##### ➤ **Théodolite FET 220**

- ❖ Relevés altimétrique.
- ❖ Mesures d'angles horizontaux et verticaux.
- ❖ Élévation d'un point précis au sol un chevalet d'alignement.
- ❖ Effectuer les différents levés topographiques.

##### ➤ **Niveau à lunette GOL 32 D**

- ❖ Nivellement de précision
- ❖ Implantation de points de nivellement
- ❖ Contrôle de hauteur
- ❖ Nivellement de rails et voies de ferrées
- ❖ Nivellement des canalisations et réseaux
- ❖ Travaux de terrassement
- ❖ Levée de plans topographiques

Le tableau 2-9 présente les caractéristiques techniques du niveau à lunette GOL 32 D

Tableau 2-9 : Caractéristiques techniques du niveau à lunette GOL 32 D. Bosch Gol professional

Unité de mesure	400 gon
Grossissement	32 x
Précision de mise à niveau	1 mm sur 30 m
Portée	120 m
Étanchéité à l'eau et à la poussière	IP 54
Filetage du trépied	5/8"
Température de service	-10 – 50 °C
Température de stockage	-20 – 70 °C
Poids env.	1,5 kg

#### 2.2.2. Mode et conditions d'utilisation [11]

### 2.2.2.1. Précision des appareils topographiques

Le tableau 2-10 présente les précisions des appareils topographiques

Tableau 2-10 : Précisions des appareils topographiques. Manuel de topographie destiné aux hydrotechniciens

Instrument	Précision	Remarque
Mètre ruban (distance)	$4 \text{ mm} * \sqrt{L}$	(L en m)
Mètre pliant (distance)	$2 \text{ mm} * \sqrt{L}$	(L en m)
Niveau à lunette (dénivellation)	$16 \text{ mm} * \sqrt{L}$ $32 \text{ mm} * \sqrt{L}$	(L en km) mesures de précision (L en km) mesures normales
Niveau à lunette (distance)	$1 \text{ à } 3 \text{ mm} * \sqrt{L}$	(L en m) précision dépendante de l'appareil
Théodolite (dénivellation)	$40 \text{ mm} * \sqrt{L}$	(L en km)
Théodolite (distance)	$1 \text{ à } 3 \text{ mm} * \sqrt{L}$	(L en m) précision dépendante de l'appareil

### 2.2.2.2. Précision des appareils topographiques en relation avec les conditions de travail

Le tableau 2-11 présente la précision des instruments topographiques en relation avec les conditions de travail

Tableau 2-11 : Précision des instruments topographiques en relation avec les conditions de travail. Manuel de topographie destiné aux hydrotechniciens

Instrument	Conditions optimales	Conditions ordinaires	Mauvaises conditions
Mètre ruban (distance)	$4 \text{ mm} * \sqrt{L}$	$10 \text{ mm} * \sqrt{L}$	$25 \text{ mm} * \sqrt{L}$
Mètre pliant (distance)	$2 \text{ mm} * \sqrt{L}$	$5 \text{ mm} * \sqrt{L}$	$12,5 \text{ mm} * \sqrt{L}$
Niveau à lunette (dénivellation)	$16 \text{ mm} * \sqrt{L}$ $32 \text{ mm} * \sqrt{L}$	$40 \text{ mm} * \sqrt{L}$ $80 \text{ m} * \sqrt{L}$	$100 \text{ mm} * \sqrt{L}$ $200 \text{ mm} * \sqrt{L}$
Niveau à lunette (distance)	$1 \text{ à } 3 \text{ mm} * \sqrt{L}$	$3 \text{ à } 8 \text{ mm} * \sqrt{L}$	$6 \text{ à } 20 \text{ mm} * \sqrt{L}$
Théodolite (dénivellation)	$40 \text{ mm} * \sqrt{L}$	$100 \text{ mm} * \sqrt{L}$	$250 \text{ mm} * \sqrt{L}$
Théodolite (distance)	$1 \text{ à } 3 \text{ mm} * \sqrt{L}$	$3 \text{ à } 8 \text{ mm} * \sqrt{L}$	$6 \text{ à } 20 \text{ mm} * \sqrt{L}$

### 2.2.2.3. Champ d'application des quelques instruments topographiques

Le tableau 2-12 présente le champ d'application des quelques instruments topographiques

Tableau 2-12 Champ d'application des quelques instruments topographiques. Manuel de topographie destiné aux hydrotechniciens

<b>Instrument</b>	<b>Distance</b>	<b>Dénivellation</b>
Mètre pliant	Courtes distances (< 5 m)	-
Mètre ruban	Distances moyennes (>5m et < 100 m)	-
Altimètre	-	Pré-étude
Niveau à lunette	Longues distances (>100 m)	Terrain plat
Théodolite	Longues distances (> 100 m)	Terrain accidenté

### 2.3. Etude des méthodes d'implantation

Cette étude est faite sur base de la chronologie des travaux d'implantation comme dit dans le chapitre précédent dont la préparation ; l'implantation sur terrain et le contrôle d'implantation. Ainsi pour bien mener cette étude, nous prendrons chaque instrument de sa part.

#### 2.3.1. Préparation [5]

Avant d'entamer les travaux d'implantation, nous collecterons d'abord certaines nécessaires informations telles que le plan de situation du tronçon, le plan de masse du tronçon, le plan d'implantation du tronçon et les matériels à utiliser.

##### 2.3.1.1. Le plan de situation

Ce plan nous parlera de la localisation du terrain où l'implantation sera faite par rapport à des repères fixés tels que les rues boulevard.

##### 2.3.1.2. Le plan de masse

Nous permettra de localiser le site d'implantation et ses abords immédiats, dont

- Propriété non bâti
- Limite de construction voisine.

##### 2.3.1.3. Le plan topographique [1]

C'est un plan de masse reporté sur un relevé topographique. Le plan topographique étant un plan donnant l'allure altimétrique du terrain.

Pour y arriver, nous passerons par le levé planimétrique et altimétrique du site. D'où la procédure :

### 2.3.1.3.1. Levé planimétrique

Le levé planimétrique consiste à mesurer les angles et les distances au sol. Nous utiliserons la méthode du levé par rayonnement tel que la procédure la décrit dans les lignes qui suivent :

#### 2.3.1.3.1.1. Levé par rayonnement

Cette méthode s'appuie sur le principe géométrique de la détermination d'un point par coordonnées polaires (figure 2-21) et elle nous permettra de trouver :

- L'emprise de notre tronçon et
- Les angles des courbures

Pour une bonne comparaison des mesures, nous utiliserons ces instruments topographiques chacun d'eux à son tour :

- Le théodolite électronique FET 220 avec ses accessoires (mire et trépied)
- Le niveau à lunette FET 220 avec ses accessoires aussi

Chaque point lors du levé est défini par :

- **L'angle  $\theta$**  : qui est déterminé depuis la distance A à partir d'un axe fixe AB.
- **La distance D** : qui définit la position des points (a, b, c) par rapport à la station (A).

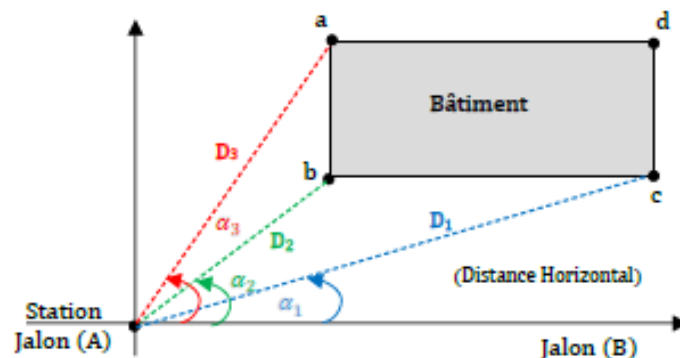


Figure 2-22 : Principe du levé par rayonnement. Polycopie. Cours : Topographie 2

La valeur de l'angle horizontal (en grades) ainsi que celle de la distance (en mètres) forment les coordonnées polaires d'un point (figure 2-22).

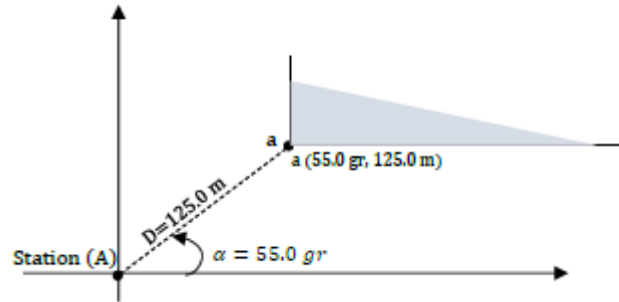


Figure 2-23 : Coordonnées polaires d'un point. Polycopie. Cours : Topographie 2

Nous suivons cette **procédure** pour effectuer le levé par rayonnement :

- 1) Faire un croquis général du site à lever,
- 2) Matérialiser la ligne d'opération et les points de détail à l'aide de jalons,
- 3) Faire la mise en station de l'appareil topographique,
- 4) Régler la nivelle de l'appareil à l'aide des vis calantes,
- 5) Viser les points de détail avec la lunette topographique,
- 6) Noter les valeurs des lectures effectuées dans l'ordre suivant :  
Lecture supérieure (**lsup**), Lecture moyenne (**lmoy**), et Lecture inférieure (**linf**).
- 7) Faire la lecture de l'angle vertical,
- 8) Calculer les distances en utilisant la formule :

$$D = 100 (lsup - linf) \quad 2.1$$

- 9) Faire la lecture de l'angle horizontal (Hz) sur le cercle horizontal de l'appareil pour chacune des directions.
- 10) Calculer les angles horizontaux ( $\alpha$ ) en utilisant la formule suivante :

$$\alpha = Hz (suivant) - Hz (précédent) \quad 2.2$$

#### 2.3.1.3.1.2. Levé altimétrique

Le levé altimétrique est un ensemble des opérations permettant de déterminer les altitudes et les dénivelées par rapport au niveau moyen des mers au repos, afin d'établir des plans et des cartes topographiques. L'altitude d'un point est la distance, en mètre, entre ce point et une surface se trouvant au niveau moyen des mers, qui correspond à la valeur 0 (figure 2-24). La dénivelée représente la différence d'altitude entre deux points, en valeur et en signe (figure 2-25).

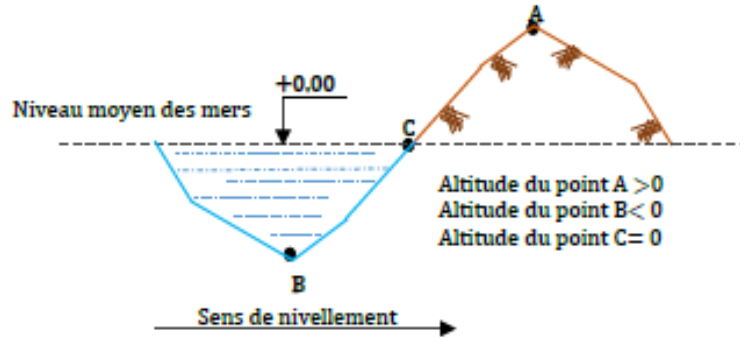


Figure 2-24: Altitude d'un point. Polycopie. Cours : Topographie 2

Nous suivons cette **procédure** pour calculer la dénivelée :

1. Se rassurer du sens du nivellement

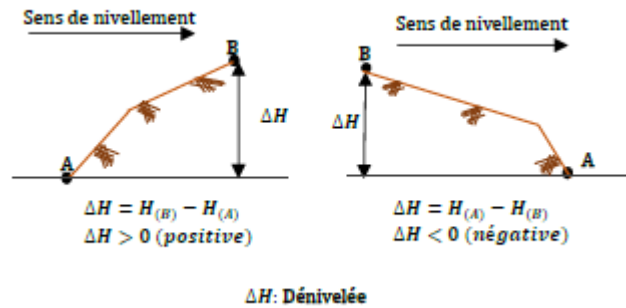


Figure 2-25: Schématisation d'une dénivelée. Polycopie. Cours : Topographie 2

2. Tenir compte de l'orientation des angles (vers le haut ou vers le bas)

➤ **Levé altimétrique avec le théodolite**

L'axe horizontal de théodolite n'étant pas horizontale il existe une pente. (Angle vers le haut ou vers le bas). D'où :

**1<sup>er</sup> cas : Angles vers le haut**

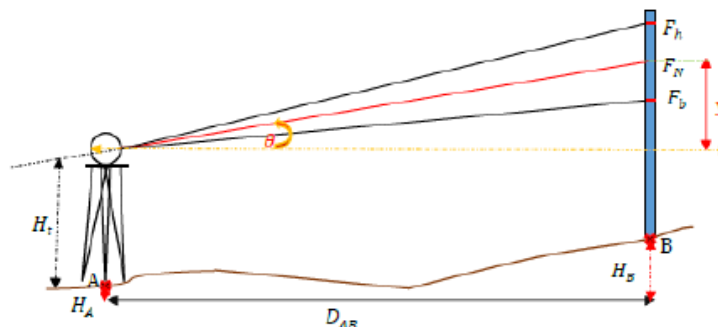


Figure 2-26 : Vue inclinée angles vers le haut. Polycopie. Cours : Topographie 2

$$DAB = (Fh - Fb) * k * \cos 2\theta + (c * \cos \theta) \quad 2.3$$

$$HB = HA + Ht - FN + y \quad 2.4$$

Avec :

$HB$  = La hauteur de point B

$DAB$  = Distance horizontale

2<sup>ème</sup> cas : Angles vers le bas

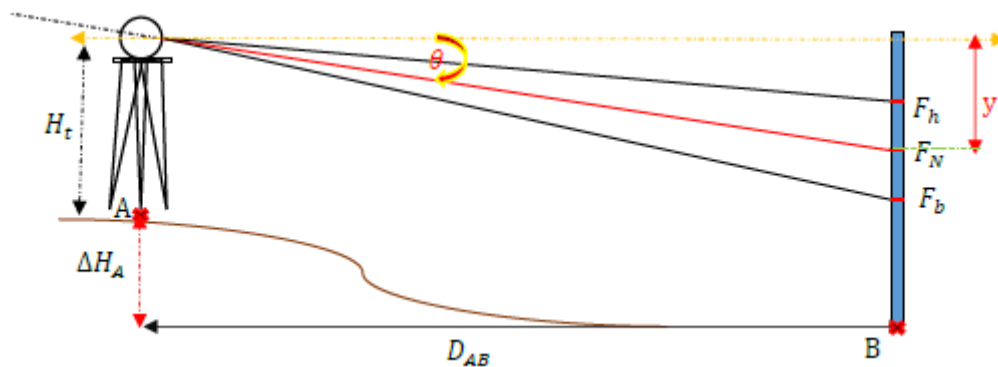


Figure 2-27: Vue inclinée angles vers le bas. Polycopie. Cours : Topographie 2

$$DAB = (Fh - Fb) * k * \cos 2\theta + (c * \cos \theta) \quad 2.5$$

$$HB = HA + Ht - FN + y \quad 2.6$$

$$y = (1/2 (Fh - Fb) * \sin 2\theta * k) + (c * \sin \theta) \quad 2.7$$

$$\Delta HAB = DAB * \text{tg} \theta \quad 2.8$$

Avec :

$DAB$  = Distance horizontale

$HB$  = La hauteur de point B

$\Delta HAB$  = La dénivelée

➤ Levé altimétrique avec le niveau à lunette

Cas : Vue Horizontale: ( $\theta=0$ )

Etant donné que le tronçon est long, nous procéderons par cheminement. D'où [16] :

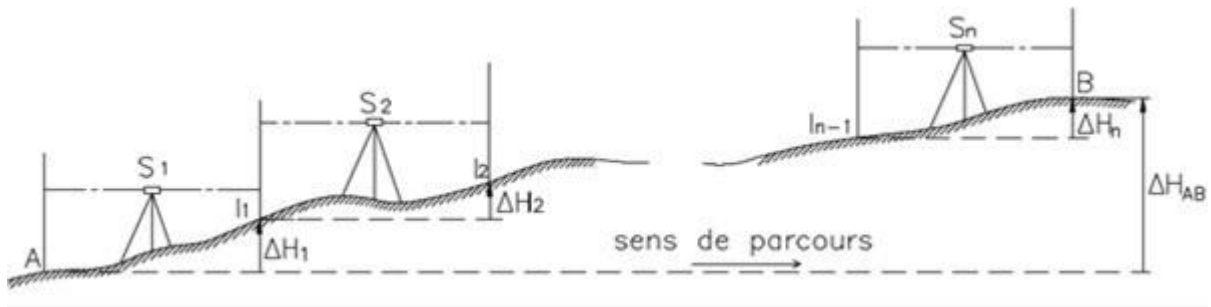


Figure 2-28: Levé par cheminement. Nivellement Direct

L'axe horizontal du niveau à lunette est dans sa position horizontale, il n'y a pas d'angle (ni vers le haut ni vers le bas). (Figure 2-29)

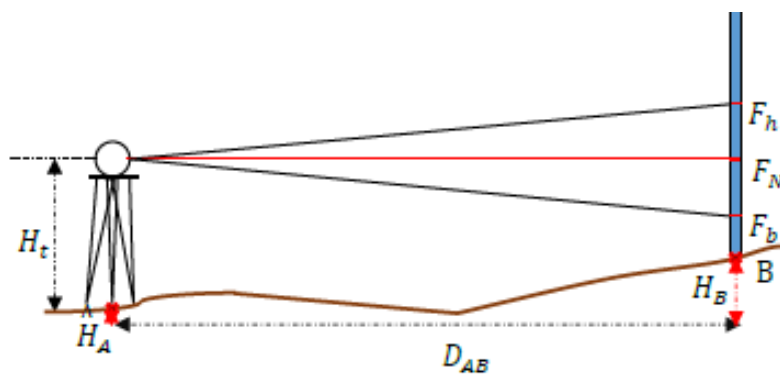


Figure 2-29 : Vue horizontale. Polycopie. Cours : Topographie 2

- La distance horizontale sera trouvée par :

$$DAB = (Fh - Fb) + c \quad 2.9$$

Avec **DAB**: Distance horizontale ; **k**: Constante Tachéométrique et **c**: Constante (Ajouter). Généralement les caractéristiques K, et c donné avec l'appareil (**k = 100**; **c = 0**).

- La hauteur de point B aussi par :

$$HB = HA + Ht - FN \quad 2.10$$

- La dénivelée aussi par :

$$\DeltaHAD = \DeltaHAB + \DeltaHBC + \DeltaHCD \quad 2.11$$

### 2.3.1.3.3. Plans topographiques [5]

Les procédés topographiques ci-haut nous permettront de mesurer les détails de la surface de la terre et d'établir des cartes et des plans afin de les représenter et de procéder à l'implantation. Il s'agit soit

d'objets naturels, tels que plaines, collines, montagnes, cours d'eau, formations rocheuses ou forêts, soit d'objets créés par l'homme, tels que chemins, routes, bâtiments, villages ou étangs d'élevage. Une carte topographique peut également indiquer la pente du terrain. En effet, elle mentionne les points dont le niveau est élevé et ceux dont le niveau est bas, mais aussi la pente du terrain entre ces mêmes points.

Les descentes faites sur le tronçon et grâce aux logiciels Google Earth et QGIS, ont permis de trouver le plan de situation et de masse et ainsi que topographiques, utiles pour cette étude. (Les résultats de relevés topographiques de cette étude sont en annexe).

#### 2.3.1.4. Matériels utilisés [7] [14]

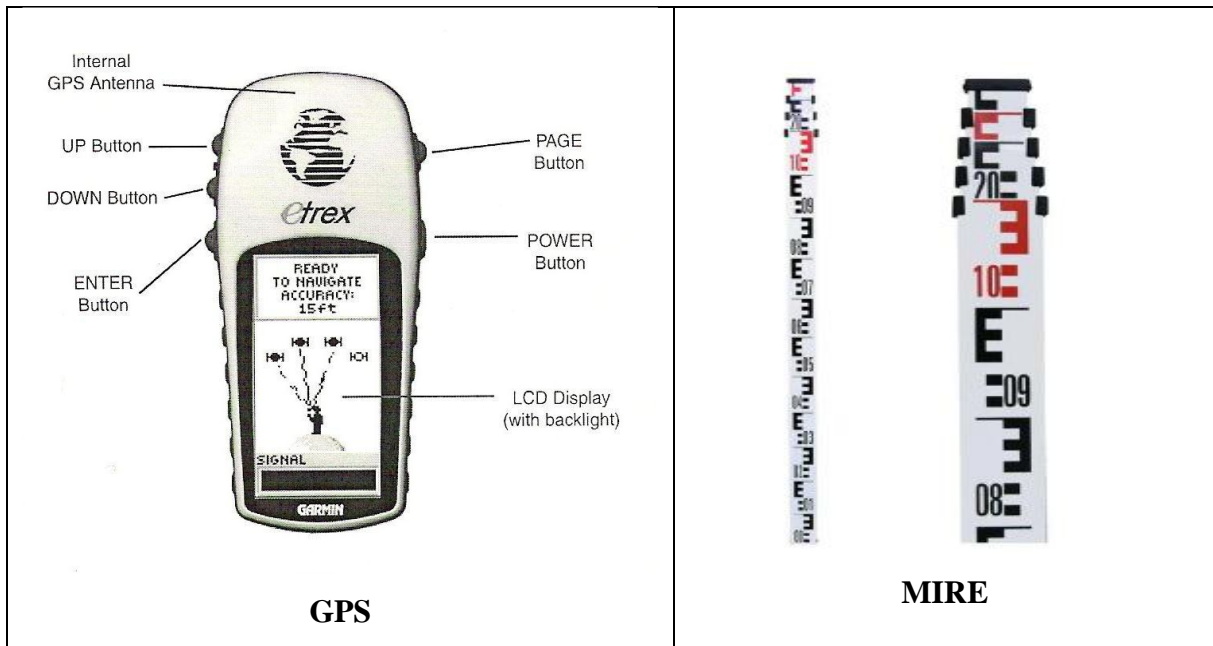
Les instruments utilisés doivent permettre de positionner des alignements ou des points : théodolites, équerres optiques, rubans, niveaux, etc. L'instrument choisi dépend de la précision cherchée, elle-même fonction du type d'ouvrage à implanter : précision millimétrique pour des fondations spéciales, centimétrique pour des ouvrages courants, décimétriques pour des terrassements, etc.

Les matériels à utiliser sont :

- 1) **Le théodolite** : nous utilisons pour cette étude un théodolite FET 220 dont sa description a été faite dans le chapitre précédent
- 2) **Le niveau à lunette** : nous utilisons pour cette étude aussi le niveau à lunette GOL 32 D dont sa description a été faite dans le chapitre précédent.
- 3) **Autres équipements** : Trépieds, mire, GPS, double mètre.

Tableau 2-13 : Tableaux autres équipements





### 2.3.2. Implantation sur terrain [5] [7] [8]

#### 2.3.2.1. Introduction

Il s'agira alors ici de l'implantation proprement dite et la procédure suivante sera suivie :

- 1) Reconnaissance du périmètre opérationnel ;
- 2) Etablissement du canevas planimétrique et altimétrique ;
- 3) Piquetage (matérialisation de l'implantation) ;
- 4) Repérage des points de référence ;
- 5) Mise en place des références ;
- 6) Détermination de positions en X et Y et l'altitude Z ;
- 7) Calcul des éléments d'implantation à l'aide des données mémorisées par les méthodes d'implantation topographiques ;
- 8) Matérialisation des points (piquets, bornes).

#### 2.3.2.2. Application des méthodes d'implantation topographique

##### A savoir sur tout travail d'implantation

Les instruments utilisés doivent permettre de positionner des alignements ou des points : théodolite, ruban, niveau à lunette, etc. L'instrument choisi dépend de la précision cherchée, elle-même fonction du type d'ouvrage à implanter : précision millimétrique pour des fondations spéciales,

centimétrique pour des ouvrages courants, décimétriques pour des terrassements, etc. Les principes suivants doivent être respectés :

- Aller de l'ensemble vers le détail ce qui implique de s'appuyer sur un canevas existant ou à créer ;
- Prévoir des mesures surabondantes pour un contrôle sur le terrain.

### 2.3.2.2.1. Méthodes d'implantation topographique

L'implantation topographique peut se réaliser par plusieurs méthodes (ou techniques) suivantes:

- 1) Implantation d'alignement
- 2) Implantation de points en planimétrie
- 3) Implantation des repères altimétriques
- 4) Implantation d'un bâtiment
- 5) Raccordement circulaire
- 6) Raccordement routiers
- 7) Terrassement d'un projet routier

Dans cette étude, en comparant l'implantation faite au théodolite et au niveau à lunette ; nous porterons notre attention sur deux méthodes : d'alignement et de points en planimétrie

#### 2.3.2.2.1.1. Implantation d'alignement

Tout en sachant qu'un alignement est une droite passant par deux points matérialisés au sol ; **cette méthode s'effectue sous plusieurs cas et chaque instrument sera utilisé selon son cas approprié suivant une procédure donnée.** D'où :

#### Cas d'implantation d'alignement

Nous pouvons trouver plusieurs cas, dont :

- ❖ **Tracer une perpendiculaire à un alignement existant** (au ruban, avec une équerre optique et avec un théodolite ou un niveau équipé d'un cercle horizontal)
- ❖ **Tracer une parallèle à un alignement existant** (tracé de deux perpendiculaires, parallélogramme et angles alternes-internes)
- ❖ **Alignement sécant à un alignement existant**
- ❖ **Pan coupé régulier**
- ❖ **Jalonnement sans obstacles**
- ❖ **Jalonnement avec obstacle** (franchissement d'une butte et contournement d'un obstacle)

❖ **Prolongement d'un alignement** (sans obstacles et au-delà d'un obstacle)

Nous nous focaliserons à quatre cas si le tronçon le permettrait :

- ❖ Tracer une perpendiculaire à un alignement existant (avec un théodolite ou un niveau équipé d'un cercle horizontal) ;
- ❖ Jalonnement avec obstacle (contournement d'un obstacle).

**1. Tracer une perpendiculaire à un alignement existant (Avec un théodolite ou un niveau équipé d'un cercle horizontal = Niveau à lunette)**

La procédure étant la même pour chaque instrument, cette méthode nous permettra de se rassurer de l'alignement de la voirie et de son emprise selon son prolongement. D'où trois procédures selon cas :

1) Si le point donné C est sur l'alignement AB, il suffit de stationner C, de viser A (ou B) et de pivoter l'appareil de **100 gon** (ou **300 gon**).

Ou si le point C est extérieur à l'alignement AB (fig. 2-30) une possibilité consiste à construire une perpendiculaire d'essai en stationnant un point M de l'alignement AB, choisi à vue proche de la perpendiculaire cherchée. L'opérateur mesure la distance  $d$  séparant la perpendiculaire d'essai et le point C et construit le point P sur AB en se décalant de la même distance  $d$ . Il obtient une précision acceptable en répétant l'opération deux ou trois fois.

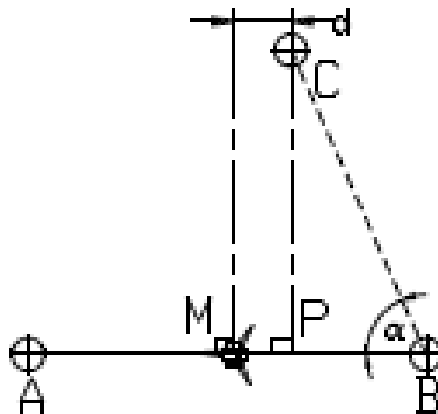


Figure 2-30 : Implantation d'alignement au théodolite et au niveau à lunette. Topographie et topométrie Tome 1 et 2

2) Une deuxième possibilité est de stationner en B (ou en A) et de mesurer l'angle  $\alpha = CBA$ .

Il faut ensuite stationner sur C et implanter la perpendiculaire à AB en ouvrant d'un angle de  $100 - \alpha$  depuis B. Il reste à construire l'intersection entre l'alignement AB et la perpendiculaire issue de C.

On contrôlera par : 
$$AC^2 = AP^2 + PC^2 \tag{2.12}$$

3) Une troisième possibilité est de placer un point E au milieu de AB (fig. 2-31) puis de stationner en C et mesurer les angles  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$ . On en déduit l'angle  $\alpha$  à ouvrir sur le théodolite pour obtenir la direction perpendiculaire à AB en résolvant l'équation suivante :

$$\frac{\cos(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha)}{\cos \alpha} = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} \tag{2.13}$$

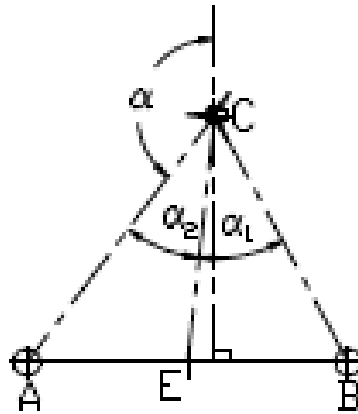


Figure 2-31 : Implantation d'alignement au théodolite et au niveau à lunette. Topographie et topométrie Tome 1 et 2

## 2. Jalonnement avec obstacle

### ❖ Moins d'obstacles

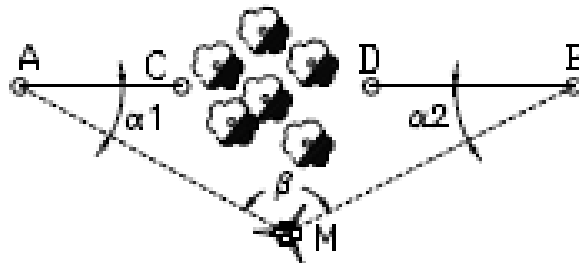


Figure 2-32 : Contournement d'obstacles. Topographie et topométrie Tome 1 et 2

**Procédure identique au théodolite et au niveau à lunette**

- Si l'on dispose d'un théodolite ou un niveau à lunette, on peut stationner un point M quelconque depuis lequel on voit A et B et mesurer l'angle AMB ( $\beta$ ) ainsi que les distances AM et BM (figure 2-32).
- On peut alors calculer les angles  $\alpha_1$  ou  $\alpha_2$ . Ensuite, on stationne sur A (ou B) puis, le zéro des angles horizontaux étant fixé sur M, on ouvre de l'angle  $(400 - \alpha_1)$  (ou bien  $\alpha_2$  depuis B).
- On peut écrire (figure 2-32) :

$$\frac{\sin \alpha_1}{BM} = \frac{\sin(200 - \alpha_1 - \beta)}{AM} = \frac{\sin(\alpha_1 - \beta)}{AM} \quad 2.14$$

$$AM \times \sin \alpha_1 = BM(\sin \alpha_1 \times \cos \beta + \sin \beta \times \cos \alpha_1) \quad 2.15$$

$$\text{Donc : } \cot \alpha_1 = \frac{AM}{BM \times \sin \beta} - \cot \beta \quad 2.16$$

### 2.3.2.2.1.2. Implantation de points en planimétrie

Cette méthode est en son tour subdivisée en deux : l'implantation de point en planimétrie **par abscisses et ordonnées** ainsi **que par rayonnement**.

Comme la méthode d'implantation de points en planimétrie par abscisses et ordonnées est utilisable si l'on ne dispose que d'un ruban en terrain régulier et à peu près horizontal ou d'une équerre optique en terrain accidenté ; nous n'allons pas l'utiliser mais aussi compte tenu du sujet du présent travail.

#### 1. Implantation de points en planimétrie par rayonnement

Ce procédé est adapté aux théodolites, mécaniques ou électroniques avec ou sans IMEL.

On connaît les coordonnées polaires topographiques d'un point P dans le repère (A, x, y), y étant un alignement AB donné.

**D'où la procédure au théodolite :**

- 1) Les coordonnées polaires topographiques sont, dans l'ordre, la distance horizontale  $Dh = AP$  et l'angle  $a = BAP$  positif en sens horaire (fig. 2-33).
- 2) Attention : si l'on dispose des coordonnées polaires mathématiques  $(Dh, \theta)$ , il faut implanter l'angle  $(100 - \theta)$  depuis l'axe y.

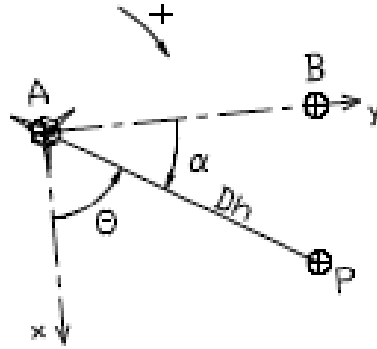


Figure 2-33 : Rayonnement. Topographie et topométrie Tome 1 et 2

3) :

- Si l'on dispose d'un théodolite et d'un ruban en terrain régulier et à peu près horizontal, l'opérateur stationne le théodolite en A et positionne le zéro du cercle horizontal sur AB.
- Il ouvre ensuite de l'angle  $\alpha$  depuis B et positionne P à la distance horizontale  $Dh$  de A.
- Le contrôle est effectué en calculant BP et en vérifiant cette cote sur le terrain. BP est calculée par résolution du triangle ABP dans lequel on connaît AB, AP et  $\alpha$ .

#### La procédure au niveau à lunette :

- **Installation de l'instrument :** placez le niveau à lunette sur un trépied stable, puis effectuer le nivellement pour garantir sa précision.
- **Point de référence :** Comme avec le théodolite, commencez par un point de référence sur le terrain, mais ici, vous devrez également déterminer l'altitude de ce point à l'aide du niveau.
- **Mesure des différences de niveaux :**
  - Utiliser le niveau à lunette pour mesurer la différence de niveau entre le point de référence et les différents points à implanter ;
  - Il faudra souvent installer des repères intermédiaires pour franchir les obstacles et effectuer des rayonnements avec précision.
- **Rayonnement vers le point cible :** A partir du point de référence, réalisez le rayonnement en utilisant des mesures indirectes. Si un obstacle bloque la ligne de visée directe, vous pouvez installer l'instrument à différents points relais et mesurer les différences de niveau par rapport aux points intermédiaires.
- **Implantation du point :**
  - Une fois les distances et altitudes vérifiées, marquez les points sur le terrain.

- Effectuer une vérification croisée pour vous assurer que le point implanté est exact, en utilisant les repères mesurés à partir de différents relais.

### 2.3.3. Contrôles

#### A savoir

La phase de contrôle d'une implantation est aussi importante que l'implantation elle-même.

Pour être fiable et représentatif de la précision d'implantation, un contrôle doit porter sur des **dimensions non implantées** déduites par calcul des éléments implantés.

#### Exemple typique d'un contrôle d'implantation

Voici en titre d'exemple, l'exemple qui nous guidera dans les contrôles de nos implantations :

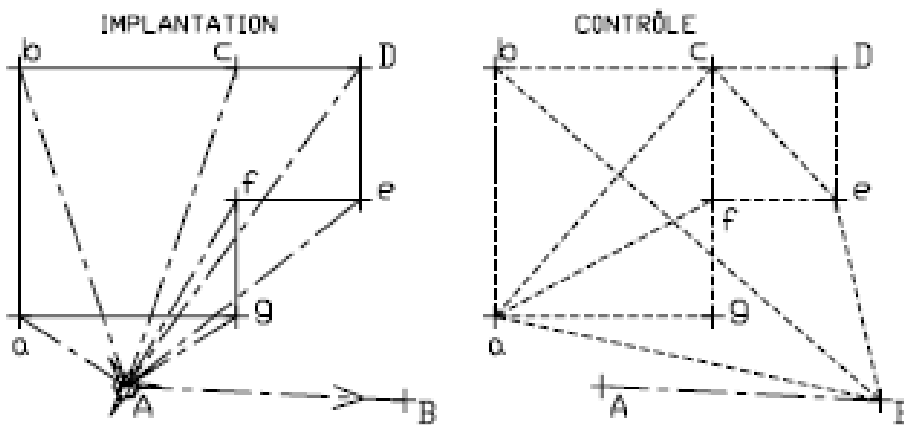


Figure 2-34 : Contrôle d'implantation. Topographie et topométrie Tome 1 et 2

#### Procédure :

- 1) Par exemple, si l'on implante une figure polygonale en coordonnées polaires, le premier contrôle à effectuer est la mesure des distances entre les sommets (a-b, b-c, etc., voir fig. 2-32). Ceci renseigne sur la précision de l'implantation. Un deuxième contrôle consiste en la mesure de diagonales du polygone de manière à s'assurer de l'allure générale de la figure implantée sur le terrain ; un contrôle complet, mais redondant, nécessiterait un découpage en triangles et la mesure de tous les côtés de tous les triangles.
- 2) Le dernier contrôle est la position du polygone par rapport à un point de référence, si possible non utilisé pour l'implantation ; cela permet de s'assurer qu'il n'y a pas eu d'erreur en orientation angulaire de l'ensemble du polygone. On implante le polygone ab-c-d-e-f-g (fig. 2-32) depuis A avec une visée de référence sur B et l'on contrôle depuis le point B. En phase de contrôle, on peut

voir en pointillé le minimum de mesures linéaires à effectuer pour contrôler l'implantation (en plus des mesures des côtés a-b, bc, etc.).

## 2.4. Elimination des fautes et calcul des erreurs [11] [17]

### 2.4.1. Introduction

**Une faute** étant défini comme l'inexactitude qui est due à l'opérateur, p.e lire 23 au lieu de 32, mais aussi à un mauvais calage de l'instrument. Il s'agit de l'incompréhension ou de la faiblesse de l'opérateur. Ces fautes peuvent être éliminées par une bonne vérification des résultats obtenues.

**Une erreur** est l'inexactitude qui est due à l'instrument. Chaque instrument a ses propres imperfections inévitables.

Il va arriver constamment que l'on effectue des observations en nombre supérieur à celui qui serait strictement nécessaire pour la détermination des quantités que l'on veut mesurer. Il s'agit, dans ce cas :

- de se ménager des vérifications,
- d'améliorer la qualité des résultats obtenus.

D'autre part, lors d'enchaînement ou de répétitions de mesures, il est nécessaire de pouvoir estimer les erreurs résultantes.

**L'étude porte donc :**

- sur la nature des erreurs,
- sur leur cumulation dans une succession de mesures.

**Et cela pour permettre :**

- le choix judicieux des instruments
- la discussion des opérations
- le contrôle des mesures

Bien qu'il y a plusieurs sous catégories des erreurs, entre autres : erreurs grossières ou erreurs parasites, erreurs systématiques, erreur accidentelle, erreur vraie et erreur apparente ; nous nous focaliserons beaucoup plus sur **les indices de dispersion(ou erreurs de fidélité)** dont l'erreur probable (**ep**), erreur moyenne arithmétique (**ea**) et l'erreur moyenne quadratique (**emq**) ou Ecart-type ( **$\sigma$** )

Tout en sachant que La fidélité d'un instrument de mesure est la qualité qui caractérise son aptitude à donner, pour une même valeur de la grandeur mesurée, des indications concordantes entre elles. Ces indices de dispersion sont des unités de mesure des erreurs accidentelles. On démontre (calculs de probabilités) qu'ils sont liés par la relation :

$$4 \times emq = 5 \times ea = 6 ep \quad 2.17$$

### 2.4.2. Procédure de calculs

Etant donné que la mesure est toujours une approximation de la réalité, il y aura toujours une différence entre la mesure et la réalité parce que la valeur réelle reste toujours inconnue, on prendra alors plusieurs mesures lors des levé .

Ceci étant, voici la procédure :

- 1) Calcul de la moyenne (**Mr**) des résultats par la somme de tous les résultats (**Rn**), divisée par le nombre de mesure (**n**) ;

$$Mr = (\sum Rn) / n \quad 2.18$$

- 2) Calcul de l'erreur résiduelle (**er**) : qui est la valeur absolue de la différence entre le résultat de chaque mesure (**Mi**) et la moyenne des résultats (**Mr**)

$$er = Mi - Mr \quad 2.19$$

- 3) Calcul de **la tolérance des lectures**:

- La Tolérance (**T**) égale :

$$T = 2.7 \times \sigma \quad 2.20$$

- Sur un parcours de **N** dénivelées, l'écart type égale :

$$\sigma = \pm 1.73\sqrt{N} \quad 2.21$$

- La tolérance pour la fermeture du parcours égale:

$$T\Delta H = 4.6\sqrt{N}(mm) \quad 2.22$$

- 4) Connaissant l'altitude exacte d'un point (soit A), on peut calculer la fermeture du cheminement.

$$fH = HA_{obs} - HA \quad 2.23$$

Si  $T\Delta H$  est la tolérance réglementaire, on doit vérifier que:

$$fH < T\Delta H \quad 2.24$$

Si non on doit refaire les mesures.

**Procédure pour trouver  $H_{A obs}$ .**

Connaissant l'altitude d'un point repère R, on peut mesurer l'altitude d'un autre point A à partir de R, en fait l'altitude mesurée n'est pas l'altitude exacte du point A vu les erreurs commises lors des mesures, On appelle l'**Altitude observé** ( $H_{A \text{ obs.}}$ ).

**NB :**

- L'erreur moyenne quadratique doit être inférieure à la précision et cela très souvent consiste en deux mesures.
- La formule précédente ( $T = 2,7 \times \sigma$ ) est valable pour des écarts vrais "e". Pour des écarts apparents, elle devient :  $T = 2,58 \times \sigma$ .
- Les tableaux des précisions des instruments topographiques et leurs champs d'application tenant compte des conditions du terrain seront en annexe.

5) Comparer lors d'une implantation l'écart entre la valeur mesurée et la valeur recherchée. Si l'écart est différent de 0, l'implantation est à refaire selon le comportement de l'écart.

## 2.5. Calcul du temps d'exécution

Afin de comparer le temps total nécessaire pour réaliser l'implantation pour chaque méthode ainsi que le temps moyen par point ou par opération, nous procéderons comme-suit :

### 2.5.1. Temps d'implantation au théodolite

Le théodolite est généralement plus rapide pour réaliser des implantations de points avec des mesures d'angles précises, surtout pour des distances longues et en terrain dégagé. Toutefois, plusieurs facteurs influencent le temps nécessaire pour l'implantation, dont :

- ❖ La mesure des angles
- ❖ Les calculs et ajustements
- ❖ Le temps de travail

### 2.5.2. Temps d'implantation avec le niveau à lunette

Le niveau à lunette, bien que plus simple d'utilisation, peut prendre plus de temps pour contourner des obstacles ou effectuer des rayonnements, notamment lorsqu'il est nécessaire de prendre plusieurs points relais pour assurer la continuité des mesures. Plusieurs facteurs influencent aussi le temps nécessaire pour l'implantation :

- ❖ Mesure des altitudes
- ❖ Rayonnement et relais
- ❖ Temps de travail

### 2.5.3. Procédure de mesure du temps d'implantation

Etant donné que les facteurs influençant le temps d'implantation sont moyennement identiques pour nos deux instruments, identiquement des instruments et spécifiquement avec chaque méthode ; nous procéderons de la manière suivante :

- Calcul du temps d'installation
- Calcul du temps de prise de mesure et mesure d'angles pour chaque méthode (technique) d'implantation.
- Calcul du temps d'implantation
- Calcul de démontage et de déplacement (si possible)
- Calcul du temps total estimer pour une implantation topographique compte tenue des méthodes (techniques) utilisées.

## 2.7. Etude du coût [18] [19]

Pour y arriver, nous porterons notre attention aux facteurs influençant le coût d'une implantation au théodolite et au niveau à lunette. D'où

### 2.7.1. Facteurs influençant le coût d'une implantation au théodolite

Le coût d'implantation au théodolite est souvent influencé par :

- ❖ Le coût d'achat ou de location de l'instrument
- ❖ Le coût de la main d'œuvre
- ❖ Maintenance et accessoires (équipements)

### 2.7.2. Facteurs influençant le coût d'une implantation au théodolite

L'influence du coût avec le niveau à lunette est identique à celle du théodolite.

### 2.7.3. Procédure de calcul du coût d'implantation

- Se rassurer d'abord avoir trouvé le temps estimer (**Tt**) pour chaque méthode d'implantation topographique ;
- Focaliser son attention à trouver le coût total d'implantation, des équipements et de la main-d'œuvre.
- Le cout total (**CT**) sera la somme du cout de la main-d'œuvre (**C<sub>mo</sub>**) et des équipements (**C<sub>eq</sub>**).

$$CT = C_{mo} + C_{eq}$$

2.25

Avec:

$$C_{mo} = (TH \times Tt) + FG_{eq} \quad 2.26$$

Avec :

**TH** : Taux Horaire ; **FG<sub>eq</sub>** : Frais Généraux des Equipements et **Tt** : Temps de travail

## 2.8. Conclusion partielle

Ce chapitre a présenté les matériels que nous allons utiliser dans le cadre de cette étude, en précisant leurs fonctions, leurs modes et conditions d'utilisation ainsi que leurs précisions. Il a également introduit les méthodes d'implantation propres à chaque appareil étudié, dans le but de déterminer lequel serait le plus adapté selon les conditions d'usage. Ensuite, une analyse économique pour évaluer le cout d'implantation, en tenant compte du matériel utilisé, ainsi que du temps nécessaire à la réalisation. Enfin, les plans de situation, de masse, de pente et topographiques ont été réalisés à l'aide des logiciels Google Earth, ArcGIS et Sketchup 2021 (pour la modélisation des dénivelées et des pentes).

# CHAPITRE 3 : PRÉSENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS

## 3.1. Introduction

Le présent chapitre illustre une étude comparative d'implantation au tachéomètre (théodolite plus précisément) et au niveau à lunette en considérant les mêmes méthodes et les mêmes points de

repère pour les deux instruments topographiques constituant l'objet majeur du présent travail tout en se référant à la méthodologie prédéfinis au chapitre précédent.

Cependant, en considérant la situation du champ d'application ; ce chapitre se base sur l'étude comparative des méthodes d'implantation mais aussi le coût ainsi que le temps d'implantation compte tenu des méthodes ou techniques d'implantation utilisées.

## **3.2. Etude des méthodes d'implantation**

### **3.2.1. Présentation des résultats**

Se basant de la chronologie des travaux topographiques, nous présentons dans cette partie les différents plans dont les plans de situation, de masse et d'implantation. Nous présentons aussi les instruments qui nous ont permis à réaliser cette étude

#### **3.2.1.1. Plan de situation, masse et de localisation**

(Voir l'annexe)

#### **3.2.1.2. Carte topographique**

(Voir l'annexe)

#### **3.2.1.3. Plan d'implantation**

Afin d'arriver, nous allons présenter les résultats du canevas planimétrique et altimétrique ; ce qui s'est fait trouver par le levé topographique de la voirie.

##### **3.2.1.3.1. Canevas altimétrique**

Ce canevas est l'ensemble des résultats du levé altimétrique par la méthode de levé par cheminement étant donné que la voirie a une distance presque double du champ de nos instruments.

#### **❖ Levé par cheminement avec le Théodolite FET 220 et le Niveau à lunette GOL 32 D**

Le point de repère (A) de base étant situé au prolongement de l'arrête de l'atelier du département de génie civil et le point de repère (B) final au portail d'entrée du camus Salomon-ulpgl/goma.

Entre ces deux points repères (A et B), nous avons eu deux stations, comme les figures (3-35 et 3-36) le démontrent.

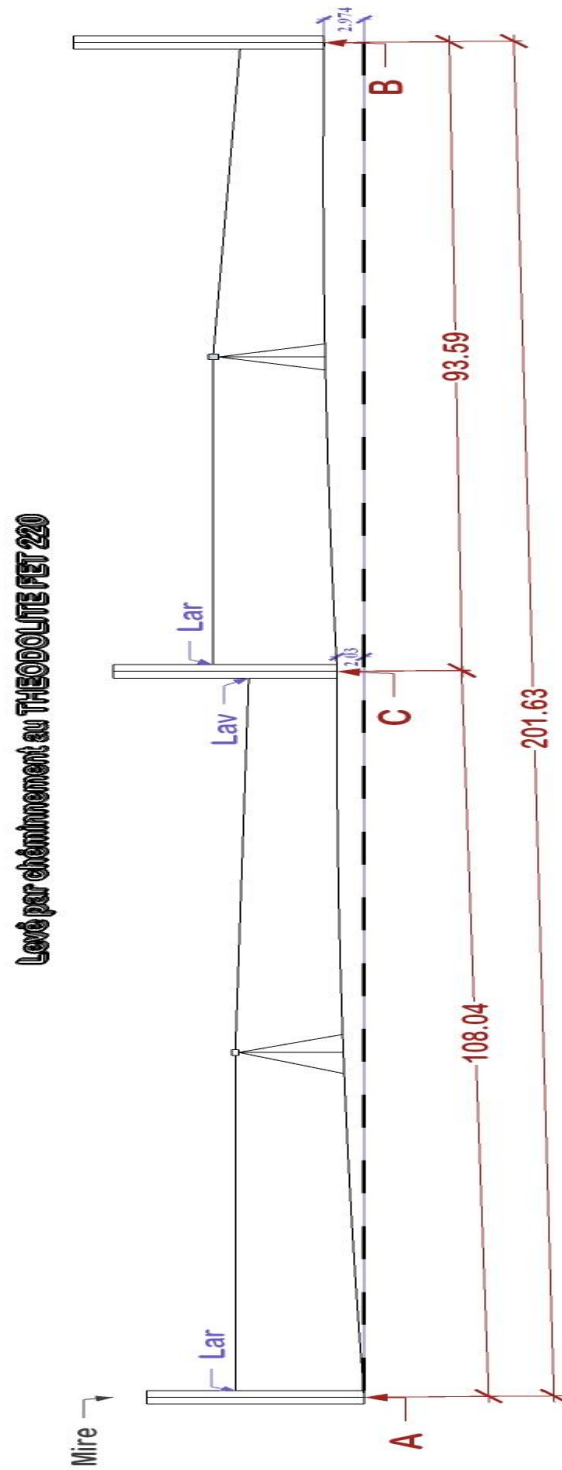


Figure 3-35 : Levé par cheminement au Théodolite FET 220

Levé par cheminement au NIVEAU A LUNETTE GOL 32 D

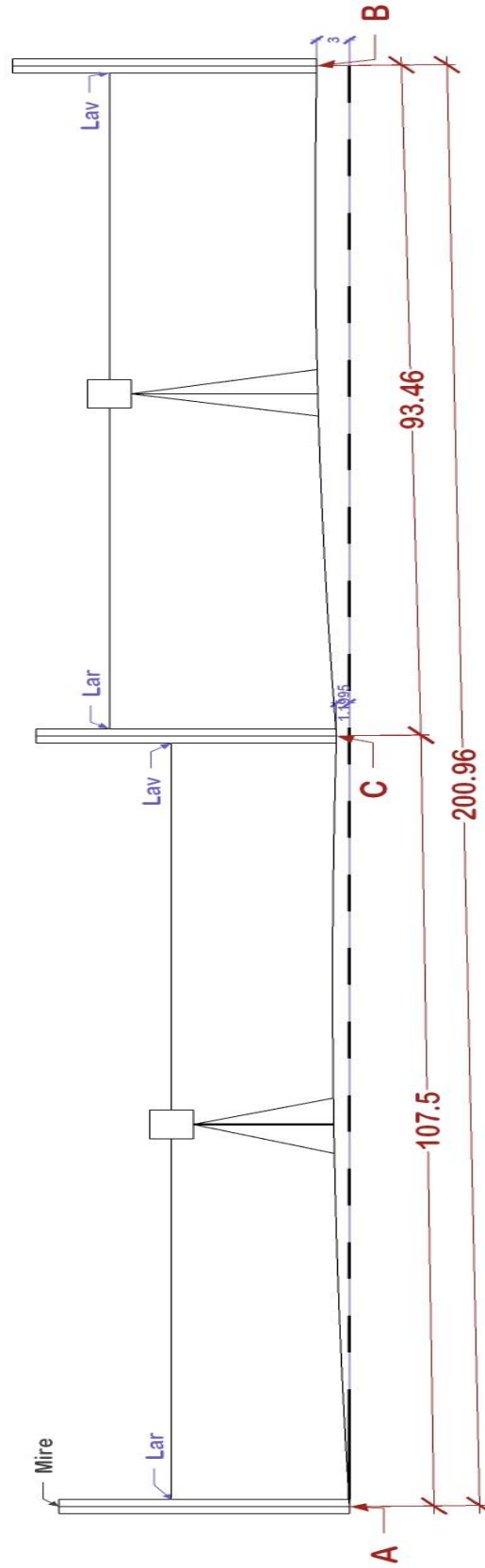


Figure 3-36 : Levé par cheminement au Niveau à lunette GOL 32 D

a) Avec le Théodolite FET 220

➤ Voirie allant des ateliers (Génie Civil et Mécanique) vers le portail du Campus Salomon

Le tableau 3-14 présente le canevas des résultats du levé par cheminement fait par le théodolite de la voirie allant des ateliers (Génie Civil et Mécanique) vers le portail du Campus Salomon

Tableau 3-14 : Relevés topographique au Théodolite FET 220

Station	Point repère	Observation			Dh (m)		Angle (gon)	Dh moy.		Niv.App.(m)		Denivelée (m)		Altitude (m)	Comp	Dén.Comp.		Alt. Comp.	
		Fils	Lecture	Vér.	LAR	LAR		LAR	LAV	LAR	LAV	(+)	(-)			(+)	(-)		
1	A	Sup	2300	0	42.5		100	42.55		2.088	0.58		1490.5	1.45	2.03		1490.5		
		Niv	2088																
		Inf	1875																
	C	Sup	2300	0.003	42.6		100	65.49	98.9	65.49			1.508					1491.08	1492.53
		Niv	2084																
		Inf	1874																
2	C	Sup	1835	0	65.49	98.9	98.9	49.15		2.309	0.506		1491.08	0.944		1493.5			
		Niv	1508																
		Inf	1180																
	B	Sup	1835	0.002	44.44	96.7	96.7	44.44	44.44	2.815			1490.574				1493.5		
		Niv	1505																
		Inf	1180																
SOMME									4.397	4.323	0.58	0.506							
ECART									0.074		0.074								
DIFFERENCE D'ALTITUDE (HAobs - HA)												0.074							
FERMETURE (HAobs - HBdonnée)												(-) 2.9							

Avec  $CH = - f/N$

➤ Voirie allant du home des garçons vers la faculté d'économie

Le tableau présente le canevas des résultats du levé par cheminement fait par le théodolite de la voirie allant du home des garçons vers la faculté d'économie.

HD= 1493.5 m

HE = 1494.5 m

Tableau 3-15 : Relevés topographique au Théodolite FET 220 (Home-Economie)

Station	Point	Observation			Dh (m)		Niv. App. (m)		Angle (gon)	Dénivelée		Altitude
		Fils	Lecture	Vér.	LAR	LAV	LAR	LAV		(+)	(-)	
P	D	Sup	2745	0.001	53.95		2.473		101.1	1.774		1493.5
		Niv	2473									
		Inf	2205									
	E	Sup	869	0	40		0.699	97.7			1495.274	
		Niv	699									
		Inf	469									
SOMME					53.95	40	2.473	0.699		1.774	0	
ECART							<b>1.774</b>			<b>1.774</b>		
DIFFERENCE D'ALTITUDE											<b>1.774</b>	
FERMETURE											<b>0.774</b>	

Le cheminement allant du point P au point C avec P, le point d'intersection de nos deux voiries, situé sur l'alignement (AB) allant des ateliers vers le portail du campus Salomon. Ceci étant, le tableau présente le relevé ce petit tronçon P-C

**HP = 1.570m**

Tableau 3-16 : Relevé topographique au Théodolite FET 220 (intersection)

Point	Observation			Dh (m)		Dénivelée		Angle (gon)
	Fils	Lecture	Vér.	LAR	LAV	(+)	(-)	
P-C	Sup	2460	0.0005		10.7	0.836		96.7
	Niv	2406						
	Inf	2353						

**b) Avec le niveau à lunette GOL 32 D**

➤ **Voirie allant des ateliers (Génie Civil et Mécanique) vers le portail du Campus Salomon**

Tableau 3-17 présente le canevas des résultats du levé par cheminement fait par le théodolite de la voirie allant des ateliers (Génie Civil et Mécanique) vers le portail du Campus Salomon

Tableau 3-18 : Relevés topographiques au Niveau à lunette GOL 32 D

Station	Point repère	Observation			Dh (m)		Angle (gon)	Dh moy.		Niv.Ap.(m)		Denivelée		Altitude (m)	Comp	Dén. Comp		Alt. Comp.											
		Fils	Lecture	Vér.	LAR	LAV		LAR	LAV	LAR	LAV	(+)	(-)			(+)	(-)												
1	A	Sup	2678	0.003	42.6		100	42.6	2.465				1490.5	(-) 0.7505			1490.5												
		Niv	2462																										
		Inf	2252																										
		Sup	2672	0.002	42.6																								
		Niv	2461																										
		Inf	2246																										
	Sup	2678	0	42.6																									
	Niv	2465																											
	Inf	2252																											
	C	Sup	839	0		64.9																							
		Niv	515																										
		Inf	190																										
Sup		840	0.0005	64.9	64.9	0.515		1.95																					
Niv		515																											
Inf		191																											
Sup	839	0.0015	64.9																										
Niv	516																												
Inf	190																												
2	C	Sup	3210		0.002	48.9	100	48.96	2.960				1492.45	(-) 0.7505			1491.6995												
		Niv	2968																										
		Inf	2721																										
		Sup	3210	0.005	49	49																							
		Niv	2970																										
		Inf	2720																										
		Sup	3205	0	49																								
		Niv	2960																										
		Inf	2715																										
	B	Sup	630	0	44.5															44.5	0.409	2.551			1495.001	1.8005			1493.5
		Niv	408																										
		Inf	185																										
		Sup	630	0.0015	44.5																								
		Niv	409																										
		Inf	185																										
		Sup	628	0.0015	44.5																								
		Niv	404																										
		Inf	183																										
SOMME								5.425	0.924	4.501																			
ECART								4.501																					
DIFFERENCE D'ALTITUDE (Hobs - HA)												4.501																	
FERMETURE (Hobs - Hdonnée)										1.501																			

➤ **Voirie allant du home des garçons vers la faculté d'économie**

Le tableau est le canevas des résultats du levé par cheminement fait par le théodolite de la voirie allant du home des garçons vers la faculté d'économie.

HD= **1493.5 m**

HE = **1494.5 m**

Tableau 3-19 : Relevés topographique au Niveau à lunette GOL 32 D (Home-Economie)

Station	Point	Observation			Dh Moy. (m)		Niv.Ap (m)		Angle (gon)	Dénivelée		Altitude
		Fils	Lecture	Vér.	LAR	LAV	LAR	LAV		(+)	(-)	
P	D	Sup	2090	0.0005	39.05		1.895		100	0.95		1493.5
		Niv	1894									
		Inf	1699									
		Sup	2090	0								
		Niv	1895									
		Inf	1700									
	E	Sup	1220	0	54.8		0.945			0.95	0	1494.445
		Niv	945									
		Inf	670									
		Sup	1215	0.0025								
		Niv	945									
		Inf	670									
SOMME							1.895	0.945		0.95	0	
ECART							0.95			0.95		
DIFFERENCE D'ALTITUDE												
FERMETURE										(-) 0.055		

Le cheminement allant du point P au point C avec P, le point d'intersection de nos deux voiries, situé sur l'alignement (AB) allant des ateliers vers le portail du campus Salomon. Ceci étant, le tableau présente le relevé ce petit tronçon P-C

HP= 1480 m

Tableau 3-20 : Relevé topographique au Niveau à lunette GOL 32 D (intersection)

Point	Observation			Dh (m)		Dénivelée		Angle (gon)
	Fils	Lecture	Vér.	LAR	LAV	(+)	(-)	
P-C	Sup	1808	1001		10.8	0.273		100
	Niv	1753						
	Inf	1700						

### 3.2.1.3.1.1. Altitudes trouvées

Les altitudes trouvées aux points repères sont une moyenne d'altitudes du GPS et du Google Earth Map pour plus des précisions. D'où le tableau (3-21) présente les altitudes.

Tableau 3-21 : Altitudes trouvées

Point repère	Alt. Au GPS (m)	Alt. Google Earth Map (m)	Alt. Moyenne(m)
<b>A</b>	1492	1489	<b>1490.5</b>
<b>B</b>	1495	1492	<b>1493.5</b>
<b>D</b>	1495	1492	<b>1493.5</b>
<b>E</b>	1496	1493	<b>1494.5</b>

**3.2.1.3.1.2. Hauteurs-instruments en rapport avec la station**

Tableau 3-22 : Hauteurs-instruments en rapport avec la station

THEODOLITE FET 220		NIVEAU A LUNETTE GOL 32 D	
Station	Hauteur Instrument(m)	Station	Hauteur Instrument(m)
<b>1</b>	1.49	<b>1</b>	1.52
<b>2</b>	1.54	<b>2</b>	1.44
<b>P</b>	1.57	<b>P</b>	1.48

**Comparaison des levés effectués au niveau à lunette GOL 32 D et au théodolite FET 220**

➤ **Voirie principale allant des ateliers du génie civil et mécanique au partial du campus Salomon**

Deux levés altimétriques ont été réalisés sur le même itinéraire (repère) dans le cadre d'une étude comparative entre deux instrument : Le niveau à lunette GOL 32 D et le théodolite FET 220. Les deux levés ont débuté au point A, dont l'altitude connue est de 1490.5m et se sont terminés au point B, également connu, ce a permis de vérifier la fermeture du cheminement.

Le levé effectué avec le niveau à lunette a présenté une fermeture de 1.501 m, inférieur à l'écart admissible de 4.501 m. Cette erreur a été compensée sur l'ensemble du cheminement, rendant le levé conforme. En revanche, le levé au théodolite FET 220 a montré une fermeture de - 2.9 m ; alors que l'écart admissible était de seulement 0.506m, ce qui dépasse largement la tolérance. Ce qui indique soit une erreur de lecture, soit un défaut de manipulation ou de réglage de l'instrument. En résumé, bien que le théodolite soit plus précis par conception, le levé au niveau à lunette s'est révélé plus fiable ici grâce à une exécution plus rigoureuse.

Le tableau (3-23 et 3-24) résumant cette comparaison :

Tableau 3-23 : Comparaison des levés de la voirie principale, effectués au niveau à lunette GOL 32 D et au théodolite FET 220

Critère	Niveau à lunette GOL 32 D	Théodolite FET 220
Altitude de départ (Point A)	1490.5 m	1490.5 m
Altitude brute à l'arrivée (Point B)	1493.5 m	1493.5 m
Ecart admissible	4.501 m	0.506 m
Erreur de fermeture constatée	(+) 1.501 m	(-) 2.9 m
Levé conforme ?	Oui	Non
Compensation appliquée	Oui	Non (erreur trop élevée)
Confiance dans les résultats	Bonne	Faible (rélever à corriger)

➤ **Voirie allant du home de garçons à la faculté d'économie**

Le tableau () présente la comparaison entre le levé de la voirie allant du home de garçons à la faculté d'économie moyennant un théodolite FET 220 et un niveau à lunette GOL 32 D

Tableau 3-24 : Comparaison des levés de la voirie Home-Fac. Economie de la voirie principale, effectués au niveau à lunette GOL 32 D et au théodolite FET 220

Critère	Niveau à lunette GOL 32 D	Théodolite FET 220
Altitude de départ (Point A)	1490.5 m	1490.5 m
Altitude brute à l'arrivée (Point B)	1493.5 m	1493.5 m
Ecart admissible	0.95 m	1.774 m
Erreur de fermeture constatée	(-) 0.055 m	0.774 m
Distance horizontale totale	93.85 m	93.95 m
Dénivelée total mesurée	(+) 0.945 m	(+) 1.774

**Interprétation :**

- **Niveau à lunette GOL 32 D**
  - Ecart plus faible (0.95 m) pour presque la même distance.
  - Fermeture très faible (-0.055 m), ce qui indique un cheminement bien réalisé, avec de bonnes compensations.
  - L'écart est acceptable dans la pratique pour un levé de précision moyenne
- **Théodolite FET 220**
  - Ecart élevé (1.774 m) sur une courte distance : cela indique une imprécision significative dans le levé.

- Cette erreur peut venir soit d'un défaut de centrage ou de nivellement, soit d'une lecture imprécise sur la mire ou soit d'une mauvaise prise en compte de la pente (ou d'une erreur angulaire)
- Fermeture importante (0.774 m) : la boucle n'est pas bien fermée, ce qui met en cause la fiabilité du résultat.

**Conclusion :**

- Le niveau à lunette GOL 32 D donne des résultats nettement plus fiables est précise que le théodolite FET 220 dans ce cas.
- Le théodolite est plus complexe à manier, surtout si les erreurs systématiques ne sont pas compensées ou si l'angle vertical est mal géré.

**3.3. Implantation sur terrain**

Comme dit au chapitre précédent, nous suivons la procédure suivante :

**a) Reconnaissance du périmètre opérationnel**

Pour y arriver, notre voirie d'étude va du point A (situé au prolongement de l'arrête des ateliers du département du génie civil et mécanique) au point B (situé au portail du campus Salomon). Une autre voirie va du home des garçons d'où le point D vers la faculté d'économie d'où le point E.

Ceci étant, la voirie A-B fait intersection avec la voirie D-E au point P selon la figure

**b) Etablissement du canevas planimétrique et altimétrique**

Ces canevas sont déjà établis dans le point précédent (plans d'implantation)

**c) Piquetage et repérage des points de référence**

Après nous avoir rendu compte du périmètre, nous nous sommes fixés des points de repères en termes de station (où placer l'appareil et/ ou le mire, où prélever l'altitude avec le GPS), d'emprise supposée. Après quoi nous avons mis en place les points repères.

**d) Détermination de positions X et Y et l'altitude Z**

Afin de déterminer ces positions, nous avons utilisé **la méthode de levé et d'implantation de points en planimétrie par rayonnement** pour implanter l'emprise de notre voirie et connaître l'altitude du point de départ.

a) Avec le NA GOL 32 D

Soit la figure (3-35)

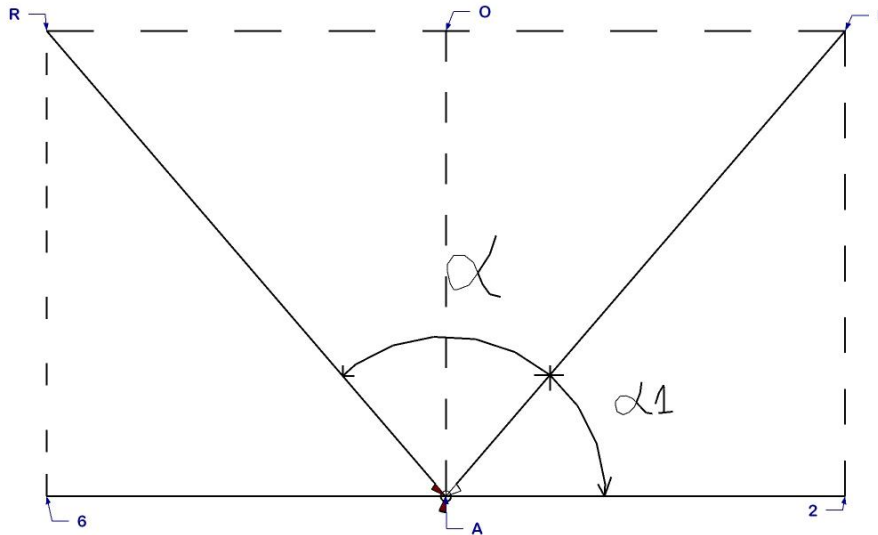


Figure 3-37 : Implantation par rayonnement

- Sur l'alignement principal AB, nous avons souhaité dresser une perpendiculaire de **5m** que nous avons considéré comme l'emprise à implanter pour notre voirie à partir du point R situé à l'alignement. Les relevés au cours d'une durée donnée sont représentées dans le tableau (3-25) suivant :

Tableau 3-25 : Implantation par rayonnement de l'emprise

Portée visée	Essaie	Lecture		Vér. (mm)	Dh (m)	Approbation	Reprendre	Comportement	Durée
		Fils	Lecture						
<b>R-P</b>	1er	Sup	1815	0	5.1	Non	Oui	<b>Avancer de 0.1m</b>	5 min
		Niv	1790						
		Inf	1765						
	2è	Sup	1814	1	5	Oui	Non	<b>Fixer le repère</b>	
		Niv	1788						
		Inf	1764						
<b>Mise en stion et niveau de l'instrument</b>									3 min
<b>Durée totale</b>									<b>8 min</b>

- Trouvons la perpendiculaire R-6 à l'alignement R-P : Le point 6 est situé sur le prolongement de l'alignement 2-A, avec A ; le point de repère principal de la voirie.

Tableau 3-26 : Implantation de la perpendiculaire R-6

Portée visée	Lecture		Vér. (mm)	Dh (m)	Durée
	Fils	Lecture			
R-6	Sup	2217	0.0005	28,7	2 min
	Niv	2073			
	Inf	1930			

- Avec le double mètre, la mesure de la portée 6-A donne **2.5m**. Trouvons **A-2** à égale distance de 6-A.

Tableau 3-27 : Implantation de la portée A-2

Portée visée	Essaie	Lecture		Vér. (mm)	Dh (m)	Approbation	Reprendre	Comportement	Durée
		Fils	Lecture						
A-2	1er	Sup	1423	0.5	2.3	Non	Oui	Reculer de <b>0.2m</b>	5 min
		Niv	1412						
		Inf	1400						
	2è	Sup	1425	0	2.5	Oui	Non	Fixer le repère	
		Niv	1413						
		Inf	1400						
<b>Mise en stion et niveau de l'instrument</b>									3 min
<b>Durée totale</b>									<b>8 min</b>

- Mesure de la portée **A-P**

La mesure de la portée A-2 étant trouvée, le cercle horizontal du NA GOL 32 D étant **0°** ; rotons l'instrument vers le point P. l'angle observé  **$\alpha_1 = 93.8$  gon**.

La mesure de la portée A-P est :

Tableau 3-28 : Mesure de la portée A-P

Portée visée	Lecture		Vér. (mm)	Dh (m)	Durée
	Fils	Lecture			
A-P	Sup	1328	0	28,6	3 min
	Niv	1185			
	Inf	1042			

- L'appareil étant toujours en station au point repère A et sa visée sur P, **implantons maintenant 28.6 m** au point R d'où la portée **A-R** à égale distance d'A-P. Et trouvons aussi l'angle ( **$\alpha$** ) balayé.

Tableau 3-29 : Implantation de la portée A-R

Portée visé	Lecture		Vér. (mm)	Dh (m)	Angle balayé(en gon)	Approbation à 28.6m	Durée
	Fils	Lecture					
A-R	Sup	2187	1	28,6	11.1	Oui	4min
	Niv	2045					
	Inf	1901					

- Position X, Y et Z

Tableau 3-30 : Position X, Y, Z

	X (m)	Y (m)	Z (m)	
	2.5	28.7	1493.5	
Avec :	X, la portée A-6 ou A-2			Durée totale 25 minutes
	Y, la portée A-O			
	Z, l'altitude du point A			

**b) Avec le Théodolite FET 220**

Soit la figure (3-35) ;

Ici, nous nous contenterons seulement des points de repères déjà fixés par le NA GOL 32 D et l'objectif est de nous rassurer de la fiabilité des angles ( $\alpha$  et  $\alpha 1$ ) et des distances (A-2, A-P et A-R puis trouver la position X égale à la distance A-O) à implanter sur les mêmes repères.

- Sur l'alignement R-P, nous avons gardé la même perpendiculaire au point R de 5m que nous considérons comme l'emprise à implanter pour notre voirie. Les relevés de toute cette implantation sur base des repères déjà fixés, sont représentés dans le tableau (3-31) et la durée y est bien mentionnée. Soit :

Tableau 3-31 : Implantation par rayonnement au Théodolite FET 220

Portée visée	Essaie	Lecture		Vér. (mm)	Dh (m)	Angle lu (en gon)	Angle roté (en gon) Implanté	Approbation	Reprendre	Comportement	Durée
		Fils	Lecture								
A-2	1er	Sup	1525	0.5	2.5	VA= 100	$\alpha 1= 94.4$	Oui	Non	Rester au point de repère	10
		Niv	1512			HR= 145.5					
		Inf	1500								
A-P	1er	Sup	1413	0	28.7	VA= 100	$\alpha = 11.1$	Oui	Non	Rester au point de repère	4 min
		Niv	1270			HR= 51.1					
		Inf	1126								
A-R	1er	Sup	1323	0	28.7	VA= 100	$\alpha = 11.1$	Oui	Non	Rester au point de repère	4 min
		Niv	1180			HR= 40					
		Inf	1036								
Mise en stion et niveau de l'instrument											3 min
Durée totale											17 min

- Position **X**, **Y** et **Z**

Tableau 3-32 : Position X, Y, Z

	X (m)	Y (m)	Z (m)	
	<b>2.5</b>	<b>28.8</b>	<b>1493.5</b>	
Avec :	X, la portée <b>A-6</b> ou <b>A-2</b>			Durée totale
	Y, la portée <b>A-O</b>			<b>17 minutes</b>
	Z, l' <b>altitude</b> du point <b>A</b>			

e) Calcul des éléments d'implantation à l'aide des données mémorisées par les méthodes d'implantation topographique

1. Implantation d'alignement

1.1. Tracer une perpendiculaire à un alignement existant

Soit la figure (3-35)

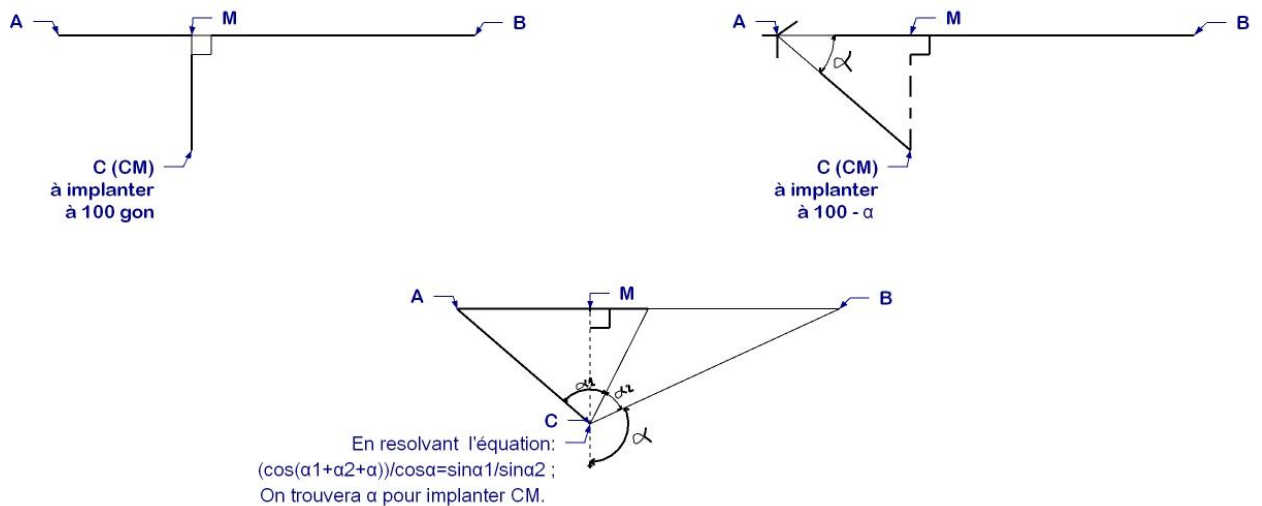


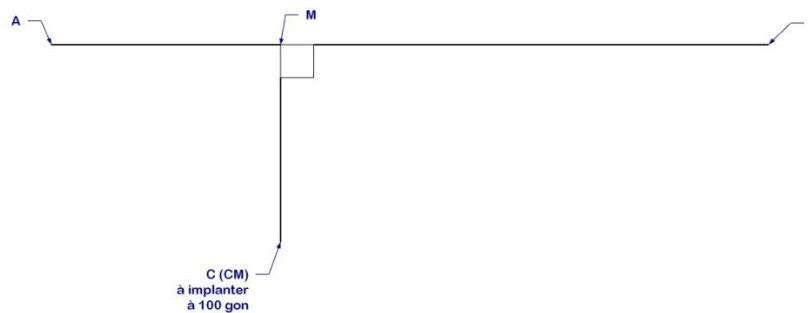
Figure 3-38 : Implantation d'alignement au Théodolite FET 220 en 3 procédures

Dès le départ, nous avons voulu que notre emprise (la perpendiculaire à implanter) soit de 5 m, ce qui nous permet de nous rassurer de l'alignement de la voirie selon son prolongement. D'où la réalisation ce fait dans trois procédures :

➤ **Avec le Théodolite FET 220**

**Première procédure :** le point C est situé sur AB

Soit la figure (3-36)



*Figure 3-39 : Procédure 1ère: Implantation d'alignement au Théodolite FET 220*

- Jusqu'ici nous ne connaissons pas la valeur du segment AB ;
- Fixons nous un point C sur l'alignement AB se rapprochant du point B, comme sur la figure (3-36) ;
- Admettons que C change en M et C, est à implanter ;
- Implantons la perpendiculaire au segment AB en stationnant sur M et en visant B (ou A) et en suite pivoter l'appareil de **100 gon** ;
- Implantons C à 5m, d'où :

Tableau 3-33 : Implantation de la perpendiculaire MC à l'alignement AB au Théodolite FET 220

Point visée	Essaie	Lecture		Vér. (mm)	Dh(m)	Angle roté(gon)	Approbation	Reprendre	Durée
		Fils	Lecture						
M-A	1er	sup	2300	5	13.3	0	Non	Oui	5min.
		niv	2233						
		Inf	2167						
	2è	sup	2300	0	13.3	0	Oui	Non	
		niv	2234						
		Inf	2167						
MC	1er	sup	1588	6	5.8	100	Non	Oui (en avancant de 80cm)	5min.
		niv	1565						
		Inf	1530						
	2è	sup	1592	0	5	100	Oui	Non	
		niv	1568						
		Inf	1542						
Mise en station de l'instrument									3min.
<b>Durée total</b>									<b>13min.</b>

Deuxième procédure : le point C n'appartient pas au segment AB

Soit la figure (3-38)

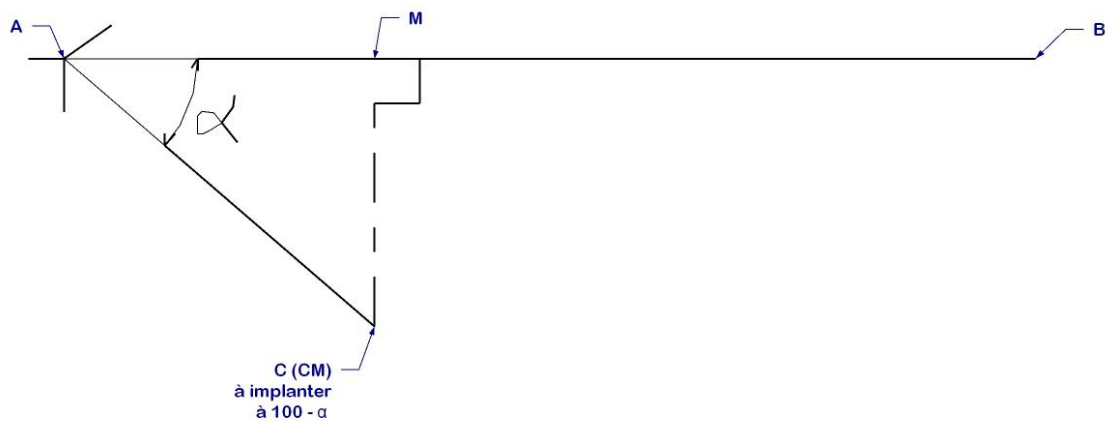


Figure 3-40 : Procédure 2ème: Implantation d'alignement au Théodolite FET 220

- On stationne l'appareil sur B (ou A) en visant A (ou B)
- Afin de mesurer  $\alpha = CBA$ , on mémorise l'angle horizontal en visant A (ou B) et puis viser le point C et on mémorise  $\alpha$  trouvé.

- On stationne sur C en visant B (ou A)
- Trouvons la valeur du segment CB
- En visant toujours B, implantons la perpendiculaire à AB en ouvrant d'un angle de  $100-\alpha$
- La perpendiculaire trouvée est le segment CM
- D'où :
- 

Tableau 3-34 : Implantation de la perpendiculaire MC à l'alignement AB au Théodolite FET 220

Point visée	lecture		Angle précédent (gon)	Dh(m)	$\alpha$ (gon)trouvé(CAB)	Erreur après Vér. $\alpha$ (gon)	Durée
	fil	lecture					
AC	Sup	2250	0	14	23.2		7min
	Niv	2179					
	Inf	2100					
Implantation de la perpendiculaire avec $100-\alpha$					<b>76.8</b>	<b>3</b>	
Trouvons la valeur du segment AB							
AB	Sup	2242		60			5min
	Niv	1943					
	Inf	1642					
<b>Durée</b>							<b>12min</b>

- Le contrôle est fait par la formule suivante :  $BC^2 = CM^2 + BM^2$

Tableau 3-35 : Contrôle de l'alignement: 2ème procédure

<b>On sait que :</b>	AB= 60 m	<b>ce qui donne :</b>	$BC = \sqrt{(25+2180.89)}$ <b>BC= 47m</b>			
	MB= 13.3 m					
	BM= 46.7m					
	MC= 5m					
<b>Preuve :</b>	<b>Lecture (AB)</b>		<b><math>\alpha</math> (gon)</b>	<b>Dh(m)</b>	<b>Approbation</b>	<b>Reprendre</b>
	<b>Fils</b>	<b>lecture</b>				
	Sup	2055	100	47	Oui	Non
	niv	1821				
inf	1585					
<b>Durée contrôle</b>						<b>3min</b>
<b>Durée totale</b>						<b>15min</b>

**Troisième procédure :** le point C n'appartient pas au segment AB

Soit la figure (3-39)

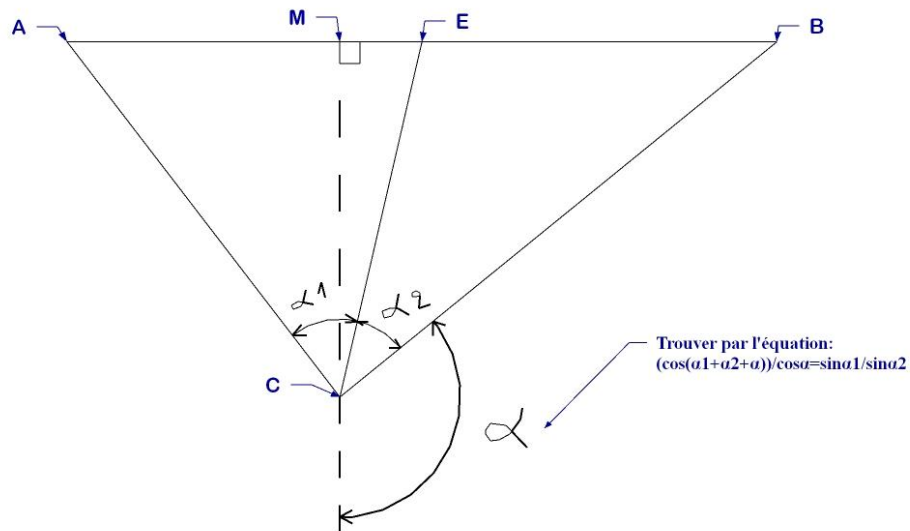


Figure 3-41 : Procédure 3ème: Implantation d'alignement au Théodolite FET 220

Nous implantons  $\alpha$  par cette procédure :

- Plaçons le point E au milieu du segment AB
- Stationnons en C et mesure  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$
- Après avoir trouvé  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$ , calculons et implantons  $\alpha$  par la formule :

$$\frac{\cos(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha)}{\cos \alpha} = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2}$$

On a :  $\alpha_1 = 136^\circ$  et  $\alpha_2 = 9.5^\circ$

$$\frac{\cos(136^\circ + 9.5^\circ + \alpha)}{\cos \alpha} = \frac{\sin 136^\circ}{\sin 9.5^\circ}$$

$$\frac{\cos(145.5^\circ + \alpha)}{\cos \alpha} = 4.208$$

$$\cos(145.5^\circ + \alpha) = 4.208 * \cos \alpha$$

On sait que :  $\cos(a + b) = \cos a * \cos b - \sin a * \sin b$

On a alors :  $\cos 145.5^\circ * \cos \alpha - \sin 145.5^\circ * \sin \alpha = 4.208 * \cos \alpha$

$$-0.824 \cos \alpha - 0.566 \sin \alpha = 4.208 \cos \alpha$$

Avec  $\sin \alpha = \sqrt{(1 - \cos^2 \alpha)}$

$$-0.824 \cos \alpha - 0.566 \sqrt{(1 - \cos^2 \alpha)} = 4.208 \cos \alpha$$

$$-0.566 \sqrt{(1 - \cos^2 \alpha)} = 5.032 \cos \alpha$$

$$0.32 - 0.32 \cos^2 \alpha = 25.321 \cos^2 \alpha$$

$$0.32 = 25.641 \cos^2 \alpha$$

$$\cos \alpha = \sqrt{\frac{0.32}{25.641}} = 0.111713976$$

$$\alpha = 83.58^\circ \quad \text{d'où} \quad \alpha = 92.8 \text{ gon}$$

**Contrôle** : En résolvant analytiquement le triangle MCB, Nous trouvons la valeur exacte de  $\beta$

$$\frac{46.7}{\sin \alpha} = \frac{47}{\sin 90^\circ} \quad \text{d'où} \quad \alpha = 83.5^\circ \text{ ou } \alpha = 92.8 \text{ gon}$$

**Constant** : la procédure au Théodolite FET 220 donne **une erreur de 0.09 gon, d'où 0.08°.**

*Ce qui implique que  $\alpha$  est correcte.*

NB : le levé et l'implantation ainsi que le calcul ont eu une durée de **30 minutes.**

➤ **Le NA GOL 32 D**

Soit la figure (3-35)

NB : Nous suivons les mêmes procédures que le théodolite FET 220

**Première procédure** : le point C est situé sur AB

Nous référant à la figure (3-36)

- Jusqu'ici nous ne connaissons pas la valeur du segment AB ;
- Fixons nous un point C sur l'alignement AB se rapprochant du point B, comme sur la figure (3-36) ;
- Admettons que C change en M et C, est à planter ;
- Implantons la perpendiculaire au segment AB en stationnant sur M et en visant A et en suite pivoter l'appareil de **100 gon** ;
- Implantons C à 5m, d'où :

Tableau 3-36 : Procédure 1ère: Implantation d'alignement au Niveau à lunette GOL 32 D

Point visée	Essaie	Lecture		Vér. (mm)	Dh(m)	Angle roté(gon)	Approbation	Reprendre	Durée
		Fils	Lecture						
MA	1er	sup	2317	0.5	13.3	0	Oui	Non	3min.
		niv	2250						
		Inf	2184						
MC	1er	sup	1658	1	5	100	Oui	Non	3min.
		niv	1632						
		Inf	1608						
Mise en station de l'instrument									3min.
<b>Durée totale</b>									<b>9min.</b>

**Deuxième procédure :** le point C n'appartient pas au segment AB

- On stationne l'appareil sur B (ou A) en visant A (ou B)
- Afin de mesurer  $\alpha = CBA$ , on mémorise l'angle horizontal en visant A et puis viser le point C et on mémorise  $\alpha$  trouvé.
- On stationne sur C en visant A
- Trouvons la valeur du segment CA
- En visant toujours B, implantons la perpendiculaire à AB en ouvrant d'un angle de  $100-\alpha$
- La perpendiculaire trouvée est le segment CM
- D'où :

Tableau 3-37 : Procédure 2ème: Implantation d'alignement au Niveau à lunette GOL 32 D

Point visée	lecture		Angle précédent (gon)	Dh(m)	$\alpha$ (gon)trouvé(CBA)	Erreur après Vér. $\alpha$ (gon)	Durée
	fil	lecture					
BC	Sup	2217	0	14	23.2		4min
	Niv	2145					
	Inf	2077					
Implantation de la perpendiculaire avec $100-\alpha$					<b>76.8</b>	<b>3</b>	
Trouvons la valeur du segment AB							
AB	Sup	2042		60			5min
	Niv	1743					
	Inf	1442					
<b>Durée</b>							<b>9min</b>

- Le contrôle est fait par la formule suivante :  $BC^2 = CM^2 + BM^2$

Tableau 3-38 : Contrôle de l'alignement: 2ème procédure au NAGOL 32 D

<b>On sait que:</b>	AB= 60 m	<b>ce qui donne:</b>	$BC = \sqrt{(25+2180.89)}$ <b>AC= 47m</b>			
	MB= 13.3 m					
	BM= 46.7m					
	MC= 5m					
<b>Preuve :</b>	<b>Lecture (AB)</b>		$\alpha$ (gon)	Dh(m)	Approbation	Reprendre
	<b>Fils</b>	<b>lecture</b>				
	Sup	2052	VA=100 HA=0	47	Oui	Non
	niv	1818				
inf	1582					
<b>Durée contrôle</b>						<b>3min</b>
<b>Durée totale</b>						<b>12min.</b>

**Troisième procédure :** le point C n'appartient pas au segment AB

Soit la figure (3-38)

Nous implantons  $\alpha$  par cette procedure

- Plaçons le point E au milieu du segment AB
- Stationnons en C et mesure  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$
- Après avoir trouvé  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$ , calculons et implantons  $\alpha$  par la formule :

$$\frac{\cos(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha)}{\cos \alpha} = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2}$$

On a:  $\alpha_1 = 137^\circ$  et  $\alpha_2 = 9.5^\circ$

$$\frac{\cos(137^\circ + 9.5^\circ + \alpha)}{\cos \alpha} = \frac{\sin 136^\circ}{\sin 9.5^\circ}$$

$$\frac{\cos(146.5^\circ + \alpha)}{\cos \alpha} = 4.132$$

$$\cos(146.5^\circ + \alpha) = 4.132 * \cos \alpha$$

On sait que :  $\cos(a + b) = \cos a * \cos b - \sin a * \sin b$

On a alors :  $\cos 146.5^\circ * \cos \alpha - \sin 146.5^\circ * \sin \alpha = 4.132 * \cos \alpha$

$$-0.834 \cos \alpha - 0.552 \sin \alpha = 4.132 \cos \alpha$$

Avec  $\sin \alpha = \sqrt{(1 - \cos^2 \alpha)}$

$$-0.834 \cos \alpha - 0.552 \sqrt{(1 - \cos^2 \alpha)} = 4.132 \cos \alpha$$

$$-0.552 \sqrt{(1 - \cos^2 \alpha)} = 4.966 \cos \alpha$$

$$0.305 - 0.305 \cos^2 \alpha = 24.661 \cos^2 \alpha$$

$$0.305 = 24.966 \cos^2 \alpha$$

$$\cos \alpha = \sqrt{\frac{0.305}{24.966}} = 0.110528795$$

$$\alpha = 83.65^\circ \quad \text{d'où} \quad \alpha = 92.9 \text{ gon}$$

**Contrôle :** En résolvant analytiquement le triangle CMB, Nous trouvons la valeur exacte de  $\beta$

$$\frac{46.7^\circ}{\sin \alpha} = \frac{47}{\sin 90^\circ} \quad \text{d'où} \quad \alpha = 83.5^\circ \text{ ou } \alpha = 92.7 \text{ gon}$$

**Constant :** la procédure au Théodolite FET 220 donne **une erreur de 0.166 gon, d'où 0.15°.**

Ce qui implique que  ***$\alpha$  est cas meme bon à considerer. Mais  $\alpha$  trouvé au théodolite est plus préférable.***

**NB :** le levé et l'implantation ainsi que le calcul ont eu une durée de **30 minutes.**

## 1.2. Jalonnement avec obstacle (contournement d'un obstacle)

Soit la figure (3-39)

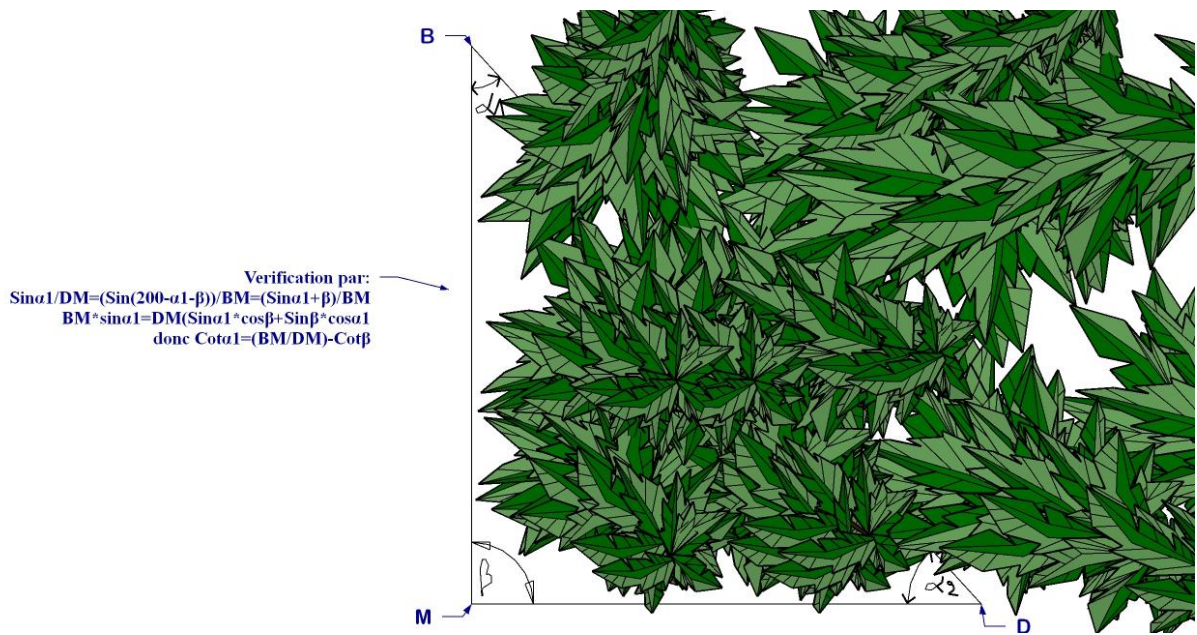


Figure 3-42 : Contournement d'un obstacle

Nous avons réalisé cette méthode pour voir comment contourner un obstacle et créer un alignement d'une voirie raccourcie (voirie principale vers le Home œil du tigre) à 88.8m à partir du point A (repère principal) à gauche de notre alignement et de la voirie principal(e).

➤ Avec le Théodolite FET 220

Présentation et calculs des relevés topographiques

Présentation

Tableau 3-39 : Relevés du contournement d'obstacles avec le Théodolite FET 220

Point visé	Essaie	Lecture		Vér.(mm)	α callé (gon)		HA roté/à implanter (à 100 gon)	Dh(m)	Comportement		Durée
		Fils	Lecture		VA	HA			Approbation	Reprendre	
MB	1er	Sup	1580	0	96.6	74.4	174.4	29.9	Oui	Non	5min
		Niv	1430								
		Inf	1280								
Implantons 29.9m au segment MD à 174.4 gon											
MD	1er	Sup	1845	1	100	174.4		33.3	Non	Oui, en avancant de 340cm	30min
		Niv	1680								
		Inf	1512								
	2è	Sup	1748	1	100	174.4		29.6	Non	Oui, en réculant de 30cm	
		Niv	1601								
		Inf	1452								
	3è	Sup	1754	0	100	174.4		29.9	Oui	Fixer le repère C	
		Niv	1605								
		Inf	1455								
Calculs de vérification											15min.
Durée totale											50min

Calculs/Contrôle

Les calculs faits sont une vérification de l'implantations du jalonnement avec obstacle, dont le contournement d'un obstacle. Et cela par les formules suivantes :

$$\frac{\sin\alpha_1}{DM} = \frac{\sin(200-\alpha_1-\beta)}{BM} = \frac{\sin\alpha_1+\beta}{BM}$$

$$BM * \sin\alpha_1 = DM(\sin\alpha_1 * \cos\beta + \sin\beta * \cos\alpha_1)$$

$$\text{donc: } \cot\alpha_1 = \frac{BM}{DM} - \cot\beta$$

Ce qui donne :

$$\diamond \frac{\sin 45^\circ}{29.9} = \frac{\sin(200-45^\circ-90)}{29.9} = \frac{\sin(45^\circ-90)}{29.9} \quad \text{avec : } 200 = 180^\circ$$

$$0.023 = \frac{\sin(180^\circ-45^\circ-90^\circ)}{29.9} = 0.023$$

**0.023=0.023=0.023 ; Implantation vérifiée.**

$$\diamond 29.9 * \sin 45^\circ = 29.9(\sin 45^\circ * \cos 90^\circ + \sin 90^\circ * \cos 45^\circ)$$

$$21.14 = 29.9 (0.707106781)$$

$21.4 = 21.4$  ; *Implantation vérifiée.*

❖ **Donc :** 
$$Cota1 = \frac{BM}{BM * Sin\beta} - Cot\beta$$

$$\frac{Cos45^\circ}{Sin45^\circ} = \frac{29.9}{29.9*1} - \frac{Cos90^\circ}{Sin90^\circ}$$

$1 = 1$  ; *Implantation vérifiée et les repères doivent être fixés.*

➤ Avec le NA GOL 32 D

### Présentation et calculs des relevés topographiques

#### Présentation

Tableau 3-40 : Relevés du contournement d'obstacles avec le Niveau à lunette GOL 32 D

Point visé	Essaie	Lecture		Vér.(mm)	α callé (gon)		HA roté/à implanter (à 100	Dh(m)	Comportement		Durée
		Fils	Lecture		VA	HA			Approbation	Reprendre	
MB	1er	Sup	2841	1	100	0	100	29.9	Oui	Non	30min
		Niv	2691								
		Inf	2542								
Implantons <b>29.9m</b> au segment MD à <b>100 gon</b>											
MD	1er	Sup	1682	0.5	100	0		29.9	Oui	Non, Fixer le repère	10min
		Niv	1532								
		Inf	1342								
Mise en station et en niveau de l'instrument											10min
Durée Calcul/contrôle											15min.
Durée totale											<b>1h05min.</b>

#### Calculs/Contrôle

Soit : 
$$\frac{Sin\alpha1}{DM} = \frac{Sin(200-\alpha1-\beta)}{BM} = \frac{Sin\alpha1+\beta}{BM}$$

$$BM * sina1 = DM(Sina1 * cos\beta + Sin\beta * cosa1)$$

$$\text{donc } Cota1 = \frac{BM}{DM} - Cot\beta$$

Ce qui donne :

❖ 
$$\frac{Sin 45^\circ}{29.9} = \frac{Sin(200-45^\circ-90)}{29.9} = \frac{Sin(45^\circ-90)}{29.9}$$
 avec :  $200 = 180^\circ$

$$0.023 = \frac{Sin(180^\circ-45^\circ-90^\circ)}{29.9} = 0.023$$

$0.023=0.023=0.023$  ; *Implantation vérifiée.*

❖ 
$$29.9 * Sin45^\circ = 29.9(Sin45^\circ * Cos90^\circ + Sin90^\circ * Cos45^\circ)$$

$$21.14 = 29.9 (0.707106781)$$

**21.4 = 21.4 ; Implantation vérifiée.**

$$\text{❖ Donc : } \text{Cota}1 = \frac{BM}{BM \cdot \sin\beta} - \text{Cot}\beta$$

$$\frac{\cos 45^\circ}{\sin 45^\circ} = \frac{29.9}{29.9 \cdot 1} - \frac{\cos 90^\circ}{\sin 90^\circ}$$

**1 = 1 ; Implantation vérifiée et les repères doivent être fixés.**

**i. Matérialisation des points (piquets, bornes)**

Après que nous ayons fini avec l'implantation, nous avons matérialisé les points de la voirie implantée.

**b. Calcul du temps d'exécution**

Le tableau (3-24) résume les durées par une méthode empirique des méthodes d'implantations réalisées par nos deux appareils :

*Tableau 3-41 : Durée des méthodes d'implantions*

<b>Implantation des points en planimétrie par rayonnement</b>			<b>Heure</b>
<b>Instrument</b>	<b>Durée (min)</b>		
Niveau à lunette Gol 32D	<b>25</b>		0.4167
Théodolite Fet 220	<b>17</b>		0.2833
<b>Implantation d'alignement</b>			
<b>1. Tracer une perpendiculaire à un alignement existant</b>			
<b>Instrument</b>	<b>Procédure</b>	<b>Durée (min)</b>	<b>Heure</b>
Théodolite Fet 220	1ère	<b>13</b>	0.2167
	2ème	<b>15</b>	0.25
	3ème	<b>30</b>	0.5
Niveau à lunette Gol 32D	1ère	<b>9</b>	0.15
	2ème	<b>12</b>	0.2
	3ème	<b>30</b>	0.5
<b>2. Jalonnement avec obstacle ( contournement d'un obstacle)</b>			
<b>Instrument</b>	<b>Durée (min)</b>		<b>Heure</b>
Niveau à lunette Gol 32D	<b>65</b>		1h05
Théodolite Fet 220	<b>50</b>		0.83

Les résultats trouvés que le tableau (3-41) nous montre, prouve que le Théodolite FET 220 gagne du temps pour une implantation des points en planimétrie par rayonnement que le Niveau à linette 32 D, tandis que le Niveau à lunette GOL 32 D gagne du temps que le Théodolite FET 220 en ce que est de l'implantation d'alignement par les procédures.

Enfin le Théodolite FET 220 gagne du temps que le niveau à lunette 32 D en jalonnement avec obstacle.

### 1.3. Etude du coût

Dans notre cas, nous nous sommes intéressés seulement au coût total de l'implantation par méthode selon chaque appareil, compte tenue aussi du coût d'achat de l'instrument et de la main d'œuvre. Sans la maintenance bien qu'étant aussi un facteur influençant.

Le tableau (3-42) présente le coût global si on réaliser ces deux méthodes d'implantation (d'alignement et des points en planimétrie par rayonnement).

Tableau 3-42 : Coût global

Méthodes		Appareil	Coût Mains d'œuvre (\$)			Coût Total (\$)		
			Junior	Intermed.	Senior	Junior	Intermed.	Senior
Implantation des points en planimétrie	Par rayonnement	Niveau à lunette Gol 32 D	660.63	732.6	803.6	1153.25	1225.22	1296.22
		Théodolite FET 220	1696.74	1768.7	1839.38	3225.48	3297.44	3368.12
Implantation d'alignement	3 procédures	Niveau à lunette Gol 32 D	660.6	732.5	803.55	1153.22	1225.12	1296.17
		Théodolite FET 220	1696.73	1768.73	1839.7	3225.47	3297.47	3368.4
	Jalonnement avec obstacle	Niveau à lunette Gol 32 D	660.6	732.6	803.5	1153.22	1225.22	1289.67
		Théodolite FET 220	1696.7	1768.77	1839.7	3225.4	3297.5	3368.44
COÛT TOTAL (SI ON REALISAIT CES DEUX METHODES)		<b>Niveau à lunette Gol 32 D</b>	<b>1981.83</b>	<b>2197.7</b>	<b>2410.65</b>	<b>3459.67</b>	<b>3675.56</b>	<b>3888.51</b>
		<b>Théodolite FET 220</b>	<b>5090.17</b>	<b>5306.2</b>	<b>5518.78</b>	<b>9676.35</b>	<b>9892.41</b>	<b>10104.96</b>

Les valeurs des taux horaires des arpenteurs junior, Intermédiaire et Senior sont tirés dans l'ordre des Arpenteurs-Géomètres du Québec nommée guide des tarifs suggérés pour des services professionnels d'arpentage rendus selon le barème général de janvier 2025 vue que la RDC n'a pas jusque un ordre des arpenteurs mais qui est en cours des réflexions.

Ainsi donc, au regard des résultats du tableau (3-42) ci- haut, nous remarquons que la réalisation d'une implantation topographique par ces deux méthodes au niveau à lunette GOL 32 D semble être plus économique que celle réalisée au théodolite FET 220. Cette affirmation n'est peut être pas vrai car nous n'avons pas pris en compte le cout de location et transport des matériels après l'achat, les frais de réparation d'amortissement, car nous nous sommes limités aux frais d'achat des matériels.

### 1.4. Conclusion partielle

Dans ce chapitre nous présentons et interprétons les résultats du levé topographique réalisé par le théodolite FET 220 et le niveau à lunette GOL 32 D ; ainsi que les résultats des méthodes d'implantations réalisées toujours par les deux appareils dont objet de cette étude.

## CONCLUSION GÉNÉRALE

Ce travail porte sur une étude comparative d'implantation au tachéomètre (le théodolite plus précisément) et au niveau à lunette dont l'application a été faite dans la voirie principale du campus Salomon de l'Université Libre des Pays des Grands Lacs dans la ville de Goma.

Hormis l'introduction générale et la conclusion générale, le premier chapitre parlant sur les généralités dans lequel il a été présenté les généralités sur les matériels utilisés tels que le théodolite FET 220 et ses accessoires, le niveau à lunette GOL 32 D et ses accessoires ; les généralités sur l'implantation et les méthodes d'implantation, afin les généralités sur la voirie.

Le deuxième chapitre parlant sur les matériels et méthodes de recherche dans lequel il a été exposé les modes et conditions d'utilisation des appareils d'étude, la chronologie des activités d'implantation topographique, l'étude des méthodes d'implantation topographique, les calculs du temps d'implantation et de son coût en se basant de la méthode d'implantation utilisée.

Le dernier chapitre qui est le troisième portant sur la présentation, l'interprétation et la comparaison des résultats obtenus pour les deux méthodes d'implantation.

Partant de notre question de recherche présentée dans l'introduction et les résultats obtenus au troisième chapitre ; il ressort que le théodolite est mis en évidence en termes de calculs des distances liées à sa précision angulaire et sa complexité qui demande beaucoup plus d'attention et du temps et son coût élevé mais bien précis dans les relevés des angles verticaux et horizontaux. Contrairement au niveau à lunette précis, souple et économique en coût d'implantation dans son utilisation en calculs des distances horizontales n'étant pas liées à aucun angle étant calé à 100 gon, une limite pour cet appareil à des projets présentant des différences des niveaux importants.

Ce travail étant délimité, nous suggérons aux futurs chercheurs de procéder aux études suivantes :

- L'étude comparative d'implantation au tachéomètre et au niveau à lunette par les autres techniques (méthodes) citées mais non étudiées.
- L'étude approfondie d'élimination d'erreurs d'appareils topographiques dans l'implantation topographique pour une fiabilité des mesures et confiances d'appareils

Pour chuter, ce travail reste ouvert aux différents compléments, suggestions, propositions qu'apportera tout lecteur, vue les imperfections humaines.

# Bibliographie

- [1] Dr. TALEB HOSNI A., Polycopie. Cours: Topographie 2, Mila, 2022-2023.
- [2] Dr. Ing. A. Doumit, Cours de Topographie: Introduction à la Topographie, 2009.
- [3] Dr. N. Said, Element de Topographie Pratique, 20017-2018.
- [4] Topograpghie et Topométrie. Tome 2.
- [5] Ahmed, Implantation en topographie. ENI-TINIS, 2011-2012.
- [6] Resumé théorique et guide des travaux pratiques: Module20-Implantation des ouvrages, (APC) juin 2007.
- [7] Topographie et Topométrie. Tome 1.
- [8] Topographie de base.
- [9] Ir. LUSENGE., Cours de Topographie-Topométrie, IBTP/BUTEMBO, BUTEMBO, 2019-2020.
- [10] Géofennel: FET 220. Mode d'emploi..
- [11] Manuel de topographie destiné aux hydrotechniciens..
- [12] Bosch Gol professional.
- [13] Ir. KOKO., Cours de mesures et instrumentations, Goma: ULPGL/GOMA, L2 GC.
- [14] Dr. Kherouf Mazouz., Polycopié de cours Voiries et Réseaux Divers., Guelma, 2023.
- [15] Ab. SAOULA, Polycopié de cours: Voiries et Réseaux Divers, Tiaret, Fevrier 2024.
- [16] Ir. BANQUI., Ninellement direct, 2013-2014.
- [17] Précision en Topographie.
- [18] Ordre des Arpenteurs-Géomètres du Quebec., Quebec, Janvier 2023.
- [19] Ordre des Arpenteurs-Géomètres du Quebec., Quebec, Jenvier 2025.

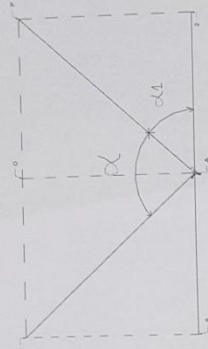
ANNEXES

Annexe A

Carnet des levés topographiques														
Somme du 9 au 21 mars 2025														
Matériel: Tacheolite FET 80														
Opérateur: KAKULE KISWAHLI Chrispin														
Date: 14.01.25														
Altitude de départ: 1430,5 m														
Altitude de d'arrivée: 1433,5 m														
Station	Point Visé	Observation		Dh (m)		Angle (gon)	Dh moy.			Dentelle	Altitude (m)			
		Fils	Ver.	LAR	LAV		LAR	LAV	LAR			LAV		
A	A	Sup	2678	0,003	4216	100	64,9	64,9	64,9	0,545	1430,5			
		Niv	2462											
		Inf	2252											
		Sup	2672	0,002	4216	100	64,9	64,9	64,9	0,545	1430,5			
		Niv	2461											
		Inf	2246											
Sup	2678	0	4216	100	64,9	64,9	64,9	0,545	1430,5					
Niv	2465													
Inf	2252													
C	C	Sup	0839	0	64,9	100	64,9	64,9	0,545	1430,5				
		Niv	0575											
		Inf	0190											
		Sup	0840	0,005	64,9	100	64,9	64,9	0,545	1430,5				
		Niv	0575											
		Inf	0191											
Sup	0839	0,005	64,9	100	64,9	64,9	0,545	1430,5						
Niv	0576													
Inf	0190													
C	C	Sup	3240	0,002	48,9	100	48,9	48,9	0,286	1434,08				
		Niv	2968											
		Inf	2724											
		Sup	3240	0,005	48,9	100	48,9	48,9	0,286	1434,08				
		Niv	2970											
		Inf	2720											
Sup	3205	0	48,9	100	48,9	48,9	0,286	1434,08						
Niv	2960													
Inf	2715													
B	B	Sup	0630	0	44,5	100	44,5	44,5	0,286	1430,54				
		Niv	0408											
		Inf	0185											
		Sup	0630	0,005	44,5	100	44,5	44,5	0,286	1430,54				
		Niv	0409											
		Inf	0185											
Sup	0628	0,005	44,5	100	44,5	44,5	0,286	1430,54						
Niv	0409													
Inf	0183													
SOMME	SOMME	Sup			9456,1004	100,4	9456,1004	9456,1004	0,545	1430,5				
		Niv												
		Inf												
		Sup			9456,1004	100,4	9456,1004	9456,1004	0,545	1430,5				
		Niv												
		Inf												
Sup			9456,1004	100,4	9456,1004	9456,1004	0,545	1430,5						
Niv														
Inf														
SOMME										9456,1004	100,4	9456,1004	0,545	1430,5
ECART										41,504	41,504	41,504	41,504	41,504
DIFFERENCE D'ALTITUDES										41,504	41,504	41,504	41,504	41,504

IMPLANTATION DES POINTS EN PLANILETRIE PAR RAYONNEMENT

APPAREIL : ..... *NA. G.O.L. 32.D* .....



Portée visée	Essai	Lecture observée		Vér. (mm)	Dh (m)	Approbation	Reprendre	Comportement	Durée
		Fils	Lecture						
R.P.	1er	Sup	17375	0	5,1	Non	Oui	Avance de 0,1 m	5'
		Inf	1765						
	2è	Sup	1784	1	5	Oui	Non	Fixer le point respecté	3'
		Inf	1764						
Mise en station et niveau de l'instrument									
Durée totale									

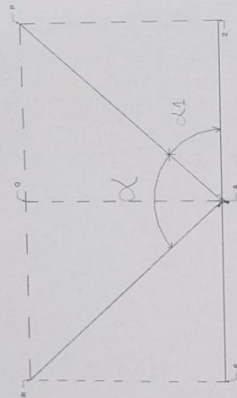
Portée visée	Essai	Lecture observée		Vér. (mm)	Dh (m)	Durée
		Fils	Lecture			
R.G.	1er	Sup	2217	0,0005	28,7	2 min
		Inf	2073			
	2è	Sup	1930			
		Inf	1930			

Portée visée	Essai	Lecture observée		Vér. (mm)	Dh (m)	Approbation	Reprendre	Comportement	Durée
		Fils	Lecture						
A2	1er	Sup	1423	0,5	2,3	Non	Oui	Reculer de 0,2 m	5 min
		Inf	1400						
	2è	Sup	1435	0	2,5	Oui	Non	Fixer le respecté	3 min
		Inf	1400						
Mise en station et niveau de l'instrument									
Durée totale									

A.P. 1<sup>er</sup> 1323  
 1485  
 1042  
 A.R. 1<sup>er</sup> 2187  
 2045  
 1504  
 28,6  
 $\alpha = 93,8 \text{ gon}$   
 $\alpha = 14,1 \text{ gon}$

IMPLANTATION DES POINTS EN PLANILETRIE PAR RAYONNEMENT

APPAREIL : ..... *Théodolite. F.E.T. 220* .....

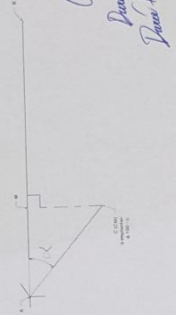


Portée visée	Essai	Lecture observée		Vér. (mm)	Dh (m)	Angle lu (en gon)	Angle roté (en gon) Implanté	Approbation	Reprendre	Comportement	Durée
		Fils	Lecture								
A2	1er	Sup	1525	0,5	2,5	14=60	14=46,5	Oui	Non	Rester au respecté	10
		Inf	1500								
A.P.	1er	Sup	1443	0	28,7	14=60	14=51,4	Oui	Non	Rester au respecté	4 min
		Inf	1426								
A.R.	1er	Sup	1323	0	28,7	14=60	14=40	Oui	Non	Rester au respecté	3 min
		Inf	1036								
Mise en station et niveau de l'instrument											
Durée totale											

Durée Totale : 17 min ≈ 0,283 heure

IMPLANTATION D'ALIGNEMENT

APPAREIL 1 : Frédelite FET 220 ..... PROCEDURE : 2<sup>ème</sup>



$Controle : BC^2 = CM^2 + BM^2$   
*Durée : 3 min*  
*Durée totale = 15 min ± 0,25 min*

Point visé	lecture		Angle précédent (gon)	Dh(m)	α (gon) trouvé (CAB)	Erreur après Vér. α (gon)	Durée
	Sup	Inf					
A.C	2250	2179	0	14	23,2	3	7 min
Implantation de la perpendiculaire avec 100-α							
AB	2242	1943		60			5 min
Trouvons la valeur du segment AB							
Durée					76,8	3	13 min

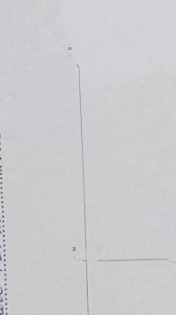
APPAREIL 2 : MA GOL 32 D ..... PROCEDURE : 2<sup>ème</sup>

Point visé	lecture		Angle précédent (gon)	Dh(m)	α (gon) trouvé (CAB)	Erreur après Vér. α (gon)	Durée
	Sup	Inf					
AB	2042	1743	0	14	23,2	3	4 min
Implantation de la perpendiculaire avec 100-α							
AB	2042	1743		60			5 min
Trouvons la valeur du segment AB							
Durée					76,8	3	9 min

*Durée Contrôle :  $BC^2 = CM^2 + BM^2$*   
*↳ 3 min.*  
*Durée totale = 17 min ± 0,2 heure.*

IMPLANTATION D'ALIGNEMENT

APPAREIL 1 : Frédelite FET 220 ..... PROCEDURE : 1<sup>ère</sup>



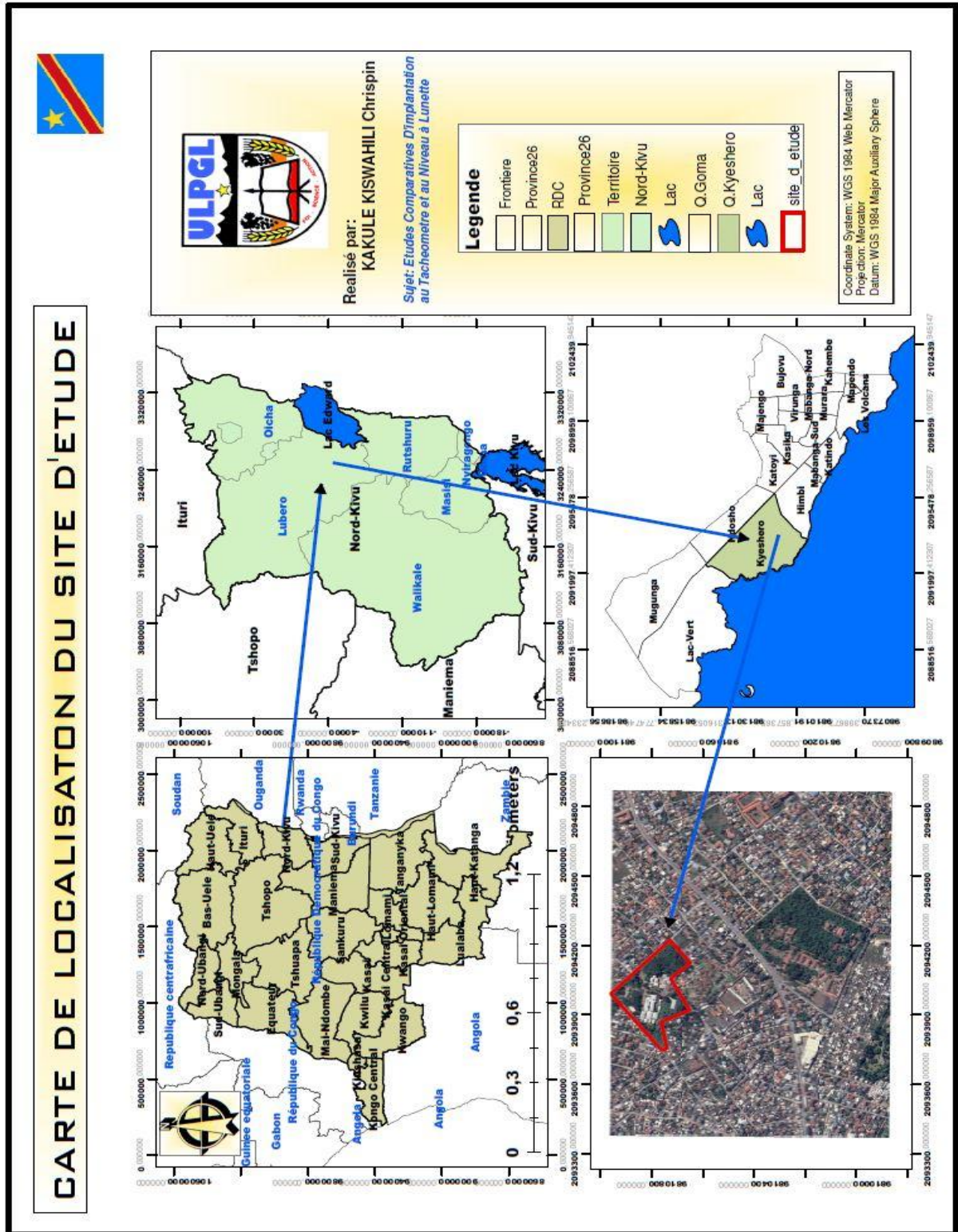
Point visé	Essai	Lecture		Vér. (mm)	Dh(m)	Angle roté (gon)	Approbation	Reprendre	Durée
		Sup	Inf						
MA	1er	2300	2167	5	13,3	0	Non	Oui	5 min
	2è	2300	2167	0	13,3	0	Oui	Non	
MC	1er	2178	1955	0	5,8	100	Non	Oui en avançant de 20cm	5 min
	2è	2178	1955	0	5	100	Oui	Non	
Mise en station de l'instrument									
Durée total									

APPAREIL 2 : MA GOL 32 D ..... PROCEDURE : 1<sup>ère</sup>

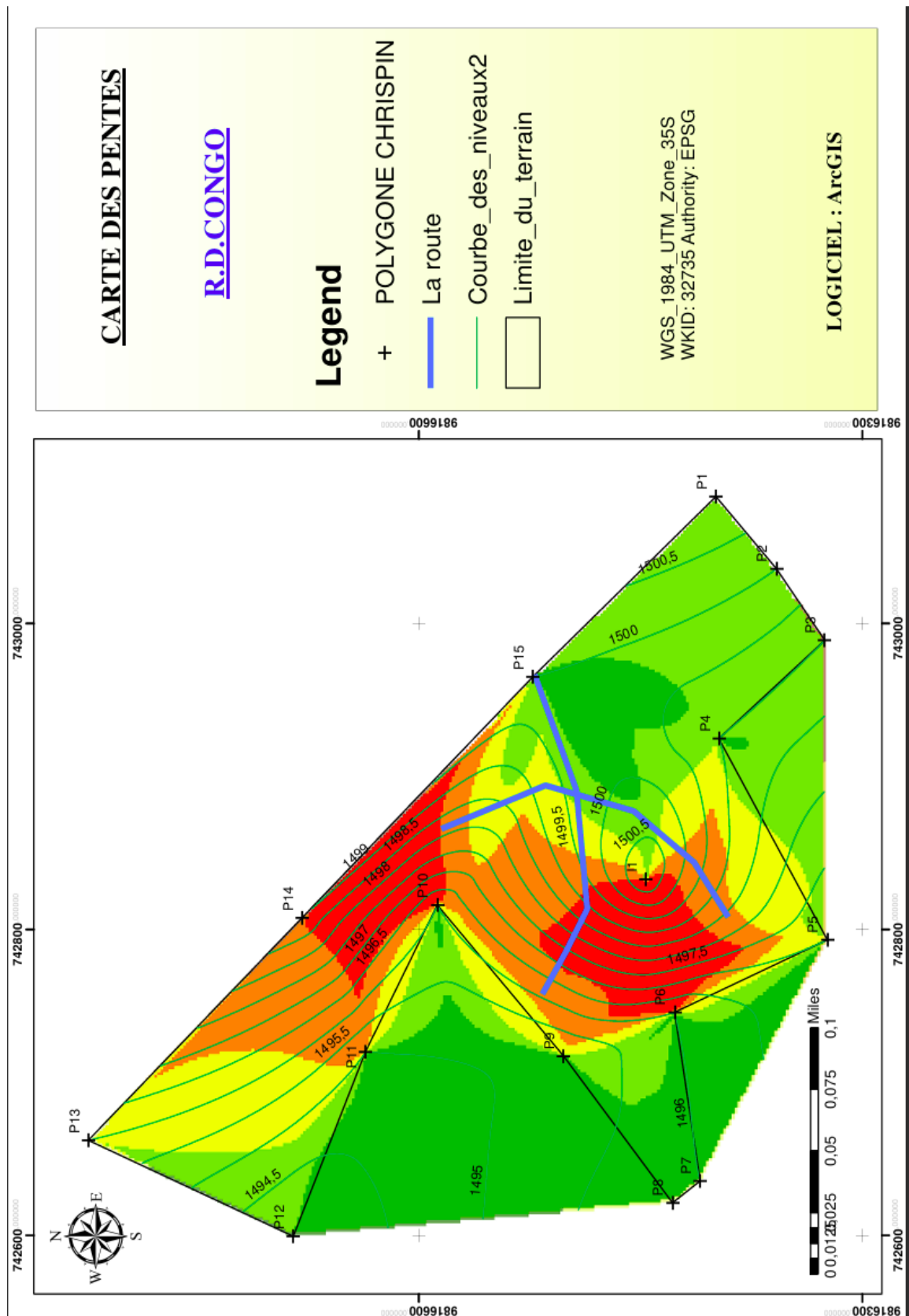
Point visé	Essai	Lecture		Vér. (mm)	Dh(m)	Angle roté (gon)	Approbation	Reprendre	Durée
		Sup	Inf						
MA	1er	2377	2134	0,5	13,3	0 gon	Oui	Non	3 min
	2è	2377	2134						
MC	1er	1658	1608	1	5	100	Oui	Non	3 min
	2è	1658	1608						
Mise en station de l'instrument									
Durée total									

# ANNEXE B

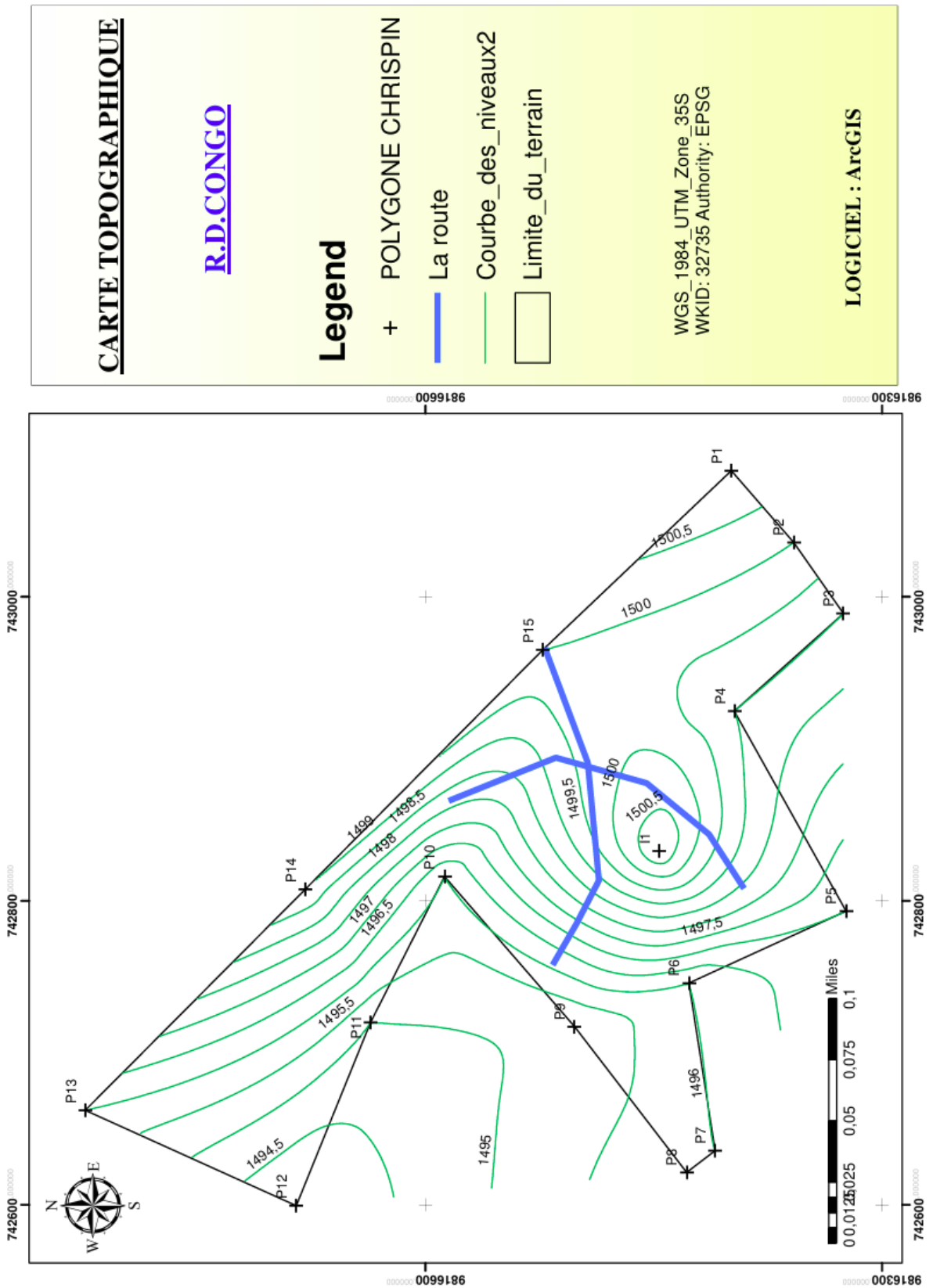
1. Carte topographique de localisation



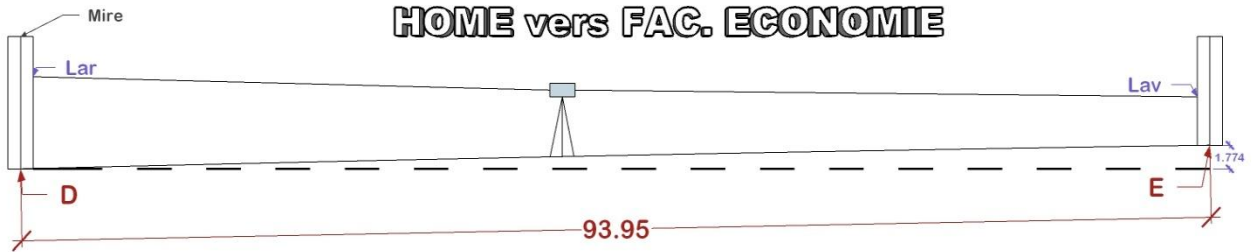
2. Plan pentes



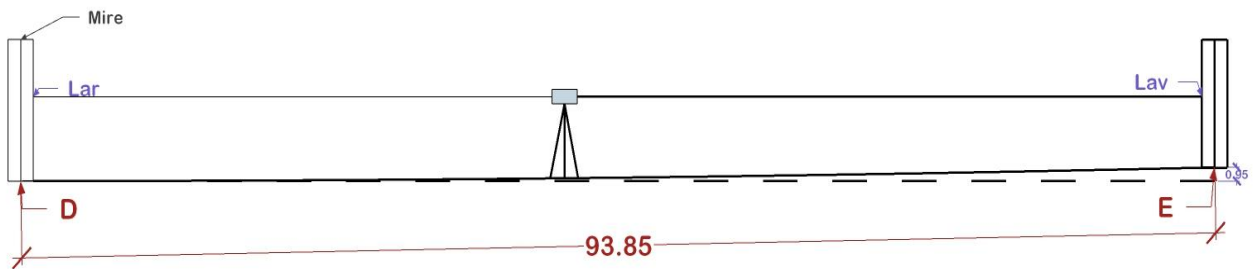
### 3. Carte Topographique

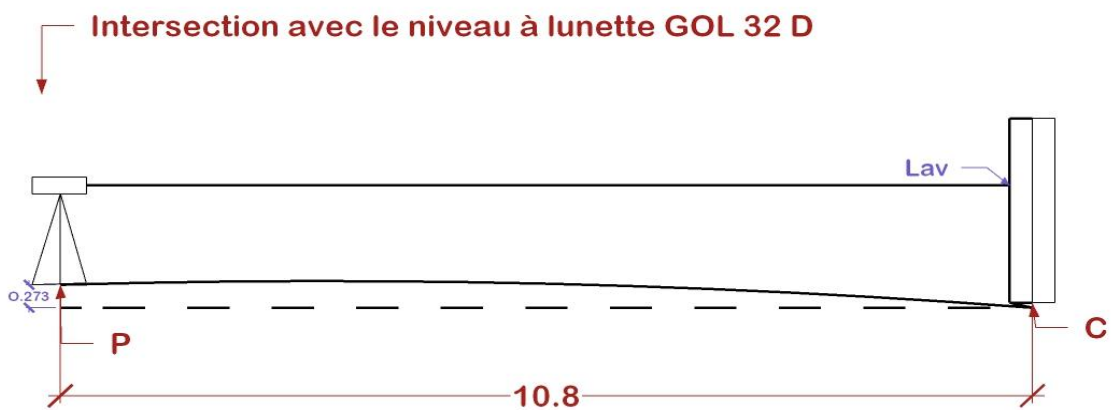
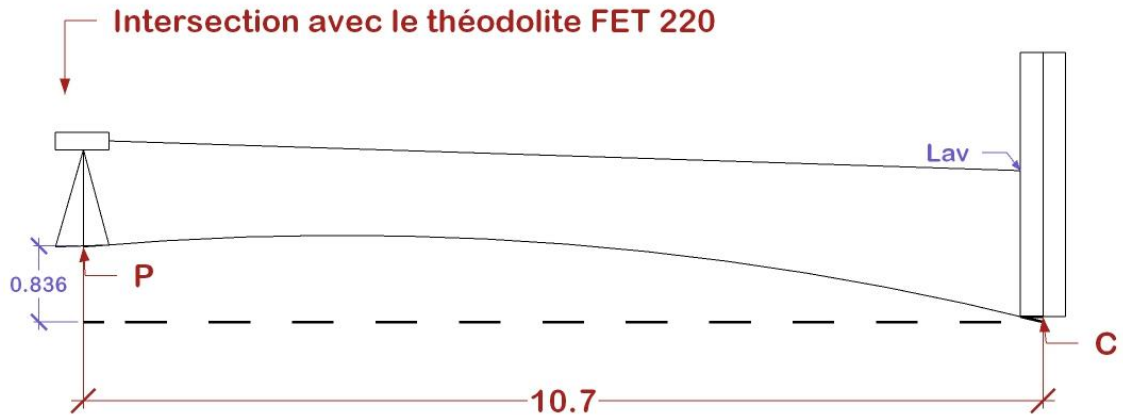


**Cheminement au Théodolite FET 220:  
HOME vers FAC. ECONOMIE**



**Cheminement au Niveau à lunette GOL 32 D:  
HOME vers FAC. ECONOMIE**





## Annexe C

### C.1. Services d'un Arpenteur-géomètre

<b>Services d'un arpenteur-géomètre</b>	
<b>Cathégorie</b>	<b>Taux Horaire</b>
Junior (0-5 ans)	168 \$/ heure
Intermediaire (5-10 qns)	240 \$/ heure
Senior 10 ans +	311 \$/ heure
<b>Levé terrain</b>	
1 Personne	168 \$/ heure
Par personne additionnelle	68 \$/ heure
Calculs (CAO) et Mise en Plan (DAO)	153 \$/heure
Plan en version numerique (Fichier)	470 \$/heure

### C.2. Prix Appareils utilisés

<b>Unité : EUROS</b>	
Théodolite FET 220	<b>1350 euros</b>
Niveau à lunette GOL 32 D	<b>430,8 euros</b>
	<b>3,90 euros (livraison)</b>
<b>Unité : USD</b>	
Théodolite FET 220	<b>1528,74 USD</b>
Niveau à lunette GOL 32 D	<b>488,20 USD</b>
	<b>4,42 USD</b>
<b>Unité : Franc Congolais</b>	
Théodolite FET 220	<b>4 441 500 CDF</b>
Niveau à lunette GOL 32 D	<b>1 417 372 CDF</b>
	<b>12 831 CDF (livraison)</b>
Taux d'echange officiel de la Banque Centrale Européenne(BCE) du 15 avril 2025 : <b>1 euro = 1,1 324 USD</b> et <b>1 euros = 3290 CDF</b>	

**C.2. Calculs du coût de la main d'œuvre d'arpenteurs et le coût total d'implantation selon la méthode.**

**Avec le théodolite FET 220**

**Prix : 1350 euros ≈ 1528.74 \$**

a) **Implantation des points en planimétrie par rayonnement**

$$CT = Cmo + Ceq$$

$$Cmo = (TH \times Tt) + FGeq$$

$$Cmo = (TH \times Tt) + FGeq$$

- Pour un Junior :

$$TH = \frac{\text{Montant payé}}{\text{Nombre d'heure}} = \frac{168}{0.2833} = 593.01 \$/h$$

$$Cmo = \left( \frac{593.01 \$}{h} \times 0.2833 h \right) + 1528.74 \$$$

$$Cmo = 1696.74 \$$$

Alors

$$CT = 1696.74 \$ + 1528.74 \$$$

$$CT = 3225.48 \$$$

- Pour un Intermédiaire :

$$TH = \frac{\text{Montant payé}}{\text{Nombre d'heure}} = \frac{240}{0.2833} = 847.15 \$/h$$

$$Cmo = \left( \frac{847.15 \$}{h} \times 0.2833 h \right) + 1528.74 \$$$

$$Cmo = 1768.7 \$$$

Alors

$$CT = 1768.7 \$ + 1528.74 \$$$

$$CT = 3297.44 \$$$

- Pour un Senior :

$$TH = \frac{\text{Montant payé}}{\text{Nombre d'heure}} = \frac{311}{0.2833} = 1097.7 \$/h$$

$$Cmo = \left( \frac{1097.7 \$}{h} \times 0.2833 h \right) + 1528.74 \$$$

$$Cmo = 1839.38 \$$$

Alors

$$CT = 1839.38 \$ + 1528.74 \$$$

$$CT = 3368.12 \$$$

- b) Implantation d'alignement
- 1) Tracer une perpendiculaire à un alignement existant

NB : Ici la durée totale est 0.9667 heure (durée total de 3 procédures)

- Pour un Junior :

$$TH = \frac{\text{Montant payé}}{\text{Nombre d'heure}} = \frac{168}{0.9667} = 173.78 \$/h$$

$$Cmo = \left( \frac{173.78 \$}{h} \times 0.9667 h \right) + 1528.74 \$$$

$$Cmo = 1696.73 \$$$

Alors

$$CT = 1696.73 \$ + 1528.74 \$$$

$$CT = 3225.47 \$$$

- Pour un Intermédiaire :

$$TH = \frac{\text{Montant payé}}{\text{Nombre d'heure}} = \frac{240}{0.9667} = 248.26 \$/h$$

$$Cmo = \left( \frac{248.26 \$}{h} \times 0.9667 h \right) + 1528.74 \$$$

$$Cmo = 1768.73 \$$$

Alors

$$CT = 1768.73 \$ + 1528.74 \$$$

$$CT = 3297.47 \$$$

- Pour un Senior :

$$TH = \frac{\text{Montant payé}}{\text{Nombre d'heure}} = \frac{311}{0.9667} = 321.7 \$/h$$

$$Cmo = \left( \frac{321.7 \$}{h} \times 0.9667 h \right) + 1528.74 \$$$

$$Cmo = 1839.7 \$$$

Alors

$$CT = 1839.7 \$ + 1528.74 \$$$

$$CT = 3368.4 \$$$

2) Jalonnement avec obstacle (contournement d'un obstacle)

- Pour un Junior :

$$TH = \frac{\text{Montant payé}}{\text{Nombre d'heure}} = \frac{168}{0.83} = 202.4 \$/h$$

$$Cmo = \left( \frac{202.4 \$}{h} \times 0.83 h \right) + 1528.74 \$$$

$$Cmo = 1696.7 \$$$

Alors

$$CT = 1696.7 \$ + 1528.74 \$$$

$$CT = 3225.4 \$$$

- Pour un Intermédiaire :

$$TH = \frac{\text{Montant payé}}{\text{Nombre d'heure}} = \frac{240}{0.83} = 289.2 \$/h$$

$$Cmo = \left( \frac{289.2 \$}{h} \times 0.83 h \right) + 1528.74 \$$$

$$Cmo = 1768.77 \$$$

Alors

$$CT = 1768.77 \$ + 1528.74 \$$$

$$CT = 3297.5 \$$$

- Pour un Senior :

$$TH = \frac{\text{Montant payé}}{\text{Nombre d'heure}} = \frac{311}{0.83} = 374.69 \$/h$$

$$Cmo = \left( \frac{374.69 \$}{h} \times 0.83 h \right) + 1528.74 \$$$

$$Cmo = 1839.7 \$$$

Alors

$$CT = 1839.7 \$ + 1528.74 \$$$

$$CT = 3368.44 \$$$

### Avec le Niveau à lunette GOL 32 D

Prix = 430.8 euros + 3.90 euros de livraison  $\approx$  488.20 \$ + 4.42 \$ de livraison

Prix (\$)  $\approx$  492.62 \$

#### a) **Implantation des point en planimétrie par rayonnement**

- Pour un Junior :

$$TH = \frac{\text{Montant payé}}{\text{Nombre d'heure}} = \frac{168}{0.4167} = 403.2 \$/h$$

$$Cmo = \left( \frac{403.2 \$}{h} \times 0.4167 h \right) + 492.62 \$$$

$$Cmo = 660.63 \$$$

Alors

$$CT = 660.63 \$ + 492.62 \$$$

$$CT = 1153.25 \$$$

- Pour un Intermédiaire :

$$TH = \frac{\text{Montant payé}}{\text{Nombre d'heure}} = \frac{240}{0.4167} = 575.95 \$/h$$

$$Cmo = \left( \frac{575.95 \$}{h} \times 0.4167 h \right) + 492.62 \$$$

$$Cmo = 732.6 \$$$

Alors

$$CT = 732.6 \$ + 492.62 \$$$

$$CT = 1225.22 \$$$

- Pour un Senior :

$$TH = \frac{\text{Montant payé}}{\text{Nombre d'heure}} = \frac{311}{0.4167} = 746.3 \$/h$$

$$Cmo = \left( \frac{746.3 \$}{h} \times 0.4167 h \right) + 492.62 \$$$

$$Cmo = 803.6 \$$$

Alors

$$CT = 803.6 \$ + 492.62 \$$$

$$CT = 1296.22 \$$$

**b) Implantation d'alignement**

**1. Tracer une perpendiculaire à un alignement existant**

NB : Ici la durée totale est 0.85 heure (durée total de 3 procédures).

- Pour un Junior :

$$TH = \frac{\text{Montant payé}}{\text{Nombre d'heure}} = \frac{168}{0.85} = 197.6 \$/h$$

$$Cmo = \left( \frac{197.6 \$}{h} \times 0.85 h \right) + 492.62 \$$$

$$Cmo = 660.6 \$$$

Alors

$$CT = 660.6 \$ + 492.62 \$$$

$$CT = 1153.22 \$$$

- Pour un Intermédiaire :

$$TH = \frac{\text{Montant payé}}{\text{Nombre d'heure}} = \frac{240}{0.85} = 282.3 \$/h$$

$$Cmo = \left( \frac{282.3 \$}{h} \times 0.85 h \right) + 492.62 \$$$

$$Cmo = 732.5 \$$$

Alors

$$CT = 732.5 \$ + 492.62 \$$$

$$CT = 1225.12 \$$$

- Pour un Senior :

$$TH = \frac{\text{Montant payé}}{\text{Nombre d'heure}} = \frac{311}{0.85} = 365.8 \$/h$$

$$Cmo = \left( \frac{365.8 \$}{h} \times 0.85 h \right) + 492.62 \$$$

$$Cmo = 803.55 \$$$

Alors

$$CT = 803.55 \$ + 492.62 \$$$

$$CT = 1296.17 \$$$

## 2. Jalonnement avec obstacle (contournement d'un obstacle)

- Pour un Junior :

$$TH = \frac{\text{Montant payé}}{\text{Nombre d'heure}} = \frac{168}{1.083} = 155.12 \$/h$$

$$Cmo = \left( \frac{155.12 \$}{h} \times 1.083 h \right) + 492.62 \$$$

$$Cmo = 660.6 \$$$

Alors

$$CT = 660.6 \$ + 492.62 \$$$

$$CT = 1153.22 \$$$

- Pour un Intermédiaire :

$$TH = \frac{\text{Montant payé}}{\text{Nombre d'heure}} = \frac{240}{1.083} = 221.6 \$/h$$

$$Cmo = \left( \frac{221.6 \$}{h} \times 1.083 h \right) + 492.62 \$$$

$$Cmo = 732.6 \$$$

Alors

$$CT = 732.6 \$ + 492.62 \$$$

$$CT = 1225.22 \$$$

- Pour un Senior :

$$TH = \frac{\text{Montant payé}}{\text{Nombre d'heure}} = \frac{311}{1.083} = 287.1 \$/h$$

$$Cmo = \left( \frac{287.1 \$}{h} \times 1.083 h \right) + 492.62 \$$$

$$Cmo = 803.5 \$$$

Alors

$$CT = 803.5 \$ + 492.62 \$$$

$$CT = 1296.12 \$$$