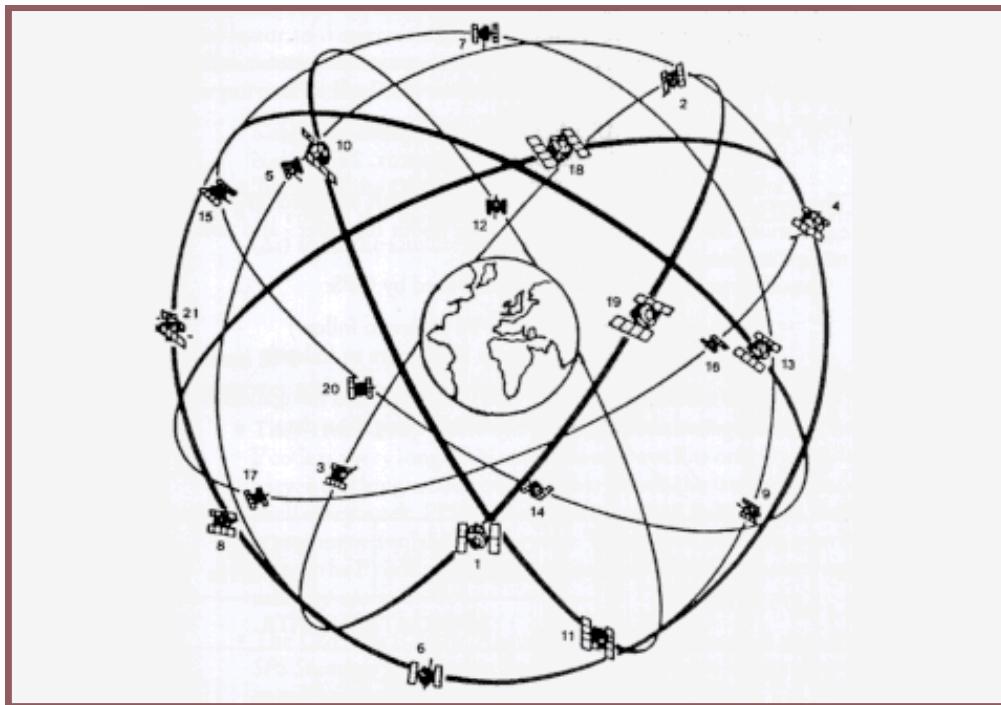


RAPPORT DE TP :

PRATIQUE GPS



RÉALISÉ PAR :

MORTADA BOUZAFOUR
KAOUTAR ENNADHYHY
ALLALI SOUKAINA
KAZOUBI OUSSAMA

NADIA AKHDACH
AADIA KHAOULA
FATIMAZAHRA LOUKILLI
ACHRAF EC-CHAREF

ENCADRÉ PAR : P.BRIRCHI HASSAN



TABLE DES MATIERES

| | |
|--|-----------|
| INTRODUCTION | 3 |
| 1.Les systèmes GNSS et fonctionnement du GPS | |
| 2.Les étapes d'un projet topographique | |
| 3.Objectifs globales du TP | |
| TP1- Prise en main et montage GPS | 7 |
| 1.Description du matériels utilisé | |
| 2.Les montages GPS | |
| 2.1.Montage de la base | |
| 2.2.Montage du mobile | |
| 3.Principes des modes positionnement utilisés | |
| 3.1. Le mode de positionnement absolu | |
| 3.2. Mode de positionnement relatif en post-traitement | |
| 3.3. Le mode de positionnement relatif en temp réel | |
| 4. Principes des modes positionnement utilisés | |
| TP2 - Transformation de coordonnées | 15 |
| 1. Introduction aux transformations de coordonnées | |
| 1.1.Similitude dans l'espace à 7 paramètres | |
| 1.2.Transformation de Molodenski | |
| 1.3. Interpolations polynomiales | |
| 2. Transformation de Coordonnées dans le Contexte Marocain | |
| 3. Le logiciel Circé NC | |
| 4. Le logiciel MPS GeoTrans | |
| 5. TP de transformation de coordonnées par Circé | |
| 6. Transformations de cordonnées du réseau de l'EHTP | |
| 6.1. Résultats des transformations | |
| 6.2. Tableau finale des tranformations | |
| TP3 - Consultation, reconnaissance et contrôle de stabilité du réseau Local du terrain..... | 26 |
| 1. Consultation | |
| 1.1. Définition et Objectifs | |
| 1.2. Présentation du terrain | |
| 1.3. Documents utilisés lors de la consultation | |
| 2. Reconnaissance | |
| 3. Controle de stabilité | |
| TP4 - Rattachement du réseau terrain avec le réseau local à l'intérieur de l'EHTP..... | 32 |
| 1.Définitions et objectifs | |
| 2.Le choix des points de rattachement | |
| 3.Objectif et Déroulement du TP | |
| TP5 - Densification du réseau local de l'EHTP | 34 |
| 1.Définition et Objectifs | |
| 2.Choix des nouveaux points de densification | |
| Synthèse générale | 38 |

INTRODUCTION

Au cœur de l'évolution technologique qui façonne notre monde, la topographie avec GPS (Global Positioning System) et les systèmes GNSS (Global Navigation Satellite System) jouent un rôle incontournable dans la réalisation de projets topographiques de précision. Ce rapport vise à documenter de manière exhaustive les différentes tâches réalisées lors des travaux pratiques de GPS.

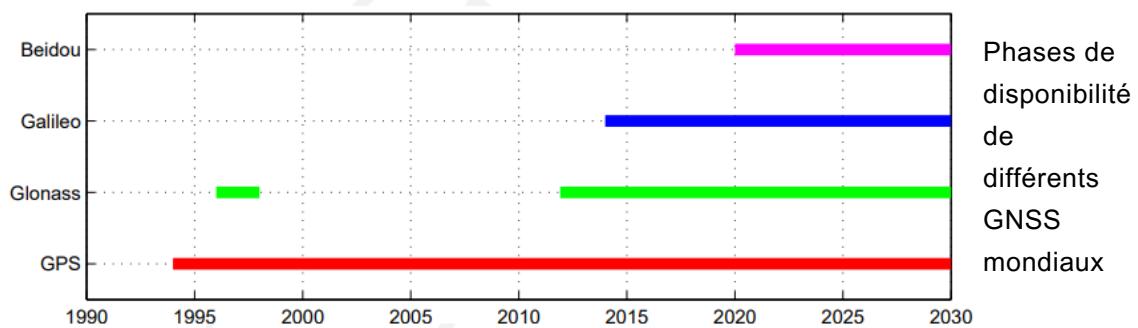
1. Les systèmes GNSS :

Les systèmes GNSS, tels que le GPS, GLONASS, GALILEO et BEIDOU, jouent un rôle essentiel dans le positionnement et la navigation à l'échelle mondiale. Ces systèmes exploitent un réseau de satellites en orbite pour fournir des informations de positionnement précises à des récepteurs sur terre.



Applications de GNSS

Jusqu'en 2007, seul GPS - conçu, développé et entretenu par le Département de la Défense des Etats-Unis - constituait un GNSS opérationnel. Depuis, GLONASS (URSS puis Russie) est arrivé lui aussi en phase opérationnelle. Deux autres systèmes sont actuellement en cours de développement : Galileo (Union Européenne) qui devrait être opérationnel en 2014 et le chinois BEIDOU (entré en fonctionnement en 2020)



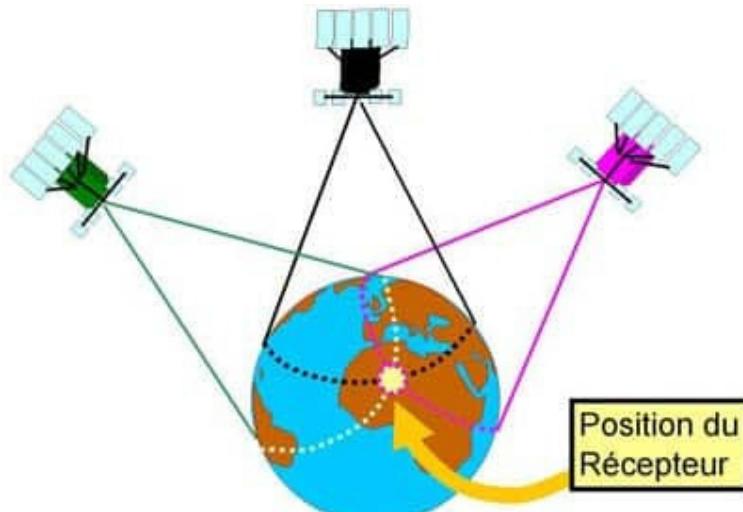
Fonctionnement du GPS :

L'objectif d'un système global de positionnement par satellite (GPS) est de fournir à un récepteur sa position, sa vitesse de déplacement et l'heure.

La précision de la position calculée par le système dépend de plusieurs facteurs et principalement :

- la durée de prise de mesures.

- la visibilité du points par un nombre important et suffisant de satellites.
- Les conditions environnementales et atmosphériques.



Trilateration : principe de positionnement par GNSS

Le fonctionnement des GNSS repose sur la mesure du temps de propagation du signal émis par un satellite jusqu'à sa mesure par un récepteur. La mesure du temps de propagation du signal en provenance de plusieurs satellites permet par intersection de déterminer la position du récepteur. En pratique un 4ème satellite est nécessaire pour palier le problème de synchronisation des horloges satellite et récepteur.

S'il est réalisé de manière rapide il donne une précision d'une dizaine de mètres, n'importe quand, n'importe où sur la Terre, quelle que soit la météo et à un faible cout. Mais pour des utilisations de grandes précision, en 1er lieu topographie, on doit prendre en compte toutes les facteurs qui influent la précision de la mesure.

Les différents modes et Stratégies de Mesure

Les différentes stratégies de mesure, notamment la méthode statique rapide en post-traitement, seront détaillées. Nous examinerons comment ces modes de fonctionnement impactent la précision des mesures et comment ils ont été appliqués dans le cadre du projet topographique sur le campus de l'EHTP. (Voir FIG-4)

2. Les étapes d'un projet topographique :

• Consultation du Terrain :

Avant toute mesure, une phase de consultation du terrain a été entreprise : Le lotissement Al Khozama, niché à Lissassfa près de Hay Al Laymon.

Cette étape a impliqué l'identification du terrain et des points existants (théoriquement , apriori) ,la recherche d'informations et de documents cadastraux du terrain et puis une consultation du plan cadastral et des croquis du terrain.



Cette phase consiste à rassembler le maximum de l'information sur le terrain avant de partir au lieu pour faire les autres étapes.

| Précision | 2m | 0.5m | 1 cm | Quelques mm |
|-------------------|--|---|--|--|
| Mode | Mode Absolu | Mode relatif | | |
| Mesure | Mesures de C/A code | Mesures de C/A code - améliorées - (code lissé par la phase) | Mesures de phase(s) | |
| Appellations | « naturel » « autonome » « navigation » | DGPS ou DGNSS : Differential GPS / GNSS | Statique, statique rapide, cinématique en post-traitement RTK (Real Time Kinematic ou cinématique temps réel) NRTK (Network Real Time Kinematic) | Positionnement statique ou réseaux permanents |
| Principe | 1 récepteur Observation sur au moins 4 satellites Position en temps réel Système de référence : WGS84 | Au moins 2 récepteurs : référence et mobile La référence calcule des corrections sur ses mesures de distance (mesure de code C/A) à partir de ses observations et de sa position de référence et de celle du satellite. Les corrections calculées pour chaque satellite sont appliquées aux mesures de code du mobile : <ul style="list-style-type: none">• En post-traitement : logiciel constructeur ou libre• En temps réel : les corrections sont transmises en temps réel par voie hertzienne (UHF), par satellite géostationnaire ou par téléphone mobile (GSM, GPRS, EDGE, 3G, 3G+, 4G) | 2 récepteurs : une référence sur un point connu dans un système de référence compatible GNSS et un mobile Calcul des doubles différences pour l'estimation des lignes de base. Les lignes de base sont en général courtes (moins de 100 km) <ul style="list-style-type: none">• En post-traitement : logiciel constructeur ou libre• En temps réel : les mesures de phase sont transmises en temps réel par voie hertzienne (UHF) ou par téléphone mobile (GPRS, EDGE, 3G, 3G+, 4G) du point de référence au mobile | 2 récepteurs Calcul en doubles différences en post-traitement avec un logiciel scientifique La durée d'observation est longue 1 récepteur (cas du PPP, Precise Point Positioning) La durée d'observation est longue. |
| Applications | Grand public Randonnée Guidage de véhicule Gestion de flottes Mesure de temps (10^{-6} s) | Bases de données géographiques, guidage d'engin ... | Géodésie, topométrie, guidage de précision, agriculture de précision, stéréopréparation ... | Réseaux permanents Géophysique : tectonique des plaques, niveau des mers, tremblement de Terre... Météorologie |
| Services associés | | Post traitement : Réseau GNSS Permanent (RGP) Temps réel : Réseaux de satellites géostationnaires à couverture mondiale (Omnistar) : service payant Systèmes d'augmentation du GPS (EGNOS, WAAS, MSAS) : corrections différentielles + intégrité du signal | Réseaux permanents post-traitement : RGP, RENAG, nombreux autres réseaux nationaux dans le monde Réseaux permanents centimétriques temps réels : TERIA, ORPHEON, SATINFO, LELA, ACTIVA, nombreux autres réseaux dans le monde | Réseaux nationaux (Réseau GNSS permanent) Réseau continentaux (EPN : Euref Permanent Network) Réseau mondial (International GNSS Service) |
| Récepteur | Récepteurs du commerce (20€ à 800€) | Récepteurs monofréquence 1500 à 8000 euros Abonnement DGNSS : 800 € /an/pays/récepteur | Récepteurs monofréquence (1500 à 8000€) Récepteurs bifréquence (15000€) | Récepteurs bifréquence Antennes de type géophysique |

FIG 4 - Différents modes et stratégies de mesure par GPS

• Reconnaissance de Points :

Avant toute mesure, une phase de consultation du terrain a été entreprise. Cette étape a impliqué l'identification des points qui sont encore existants, ceux existants mais non accessibles, et de voir s'il y a des points disparus ou non accessibles. Cette étape est nécessaire avant de passer à la planification des itinéraires de mesure pour faire un contrôle de stabilité de ces points

• Contrôle de Stabilité des Points :

L'objectif de cette étape est de garantir la stabilité et l'homogénéité des points existants et accessibles. Après identification des points accessibles, , on fait contrôles réguliers ont été effectués. Les variations potentielles dans l'environnement physique des points ont été prises en compte.



- **Rattachement du Canevas de Points :**

Le rattachement du canevas de points au système de coordonnées global a été effectué avec précision. Nous détaillerons la méthodologie adoptée pour assurer la cohérence des données avec le référentiel global.

- **Densification du Canevas de Points :**

Nous débuterons également la discussion sur la densification du canevas de points. Les stratégies de levé utilisées pour augmenter la densité de points seront abordées, mettant l'accent sur l'optimisation des ressources tout en garantissant la précision des mesures.

3. Les objectifs du TP :

1. Voir les différentes composantes d'un récepteur GPS de base et celui mobile.
2. Voir comment monter une base et un mobile.
3. Voir comment configurer les différents mode et stratégies de positionnement.
4. Explorer les différentes étapes d'un projet topographique.
5. Utiliser des documents cadastraux et le GPS temps réel pour la reconnaissance des points sur le terrain.
6. Faire des mesures avec un récepteur GPS en temps réel et en post-traitement.
7. Utiliser des logiciels de transformation de coordonnées.
8. Le post-traitement: récupérer des signaux de mesure GPS et les traiter en utilisant le logiciel LEICA INFINITY pour le post-traitement.
9. Contrôler la stabilité d'un réseau de points avec GPS.
10. Faire le rattachement d'un réseau de points avec GPS.
11. faire un densification du réseau et l'implantation des points perdus en utilisant le mode RTK.

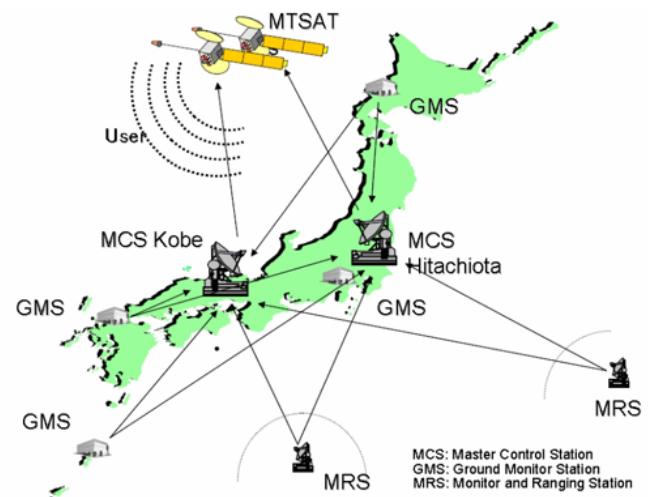
TP1- PRISE EN MAIN ET MONTAGE GPS

Le GPS est un utilitaire qui appartient aux Etats-Unis et qui assure des services de positionnement, de navigation et de référence temporelle, dits « services PNT » (positioning, navigation, and timing). Il se compose de trois segments : le segment spatial, le segment de contrôle et le segment utilisateur.

Le segment spatial : est constitué d'une constellation nominale de 24 satellites opérationnels qui transmettent des signaux unidirectionnels, lesquels donnent le positionnement et l'heure du réseau GPS.

Le segment de contrôle : se compose de stations, réparties à travers le monde, qui sont chargées de piloter et de surveiller le système ; elles veillent au maintien des satellites en orbite, procédant le cas échéant à des manipulations et à l'ajustement des horloges des satellites. Ces stations poursuivent les satellites GPS, téléchargent les données de navigation mises à jour et enregistrent l'état de santé des satellites.

Le segment utilisateur : comprend les récepteurs GPS, qui reçoivent les signaux des satellites et qui calculent, sur la base des informations transmises, la position tridimensionnelle et la référence temporelle de l'utilisateur.



Différents segments du système GPS

- **Objectifs :**

L'objectif de ce TP était la manipulation du GPS en mode relativité temps réel, en utilisant deux récepteurs : un récepteur fixe (base référence) dans un point connu et un récepteur mobile dans un point supposé inconnu.

1. Description du matériel utilisé :

| Nom du composant | Image du composant | Rôle |
|---------------------|---|---|
| Antenne externe RTK |  | peut améliorer la qualité de la connexion radio et, par conséquent, la précision du positionnement. |



Récepteur GS08



Le récepteur GNSS GS08 est un équipement conçu pour capturer les signaux GPS

Embase et porteur



Support du récepteur

Radio SATEL GFU27



Le SATEL GFU27 est un modem radio conçu pour assurer la communication sans fil entre la station de base et les unités mobiles dans un système de positionnement par satellite (GNSS/RTK)

Batterie externe



Source d'alimentation

Carnet contrôleur CS10



S'interfacent parfaitement avec le logiciel de topographie SmartWorx Viva

Trépied



Support de la base

Ruban



Mesure la hauteur de l'antenne

Canne



Support du mobile

2. Les montages GPS :

3.1. Montage de la base :

La mise en place de la base implique une série d'étapes méthodiques, détaillées ci-dessous :

1. Sélectionner un point de coordonnées connues dans un espace ouvert, en minimisant les obstructions.
2. Placer le trépied sur le point choisi en tant que référence, en maximisant la hauteur pour éviter les problèmes d'obstruction.
3. Monter l'embase sur le trépied.
4. Assurer la verticalité en alignant le point optique avec le point de référence à l'aide du plomb optique de l'embase.
5. Garantir l'horizontalité à l'aide de la bulle de niveau.
6. Installer l'antenne externe RTK sur le support situé sous le récepteur.
7. Connecter le contrôleur à l'antenne RTK à l'aide d'un câble.
8. Connecter le câble d'alimentation (sous forme de Y) reliant la batterie externe, le récepteur et la radio.
9. Mettre en marche le GPS et vérifier l'émission du signal.



FIG 6 - Montage de la base

3.2. Montage du mobile :



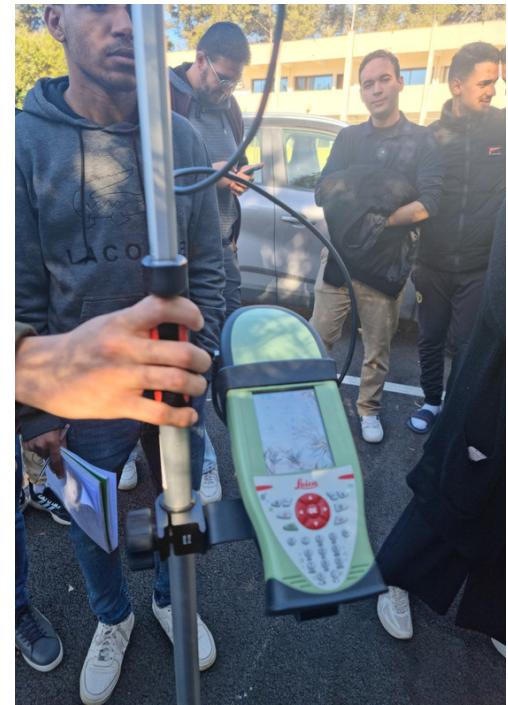
Montage du mobile

Récepteur GPS Portable:

- Un récepteur GPS portable de qualité.
- Antenne GPS externe.
- Batterie ou alimentation portable pour le récepteur.

Canne de Support:

- Une canne légère et robuste.
- Support ou fixation pour monter l'antenne GPS sur la canne.



Contrôleur

3. Principes des modes positionnement utilisés :

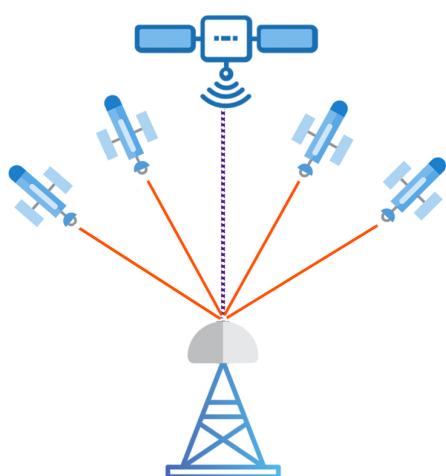
3.1. Mode de positionnement absolu:

• Principe

Le mode de positionnement GPS en mode absolu est un procédé qui permet à chaque récepteur GPS de déterminer sa position géographique de manière indépendante, en utilisant les signaux émis par les satellites. Contrairement au mode relatif, le mode absolu ne requiert pas de stations de référence fixes et ne repose pas sur des observations simultanées entre les stations.

Positionnement par Mesure de Code (Ponctuel Précis) :

Dans ce mode, le récepteur calcule sa position en interprétant les signaux codés envoyés par les satellites. Les informations contenues dans ces signaux incluent le temps de transmission et la position orbitale du satellite. En mesurant le délai entre l'émission et la réception du signal, le récepteur peut calculer sa distance par rapport à chaque satellite. Avec les distances de quatre satellites ou plus, le récepteur peut déterminer sa position en trois dimensions (latitude, longitude et altitude).



Principe de Positionnement absolu



Positionnement par Mesure de Phase (Précision Élevée) :

Le positionnement par phase est une technique qui offre une précision plus élevée que la mesure de code. Cette méthode utilise la phase du signal porteur du GPS pour calculer avec précision la distance entre le satellite et le récepteur. Ce type de mesure est complexe et nécessite un matériel et un logiciel plus sophistiqués, mais peut fournir une précision de l'ordre du centimètre.

Positionnement en Temps Différé : Post-traitement :

Bien que le mode absolu puisse être utilisé en temps réel, il peut également être employé dans un contexte de post-traitement, où les données sont collectées et analysées ultérieurement pour affiner les résultats du positionnement. Cette méthode est utile dans les applications nécessitant une grande précision, telles que la géodésie ou la cartographie de précision.

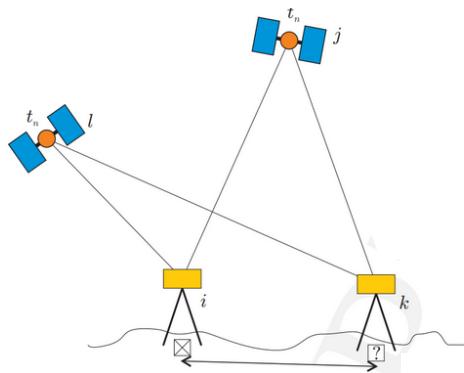
3.2. Mode de positionnement relatif en post-traitement:

• Principe

Le mode de positionnement différentiel post-traitement qu'on monté dans ce TP est basé sur :

Le mode positionnement relatif (appelé aussi mode différé) :

- ce mode est plus précis que le mode absolu vu qu'il permet d'éliminer les erreurs systématiques en réalisant des différences d'observation entre les stations.
- On dispose d'une ou plusieurs stations de référence fixes vu qu'il est nécessaire de disposer de deux stations qui observent simultanément.
- De stations mobiles de coordonnées inconnues.



Double différence entre des récepteurs i et j
et des satellites k et l

• FORMULATION DOUBLE DIFFERENCE

$$\Delta [l_{i,k}^j] = \Delta [r_{i,k}^j] + c\Delta [\delta t_{i,k}] + \Delta [\tau_{i,k}^j] - \lambda \cdot \Delta [N_{i,k}^j]$$

la différence entre les mesures réalisées par deux récepteurs, k et i observant le même satellite j à la même époque,

Le Positionnement faite par le calcul de la phase en temps différé : post-traitement:

- Les observations GPS sont analysées après acquisition (post-traitement).
- Le positionnement des stations inconnues est réalisée par compensation des lignes de bases les reliant aux stations de coordonnées connues.
- En fonction de l'application, le positionnement est sub-métrique à millimétrique

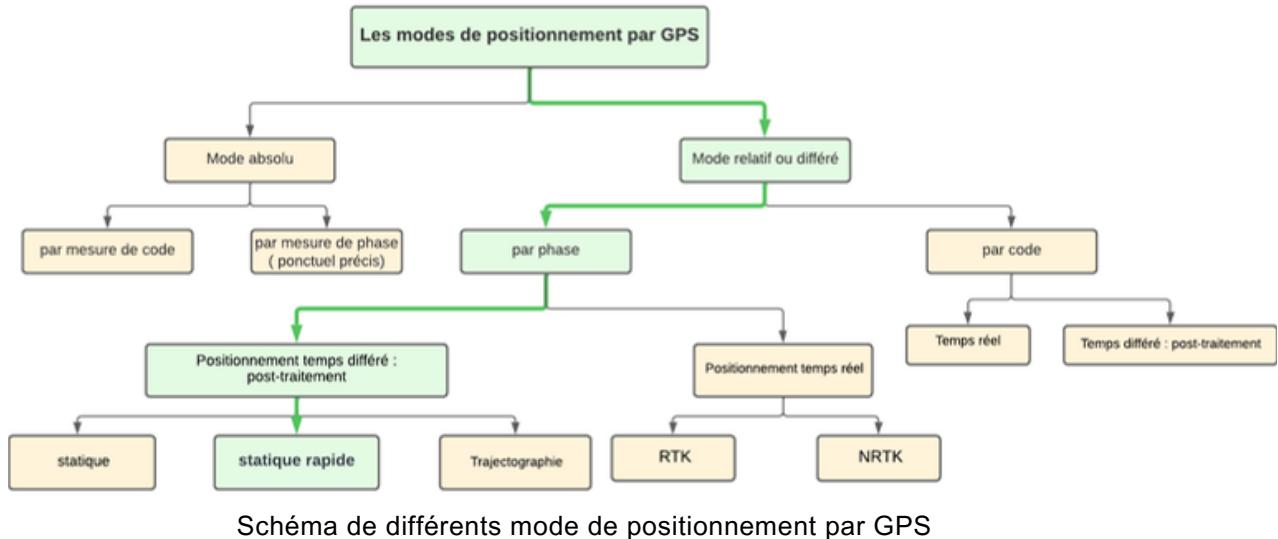
Stratégie de positionnement : statique rapide

- Les mesures de phases sont réalisées sur une durée courte (15 à 30 min).
- Pour une **précision centimétrique** ; les lignes de bases ne doivent pas dépasser quelques dizaines de Km .
- Algorithme de résolution rapide des ambiguïtés entières.
- **Durée des observations :**
 - Quelques minutes pour des bases inférieures au 1 km
 - 20 min + 2 min / km en mono-fréquence
 - 10 min + 1 min / km en bi-fréquence

• Montage:

Base : Installation sur point connu, activation GPS, saisie des coordonnées

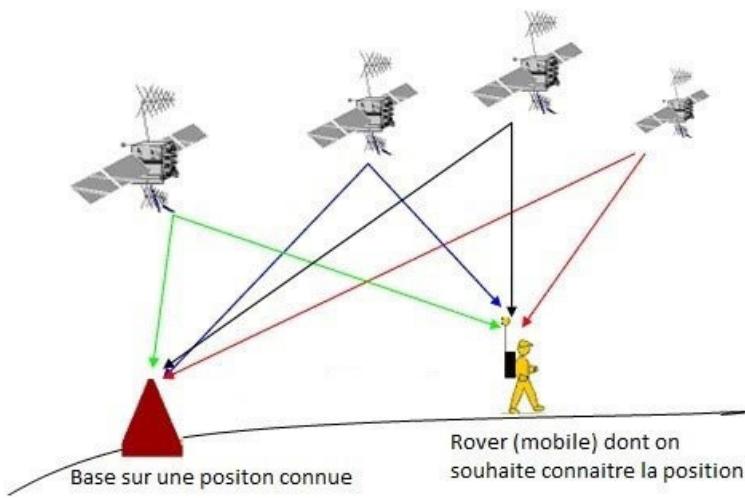
Récepteur Mobile : Vérification connexion, capteur GNSS et en mode post-traitement,



3.3. Mode de positionnement relatif en temps réel :

- **Principe**

Le positionnement cinématique en temps réel (RTK) utilise une liaison radio pour transmettre les données des satellites de référence au récepteur mobile, permettant ainsi le calcul et l'affichage en temps réel des coordonnées pendant la réalisation du levé. Cette méthode s'avère efficace pour le levé de points détaillés, offrant des résultats en temps réel. Cependant, son efficacité dépend de la stabilité de la liaison radio, laquelle peut être perturbée par d'autres sources radio ou entravée par des obstacles, pouvant entraîner des interruptions dans la transmission du signal.



- **Montage:**

Base : Installation sur point connu, activation GPS, création projet RTK, saisie coordonnées, configuration radio.

Récepteur Mobile : Vérification connexion, capteur GNSS et corrections temps réel, attente précision centimétrique, choix traitement.



4. Principes des modes positionnement utilisés :

- **Montage en Mode Absolu :**

Notre première étape a été d'établir un montage en mode absolu. Cette procédure est essentielle car le mode relatif consiste en la mise en relation de deux positions absolues. Le montage, facilité par la conception intuitive des produits Leica, comprenait l'installation du récepteur sur un trépied et la liaison des batteries au récepteur et au contrôleur.

- **Expérience Utilisateur avec le Matériel Leica :**

Nous avons noté la qualité supérieure du matériel Leica, caractérisée par une conception ergonomique et des symboles intuitifs qui guident l'utilisateur lors de l'assemblage des différentes composantes. Les batteries se fixent aisément et la communication entre le contrôleur et le récepteur s'effectue par Bluetooth, éliminant ainsi les contraintes des connexions filaires.

- **Acquisition et Traitement des Données :**

Avec le montage complet, nous avons procédé à la capture des coordonnées du récepteur. Le contrôleur a servi à détecter le nombre de satellites disponibles ainsi que leurs orientations relatives au récepteur, en termes d'angles zénithal et de site. Les coordonnées ont été calculées, révélant une erreur typique de 5 mètres pour le mode absolu, ce qui est conforme aux attentes pour ce type de montage.

- **Problématiques Rencontrées et Solutions**

- **Incompatibilité des Fréquences Radio :**

Lors de la transition vers le mode relatif, nous avons été confrontés à un problème de compatibilité des fréquences radio entre le GS08 et un nouveau récepteur. Le souci résidait dans le logiciel du générateur radio du GS08. L'absence de port de communication pour ordinateur ou téléphone a rendu impossible la mise à jour ou la modification du logiciel. Les restrictions de licence de Leica ont également empêché l'utilisation des radios des autres récepteurs, limitant notre capacité à établir une base pour le mode relatif.

- **Montage RTK Stop and Go :**

Nous avons alors décidé d'utiliser la station permanente (AR10/GR50) pour établir le montage RTK Stop and Go. Le récepteur mobile a été monté sur une canne de nivellation équipée d'une bulle de précision pour garantir l'horizontalité. Malgré l'échec du montage relatif dû aux problèmes radio, la connection à la station permanente a permis de calculer avec succès les coordonnées du récepteur mobile en mode RTK.

TP2 - TRANSFORMATION DE COORDONNÉES

1. Introduction aux transformations de coordonnées :

Transformation de coordonnées

La transformation des coordonnées en géodésie désigne le processus de conversion des informations de localisation d'un point d'un système de référence spatial à un autre. Cela englobe la modification des coordonnées cartésiennes, géographiques ou planes pour les adapter aux caractéristiques d'un nouveau système de coordonnées. Ce processus repose sur l'utilisation de paramètres spécifiques pour garantir l'exactitude de la transformation. Les ajustements peuvent inclure des translations, des rotations et des changements d'échelle selon les différences entre les modèles de la Terre ou les datums géodésiques. L'objectif fondamental est d'assurer la cohérence et la précision des informations de localisation lorsqu'elles sont utilisées dans différents contextes ou systèmes géodésiques ou dans des cadres de référence spatiaux variés.

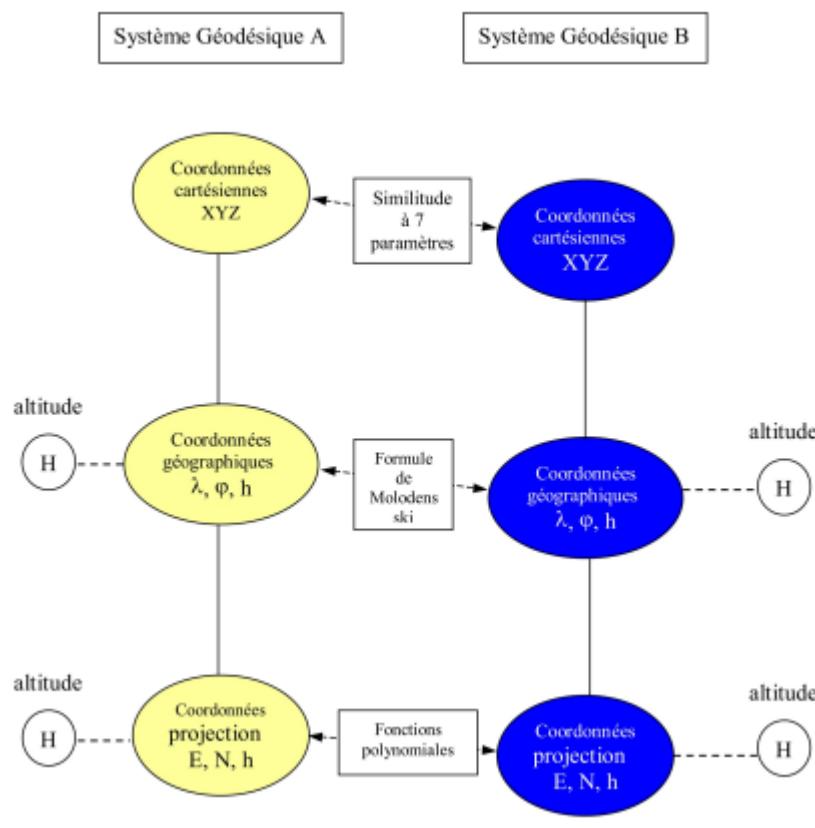


schéma des transformations entre types de coordonnées

Les transformations entre coordonnées, qu'elles soient intra-systèmes ou inter-systèmes géodésiques, exigent une rigueur mathématique. Les ajustements précis des paramètres garantissent la justesse des conversions à l'intérieur d'un même système, tandis que les transformations entre systèmes requièrent l'estimation minutieuse de paramètres pour assurer une précision adaptée, la formule de passage la plus courante étant la transition par similitude dans l'espace, offrant simplicité mathématique et interprétation aisée des paramètres mais il y'en a d'autres formules et fonction de transfert s'dépend du cas.

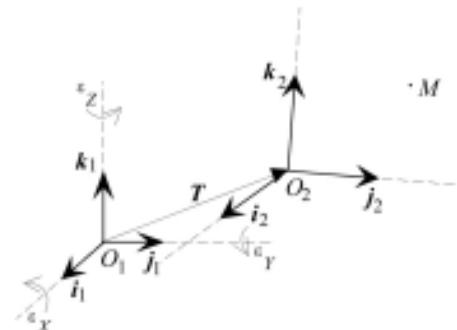
1.1. Similitude dans l'espace à 7 paramètres

3 translations

$$\mathbf{T} \begin{pmatrix} T_X \\ T_Y \\ T_Z \end{pmatrix}$$

1 facteur d'échelle D tel que $\|\mathbf{i}_1\| = (1 + D)\|\mathbf{i}_2\|$

3 rotations $\varepsilon_X, \varepsilon_Y$ et ε_Z autour du 1er, du 2e et du 3e axe.



Les formules de passage sont les suivantes :

Soient :

(x_1, y_1, z_1) et (x_2, y_2, z_2) les coordonnées de M dans respectivement R_1 et R_2 .

$$\begin{pmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} T_X \\ T_Y \\ T_Z \end{pmatrix} + (1 + D) \begin{pmatrix} \cos \varepsilon_X \cos \varepsilon_Z & \cos \varepsilon_X \sin \varepsilon_Z & -\sin \varepsilon_Y \\ -\cos \varepsilon_X \sin \varepsilon_Z & \cos \varepsilon_X \cos \varepsilon_Z & \sin \varepsilon_X \cos \varepsilon_Y \\ +\sin \varepsilon_X \sin \varepsilon_Y \cos \varepsilon_Z & +\sin \varepsilon_X \sin \varepsilon_Y \sin \varepsilon_Z & \sin \varepsilon_X \cos \varepsilon_Y \\ \sin \varepsilon_X \sin \varepsilon_Z & -\sin \varepsilon_X \cos \varepsilon_Z & \cos \varepsilon_X \cos \varepsilon_Y \\ +\cos \varepsilon_X \sin \varepsilon_Y \cos \varepsilon_Z & +\cos \varepsilon_X \sin \varepsilon_Y \sin \varepsilon_Z & \cos \varepsilon_X \cos \varepsilon_Y \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix}$$

Avec : $\cos \varepsilon_\alpha \approx 1$ et $\sin \varepsilon_\alpha \approx \varepsilon_\alpha$

Les 7 paramètres vérifient alors la relation suivante :

$$\begin{pmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} T_X \\ T_Y \\ T_Z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 + D & \varepsilon_Z & -\varepsilon_Y \\ -\varepsilon_Z & 1 + D & \varepsilon_X \\ \varepsilon_Y & -\varepsilon_X & 1 + D \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix}$$



Connaissant les coordonnées et pour au moins 3 points, il est possible d'estimer, par exemple par moindres carrés, les 7 paramètres de similitude. Très souvent, pour des réseaux locaux ou nationaux, seuls les trois translations seront estimées.

1.2. Transformation de Molodenski

La formule de Molodensky est une méthode mathématique utilisée pour ajuster les coordonnées géodésiques entre deux systèmes en prenant en compte les différences entre leurs ellipsoïdes de référence.

Soient (λ_1, ϕ_1, h_1) les coordonnées géographiques d'un point M dans le référentiel muni d'un ellipsoïde E1 caractérisé par a_1 et f_1 .

Soient (λ_2, ϕ_2, h_2) les coordonnées géographiques du même point M dans le référentiel R2 muni d'un autre ellipsoïde E2(a_2, f_2).

Les formules de transformations de Molodenski sont les suivantes :

$$\lambda_2 = \lambda_1 + \frac{-T_x \sin \lambda_1 + T_y \cos \lambda_1}{N \cos \phi_1}$$
$$\phi_2 = \phi_1 + \frac{-T_x \sin \phi_1 \cos \lambda_1 - T_y \sin \phi_1 \sin \lambda_1 + T_z \cos \phi_1 + (a \Delta f + f \Delta a) \sin(2\phi_1)}{\rho}$$

$$h_2 = h_1 + T_x \cos \phi_1 \cos \lambda_1 + T_y \cos \phi_1 \sin \lambda_1 + T_z \sin \phi_1 + (a \Delta f + f \Delta a) \sin^2 \phi_1 - \Delta a$$

avec :

$$\left\{ \begin{array}{l} N = \frac{a}{(1 - e^2 \sin^2 \phi)^{1/2}} \\ \rho = \frac{a(1 - e^2)}{(1 - e^2 \sin^2 \phi)^{3/2}} \end{array} \right.$$

Avec :

$$\Delta a = a_2 - a_1$$

et

$$\Delta f = f_2 - f_1$$

1.3. Interpolations polynomiales

Les interpolations polynomiales dans les transformations de coordonnées consistent à estimer des valeurs intermédiaires entre points connus, assurant une représentation continue et précise des coordonnées spatiales dans divers systèmes ou références géodésiques.



Soient (E_1 , N_1 , h_1) les coordonnées planes d'un point M dans le référentiel R1. Soient (E_2 , N_2 , h_2) les coordonnées géographiques du même point M dans le référentiel R2.

L'interpolation polynomiale se fait par des polynômes dont il faut choisir le degré. Les formules sont les suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} E_2 = \sum_{i=1}^n A_i \times E_1^{i-1} \\ N_2 = \sum_{i=1}^n B_i \times N_1^{i-1} \end{array} \right.$$

En général l'interpolation bilinéaire n'est utilisé qu'en 2 D pour les coordonnées planimétriques.

2. Transformation de Coordonnées dans le Contexte Marocain

La transformation des coordonnées de Merchich à WGS 84 (1) est un élément clé pour la cartographie et la géolocalisation au Maroc. Identifiée par le code 1166 et suivant la version DMA-Mar, cette transformation est spécialement conçue pour une application sur le territoire marocain en zone terrestre.

Systèmes de Référence de Coordonnées

Le processus implique le système de référence de coordonnées source, Merchich, et le système cible, WGS 84. Cette transformation garantit la précision et la cohérence des données géospatiales au Maroc.

Paramètres de Transformation

La méthode de translations géocentriques, applicable aux coordonnées géographiques 2D, est utilisée. Les paramètres sont les suivants : une translation de 31 mètres pour l'axe X, 146 mètres pour l'axe Y, et 47 mètres pour l'axe Z, toutes réversibles.

Contexte d'Application et Exemples Spécifiques

Cette transformation est essentielle pour plusieurs conversions de zones au Maroc. Par exemple :

- Entre la Zone Lambert 1 et la Zone Lambert 2 : Ce cas illustre le changement de zones Lambert, fréquemment utilisées en cartographie marocaine.
- De la Zone UTM 28 à la Zone Lambert 4 : Cette conversion est importante pour les opérations de cartographie et de navigation qui chevauchent ces zones spécifiques.
- Du GPS vers la Zone Lambert 1 : Un cas courant où les données GPS globales doivent être converties en un format local.
- Du GPS vers la Zone UTM 29 : Similaire au cas précédent, mais pour une zone UTM différente, soulignant la polyvalence de cette transformation.



3. le logiciel Circé NC :

Circé NC est un logiciel gratuit développé par l'Institut national de l'information géographique et forestière(IGN) pour la Nouvelle-Calédonie.

Il permet de convertir des coordonnées géographiques ou cartographiques entre les différents systèmes géodésiques présents en Nouvelle-Calédonie.

La version 5.2 de Circé NC, publiée en 2022, intègre le RGNC 15 et les systèmes de référence internationaux (ITRF). Il permet donc de convertir des coordonnées entre les systèmes suivants : RGNC 15 , RGNC 91-93 , IGN72 , IGN56 ,IGN53, ST8 , ST84 , Triangulation de Nouméa , WGS84 , ITRF2000 , ITRF2014 , ITRF2020.

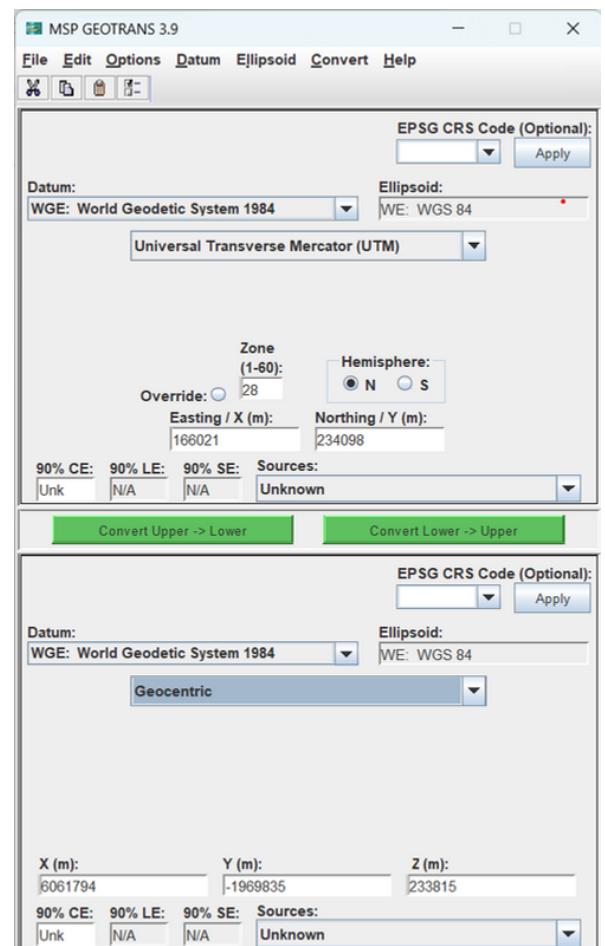
On a réalisé un TP qui a le but du TP de transformation de coordonnées avec le logiciel Circé est de familiariser les étudiants avec l'utilisation pratique de l'outil en les guidant à travers des étapes telles que l'identification du vocabulaire géodésique, la sélection des repères de référence d'entrée, et la manipulation des coordonnées pour obtenir des résultats dans des systèmes de référence spécifiques. L'objectif global est de développer la compréhension des transformations géodésiques et des différentes représentations de coordonnées, tout en utilisant le logiciel Circé comme outil pratique pour effectuer ces opérations.



4. le logiciel MPS GeoTrans :

GeoTrans est un logiciel développé par le National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) des États-Unis. Il est principalement utilisé pour la conversion de coordonnées géographiques entre différents systèmes de référence et de projection. Il est largement utilisé dans les applications militaires, mais peut également être utile pour des utilisations civiles, notamment dans les domaines de la cartographie, de la géodésie et de la navigation.

L'interface graphique de l'application GEOTRANS est écrite en Java et nécessite donc un JRE pour s'exécuter.





L'installation :

On installe d'abord le .exe d'après le lien suivant :

<https://earth-info.nga.mil/php/download.php?file=wgs-inst64>

Ensuite, on installe la version windows Developer d'après le lien suivant :

<https://earth-info.nga.mil/php/download.php?file=wgs-windev>

Ce dernier s'installe sous forme un fichier .zip, on fait l'extraction de tous les fichiers en dedans de ce fichier zippé. Puis, on entre au fichier suivant :

`C:\Users\Administrateur\Desktop\2A\Geodesie_GPS\geotrans3.9\GEOTRANS3\win_64\runGeotrans.bat`

On copie et on y colle l'instruction suivante :

`<install dir>\geotrans3.9\GEOTRANS3\win\runGeotrans.bat.`

5. TP de transformation de coordonnées par Circé :

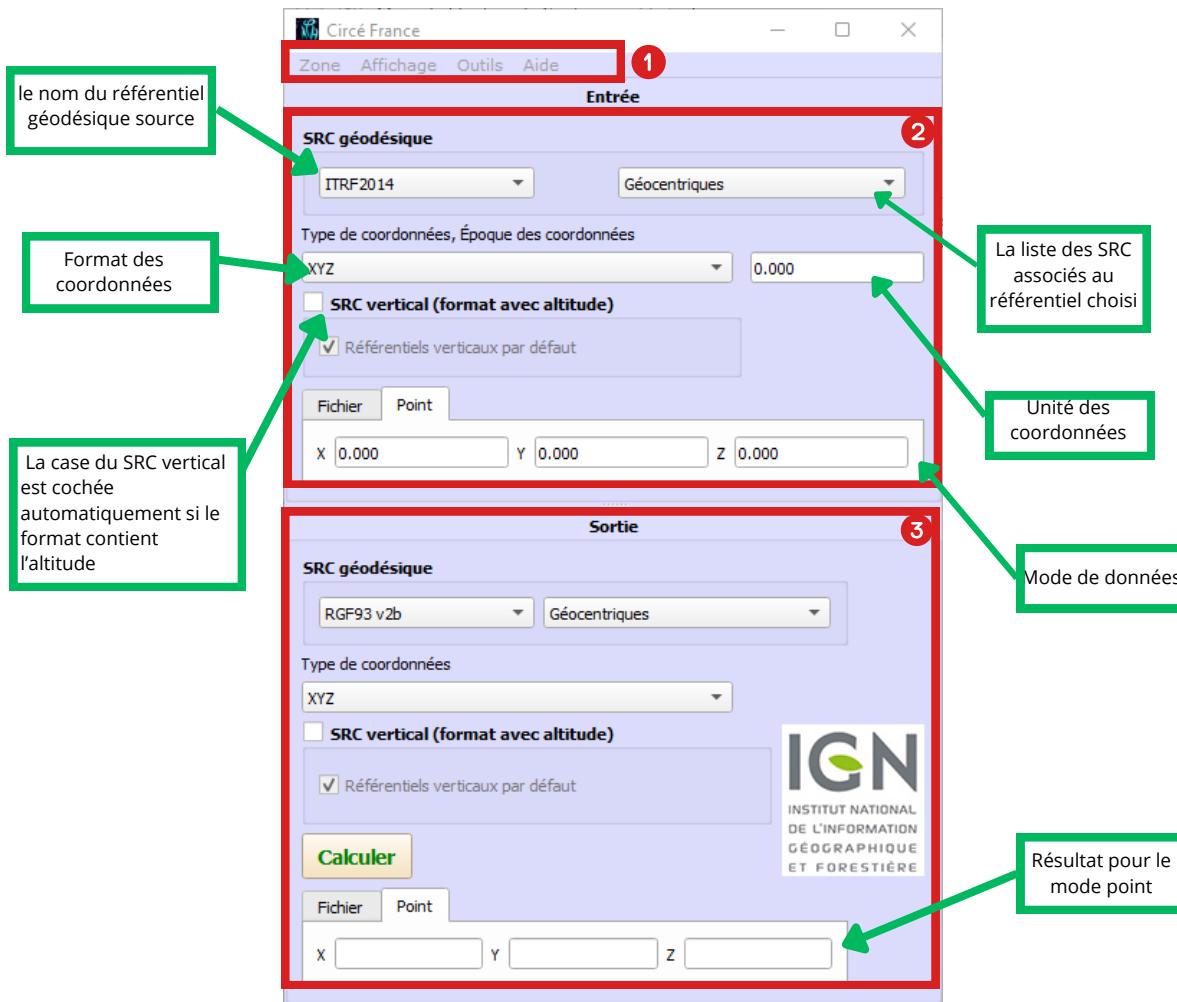
L'interface :

L'interface du logiciel est composée de trois parties principales:

1. Menu d'option
2. Menu de données d'entrée
3. Menu de données de sortie

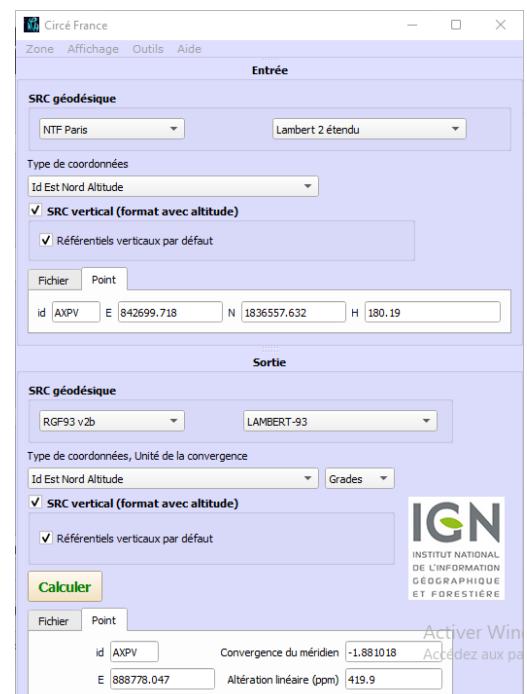
Remarque:

On a deux modes de données : mode fichier et mode point. En mode fichier, on choisit l'emplacement et le nom des des fichiers source pour les données d'entrée et cible pour la sortie.



La pratique en mode point :

- Dans l'onglet SRC géodésique, on détermine le nom du référentiel géodésique (NTF Paris associée à la projection Lambert étendu 2)
- On détermine le type de coordonnées
- Dans l'onglet « Point », on entre les 3 coordonnées du point AXPV:
 $E=842699.718 \text{ m}$; $N=1836557.632 \text{ m}$; $H=180.19 \text{ m}$
- On spécifie le système de référence de sortie : RGF93 associée à la projection Lambert93
- On choisit le système de référence verticale NGF IGN69
- Après le lancement du calcul le résultat de la transformation est le suivant :
 $E = 888779.705 \text{ m}$ $N = 6268580.807 \text{ m}$ $H = 180.190 \text{ m}$





La pratique en mode fichier :

De la même façon que le mode point, on définit les paramètres, mais cette fois on choisit <<Fichier>> à la place de point, pour entrer les coordonnées sous la forme d'un fichier texte. en déterminant le fichier d'entrée et l'emplacement du fichier de sortie.



Résultat:

Le fichier texte de sortie contient des données sur le fichier source des points, il contient aussi le repère géodésique utilisé, l'ellipsoïde, le type de coordonnées et la projection pour les données source et les données de sortie.

Ainsi que les coordonnées des points après transformation, comme il est montré dans la figure ci-dessous

```
*!SOURCE: C:/Users/lenovo/Downloads/Cours_CSGAN3_
2324/TP_CIRCE/points_NTFII IGN69.txt
!*CODE: NTFLAMB2E.AUTHORITATIVE
!*REPÈRE GÉODÉSIQUE: NTF Paris
!*COORDONNÉES: Projétées
!*ELLIPSOÏDE: Clarke 1880 FR
!*PROJECTION: Lambert 2 étendu
*!
!*CIBLE:
!*CODE: RGF93LAMB93.AUTHORITATIVE
!*REPÈRE GÉODÉSIQUE: RGF93 v2b
!*COORDONNÉES: Projétées
!*ELLIPSOÏDE: GRS 1980
!*PROJECTION: LAMBERT-93
!*UNITÉ(Convergence du méridien): Grades
*!
!*id; E; N; H; Convergence du méridien; Altération linéaire
(ppm);[ vert.info. ]; geod.prec.; vert.prec. ;
*Id 1:2:mauvais format
PN1          669706.614  6860193.120   116.754    0.332766   -118.6
[ IGN69 via RAF20 ]           < 5 cm     < 2 cm
PN2          669712.612  6860193.465   116.770    0.332700   -118.6
[ IGN69 via RAF20 ]           < 5 cm     < 2 cm
PN3          669718.577  6860193.813   116.802    0.332635   -118.6
[ IGN69 via RAF20 ]           < 5 cm     < 2 cm
PN4          669724.568  6860194.176   116.875    0.332569   -118.6
[ IGN69 via RAF20 ]           < 5 cm     < 2 cm
PS1          669706.900  6860188.318   116.975    0.332763   -118.7
[ IGN69 via RAF20 ]           < 5 cm     < 2 cm
PS2          669712.890  6860188.682   116.782    0.332697   -118.7
[ IGN69 via RAF20 ]           < 5 cm     < 2 cm
PS3          669718.868  6860189.019   116.976    0.332635   -118.7
[ IGN69 via RAF20 ]           < 5 cm     < 2 cm
```



6. Transformation de coordonnées mesurer lors du Dernier TP à l'intérieur d l'EHTP :

De cette partie, en utilisant le logiciel GeoTrans, on a fait les différents transformation demandé des mesures faites lors du dernier TP de densification à l'intérieur de l'EHTP.

Remarque :

La manque des quelques informations chez quelques groupes lors de la prise des mesures de GPS nous donne en quelques points un manque des coordonnées altimétriques.

Selon les coordonnées disponibles , les transformations faites ont comme coordonnées de départ :

- **Type** : coordonnées Lambert conique conforme | **Datum** : MERCHICH pour les points : **S6, E46, S05, S33**

```
PROJECTION: Lambert Conformal Conic (1 Standard Parallel)
DATUM: MER
# ELLIPSOID: CD
CENTRAL MERIDIAN: 5 24 0.0W
ORIGIN LATITUDE: 33 18 0.0N
SCALE FACTOR: 0.99962
FALSE EASTING: 500000
FALSE NORTHING: 300000
END OF HEADER

290972.362, 330015.149
290986.425, 329960.538
290977.840, 329928.747
290763.73, 329911.573
```

Coordonnées d'entrée : LAMBERT Z1

- **Type** : coordonnées géographiques | **Datum** : WGS84 pour les points : **S15, S9, S16, E04, E51**

```
COORDINATES: Geodetic
DATUM: WGE
# ELLIPSOID: WE
ELLIPSOID HEIGHT
COORDINATE ORDER: LATITUDE-LONGITUDE
END OF HEADER
```

```
33 32 49.77459N, 7 39 09.58733W, 103.671
33 32 49.47337N, 7 39 09.58733W, 102.145
33 32 50.15391N, 7 39 02.68399W, 99.642
33 32 47.76487N, 7 39 00.07397W, 105.778
33 32 47.72884N, 7 39 09.64309W, 101.921
```

Coordonnées d'entrée : WGS Géocentriques

6.1. Résultat des transformations :

- **Résultat de transformation vers Coordonnées Géographiques | Datum : WGS84**

```
COORDINATES: Geodetic
DATUM: WGE
# ELLIPSOID: WE
NO HEIGHT
COORDINATE ORDER: LATITUDE-LONGITUDE
END OF HEADER

33 32 52.0N, 7 39 0.4W
33 32 50.3N, 7 38 59.8W
33 32 49.2N, 7 39 0.1W
33 32 48.5N, 7 39 8.4W
```



- Résultat de transformation vers Coordonnées Géocentriques | Datum : WGS84 :

```
COORDINATES: Geocentric  
DATUM: WGE  
# ELLIPSOID: WE  
END OF HEADER
```

```
5273874, -708619, 3504752  
5273877, -708620, 3504744  
5273888, -708442, 3504760  
5273942, -708381, 3504702  
5273907, -708625, 3504699
```

```
COORDINATES: Geocentric  
DATUM: WGE  
# ELLIPSOID: WE  
END OF HEADER
```

```
5273781, -708368, 3504753  
5273813, -708357, 3504708  
5273829, -708367, 3504681  
5273813, -708581, 3504663
```

- Résultat de transformation vers Coordonnées Géographiques | Datum : MERCHICH :

```
COORDINATES: Geodetic  
DATUM: MER  
# ELLIPSOID: CD  
NO HEIGHT  
COORDINATE ORDER: LATITUDE-LONGITUDE  
END OF HEADER
```

```
33 33 1.4N, 7 39 6.2W  
33 32 59.7N, 7 39 5.6W  
33 32 58.6N, 7 39 5.9W  
33 32 57.9N, 7 39 14.2W
```

```
COORDINATES: Geodetic  
DATUM: MER  
# ELLIPSOID: CD  
ELLIPSOID HEIGHT  
COORDINATE ORDER: LATITUDE-LONGITUDE  
END OF HEADER
```

```
33 32 59.1N, 7 39 15.4W, 63  
33 32 58.8N, 7 39 15.4W, 61  
33 32 59.5N, 7 39 8.5W, 59  
33 32 57.1N, 7 39 5.8W, 65  
33 32 57.1N, 7 39 15.4W, 61
```

- Résultat de transformation vers Coordonnées_Géocentriques | Datum : MERCHCICH:

```
COORDINATES: Geocentric  
DATUM: MER  
# ELLIPSOID: CD  
END OF HEADER
```

```
5273784, -708519, 3504729  
5273816, -708508, 3504684  
5273832, -708518, 3504657  
5273816, -708731, 3504639
```

```
COORDINATES: Geocentric  
DATUM: MER  
# ELLIPSOID: CD  
END OF HEADER
```

```
5273843, -708765, 3504705  
5273846, -708766, 3504697  
5273857, -708588, 3504713  
5273911, -708527, 3504655  
5273876, -708771, 3504652
```

- Résultat de Transformation vers Coordonnées_UTM_fuseau 29 | Datum : MERCHICH

```
COORDINATES: Universal Transverse Mercator (UTM)  
DATUM: MER  
# ELLIPSOID: CD  
END OF HEADER
```

```
29, N, 625172, 3712843  
29, N, 625188, 3712789  
29, N, 625180, 3712757  
29, N, 624967, 3712732
```

```
COORDINATES: Universal Transverse Mercator (UTM)  
DATUM: MER  
# ELLIPSOID: CD  
END OF HEADER
```

```
29, N, 624936, 3712770  
29, N, 624936, 3712760  
29, N, 625114, 3712784  
29, N, 625182, 3712711  
29, N, 624936, 3712707
```



6.2. Tableau finale des transformations :

| Id | coordonnées Lambert en m | | WGS84 coordonnées géographiques DMS/ m | | |
|-----|--------------------------|------------|--|------------------|---------|
| | X | Y | Longitude | Latitude | h |
| S15 | 290733.353 | 329950.632 | 7°39'09.58733"W | 33°32'49.77459"N | 103.671 |
| S9 | 290763.248 | 329940.488 | 7°39'08.41838"W | 33°32'49.47337"N | 102.145 |
| E4 | 290911.534 | 329958.214 | 7°39'02.68399"W | 33°32'50.15391"N | 99.642 |
| E51 | 290977.240 | 329883.214 | 7°39'00.07397"W | 33°32'47.76487"N | 105.778 |
| S16 | 290730.473 | 329887.427 | 7°39'09.64309"W | 33°32'47.72884"N | 101.921 |
| S6 | 290972.362 | 330015.149 | 7 39 6.2W | 33 33 1.4N | |
| E46 | 290986.425 | 329960.538 | 7 39 5.6W | 33 32 59.7N | |
| S05 | 290977.842 | 329928.747 | 7 39 5.9W | 33 32 58.6N | |
| S33 | 290763.73 | 329911.573 | 7 39 14.2W | 33 32 57.9N | |

| MERCHICH coordonnées géographiques DMS/ m | | | WGS84 coordonnées géocentriques m | | | MERCHICH coordonnées géocentriques m | | | MERCHICH coordonnées UTM zone29 m | | | |
|---|------------|----|-----------------------------------|---------|---------|--------------------------------------|---------|---------|-----------------------------------|------------|-----------|------------|
| Longitude | Latitude | h | X | Y | Z | X | Y | Z | Zone | Hemisphère | Easting X | Northing Y |
| 33 32 59.1N | 7 39 15.4W | 63 | 5273874 | -708619 | 3504752 | 5273843 | -708765 | 3504705 | 29 | Nord (N) | 624936 | 3712770 |
| 33 32 58.8N | 7 39 15.4W | 61 | 5273877 | -708620 | 3504744 | 5273846 | -708766 | 3504697 | 29 | Nord (N) | 624936 | 3712760 |
| 33 32 59.5N | 7 39 8.5W | 59 | 5273888 | -708442 | 3504760 | 5273857 | -708588 | 3504713 | 29 | Nord (N) | 625114 | 3712784 |
| 33 32 57.1N | 7 39 5.8W | 65 | 5273942 | -708381 | 3504702 | 5273911 | -708527 | 3504655 | 29 | Nord (N) | 625182 | 3712711 |
| 33 32 57.1N | 7 39 15.4W | 61 | 5273907 | -708625 | 3504699 | 5273876 | -708771 | 3504652 | 29 | Nord (N) | 624936 | 3712707 |
| 33 33 1.4N | 7 39 6.2W | | 5273781 | -708368 | 3504753 | 5273784 | -708519 | 3504729 | 29 | Nord (N) | 625172 | 3712843 |
| 33 32 59.7N | 7 39 5.6W | | 5273813 | -708357 | 3504708 | 5273816 | -708508 | 3504684 | 29 | Nord (N) | 625188 | 3712789 |
| 33 32 58.6N | 7 39 5.9W | | 5273829 | -708367 | 3504681 | 5273832 | -708518 | 3504657 | 29 | Nord (N) | 625180 | 3712757 |
| 33 32 57.9N | 7 39 14.2W | | 5273813 | -708581 | 3504663 | 5273816 | -708731 | 3504639 | 29 | Nord (N) | 624967 | 3712732 |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

- La Transformation des cordonnées des points en verts a été faite depuis les coordonnées géographiques WGS obtenu mesurer par GPS .
- Pour les points en jaune , la transformation a été faite depuis les cordonnées Lambert Z1 mesurer par GPS

***** Veuillez consulter le fichier Excel joint au rapport.**



TP3 - CONSULTATION, RECONNAISSANCE ET CONTRÔLE DE STABILITÉ DU RÉSEAU LOCAL DU TERRAIN

1. Consultation :

1.1- Définition et Objectifs :

La consultation topographique peut être définie comme le processus de recherche, d'analyse et de récupération de données géospatiales et topographiques à partir de diverses sources, telles que le cadastre, les cabinets topographiques ou d'autres organismes compétents. Cela inclut l'examen attentif des plans, des coordonnées et des croquis, afin de recueillir des informations détaillées sur le terrain et les éléments du projet, ce qui est essentiel pour la planification et l'exécution précise des travaux topographiques.

1.2- Présentation du terrain :

Le lotissement Al Khozama, niché à Lissassfa près de Hay Al Laymon, se démarque par sa localisation précise et son aménagement structuré. Les coordonnées géographiques des points clés sont rigoureusement définies, permettant une cartographie précise de l'espace. Le relief du terrain présente une diversité de caractéristiques. Les croquis et les plans cadastraux disponibles offrent une vue détaillée de la configuration des parcelles, des voies d'accès et des zones résidentielles. Les points de référence, tels que les bâtiments et les infrastructures, sont clairement identifiés, facilitant la navigation dans le lotissement. En outre, la présence d'infrastructures bien planifiées, notamment des routes et des trottoirs, contribue à la fonctionnalité générale de cet espace.

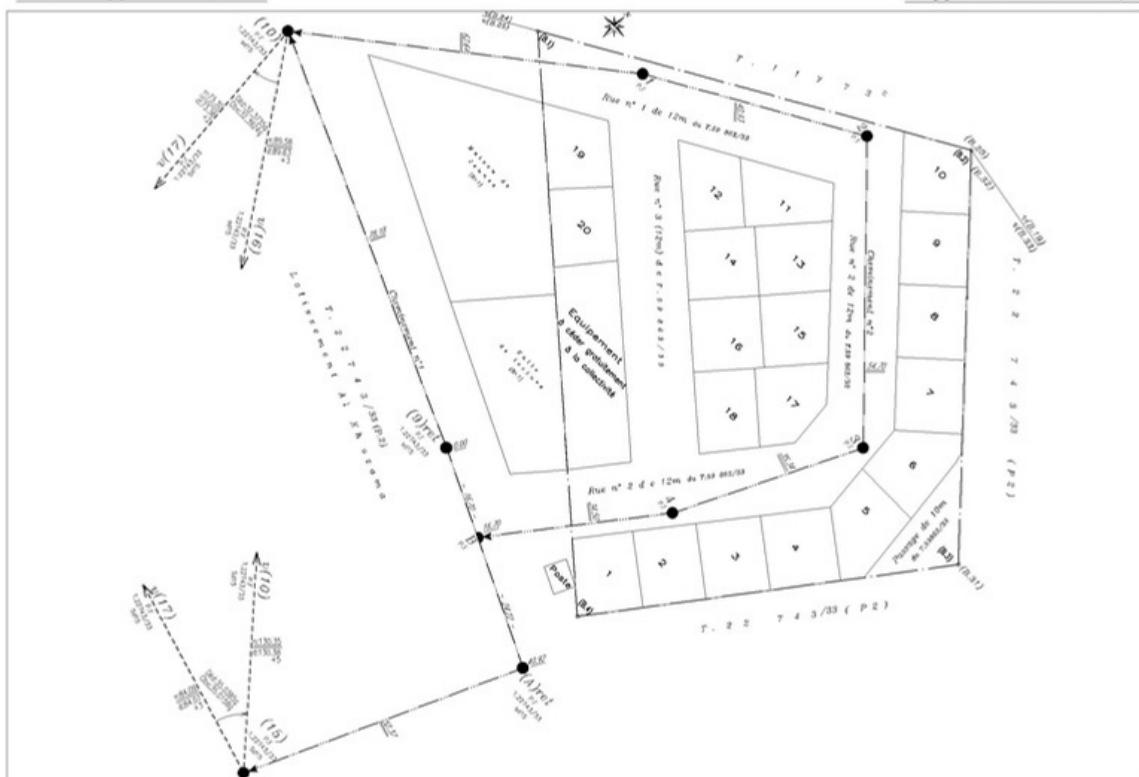
1.3- Documents utilisés lors de la consultation :

• Plan Cadastral de la zone étudiée : Lotissement AL KHOZAMA

le plan cadastral est un document essentiel pour la réalisation d'un projet topographique, car il permet d'identifier les limites de propriété, de déterminer les coordonnées des points du réseau, de vérifier l'homogénéité des informations et de planifier et d'urbaniser le projet

Echelle approx^{ve} : 1/500

Mappe : 28-17-i-9 B/8



• Tableau de coordonnées

Les tableaux de coordonnées sont utiles dans le cadre d'un projet topographique car ils permettent de recueillir et d'organiser les données relatives aux points du réseau du lotissement Al Khozama.

Agence Nationale
de la Conservation
Foncière, du Cadastre
et de la Cartographie
Service
du Cadastre
Hay Hassani

CALCUL DE COORDONNÉES

Propriétaire : Dhar Boussalem
Nature de l'affaire : Lotissement
Réquisition : Titre : 59863/33

Pièce 6 ST 282 P
Page 1

SD2
6

| Alignement N° 1 | | | | | | | | POINTS | Références |
|---|--------|----------|----|----------|-----------|-----------|--|---------|---------------------------|
| POINTS | Angles | Gisement | RC | Distance | X | Y | | | |
| \$9)ret | | | | 16.69 | 288928.38 | 329023.47 | | \$9)ret | CHEMINEMENT 1 Pièce 4 P 1 |
| \$B | 200 | 127.9780 | | 24.21 | 288943.49 | 329016.36 | | \$B | |
| \$A)ret | | 127.9780 | | | 288965.41 | 329006.04 | | \$A)ret | CHEMINEMENT 1 Pièce 4 P 1 |
| L=40.91 DX=-0.02m DY=0.03m CL=-36cm/Km FL=0.04m TL=0.14m | | | | | | | | | |

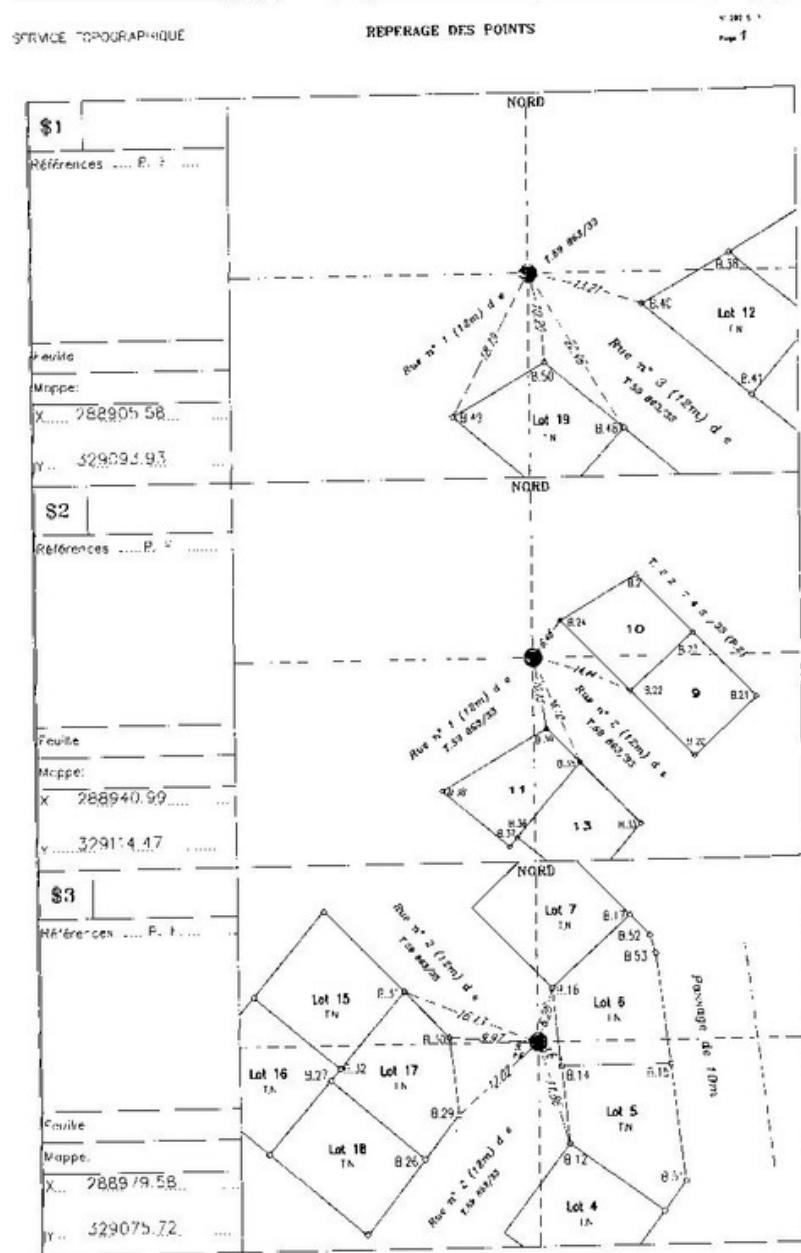
| Alignement N° 2 | | | | | | | | POINTS | Références |
|---|--------|----------|----|----------|-----------|-----------|--|--------|-----------------------------|
| POINTS | Angles | Gisement | RC | Distance | X | Y | | | |
| B.50 | | | | 11.54 | 288907.31 | 329083.88 | | B.50 | COORD. MOYENNES Pièce 8 P 6 |
| B.48 | 200 | 145.0561 | | 12.99 | 288916.08 | 329076.38 | | B.48 | |
| B.46 | 200 | 145.0561 | | 35.44 | 288925.95 | 329067.93 | | B.46 | |
| B.44 | | 145.0561 | | | 288952.88 | 329044.89 | | B.44 | COORD. MOYENNES Pièce 8 P 6 |
| L=59.98 DX=-0.01m DY=0.01m CL=-36cm/Km FL=0.02m TL=0.16m | | | | | | | | | |

| Alignement N° 3 | | | | | | | | POINTS | Références |
|---|--------|----------|----|----------|-----------|-----------|--|--------|-----------------------------|
| POINTS | Angles | Gisement | RC | Distance | X | Y | | | |
| B.40 | | | | 16.01 | 288918.27 | 329090.26 | | B.40 | COORD. MOYENNES Pièce 8 P 5 |
| B.41 | 200 | 145.0311 | | 12.13 | 288930.45 | 329079.85 | | B.41 | |
| B.42 | 200 | 145.0311 | | 12.67 | 288939.67 | 329071.97 | | B.42 | |
| B.28 | 200 | 145.0311 | | 14.31 | 288949.30 | 329063.74 | | B.28 | |
| B.25 | | 145.0311 | | | 288960.18 | 329054.43 | | B.25 | COORD. MOYENNES Pièce 8 P 4 |
| L=55.14 DX=-0.01m DY=0.01m CL=-36cm/Km FL=0.02m TL=0.16m | | | | | | | | | |



- **Les croquis des points**

Dans le contexte topographique se réfèrent à des représentations graphiques des points du réseau. Ces croquis peuvent être utilisés pour faciliter la reconnaissance des points lors des travaux sur le terrain, et pour aider à la planification des opérations topographiques.



2. Reconnaissance :

Définition et Objectifs :

Dans cette étape on vise à retrouver les points représentés dans le plan cadastral de la zone étudiée, lotissement AL KHOZAMA (fourni par l'ANCFCC), sur le terrain. Cependant, localiser ces points sur terrain peut parfois être une tâche délicate. C'est pourquoi, pour faciliter cette recherche, on se réfère à un autre document, le croquis (qu'on a déjà monter dans la phase de la consultation), qui nous fournit des informations sur les distances entre les bordures des bâtiments et le point recherché, représentées sous forme d'un triangle.

Au cours de cette phase, nous avons réussi à classifier les points en quatre catégories distinctes. Les points rétablis, tels que les points 9, A et S4, les points disparus en raison des travaux publics, tels que les points S10 et S2, et enfin, les points existants accessibles, tels que les points B et S3, et non accessibles, à l'instar du point S1.

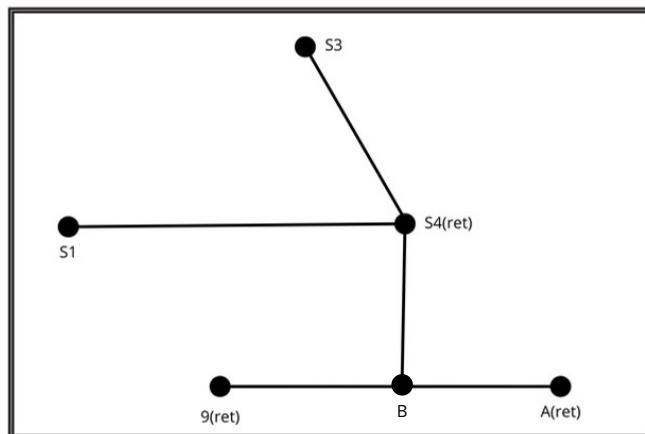


Figure : Schéma des points existants (accessibles et non accessibles)

| | | | | |
|--------------------|---------------|----------------|-----------|-----------|
| sur terrain | | | | |
| Point | 9(ret) | S4(ret) | S3 | S1 |

| sur le terrain | Point | sur le terrain | Point |
|-----------------------|-------------------|-----------------------|---------------|
| | S2 (perdu) | | A(ret) |



3. Contrôle de stabilité :

Définition et Objectifs :

Le contrôle de stabilité dans un projet topographique est une étape cruciale pour assurer la fiabilité et la précision des données topographiques. Voici comment cette étape est généralement réalisée :

- **Évaluation des Points de Référence** : Cette phase implique de vérifier les points de contrôle ou de référence utilisés pour le projet. Ces points sont essentiels pour maintenir l'intégrité du réseau topographique. Ils doivent être stables et fiables pour garantir que les mesures sont exactes.
- **Mesures Répétées** : Pour vérifier la stabilité, des mesures répétées sont effectuées sur les points de référence à différents moments. Cela permet de détecter toute variation ou mouvement des points au fil du temps.
- **Utilisation d'Instruments de Haute Précision** : Des instruments topographiques de haute précision, dans notre cas c'est le système GNSS (Global Navigation Satellite System), qui est utilisé pour assurer une mesure précise.
- **Analyse des Données** : Les données recueillies sont analysées pour vérifier la cohérence et la précision. Tout écart significatif peut indiquer un problème de stabilité du point de référence. Le logiciel Leica Infinity a été utilisée pour réaliser le post traitement.
- **Contrôle de Qualité** : Des procédures de contrôle de qualité sont mises en place pour s'assurer que les mesures répondent aux normes de précision requises. Cela inclut la vérification des erreurs instrumentales, des erreurs de mesure et des erreurs de calcul. Dans le TP on a opté pour la fermeture comme contrôle de qualité.
- **Documentation** : Toutes les observations, mesures et analyses sont documentées de manière détaillée. Cela comprend la localisation des points, les méthodes de mesure utilisées, les résultats des analyses et toute recommandation pour des mesures ultérieures.

On a opté pour la méthode Fast Static pour le contrôle du stabilité pour les raisons suivantes :

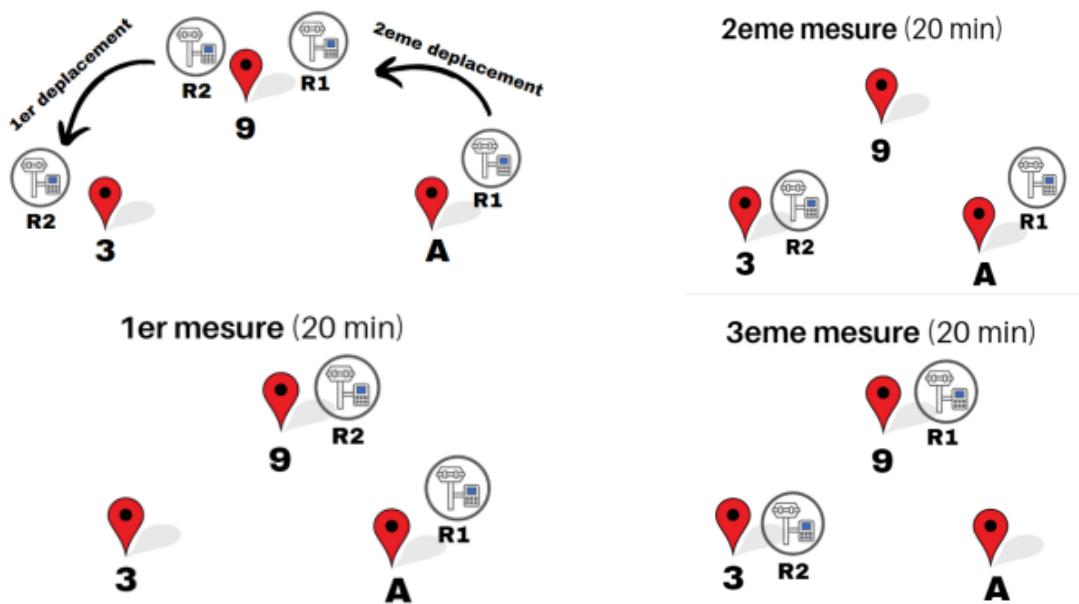
- **Efficacité Temporelle** : La méthode statique rapide est beaucoup plus rapide que la méthode statique. En TP, où le temps est limité, cette méthode permet de recueillir des données fiables en un temps plus court. Dans la méthode statique, il peut être nécessaire de maintenir le récepteur en place pendant une heure au minimum (récepteur bi-fréquence) ce qui n'est pas idéal dans un cadre de TP.
- **Précision Suffisante** : Bien que la méthode statique offre une précision supérieure, la méthode statique rapide peut fournir une précision largement suffisante pour de nombreux types de contrôles de stabilité, surtout si les conditions de signal sont bonnes et si le matériel utilisé est de haute qualité.

- **Gestion Optimale des Ressources** : Avec un nombre limité de récepteurs GNSS, comme dans votre cas, la méthode statique rapide permet de maximiser l'utilisation du matériel disponible. Nous pouvons mesurer plusieurs points en moins de temps, ce qui est crucial lorsque les ressources sont limitées.
- **Adaptabilité aux Conditions de Terrain** : Dans certains environnements ou conditions de terrain, il peut être difficile de maintenir un récepteur statique en place pour de longues périodes (Les points de notre TP se situaient sur une voie routière et à proximité d'une école, ce qui représentait un défi). La méthode statique rapide offre plus de flexibilité et d'adaptabilité à ces conditions.
- **Traitements des Données Accéléré** : Le post-traitement des données recueillies par la méthode statique rapide est généralement plus rapide, car les sessions de mesure sont plus courtes, ce qui est un avantage supplémentaire dans un contexte de TP.

Les méthodes en temps réel fournissent une précision insuffisante pour le contrôle de stabilité.

Après la phase de reconnaissance, nous avons identifié trois points : le point 9, le point 3 et le point A. Nous disposons de deux récepteurs GNSS, donc la planification des mesures se déroule comme suit :

Nous avons placé le premier récepteur sur le point A et le second sur le point 9, puis nous avons commencé les mesures. Après environ 20 minutes, nous avons déplacé le premier récepteur du point A au point 3 et avons recommencé les mesures, tout en laissant le second récepteur sur le point 9. Après environ 20 minutes supplémentaires, nous avons procédé de la même manière avec le second récepteur, en le déplaçant du point 9 au point A. Ainsi, après 20 minutes de plus, nous avons achevé notre mission. Il ne reste plus que le post-traitement à effectuer.



Cette méthode de mesure nous a permis d'assurer deux caractéristiques importantes :

- **Fermeture des Points** : Cela nous permet de tester la qualité de nos mesures. Pour ce faire, nous attribuons des coordonnées à l'un des points, puis, à l'aide du post-traitement, nous calculons les coordonnées d'un second point (mobile) en utilisant le premier point comme base (les corrections appliquées au premier point seront également appliquées au second point). Ensuite, nous utilisons le second point comme base pour calculer le troisième point en suivant le même processus, puis recalculons le premier point sur la base du troisième. Si les coordonnées attribuées du premier point et les coordonnées calculées sont très proches l'une de l'autre (précision millimétrique), alors nous pouvons accepter que les mesures ont été bien réalisées.
- **Mesure de Chaque Point en Relation avec Tous les Autres** : Cela nous donne la possibilité de choisir n'importe quel point comme référence pour calculer la stabilité du réseau, afin de détecter les points instables et de les retirer du réseau.

Toutes ces opérations sont réalisées en post-traitement. Dans notre TP, nous avons utilisé le logiciel Leica Infinity pour effectuer ces processus.



TP4 - RATTACHEMENT DU RÉSEAU TERRAIN AVEC LE RÉSEAU LOCAL À L'INTÉRIEUR DE L'EHTP

1- Définition et Objectifs :

Le rattachement en topographie est fondamental pour garantir la cohérence et la précision des données dans un projet topographique. Il se réfère à l'établissement de liens géométriques entre deux réseaux de points, où l'un sert de référence pour exprimer l'autre dans la même référence géométrique. Ce processus implique l'utilisation de points de contrôle connus, tels que des bornes géodésiques ou des points trigonométriques, pour établir une base de référence. L'objectif est de déterminer avec précision les coordonnées d'un point à proximité du repère connu, offrant ainsi une meilleure facilité d'utilisation ou de conservation.



2- Le choix des points de rattachement :

Le choix des points de rattachement en topographie est un aspect critique du processus, car il influence directement la précision et la fiabilité des données recueillies sur le terrain. Certains critères importants à considérer lors du choix des points de rattachement comprennent :

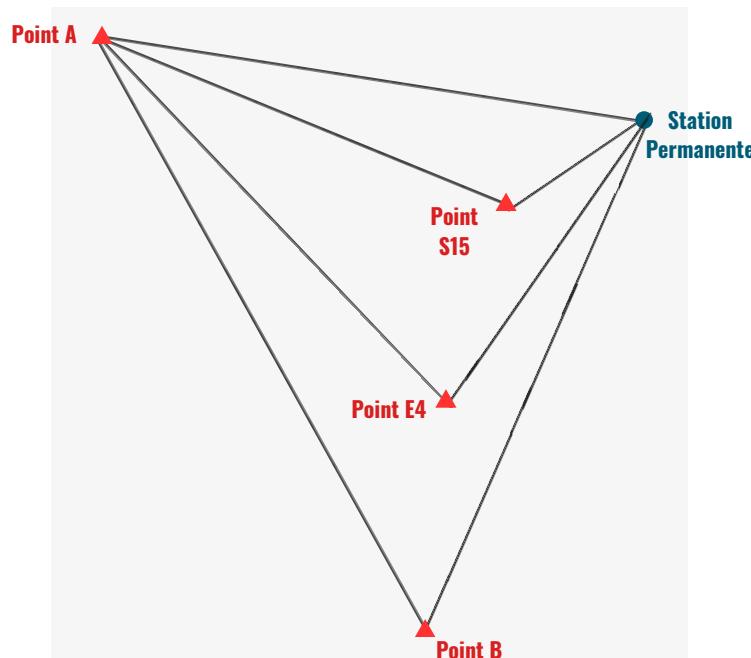
- Précision géodésique : Les points de rattachement doivent avoir des coordonnées géodésiques précises et bien établies. Il est courant d'utiliser des bornes géodésiques, des points trigonométriques ou d'autres repères géodésiques qui ont été mesurés avec une grande précision dans le cadre d'un réseau géodésique national ou régional.
- Proximité : Idéalement, les points de rattachement devraient être proches de la zone d'étude ou du projet topographique. Cela réduit les erreurs potentielles liées aux variations locales dans le champ gravitationnel, à la déformation de la croûte terrestre et à d'autres facteurs géophysiques.
- Visibilité : Les points de rattachement doivent être facilement visibles et accessibles depuis la zone d'étude. Une visibilité claire est cruciale pour les observations sur le terrain et l'utilisation d'instruments de mesure, notamment les théodolites et les récepteurs GPS.
- Stabilité : Les points de rattachement doivent être stables et ne pas subir de déplacements significatifs au fil du temps. Des repères fixes tels que des structures en béton ou des bornes en acier offrent une stabilité supérieure par rapport à des éléments naturels susceptibles de changer.
- Nombre de points : Utiliser plusieurs points de rattachement plutôt qu'un seul augmente la robustesse du rattachement. Un réseau de points de contrôle distribués de manière équilibrée peut aider à minimiser les erreurs et à renforcer la fiabilité des résultats.
- Compatibilité avec les normes locales : Il est important que les points de rattachement soient conformes aux normes géodésiques et cartographiques en vigueur dans la région. Cela assure la cohérence avec d'autres données géospatiales disponibles.

3- Objectif et Déroulement du TP :

L'objectif principal de ce TP était d'établir la connexion entre le réseau local de l'EHTP et le réseau global du cadastre, en utilisant un point spécifique du lotissement Al Khozama comme point de rattachement. Le choix du point de rattachement A a été déterminé en tenant compte de plusieurs critères cruciaux. Il a été soigneusement sélectionné dans une zone ouverte afin de minimiser les risques d'erreurs de masquage et les perturbations du signal. De plus, une distance suffisante par rapport aux bâtiments, obstacles, végétation dense et sources de bruit a été assurée, avec une attention particulière portée à la stabilité du point, vérifiée lors de l'étape de contrôle de stabilité.

Le processus de rattachement du réseau local de l'EHTP a impliqué deux équipes distinctes, suivant un plan bien défini.

- Dans une première étape, le premier groupe s'est rendu sur le site du lotissement Al Khozama pour installer un GPS en point A, tandis que le deuxième groupe effectuait le montage du GPS en point S15 du réseau EHTP. Les deux équipes ont travaillé en mode post-traitement statique rapide, avec une durée d'environ 30 minutes pour chaque étape.
- Dans une deuxième étape, le premier groupe est resté en point A pendant que le deuxième groupe se déplaçait successivement en points E4 et B du réseau EHTP. À chaque déplacement, le mode post-traitement statique rapide a été appliqué pour assurer la précision des mesures, également avec une durée d'environ 30 minutes. Ce processus méticuleux de rattachement a permis d'établir une connexion robuste entre le réseau local de l'EHTP et le réseau global du cadastre.



TP5 - DENSIFICATION DU RÉSEAU LOCAL DE L'EHTP

1- Définition et Objectifs :

La densification en topographie ou géodésie consiste à augmenter la densité de points dans un réseau existant pour améliorer la précision des données géospatiales. Cette démarche implique l'ajout délibéré de points supplémentaires, souvent réalisé à l'aide de techniques telles que le positionnement en temps réel (RTK), le positionnement statique, le post-traitement différentiel, le levé cinématique Stop and go, et la triangulation avec un théodolite.



- **Levé**

Le levé topographique consiste à collecter des données sur la configuration du terrain à l'aide d'instruments tels que des théodolites, des niveaux, ou des récepteurs GPS. L'objectif est de déterminer précisément les positions tridimensionnelles des points du terrain, essentiel pour créer des cartes et des modèles géographiques détaillés. Les outils utilisés comprennent des récepteurs GNSS (GPS), des stations totales, des scanners laser, des drones, des niveaux.

- **Implantation**

L'implantation consiste à placer physiquement des éléments du projet sur le terrain en utilisant les coordonnées géographiques issues du levé. Ce processus précis utilise des méthodes telles que le positionnement en temps réel (RTK) avec des récepteurs GPS, des stations totales pour des mesures d'angles et de distances, ou des techniques de photogrammétrie pour assurer la conformité des repères, des limites de propriété et d'autres structures.

2- Choix des nouveaux points de densification :

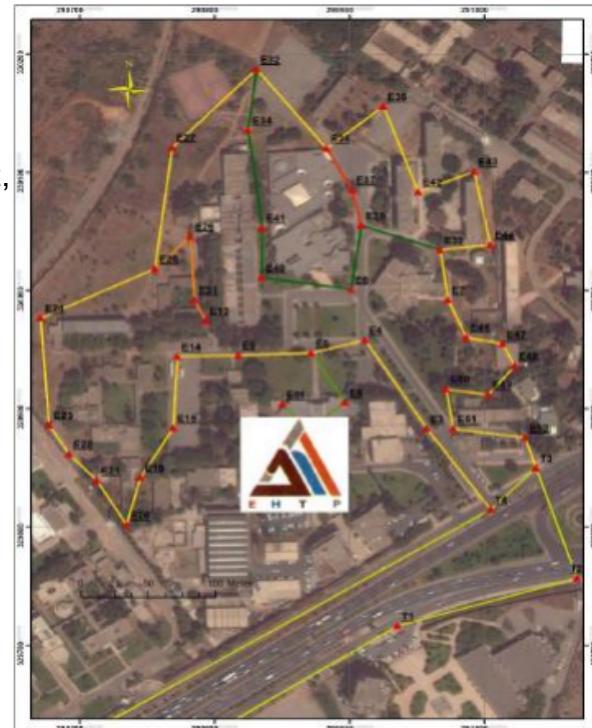
Pour la densification, le choix des nouveaux points dépend de la proximité des points anciens entourant le site, assurant ainsi une homogénéité optimale. Un nouveau réseau doit reposer sur au moins trois points anciens homogènes, indépendamment du mode d'observation, et ce nombre peut varier en fonction de l'ampleur du projet. Les points d'appui doivent être uniformément répartis en périphérie et à l'intérieur du réseau. L'emplacement des nouveaux points doit viser leur préservation, faciliter leur accessibilité, tout en favorisant l'inter-visibilité pour une réutilisation lors d'opérations topographiques ultérieures. Ces points doivent être éloignés de lignes à haute tension, de zones à haute densité magnétique, de stations hertziennes et de surfaces réfléchissantes, avec une vue dégagée assurée à partir de 15° d'élévation.

La matérialisation des nouveaux points dans un projet topographique est une étape importante pour assurer la précision et la traçabilité des données. Conformément aux instructions en vigueur, chaque point nouvellement établi est matérialisé sur le terrain. Cette matérialisation peut prendre la forme de bornes, piquets, ou autres dispositifs physiques stables. De plus, une fiche signalétique ou de repérage est établie pour chaque point matérialisé, fournissant des informations détaillées telles que les coordonnées, la date d'établissement, les caractéristiques du point, etc. Cette documentation permet de garantir la traçabilité et la compréhension claire de chaque point matérialisé dans le cadre du projet topographique.

Pratique :



L'objectif de ce TP est de réaliser le levé des points du réseau local de l'EHTP par GPS, tel qu'indiqué dans la figure ci-dessous. En cas d'indisponibilité d'un point, une procédure d'implantation sera mise en œuvre.



- Levé et implantation par GPS de précision Temps réel connecté à la station permanente :

Pour ce faire nous avons choisi un point des points de rattachement S15 comme un point de référence.

Les mesures trouvées se résument dans les tableaux suivants :

Tableau de levé:

| ID | coordonnées Lambert en m | | | coordonnées géographiques WGS84 en m | | | DX | DY | Précision en m | | hauteur de câne | Observation |
|-----|--------------------------|------------|------------------|--------------------------------------|---------|-------|-------|-------|----------------|--|---|-------------|
| | X | Y | lambda | phi | h | alti | | | plani | | | |
| S15 | 290733.353 | 329950.632 | -7°39'09.58733"E | 33°32'49.77459"N | 103.671 | 0.373 | 0.290 | 0.345 | 0.667 | | mauvaise précision due aux contraintes naturelles, pour régler le problème c'est mieux de faire le post-traitement | |
| S9 | 290763.248 | 329940.488 | -7°39'08.41838"E | 33°32'49.47337"N | 102.145 | 0.260 | 0.078 | 0.01 | 0.02 | | | |
| E4 | 290911.534 | 329958.214 | -7°39'02.68399"E | 33°32'50.15391"N | 99.642 | 0.248 | 0.048 | 0.010 | 0.018 | | | |
| ES1 | 290977.240 | 329883.214 | -7°39'00.07397"E | 33°32'47.76487"N | 105.778 | 0.183 | 0.179 | 0.011 | 0.022 | | | |
| S16 | 290730.473 | 329887.427 | -7°39'09.64309"E | 33°32'47.72884"N | 101.921 | 0.117 | 0.36 | 0.544 | 0.971 | | Mauvaise précision due aux contraintes artificielles, bâtiments-- pour régler le problème c'est mieux de faire le post-traitement | |
| | | | | | | | | | | | | |
| S05 | 290977.84 | 329928.747 | -7°39'05.8656"E | 33°32'58.6255"N | 103.13 | 0.77 | 0.68 | 0.011 | 0.018 | | | |
| S33 | 290763.73 | 329911.573 | -7°39'14.1345"E | 33°32'57.9194"N | 99.905 | 0.27 | 0.07 | 0.012 | 0.021 | | | |

| Id | S15 | S9 | E4 |
|-------|---|---|---|
| Photo |  |  |  |

| Id | S15 | S9 |
|-------|--|---|
| Photo |  |  |

Tableau d'implantation :

| ID | coordonnées Lambert en m | | coordonnées géographiques WGS84 en m | | | Précision en m | | hauteur de câne |
|-----|--------------------------|------------|--------------------------------------|------------------|---------|----------------|-------|-----------------|
| | X | Y | lamda | phi | h | alti | plani | |
| E14 | 290772.318 | 329950.632 | -7°39'08.06964"E | 33°32'49.60593"N | 102.205 | 0.012 | 0.030 | 1.80 |





SYNTHÈSE GÉNÉRALE

Les travaux pratiques sur le GPS ont été une opportunité précieuse pour nous immerger davantage dans les principes et les techniques du positionnement par satellite. Au cours de ces activités, nous avons acquis les compétences et les connaissances nécessaires pour être en mesure de réaliser de manière autonome un projet topographique en utilisant le GPS.

Les objectifs de ces travaux pratiques ont été atteints de manière exhaustive, nous permettant de réaliser les tâches suivantes :

1. Identification des différentes composantes d'un récepteur GPS de base ainsi que d'un récepteur mobile, en comprenant leur fonctionnement et leur utilisation respective.
2. Montage et configuration aussi bien d'une base que d'un récepteur mobile, en comprenant les étapes essentielles de leur mise en place.
3. Configuration de divers modes et stratégies de positionnement pour obtenir des résultats précis et fiables.
4. Exploration des différentes étapes nécessaires à la réalisation d'un projet topographique, depuis la planification jusqu'à l'exécution sur le terrain.
5. Utilisation de documents cadastraux et du GPS en temps réel pour identifier et localiser avec précision les points d'intérêt sur le terrain.
6. Prise de mesures à l'aide d'un récepteur GPS en temps réel, ainsi que la capacité de réaliser un post-traitement pour obtenir des données plus précises.
7. Utilisation de logiciels de transformation de coordonnées pour assurer la compatibilité des données recueillies.
8. Contrôle rigoureux de la stabilité d'un réseau de points GPS pour garantir la fiabilité des données collectées.
9. Réalisation du rattachement d'un réseau de points GPS pour obtenir une référence cohérente et précise.
10. Mise en place d'une densification du réseau et l'implantation des points nécessaires pour une couverture optimale du terrain.

Au-delà de ces compétences techniques, nous avons également appris à prendre en compte les facteurs qui peuvent influencer la précision des mesures GPS, notamment la durée de la prise de mesures, la visibilité des satellites et les conditions environnementales et atmosphériques.



Ces travaux pratiques ont constitué une véritable mise en application de nos connaissances et compétences dans un contexte réel. Ils nous ont confrontés à des défis tels que la gestion du temps, la prise de décisions rapides et la résolution efficace de problèmes. En résumé, les travaux pratiques de GPS ont été une expérience réussie qui nous a préparés de manière complète à la réalisation de projets topographiques en utilisant le GPS.