

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

ABREVIATIONS ET ACRONYMES

CD	: Cercle droite
CG	: Cercle gauche
ESPA	: Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo
FTM	: Foiben- Taosarintanin'i Madagasikara
GPS	: Global Positioning System
RGM	: Réseau Géodésique de Madagascar
IGF	: Information Géographique et Foncière

Rapport-gratuit.com 
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

LISTE DE SYMBOLES

[aa]: Matrice carré

dn : Dénivelle

do : Distance linéaire

D_h : Distance horizontale

Do : Distance suivant la courbe

D_{projection} : Distance à la projection

G_{obs}=V_{obs} : Gisement observé

G_{cal}=V_{cal} : Gisement calculé

hv : Hauteur de voyant

ha : Hauteur d'appareil

H_z : Angle horizontale

K : Coefficient d'altération linéaire

Ko : Coefficient de réduction d'échelle égale à 0.9995

I : La lecture sur le point visé

lo : La lecture sur le repère de la borne

p : Déplacement

r : Distance d'excentrement

R : Rayon de la terre

s = $\sum_{j=1}^n V_j^2$: La somme de carre de résidu

Z : Angle zénithale ou angle verticale

Δ'' : Différence entre le gisement observé et le gisement calculé

Δ : Déterminant

Δ^t : Matrice transposée

c'' : Correction

γ : Constante dépendant de **η** et égale à 0.0000000079

η : Distance d'un point

δ : Sensibilité

TABLE DES MATIERES

ABREVIATIONS ET ACRONYMES	1
LISTE DE SYMBOLES.....	2
TABLE DES MATIERES.....	3
INDEX DES TABLEAUX.....	6
INDEX DES FIGURES.....	7
INDEX DES CARTES.....	8
INDEX DES ANNEXES.....	9
REMERCIEMENTS.....	10
INTRODUCTION.....	11
Chapitre. I GENERALITE DU SUJET.....	12
I.1 PRESENTATION DU SUJET.....	12
I.1.1 <i>But de ce mémoire</i>	12
I.1.2 <i>Résultats attendus</i> :.....	12
I.2 LOCALISATION.....	13
I.2.1 <i>Localisation de la zone d'étude</i>	13
I.2.2 <i>Localisation des points</i>	15
Chapitre. II TRAVAUX DE PREPARATION.....	17
II.1 RECONNAISSANCE.....	17
II.2 MATERIALISATION.....	17
II.3 LES PERSONNELS CONCERNES.....	17
II.3.1 <i>L'opérateur</i>	18
II.3.2 <i>Secrétaire</i>	18
II.3.3 <i>Le porte-prisme</i>	18
II.4 MATERIELS UTILISES.....	19
II.4.1 <i>Appareil</i>	19
II.4.2 <i>Prisme</i>	19
II.4.3 <i>Trépied</i>	20
II.4.4 <i>Jalon</i>	20

Chapitre.III TRAVAUX DE TERRAIN.....	21
III.1 PRECISION DE CHEMINEMENT.....	21
III.1.1 <i>Pour éliminer les erreurs</i>	21
III.1.2 <i>Pour l'observation angulaire.....</i>	21
III.1.3 <i>Pour la mesure de distance</i>	21
III.1.4 <i>Pour l'angle zénithale</i>	21
III.1.5 <i>Pour les mesures de la hauteur d'appareil et de voyant</i>	22
III.2 PRECAUTIONS PRISES LORS D'INTERSECTION ET RELEVEMENT.....	22
III.2.1 <i>Balisage</i>	22
III.2.2 <i>Station</i>	23
III.2.3 <i>Pour l'observation.....</i>	23
III.2.4 <i>Pour les mesures de la hauteur d'appareil et de voyant</i>	23
III.3 TRAVAUX A REALISER.....	23
III.4 VERIFICATIONS SUR TERRAIN.....	23
III.5 EXTRAIT DES DONNEES SUR TERRAIN.....	24
III.5.1 <i>Extrait des données par intersection et relèvement.</i>	24
III.5.2 <i>Extrait des données par cheminement.....</i>	28
III.6 REDUCTION DE TOUTES LES OBSERVATIONS.....	31
III.6.1 <i>Récapitulatif des données par la méthode d'intersections et relèvements.</i>	31
III.6.2 <i>Récapitulatif des données par cheminement.</i>	32
 Chapitre. IV TRAVAUX DE BUREAU.....	 33
IV.1 ETAPES DES TRAVAUX DE BIREAU.....	33
IV.1.1 <i>Les calculs des coordonnées par cheminement.....</i>	33
IV.1.1.1 <i>Corrections des distances dans les systèmes Laborde.....</i>	33
IV.1.1.2 <i>Calcul des coordonnées (x, y) issus de cheminement.....</i>	41
IV.1.1.3 <i>Calcul des altitudes.....</i>	43

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

<i>IV.1.2 Réductions des observations</i>	46
IV.1.2.1 Correction de visée et correction de station.....	46
IV.1.2.2 Correction de dv.....	47
IV.1.2.3 Fermetures des triangles	48
<i>IV.1.3 Les calculs des coordonnées à partir d'intersection et relèvement</i>	53
IV.1.3.1 Relèvement et intersection du point 2.....	53
IV.1.3.2 Relèvement et intersection du point 1.....	60
IV.1.3.3 Calcul des altitudes.....	65
<i>IV.1.4 Les calculs des coordonnées à partir des moindres carrés</i>	67
IV.1.4.1 Principe de la méthode des moindres carrés	67
IV.1.4.2 Tableaux avant compensation	71
IV.1.4.3 Pose de relation.....	72
IV.1.4.4 Tableau de matrice normalisée	73
IV.2 BUDGETISATION	74
IV.2.1 DEROULEMENT DES TRAVAUX SUR TERRAIN	74
IV.2.2 FICHE RECAPITULATIF DU PROJET	74
IV.2.3 COUT DU PROJET	76
CONCLUSION	77
BIBLIOGRAPHIE	78
ANNEXE	80

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

INDEX DES TABLEAUX

Tableau n° 1 : Coordonnées des points (V, A, B).....	15
Tableau n° 2 : Extrait des données par intersection et relèvement	27
Tableau n°3 : Extrait des données par cheminement.....	30
Tableau n° 4 : Récapitulatif des données par intersection et relèvement	31
Tableau n°5 : Récapitulatif des données par cheminement.....	32
Tableau n°6 : Correction de la distance horizontale B \rightarrow 2.....	35
Tableau n°7 : Correction de la distance horizontale 2 \rightarrow B.....	35
Tableau n°8 : Résultats des corrections des distances dans les systèmes Laborde.....	40
Tableau n° 9 : Calculs des coordonnées (X, Y) issus de cheminement.....	41
Tableau n°10 : Calculs des altitudes issus de cheminement.....	43
Tableau n°11 : Correction de dV_{VA}	48
Tableau n°12 : Les corrections de dv à chaque station.....	49
Tableau n° 13 : Les réductions des observations	50
Tableau n°14 : Calculs des distances et gisements (point 2).....	54
Tableau n°15 : Résumés des distances et gisements des segments capables (point 2)	55
Tableau n°16 : Les gisements observés et calculés (point2).....	55
Tableau n°17 : Concevoir un imprimé d'un point définitif d'un relèvement du point 2.....	56
Tableau n°18 : Tableau V_o de la station et le gisement observé (point 2).....	57
Tableau n° 19 : Un imprimé d'un point définitif d'une intersection du point2.....	58
Tableau n°20 : Récapitulatif des distances et gisements (point1).....	60
Tableau n°21 : Tableau récapitulatif des distances et gisements des segments capables.....	61
Tableau n°22 : Les gisements observés et calculés (point1).....	61
Tableau n°23 : Un imprimé d'un point définitif d'un relèvement du point 1.....	62
Tableau n°24 : Tableau du V_o de la station et gisement (point1).....	63
Tableau n°25 : Un imprimé d'un point définitif d'intersection du point 1.....	63
Tableau n°26 : Calcul des altitudes.....	65
Tableau n°27 : Tableaux de compensation.....	71
Tableau n°28 : Pose de relation.....	72
Tableau n°29 : Matrice normalisée.....	73
Tableau n°30 : Fiche récapitulatif du projet.....	74
Tableau n°31 : Coût du projet	76

INDEX DES FIGURES

Figure n°1: Localisation des points.....	16
Figure n°3 : Prisme.....	19
Figure n°2: Station totale (WILD T/TC1610).....	19
Figure n°4 : Trépied.....	20
Figure n°5 : Jalon.....	20
Figure n°6 : Montrant hauteur du voyant.....	22
Figure n°7 : Correction de courbure.....	34
Figure n°8 : Figure montrant pourquoi il faut d'abord prendre les deux distances horizontales avant le calcul de la moyenne des distances horizontales.....	36
Figure n°9 : Représente le qk^2	44
Figure n°10 : Représente la réfraction et la courbure.....	44
Figure n°11 : Montrant la correction qu'on doit appliquer.....	46
Figure n°12 : Correction dv d'un triangle sphérique.....	47
Figure n°13 : Exemple des fermetures des triangles.....	51
Figure n°14 : Fermetures des triangles.....	52
Figure n°15 : Représentation graphique du point définitif (point2).....	59
Figure n°16 : Représentation graphique du point définitif (point 1).....	64

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

INDEX DES CARTES

Carte n°1 : Localisation de la zone d'étude.....14

Carte n°2 : Le choix de l'isomètre.....38

***ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA***

INDEX DES ANNEXES

ANNEXE I : Image Google

ANNEXE II : Correction linéaire, utilisation de la table LABORDE

ANNEXE III : Reporteur

ANNEXE IV : Représentation graphique du point définitif (point2)

ANNEXE V : Représentation graphique du point définitif (point1)

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

REMERCIEMENTS

Grace A Dieu Tout Puissant, qui m'a donné la santé et la force afin que je puisse terminer ce mémoire de fin d'études, mes remerciements les meilleurs reviennent à lui.

J'adresse également mes vifs remerciements à:

- ❖ *Monsieur **RAMANANTSIZEHENA Pascal**, Directeur de l'ESPA qui m'a permis de suivre les cours de l'ESPA, et m'a autorisé la présentation du présent mémoire.*
- ❖ *Monsieur **RABETSIAHINY**, chef de Département Information Géographique et Foncière de l'ESPA qui m'a permis d'effectuer ce mémoire de fin d'études au sein du département.*
- ❖ *Monsieur **NARY Harilala Iarivo**, Enseignant au sein de l'ESPA. Il m'a dirigé tout au long de la réalisation de ce mémoire et n'a cessé de me prodiguer de conseils précieux et m'a consacré une grande partie de son temps.*

Sans oublier tout les membres de jury, ici présents, qui ont voulu accepter de donner leur avis sur ce mémoire.

- ❖ *Je remercie très vivement tous les enseignants qui m'ont appris toutes les matières nécessaires pour notre formation à l'ESPA.*
- ❖ *Et j'ai une pensée noble gracieuse envers mes chers parents, mes frères, ma sœur et tous les membres de ma famille.*
- ❖ *Mes hommages sont également adressés à mes collègues de l'I.G.F L3 promotion 2009, à tous les étudiants du Département I.G.F, ainsi qu'à tous mes amis et camarades du Campus Vontovorona.*

A tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réussite de ce mémoire, un grand merci.

*ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA*

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Il existe déjà 3 bornes géodésiques matérialisées connues en (X, Y, Z) dans le système Laborde, projection officielle utilisée à Madagascar, aux environs de L'Ecole Supérieure Polytechnique Antananarivo (ESPA). Ces points ont été déterminés par la méthode GPS suivie d'une adaptation au système RGM. A partir de ces 3 points, nous allons densifier ce réseau par la détermination de 2 nouveaux points géodésiques au sein de L'Ecole grâce à des méthodes et des calculs. Le thème de ce mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme Licence- Es Science Technique s'intitule ainsi l'« ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE MADAGASCAR AU SEIN DE L'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo ».

Ce travail va nous permettre de maîtriser tous les calculs, astuces, et méthodes de détermination de densification de points de canevas complémentaire à savoir la:

- Méthode de détermination par relèvement et intersection (méthode graphique),
- Méthode de détermination par polygonaion précise,
- Méthode de compensation par moindres carrés.

Ce document se subdivise en quatre chapitres bien distincts. Le premier chapitre introduit la généralité du sujet. Le second se base sur les travaux de préparation de la réalisation du travail. Le troisième consiste à collecter toutes les données sur le terrain. Et le dernier chapitre traite les différentes étapes des travaux de bureau et la budgétisation.

***ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA***



Chapitre I

Généralité du sujet

I. GENERALITE DU SUJET

La première partie de ce mémoire contiendra d'une part la présentation du sujet et d'autre part, la localisation de la zone étudiée.

I.1 PRESENTATION DU SUJET

I.1.1 BUT DE CE MEMOIRE

Ce mémoire a pour but de:

- mettre à la disposition des étudiants, pour des besoins de travaux pratiques, des points géodésiques dans le système Laborde, au cours desquels ils peuvent se familiariser avec la projection Laborde, encore très méconnue des utilisateurs,
- maîtriser les différentes techniques de détermination géodésique composant les corrections à appliquer sur les distances, les corrections de **dv**, les corrections de station, les corrections d'excentrement des mires, les corrections de **qk²** sur la détermination géodésique en **z**, la réduction des observations, la fermeture des triangles, le choix des points définitifs par la méthode graphique et par les méthodes des moindres carrés.

I.1.2 RESULTATS ATTENDUS :

Ce mémoire de fin d'études met en exergue la détermination des coordonnées des deux nouveaux points par trois méthodes différentes :

- Détermination par relèvement et intersection en utilisant la méthode graphique,
- Détermination des coordonnées de ces deux nouveaux points par cheminement,
- Détermination par la méthode de compensation par moindres carrés.

Enfin, une comparaison sera faite entre les résultats obtenus par ces différentes méthodes utilisées.

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

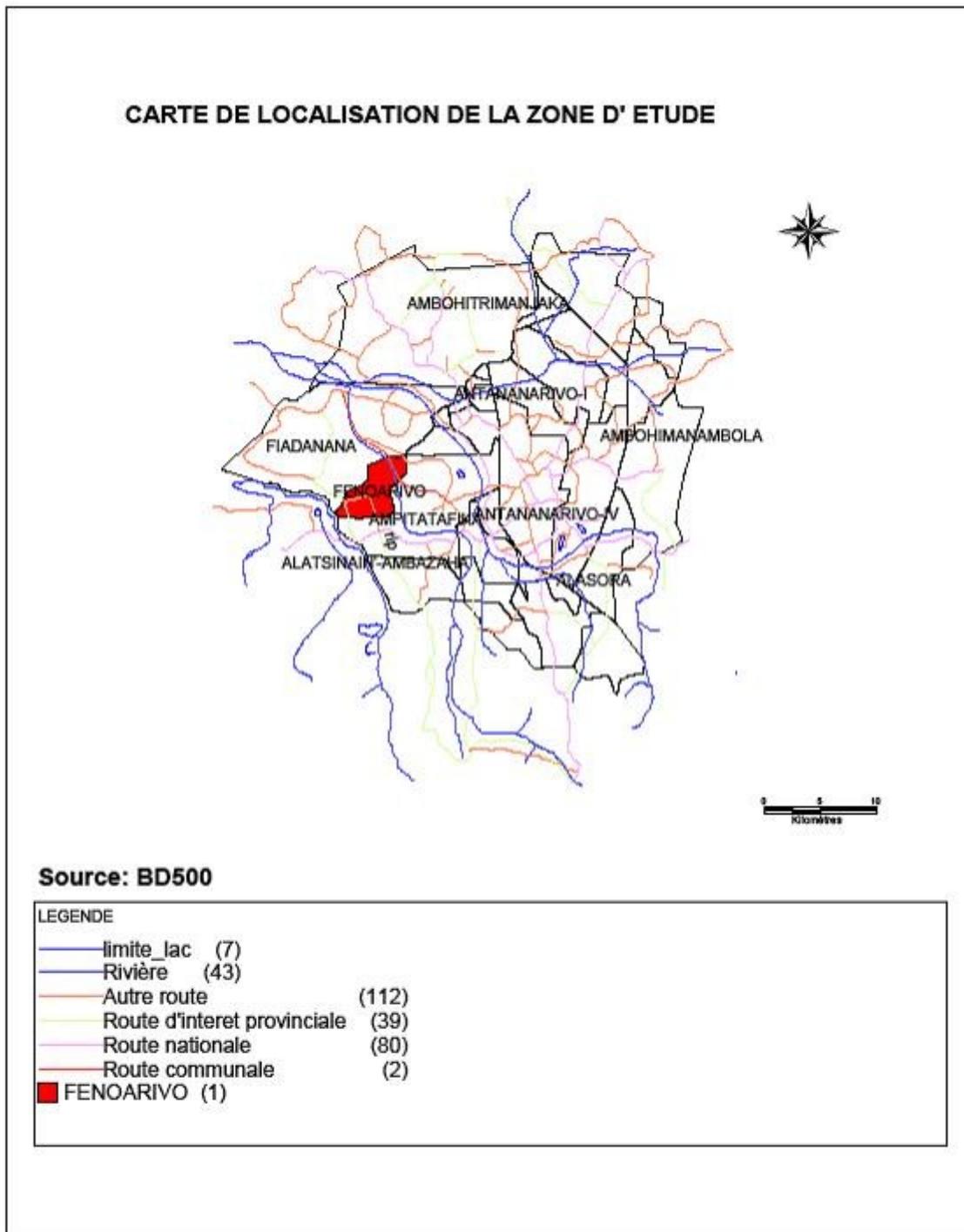
I.2 LOCALISATION_

I.2.1 LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE

La zone d'étude est située à Vontovorona dans la Commune d'Alakamisy Fenoarivo, District d'Antananarivo Atsimondrano, Région d'Analamanga. Le site Vontovorona est à 5 km de la Route Nationale 1(RN 1) qui relie Antananarivo et Tsiroanomandidy.

La carte ci-dessous illustre la localisation de la zone étudiée.

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**



Carte n°1 : Carte montrant la localisation de la zone d'étude [1]

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

I.2.2 LOCALISATION DES POINTS

L'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo (ESPA) est située à Vontovorona, où il existe déjà 3 points connus (X, Y, Z).

Le point **V** qui se trouve au sommet de la montagne du site de Vontovorona, le point **A** devant le département Information Géographique et Foncière (IGF) et le point **B** devant le bloc 9. Les deux nouveaux points ont été matérialisés : le point **n°1** entre le bloc 19 et 20 et le point **n°2** à côté du restaurant universitaire.

Dans notre cas, il est évident que la configuration de détermination des deux nouveaux points n'est pas idéale vu le site très exigüe de l'école.

Le plan de masse qui représente les points (A, B, 1,2) est schématisé dans la figure ci-dessous.

Remarque : On n'a pas pu localiser le point **V** puisque l'image Google qu'on a obtenu sur internet ne représente que la superficie de l'ESPA. [ANNEX I]

Voici les coordonnées des trois points connus :

	V	A	B
X	504081,243	503782,096	503772,880
Y	791004,560	792085,099	792350,040
Z	1407,044	1287,503	1284,995

Tableau n° 3 : Coordonnées des points (V, A, B)

PLAN DE MASSE

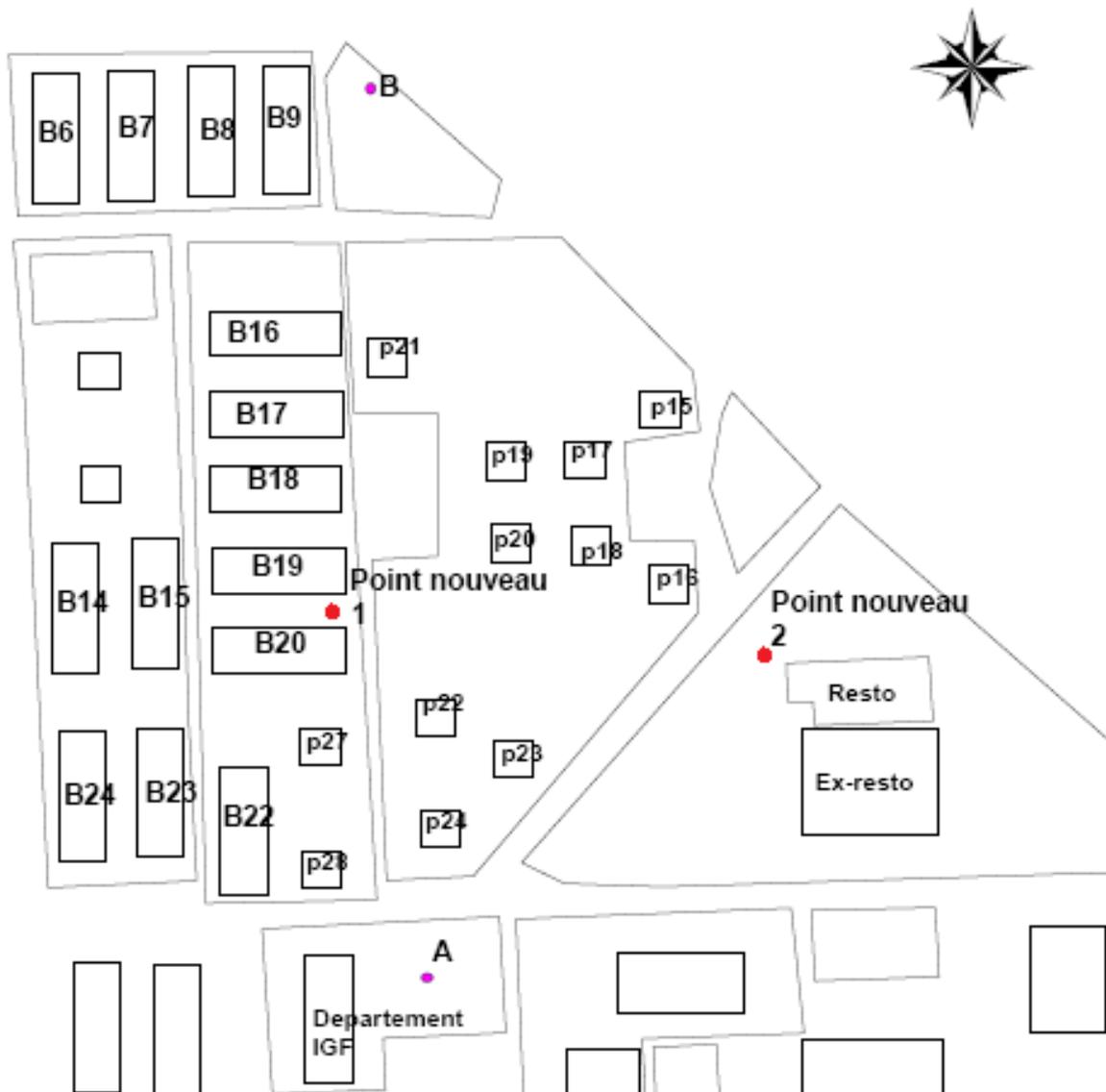


Figure n°1: Localisation des points

Chapitre II

Travaux de préparation

II. TRAVAUX DE PREPARATION

La deuxième partie de cet ouvrage sera consacrée aux travaux de préparation nécessaires pour le bon déroulement du travail tels que les caractéristiques du terrain, les personnels et les moyens matériels.

II.1 RECONNAISSANCE

La reconnaissance permet de vérifier l'existence des points d'appuis c'est-à-dire les points connus sur terrain. Elle est effectuée par l'opérateur. Il faut s'assurer que les points existants soient bien stables et en bon état.

C'est lors de la reconnaissance sur terrain, qu'on a déterminé le choix de l'emplacement des deux nouveaux points ainsi que la collecte de toutes les informations nécessaires telles que la :

- Variation du terrain : dénivelée, végétation, accessibilité,
- Approvisionnement de fournitures : ciment, gravillon, sable, ect.
- Main d'œuvre : manœuvre, porte mire, secrétaire, operateur.

II.2 MATERIALISATION

Les nouveaux points choisis sont matérialisés par des bornes en béton de (20 × 20cm).

Au centre de chaque borne se place un fer de béton de 60cm de long ; le numéro et le nom de la borne sont inscrits au dessus.

II.3 LES PERSONNELS CONCERNES

Pour assurer le bon fonctionnement des opérations sur terrain, une équipe qualifiée est indispensable.

Elle est composée de :

- 1 opérateur
- 1 secrétaire
- 2 porte-prisme

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

II.3.1 *L'opérateur*

L'opérateur dirige tout les travaux et a pour mission de:

- choisir les points de station, les points à matérialiser, la méthode adoptée ainsi que les appareils à utiliser,
- manipuler l'appareil, c'est-à-dire qu'il procède au centrage, au calage et à la lecture des observations,
- donner des instructions au secrétaire sur les particularités et les précautions à prendre afin de mener à bien toutes les opérations.

II.3.2 *Secrétaire*

Il assiste l'équipe tout au long de l'opération. Il tient le carnet d'observation en écrivant les lectures annoncées par l'opérateur. Il procède également au calcul et annonce toutes les lectures hors tolérance, et puis détecte les fautes tout en vérifiant que les opérations ont respecté la procédure préétablie.

II.3.3 *Le porte-prisme*

Le porte-prisme suit les ordres donnés par l'opérateur en mettant le prisme sur le point à viser.

Pour des raisons de visibilité, il est possible de modifier la hauteur de voyant, en précisant la nouvelle hauteur.

II.4 MATERIELS UTILISES

II.4.1 Appareil

On a utilisé une station totale (WILD T/TC1610) pour la réalisation des travaux. La station totale est un instrument équipé d'une Distancemètre, qui permet de mesurer et d'enregistrer les distances et les angles en une seule manipulation.

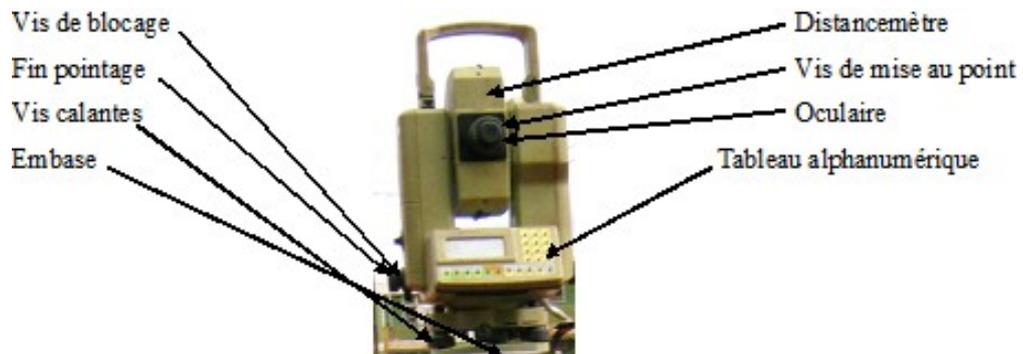


Figure n°2: Station totale (WILD T/TC1610)

II.4.2 Prisme

Le prisme permet de réfléchir le signal émis par le distancemètre. Elle est composée d'une vis de blocage pour le réglage de la hauteur de voyant et une bulle de canne à caler pour assurer d'horizontalité.

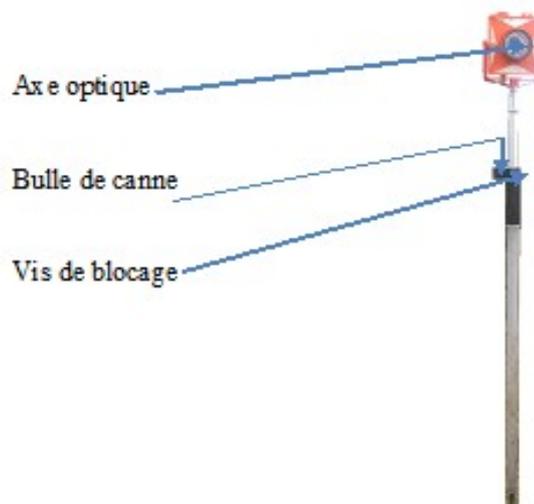


Figure n°3 : prisme

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

II.4.3 Trépied

Le TREPIED est un instrument topographique qui supporte l'appareil (Station totale). Il est composé de trois pieds, chacune de ses jambes coulissantes facilitent sa mise en station.

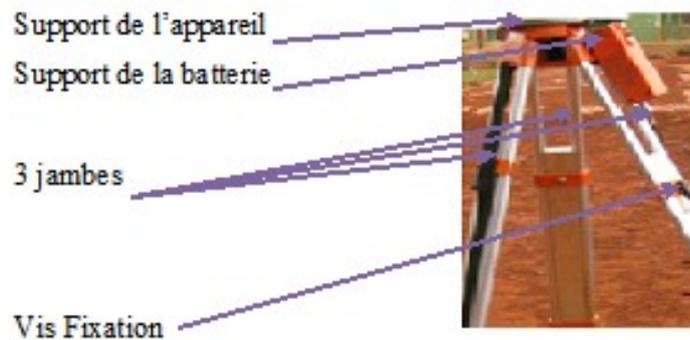


Figure n°4 :Trépied

II.4 .4 Jalon

Le jalon permet de faire le balisage dans la réalisation des travaux.

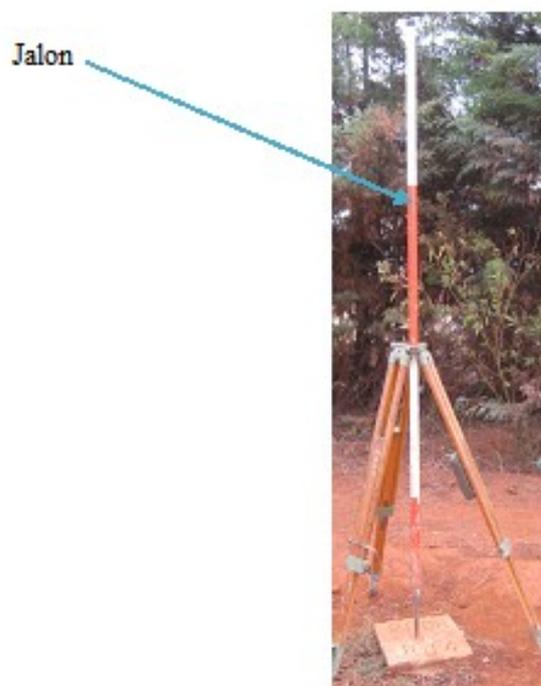


Figure n°5 : jalon

***ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA***

Chapitre III

Travaux de terrain

III. TRAVAUX DE TERRAIN

Cette troisième partie comprend les méthodes utilisées pour atteindre les précisions demandées.

III.1 PRECISION DE CHEMINEMENT

Avant tout commencement de travaux, la tolérance angulaire et la précision de cheminement sont imposées par l'administration en fonction de l'utilisation ultérieure des coordonnées. En effet, la précision de coordonnées de cheminement ne dépend pas de l'échelle de levée à exécuter mais ces bornes seront utilisées plus tard pour l'implantation des ouvrages. Mais vu les matériels existants à l'ESPA, la non existence des embases ne permettent pas le centrage forcé. Nous avons imposé avant l'exécution des travaux, une tolérance de fermeture angulaire de $10\sqrt{n}$ et une précision de 1/5000 (imposé par l'encadreur). Pour respecter cette exigence malgré l'inexistence des embases, nous avons procédé à la méthodologie suivante :

III.1.1 Pour éliminer les erreurs :

- On ne vise pas l'axe optique du prisme pour l'angle horizontale car le prisme varie en fonction de calage de la bulle. On vise alors le plus bas possible de la pointée du jalon pour éliminer cette erreur,
- Et c'est seulement après qu'on vise le prisme pour l'angle verticale et la distance.

III.1.2 Pour l'observation angulaire

- 2 pointées sur chaque visée,
- 2 couples de cercle gauche (CG), cercle droit (CD) par angle : le premier couple pour éliminer les erreurs systématiques et le deuxième pour la vérification. La moyenne des deux couples ne doit pas dépasser de 10 secondes sinon on fera un troisième couple CG, CG.

III.1.3 Pour la mesure de distance :

On a mesuré au moins deux distances CG, CD puis deux distances de CG, CD pour la vérification.

III.1.4 Pour l'angle zénithale

Afin d'éliminer le zo de l'appareil, on effectue deux couples de lecture CG, CD, et si la moyenne dépasse 10 secondes, on procède à un troisième couple.

ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA

III.1.5 Pour les mesures de la hauteur d'appareil et de voyant :

La mesure de la hauteur d'appareil et de voyant se fait en 2 étapes. La première s'effectue après la mise à station de l'appareil et la deuxième avant de changer de station.

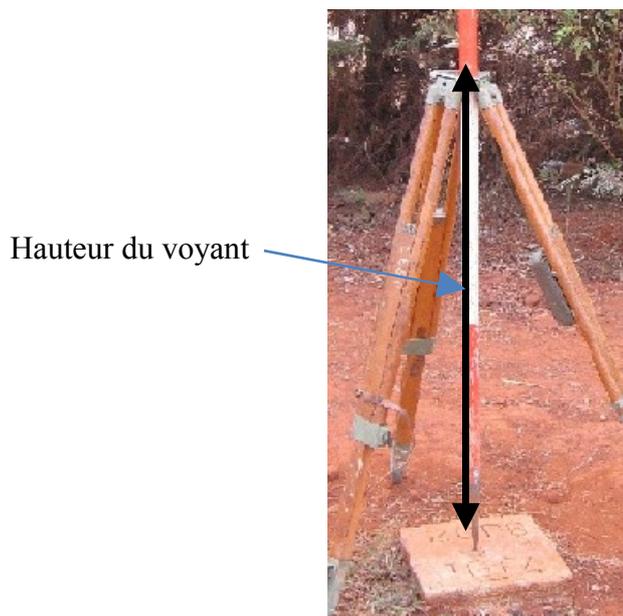
III.2 PRECAUTIONS PRISES LORS D'INTERSECTION ET RELEVEMENT

III.2.1 Balisage :

La distance maximum entre les points est environ de 1 kilomètre (km). Pour le balisage des points à viser, nous avons procédé comme suit :

D'abord, nous avons stationné sur chaque point un trépied au centre duquel nous avons placé verticalement un jalon. Les points visés sont donc centrés à la borne, pour la visée zénithale. Nous avons visé les dessus du trépied, la hauteur du voyant est donc la distance du repère au plateau du trépied.

La figure suivante montre la hauteur du voyant :



**Figure n°6 : montrant
hauteur du voyant**

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

III.2.2 Station :

Nous avons centré toutes les stations donc il n'y a ni correction de visée ni correction de station.

III.2.3 Pour l'observation

Pour la mesure des angles, on a procédé à des tours d'horizon avec 2 pointés sur chaque visée. Pour assurer les observations on a fait 12 itérations (0 ;100 ;150 ;50 ;25 ;125 ;175 ;75 ;12 ;112 ;162 ;62).

III.2.4 Pour les mesures de la hauteur d'appareil et de voyant :

La mesure de la hauteur d'appareil se fait en deux temps :

- à la mise à station,
- une fois l'observation finie.

III.3 TRAVAUX A REALISER:

- Intersection de 2 points (1,2) à partir de 3 points déjà connus au sein de l'ESPA (V, A, B),
- Relèvement de ces 2 points connus,
- Cheminement de précision pour déterminer les 2 nouveaux points (1,2) à partir du point connu B, la fermeture sur un autre point connu A dans le système Laborde._

III.4 VERIFICATIONS SUR TERRAIN

Les travaux de vérifications sur terrain sont effectués par le secrétaire. Pour ce faire, avant de quitter la station, il vérifie les moyennes et les écarts entre les observations. S'il détecte des discordances, il signale immédiatement l'opérateur, et on refait les observations correspondantes et les calculs.

A la fin de la journée, l'opérateur revérifie toutes les observations faites par le secrétaire. Chaque vérification sera cochée avec un stylo de couleur différente, surtout les hauteurs de station, les hauteurs de voyant. Aucune faute n'est permise.

Enfin, on recopie dans un nouveau carnet les observations réduites à zéro et corrigées.

Après vérification, les observations corrigées sont résumées dans un tableau.

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

III.5 EXTRAIT DES DONNEES SUR TERRAIN

III.5.1 EXTRAIT DES DONNEES PAR INTERSECTION ET RELEVEMENT

ha :1,180m

hvB : 0,810m

hv2:1,04m

hvA:0,680m

hv1:0,980m

	stationV	B	1	A	2	B
		0,0044	397,531	397,1514	4,1169	0,0042
		0,0055	397,531	397,1513	4,1175	0,0033
CG	Hz	0,0050	397,531	397,1514	4,1172	0,0037
		0,0049	0,0043	0,0043	0,0043	0,0049
		0,0000	397,5267	397,1171	4,1132	0,0043
	moyenne	0,0000	397,526	397,1477	4,1129	0,0000
	z	294,3496	293,7855	293,2001	293,5888	294,3512
		294,3495	293,7854	293,2006	293,5887	294,3515
		294,34955	293,78545	293,20035	293,58875	294,3514
		100,0257	97,5526	97,1746	104,1371	100,0251
		100,0265	97,5514	97,1741	104,1384	100,0262
	Hz	100,0262	97,552	97,1743	104,1377	100,0256
CD		100,0256	100,0259	100,0259	100,0259	0,0000
		100,0259	397,5251	397,1484	4,1125	
		0,0000				
	z	105,6305	106,2139	106,7885	106,4023	105,6292
		105,6306	106,2141	106,7887	106,4023	105,6291
		105,63055	106,214	106,7886	106,4023	105,6291
		150,0510	147,5852	147,2039	154,1669	150,0517
		150,0506	147,5843	147,2031	154,1552	150,0495
	Hz	150,0519	147,5847	147,2031	154,1661	150,0507
CD		150,0512	150,051	150,051	150,051	0,0000
		150,0507	397,5333	397,1521	4,1151	
		150,0510	106,2025			
		0,0000				
		105,6341	106,2025	106,7913	106,4025	105,6361
	z	105,6333	106,2025	106,7909	106,4025	105,6342
		105,6337	106,2025	106,7911	106,4025	105,63515
	moyenne	0,0000	397,5281	397,1521	4,1152	0,0000

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

		50,0758	47,6041	47,2273	54,1899	50,075
		50,0740	47,6038	47,228	54,191914	50,0758
	Hz	50,0743	47,6041	47,2273	54,1904	50,0754
		50,0749	50,0751	50,0751	50,0751	
CG		50,0754	397,5229	397,1522	4,1153	0,0000
		50,0751				
		0,0000				
		294,3570	293,7795	293,2055	293,5837	294,3534
	z	294,3568	293,7792	293,205	293,5939	294,3565
		294,3569	293,77935	293,2052	293,5938	294,35495
	Station V	B	1	A	2	B
		25,0101	22,5397	22,1641	29,125	25,0126
		25,0119	22,54	22,162	29,1256	25,0116
		25,0109	22,5399	22,1634	29,1253	25,0121
	Hz	25,0101	25,0116	22,1632	25,0116	25,011
CG		25,011	397,5283	25,0116	4,1137	25,0116
		0,0000		397,1516		0,0000
	z	294,3562	293,7819	293,2052	293,5941	294,3636
		294,3563	293,7818	293,2053	293,5937	294,3638
		294,3563	293,7819	293,2053	293,5939	294,3637
		125,036	122,5592	122,1852	129,149	125,0351
	Hz	125,0345	122,5609	122,1832	129,1494	125,0356
		125,0355	122,5597	122,1853	129,1488	125,0354
CD		125,353	122,5589	122,1846	129,149	125,0353
			125,0354	125,0354	125,0354	125,0354
		0,0000	397,5235	397,1492	4,1136	0,0000
		105,6362	106,204	106,7897		105,6364
	z	105,636	106,2038	106,7898	106,4051	105,6358
		105,6362	106,2039	106,78975	106,4047	106,6361
		105,6361			106,4049	
	moyenne	0,0000	397,5259	397,1504	4,1137	0,0000
		175,061	172,587	172,2083	179,1769	175,015
		175,0611	172,587	172,2091	179,1741	175,0616
	Hz	175,0611	172,587	172,2092	179,1746	175,0616
			175,0614	172,2092	179,1752	175,0611
CD			172,5856	175,1614	175,0614	175,0614
		0,0000	397,5256	397,1478	4,1138	0,0000

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

		105,6335	106,2039	106,7932	106,4041	105,635
	z	105,633	106,2037	106,7931	106,404	105,6354
		105,6333	106,2038	106,7932	106,4041	105,6353
						105,6352
	moyenne	0,0000	397,5248	397,1483	4,1135	0,0000
		75,0849	72,609	72,2323	79,1978	75,086
		75,0836	72,609	72,2337	79,1983	75,0854
	Hz	75,0843	72,609	72,2329	79,1981	75,0857
		75,0843	75,085	397,1487	75,085	75,0843
		0,0000	397,524		4,1131	75,085
CG						0,0000
		294,3507	293,786	293,2049	293,5877	294,361
		294,3508	293,786	293,203	293,5878	294,3611
	z	294,3488	293,786	293,2032	293,5878	294,3611
				293,2037		
	Station	B	1	A	2	B
CG		12,5000	10,029	9,6497	16,6182	12,5037
		12,5001	10,028	9,6491	16,618	12,503
		12,5001	10,0282	9,6494	16,6181	12,5028
		12,5017	10,0281	12,5017	12,5017	12,5032
		0,0000	12,5017	397,1477	4,1164	12,5001
			397,5264			12,5017
						0,0000
		294,3608	293,7875	293,2026	293,5934	294,3582
		294,3572	293,7873	293,2026	293,5935	294,359
		294,359	293,7874	293,2026	293,5935	294,3586
	Moyenne	0,0000	397,5254	397,1476	4,1148	0,0000
		112,5256	110,0497	109,6729	116,6384	112,525
CD		112,5251	110,0499	109,67,29	116,6387	112,5256
		112,5257	110,0498	109,6729	116,6386	112,5253
		112,5255	112,5254	112,5254	112,5254	112,5253
		112,5254	397,52544	397,1475	4,1132	112,5254
		0,0000				0,0000
		105,641	106,2098	106,7938	106,4034	105,6351
		105,6409	106,2097	106,7933	106,4039	105,6351
		105,641	106,2098		106,4037	105,6351

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

CD		162,5501	160,0745	159,6977	166,6628	162,5498
		162,5505	160,0756	159,6977	166,5502	162,5504
		162,5503	160,0742	159,6977	166,6628	162,5502
		162,5502	160,0748	162,5502	162,5502	162,5501
		0,0000	162,5502	397,1475	4,1126	162,5503
			397,5246			162,5502
						0,0000
		105,6399	106,2117	106,7919	106,4037	105,6358
		105,6395	106,2119	106,792	106,4035	105,6363
		105,6397	106,2118	106,792	106,4036	105,6361
			106,2118			
	Moyenne	0,0000	397,5246	397,1481	4,1138	0,0000
CG		62,578	60,1023	59,7264	66,6926	62,5779
		62,5773	60,1023	59,7264	66,6927	62,5777
		62,5777	60,1023	62,5778	66,6927	62,5778
		62,5778	62,5778	397,1486	62,5778	0,0000
		0,0000	397,5245		4,1149	
		294,3607	293,7847	293,2001	293,5948	294,3568
		294,3608	293,7844	293,2003	293,5956	294,3575
		294,3608	293,7846	293,2002	293,5952	294,3572

Tableau n° 4 : Extrait des données par intersection et relèvement

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

III.5.2 Extrait des données par cheminement

ha=1,290m

hv=1,465m

	Station B	Origine	fermeture	CG	CD	Distance
	reference A	0,0023	199,9965			201,445
	point visé 2	0,0017	199,9959			201,444
		0,0020	199,9962			
				362,7844	162,7783	
				362,7831	162,777	
Hz				362,7838	162,7776	
				0,0020	199,9962	
				362,7818	362,7814	
				300,4794	99,5076	
z					99,5206	
					99,5141	
		Origine	fermeture			
		100,025	300,0292			201,444
		100,0249	300,0289			201,444
		100,0250	300,0290			
				62,8171	252,8128	
				62,8066	262,8128	
Hz				100,025	262,8122	
				362,7816	300,029	
					362,7834	
				300,4796	99,5091	
z					99,5204	
					99,5148	
		origine	fermeture	CG	CD	distance
		150,05	350,0463			201,444
		150,0507	350,046			201,444
		150,0504	350,0462			
				112,8336	312,8292	
Hz				112,8344	312,8274	
				112,834	312,8283	
				150,0504	350,0462	
				362,7828	362,7821	
				300,4803	99,5098	
z					99,5197	
					99,5148	
	Station	B	1	A	2	B

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

CG		12,5	10,029	9,6497	16,6182	12,5037
		12,5001	10,028	9,6491	16,618	12,503
		12,5001	10,0282	9,6494	16,6181	12,5028
		12,5017	10,0281	12,5017	12,5017	12,5032
		0	12,5017	397,1477	4,1164	12,5001
			397,5264			12,5017
						0
		294,3608	293,7875	293,2026	293,5934	294,3582
		294,3572	293,7873	293,2026	293,5935	294,359
		294,359	293,7874	293,2026	293,5935	294,3586
Moyenne	0	397,5254	397,1476	4,1148	0	
CD		112,5256	110,0497	109,6729	116,6384	112,525
		112,5251	110,0499	109,67,29	116,6387	112,5256
		112,5257	110,0498	109,6729	116,6386	112,5253
		112,5255	112,5254	112,5254	112,5254	112,5253
		112,5254	397,52544	397,1475	4,1132	112,5254
		0				0
		105,641	106,2098	106,7938	106,4034	105,6351
		105,6409	106,2097	106,7933	106,4039	105,6351
		105,641	106,2098		106,4037	105,6351
		162,5501	160,0745	159,6977	166,6628	162,5498
		162,5505	160,0756	159,6977	166,5502	162,5504
		162,5503	160,0742	159,6977	166,6628	162,5502
		162,5502	160,0748	162,5502	162,5502	162,5501
		0	162,5502	397,1475	4,1126	162,5503
			397,5246			162,5502
				0		
105,6399	106,2117	106,7919	106,4037	105,6358		
105,6395	106,2119	106,792	106,4035	105,6363		
105,6397	106,2118	106,792	106,4036	105,6361		
	106,2118					
Moyenne	0	397,5246	397,1481	4,1138	0	
CG		62,578	60,1023	59,7264	66,6926	62,5779
		62,5773	60,1023	59,7264	66,6927	62,5777
		62,5777	60,1023	62,5778	66,6927	62,5778
		62,5778	62,5778	397,1486	62,5778	0
		0	397,5245		4,1149	
		294,3607	293,7847	293,2001	293,5948	294,3568
		294,3608	293,7844	293,2003	293,5956	294,3575
294,3608	293,7846	293,2002	293,5952	294,3572		

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

	origine	fermeture	CG	CD	distance
	50,0750	250,0797			201,445
	50,0740	250,0804			201,445
	50,0745	250,0800			
			12,8577	212,8634	
HZ			12,8569	212,8627	
			12,8573	212,863	
			50,0745	250,0800	
			362,7829	362,7830	
			99,5103	300,4801	
z				99,5199	
				99,5151	
	Origine	fermeture	CG	CD	distance
	25,0101	225,0047			201,445
	25,0093	225,0043			201,445
	25,0097	225,0045			
			387,7922	187,7871	
			387,7910	187,7872	
Hz			397,7916	187,7872	
			25,0097	225,0045	
			362,7823	362,7827	
	origine	fermeture	CG	CD	distance
	125,0350	325,0395			201,445
	125,0355	325,0405			201,445
	125,0352	3225,040			
			87,8168	287,8241	
Hz			87,8178	287,8224	
			87,8173	287,8224	
			125,0352	325,0400	
			362,7822	362,7824	

Tableau n°3 : Extrait des donnes par cheminement

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

III.6 REDUCTION DE TOUTES LES OBSERVATIONS

Ci-dessous les observations réduites à zéro par méthode :

III.6.1 Récapitulatif des données par la méthode d'intersections et relèvements

station	ha	Référence	point visée	hv	Angle horizontale	Angle verticale
V	1,180	B		0,810	0,0000	105,6401
			2	1,040	41,139	106,4052
			A	0,680	397,1484	106,7942
			1	0,980	397,5253	106,2113
2	1,400	V		0,820	0,0000	93,6424
			A	0,760	62,2470	99,7 926
			1	1,270	118,6481	100,5056
			B	0,810	170,7984	100,6430
A	1,340	V		1,020	0,0000	93,2687
			1	1,160	203,8628	101,1739
			B	1,000	214,9803	100,6854
			2	0,910	269,2098	100,6726
1	1,380	V		0,910	0,000	93,8215
			A	0,930	3,4776	99,1 616
			B	1,000	223,7586	100,3604
			2	0,910	325,2355	99,7822
B	1,360	V		1,020	0,0000	94,4141
			A	0,930	12,1280	99,5030
			1	0,825	21,2888	99,9851
			2	0,910	374,9133	99,7051

Tableau n° 4 : Récapitulatif des données l'intersection et relèvement

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

III.6.2 Récapitulatif des données par cheminement

Station	ha	Référence	point visée	hv	Distance	Angle horizontal	Angle vertical
B	1,290	A		1,465			
			2	1,465	201,444	362,7824	99,5146
2	1,360	B		1,350	201,445		100,4372
			1	1,515	134,168	347,8474	100,3684
1	1,360	2		1,475	134,159		99,5049
			A	1,000	121,494	782,509	98,9552
A	1,176	1		1,515	121,488		100,9070
			B	1,000		111,196	

Tableau n°5 : récapitulatif des données par cheminement

Chapitre **IV**

Travaux de bureau

IV. TRAVAUX DE BUREAU

Ce dernier chapitre présentera tous les calculs et corrections à appliquer pour aboutir à la détermination des points géodésiques, et la budgétisation du projet.

IV.1 ETAPES DES TRAVAUX DE BUREAU

Les travaux de bureau comprennent cinq étapes :

- Les calculs des coordonnées par cheminement,
- La réduction des observations des angles et des cheminements
- Les calculs des coordonnées par l'intersection et relèvement,
- Les calculs des coordonnées par moindres carrés.

IV.1.1 Les calculs des coordonnées par cheminement

Les points connus sur le terrain A, B et V sont dans le système Laborde. Tous les éléments qui entrent dans les différents calculs doivent être homogènes dans ce système. Ainsi, des corrections doivent être également introduites dans les distances.

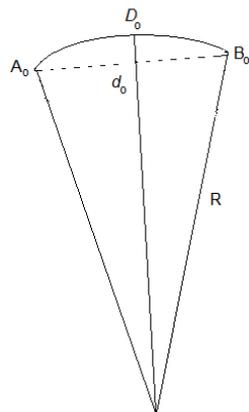
IV.1.1.1 Corrections des distances dans les systèmes Laborde

Les corrections des distances comportent trois étapes :

- Correction de la distance horizontale,
- Correction de la distance à l'ellipsoïde (au niveau zéro),
- Correction de la distance à la projection.

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

**Il est à remarquer que la correction de courbure à la corde est négligeable.
Une distance «réduite au niveau zéro» doit être évaluée sur l'ellipsoïde et le passage du
trajet quasi-rectiligne aux surfaces de niveau peut s'effectuer par une correction positive
très faible appelée correction de courbure D_o .**



D_o : Distance suivant la courbe
 d_o : Distance linéaire

Figure n°7 : Correction de courbure

$$(D_o - d_o)_{\text{mm}} = \left(\frac{D(\text{km})}{10} \right)^3 \quad [2]$$

$$D_o = 20 \text{ km} \quad (D_o - d_o) = 8 \text{ mm}$$

➤ **Cette correction est presque toujours négligeable**

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

a) Correction de la distance horizontale

La distance horizontale est calculée sur la surface de niveau d'altitude moyenne. Pour les calculs de distance horizontale, si on prend par exemple pour la station en B visant 2 avec une hauteur d'appareil 1,29m et une hauteur de voyant 1,475m avec une distance horizontale de B → 2, on a le résultat suivant :

Détermination de la distance horizontale, on sait que $D_h = D_p \cdot \sin V$:

	Distance pente(m)	Angle verticale (gon)	Distance horizontale(m)
B → 2	201,444	99,5146	201,438

Tableau n°6 : correction de la distance horizontale B → 2

De même, pour la station 2 visant B avec une hauteur d'appareil 1,36m et une hauteur de voyant 1,35m. Les hauteurs des appareils et des voyants sont différentes, la distance suivant la pente ne sera non plus la même.

	Distance pente(m)	Angle verticale (gon)	Distance horizontale(m)
2 → B	201,448	100,4272	201,443

Tableau n°7 : correction de la distance horizontale 2 → B

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

D'après ce résultat des distances horizontales, la distance horizontale de B2 est différente de 2B car la hauteur de l'appareil et de voyant ne sont pas la même. La figure ci-dessous illustre bien cette différence.

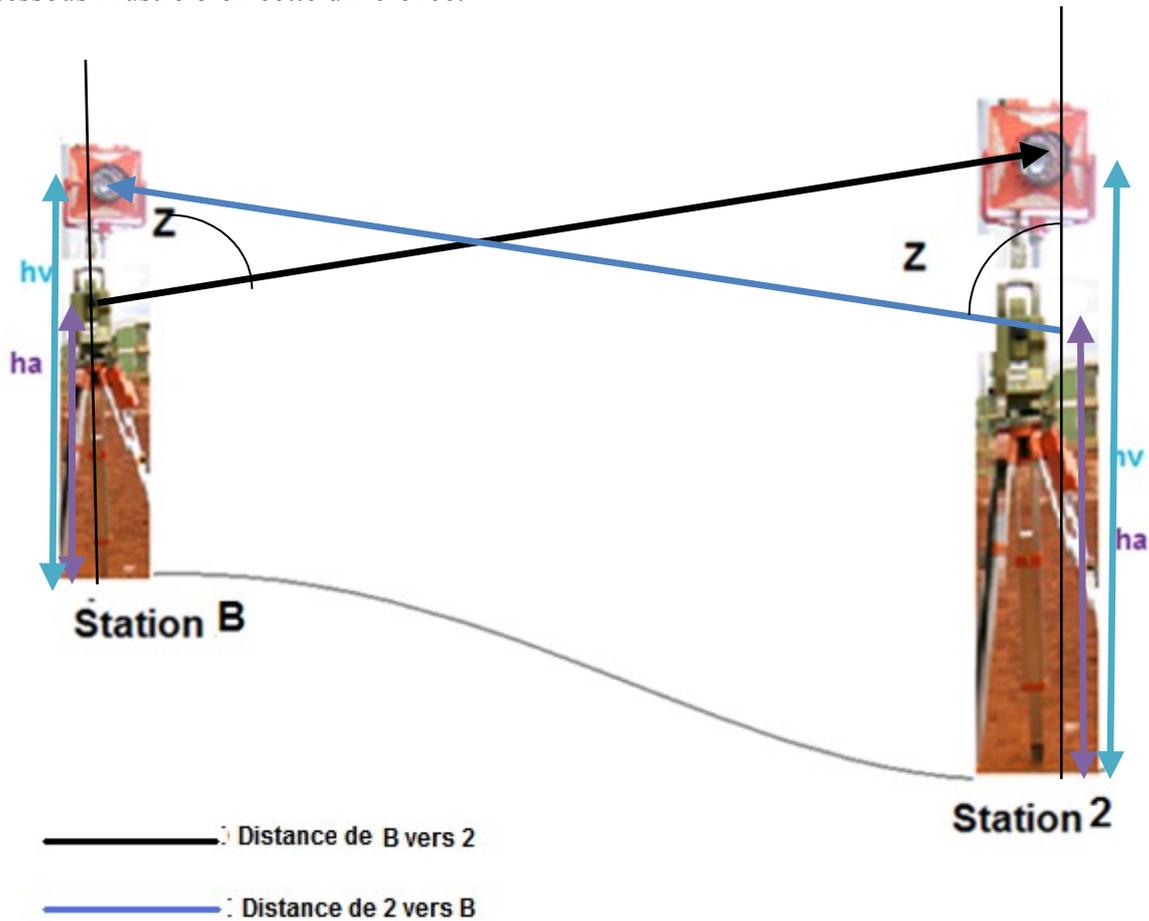


Figure n°8 : Figure montrant pourquoi il faut d'abord prendre les deux distances horizontales avant le calcul de la moyenne des distances horizontales.

- On adopte la moyenne des deux distances horizontales : $\frac{201,438(m) \times 201,44(m)}{2}$

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

b) Correction de la distance sur l'ellipsoïde

La moyenne de distance est la distance du terrain au niveau moyen de l'altitude $h = 1286$, la distance au niveau 0, c'est-à-dire la distance réduite à l'ellipsoïde, est calculée

par la formule suivante. $D_0 = \frac{Dh \cdot R}{R + h}$ [2]

Où $R = 6400 \text{ km}$

Et D_k = la distance horizontale au niveau moyen de terrain et

h = altitude moyenne

Prenons le même exemple avec distance B \rightarrow 2

$$D_0 = \frac{Dh \cdot R}{R + h} \quad [2]$$

$$D_0 = \frac{201,440 \cdot 6400000}{6401,286} \quad D_0 = 201,400 \text{ m}$$

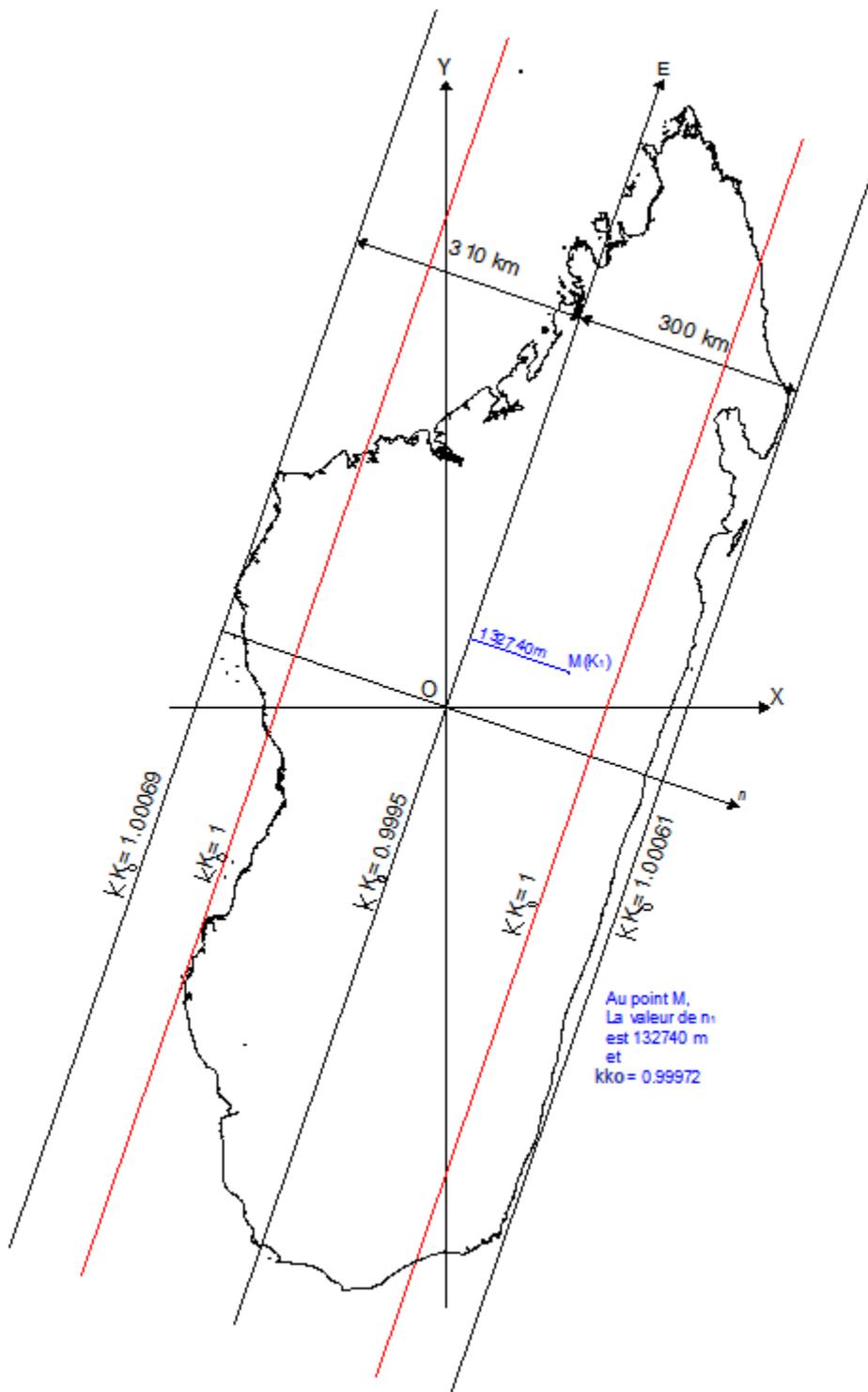
La distance d'ellipsoïde de B2 est égale à $D_0 = 201,400 \text{ m}$

c) Correction de la distance à la projection

Après les corrections de la distance à l'horizontale et de la distance sur l'ellipsoïde, il faut appliquer la correction à la projection. En effet, la projection Laborde est une projection conforme qui conserve les angles. Il existe nécessairement des altérations linéaires, plus on s'éloigne de l'isomètre centrale plus le coefficient k augmente.

En appliquant le coefficient de réduction d'échelle $k_0 = 0,9995$. On détermine le coefficient [ANNEXE II] abaque de $k k_0$.

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**



Carte n°2 : Carte montrant la variation du coefficient kk_0 en fonction n .

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

D'après ce tableau, kk_0 varie suivant η .

Comme le site de Vontovorona est petit, de l'ordre de 1 à 2 km², calculons le coefficient kk_0 à partir de A et B.

Prenons par exemple la distance B 2

$$D_0 = 201,400 \text{ m}$$

$$D_m = 201,400 \times 0,99963 = 201,325 \text{ m}$$

$$A \begin{cases} X=503782,096 \\ Y=792085,099 \end{cases} \quad B \begin{cases} X=503772,880 \\ Y=792350,560 \end{cases}$$

$$\eta_A = (X_A - X_0) \cdot \cos 21 - (Y_A - Y_0) \cdot \sin 21 \quad [2]$$

$$\eta_B = (X_B - X_0) \cdot \cos 21 - (Y_B - Y_0) \cdot \sin 21$$

Où η_A est la distance perpendiculaire de A à l'isomètre centrale.

$$X = 400000$$

$$Y = 800000$$

$$\eta_A = 100750,496$$

$$\eta_B = 100655,958$$

$$(\eta_A + \eta_B) / 2 = 100703,227 \text{ m} = 100,703 \text{ km}$$

Dans le tableau de coefficient $kk_0 = 1/\alpha$

100km	→	0,99962362	}	[ANNEX 1]
10km	→	0,00002596		
110km	→	0,99964958		
$(2596/10) \cdot 0,703 = 182,4988$				

$$\Rightarrow 100,703 \Rightarrow 0,99962362 + 0,000001824988 = 0,99962545$$

$$KK_0 = 0,99963$$

$$D \text{ projections} = D_0 \cdot K_0$$

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

Le tableau suivant nous montre les résultats des corrections des distances dans les systèmes Laborde:

	Distance pente(m)	Angle verticale (gon)	Distance horizontale (m)	Moyenne distance horizontale (m)	Distance au niveau(m)	Distance à la projection (m)
B → 2	201,444	99,5146	201,438	201,440	201,400	201,325
2 → B	201,448	100,4272	201,443			
2 → 1	134,168	100,3684	134,166	134,160	134,133	134,083
1 → 2	134,159	99,5049	134,155			
1 → A	121,494	98,9552	121,478	121,477	121,452	121,408
A → 1	121,488	100,9070	121,476			

Tableau n°8: résultats des corrections des distances dans les systèmes Laborde.

Remarquons qu'à une distance horizontale de l'ordre de 200m, on a une correction de 12cm ; cette erreur est systématique et négligeable.

IV.1.1.2 Calcul des coordonnées (x, y) issus de cheminement

Point	Distance à la projection (m)	Hz (gon)	Gisement (gon)	Hz compensé	Gisement compensé (gon)	$\Delta X(m)$	$\Delta Y(m)$	X(m)	Y(m)	$\Delta X'$	$\Delta Y'$	X(m)	Y(m)
A			397,7864		397,7864								
B		362,7824		362,7823				503772,880	792350,040			503772,880	792350,040
	201,325		160,5688		160,5687								
2		347,8474		347,8473		116,876	-163,926	503889,756	792186,114	116,880	-163,904	503889,760	792186,136
	134,083		308,4162		308,4160								
1		78,2509		78,2508		-132,913	17,674	503756,843	792203,788	-132,910	17,696	503756,851	792203,832
	121,408		186,6671		186,6669								
A		11,1196		11,1196		25,242	-118,755	503782,085	792085,033	25,245	-118,733	503782,096	792085,099
			197,7867		197,7864								
B													
Fermeture			0,0003					-0,11	-0,66				

Tableau n° 9 : Calculs des coordonnées (X, Y) issus de cheminement.

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

TOLERANCE ET FERMETURE ANGULAIRE

Lors de l'étude pratique, nous avons rencontré des difficultés aux niveaux matériels. En effet, l'ESPA ne dispose pas assez de moyens techniques et ce qui nous a certainement limité nos études. Celles-ci se situent lors des centrages forcés pour le besoin de cheminement. En principe, la règle de l'art de cheminement doit impérativement se faire par centrage forcé.

Toutefois, ces difficultés n'ont pas affecté le cours normal du travail, au contraire, elles nous ont permis de trouver d'autres solutions. Dans notre cas, nous avons opté avec l'accord de mon encadreur, pour les travaux de la fermeture angulaire, une tolérance de 5 mgon et de besoin de cheminement de 1/5000.

On a pris comme fermeture angulaire 10mgon puisque la fermeture ne dépend pas seulement de l'erreur moyenne quadratique de station totale, mais surtout des différences d'écart entre le centrage de l'appareil et des prismes à viser. En effet, si le porte-prisme essaie de centrer la bulle de la canne, un prisme de hauteur de 1m peut se déplacer facilement de 5cm. La mesure de l'angle en serait affectée. Pour la même raison, la tolérance de 1/5000, au lieu de 1/7500 ou 1/10000, a été adoptée.

$$Fp = \sqrt{F^2 + FY^2}$$

$$Fp = \sqrt{11^2 + 66^2}$$

$$Fp = 70\text{mm}$$

Tolérance

Puisqu'on a imposé avant les travaux la précision de 1/5000

C'est-à-dire :

Distance total : 456,816

$$Tp = \frac{1}{5000} \times 456,816$$

$$Tp = 91\text{mm}$$

➡ **Tp > Fp alors c'est dans la tolérance**

On a comme coordonnées définitives (X, Y)

$$1 \left\{ \begin{array}{l} 503756,851 \\ 792203,832 \end{array} \right. \quad 2 \left\{ \begin{array}{l} 503889,760 \\ 792186,136 \end{array} \right.$$

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

IV.1.1.3 Calcul des altitudes

Dans les calculs des altitudes, on a utilisé les distances mesurées sur terrain à aucune correction et les angles zénithaux sont ceux affranchis du z_0 l'appareil.

Pour calculer les altitudes des points, il faut tenir compte des corrections qk^2 . [paragraphe N°1]

Formule utilisée pour les calculs des altitudes :

Aller : **Altitude 2=altitude B+ha+(dn)-hv+qk² [7]**

Retour : **Altitude2=altitude B-ha+(dn)+hv-qk²**

$$Dn = d_{\text{pente}} \cos V$$

Station	Point visée	hv(m)	ha(m)	D _{pente} (m)	Z (gon)	Dn(m)	qk ² (m)	Z(m)	Z moyennes	Z définitives
B	2	1,465	1,29	201,444	99,5146	1,536	+0,003	1286,35	1286,362	1286,369
		0,35	1,36	201,44	100,4372	1,383	-0,003	1286,36		
2	B	1,515	1,36	134,16	100,3684	-0,776	+0,001	1285,43	1285,452	1285,447
		1,475	1,36	134,15	99,5049	1,043	-0,001	1285,43		
1	2	1,30	1,36	121,49	98,9552	1,994	-0,001	1287,48	1287,481	1287,503
1	A	1,35	1,176	121,488	100,907	-1,758	+0,001	1287,47		

Tableau n°10 : Calculs des altitudes issus de cheminement.

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

$$Z+P = C+200^G \cdot Z' - P$$

$$ZP = Z_n C = 200^G + C - (Z + Z')$$

$$\Rightarrow \frac{1-n}{2R} = \frac{Z+Z' - 200^G}{2K} \sin i = q \quad [3] \text{ page 262, 266}$$

Les valeurs usuelles de q ont pour valeur $q = 0,068 \cdot 10^{-6}$

$$dN = B'_1 T' + A'_0 H' + H' T' - B_1 B_0 - B_1 B'_0 [3] \text{ page 262, 266}$$

or $A'_0 A'_0 = K = TT'$ dans le triangle $TT'B'_1$ quasi rectangle en T

$$B'T' = K \cotg Z$$

Par ailleurs $A'_0 H' = B_1 B'_1$ n'est autre que la correction de niveau apparent

$$A'_0 H' - B_1 B'_1 = qk^2 \approx \frac{D^2}{15} \quad (D \text{ en km})$$

$$dN = K \cotg Z + qk^2 + (dT - dM)$$

qk^2 est inférieure à 1cm pour $K < 400m$

qk^2 est $\approx 60cm$ pour $k=4km$

Dans le calcul d'altitude z il faut introduire cette correction.

1) Fermeture altimétrique :

$$FH = Z_{arr} - Z_{dep}$$

$$FH = 1287,481 - 1287,503$$

$$FH = -10mm$$

2) Tolérance altimétrique:

$$T = 4\sqrt{36L \times L^2}$$

L : nombre de cheminement de nivellement $n=3$

$$T = 125mm$$

Tp > Fp Donc les résultats obtenus est tolérable

On a, les cotes définitives des points nouveaux 1 et 2 par cheminement :

➤ $Z_1 = 1285,451$

➤ $Z_2 = 1286,368$

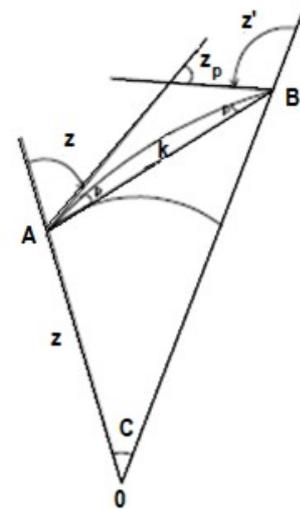


Figure n°9 : représente le qk^2

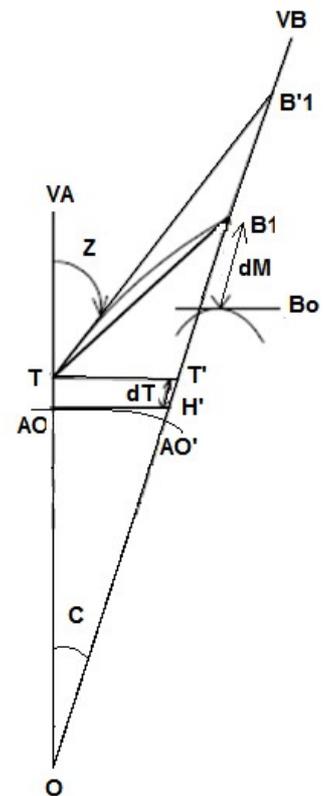


Figure n°10 : représente la réfraction et la courbure

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

Résumés :

Dans le calcul de coordonnées de ces nouveaux points (1,2) issus de cheminement, on a:

- pour coordonnées définitives (X, Y, Z) :

$$1 \left\{ \begin{array}{l} 503756,851 \\ 792203,832 \\ 1285,451 \end{array} \right. \quad 2 \left\{ \begin{array}{l} 503889,760 \\ 792186,136 \\ 1286,368 \end{array} \right.$$

IV.1.2 Réductions des observations

Avant de calculer les coordonnées de ces 2 points, il faut appliquer les corrections sur toutes les observations :

- Correction de visée
- Correction de station
- Correction de dv

IV.1.2.1 Correction de visée et correction de station

Après avoir fait toutes les moyennes et les réductions à zéro de toutes les observations, on doit les ramener aux repères des bornes. Dans ce projet, nous avons stationné les repères et avons mis les points visés sur des repères.

Ces corrections sont donc nulles.

❖ Dans le cas d'une station excentrée on utilise la formule suivante :

$$c''1 = \frac{r \sin (l - l_0)}{D \sin 1''}$$

[3] [4]

r, d en mètres

l₀, l en gons

c en dmgr

r : distance d'excentrement

l : la lecture sur le point visé

l₀ : la lecture sur le repère de la borne

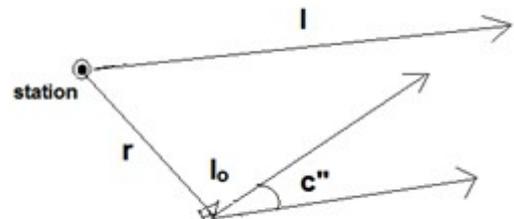


Figure n°11 : montrant la correction qu'on doit appliquée

❖ Dans le cas d'excentrement de visée du point de

$$c''2 = \frac{r \sin (l_0 - l)}{D \sin 1''}$$

[3] [4]

Et ne prendre les éléments sur la fiche de maternisation du point visé.

IV.1.2.2 Correction de dv

C'est la correction angulaire qui s'applique soit aux gisements observés, soit aux directions observées afin d'obtenir les gisements réels à introduire dans les calculs.

En effet, les observations faites sur terrain sont des triangles sphériques. Afin de faciliter les calculs, il faut les ramener à des triangles plans.

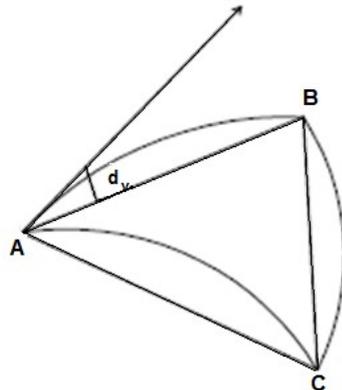


Figure n°1 2 : correction dv d'un triangle sphérique

Dans la projection Laborde qui est une projection très proche d'une projection Mercator

Oblique, la concavité de lignes visées tourne toujours vers l'isomètre autour de point A et B pour calculer le dv au point A.

$$dv_{A \rightarrow B} = \gamma \times \eta_{1/3} \times D \times \sin(V_{AB} - 121) \text{ où}$$

$$\gamma = 0,00000000787 = 7,87 \cdot 10^{-9}$$

$$\eta_A = (X_A - X_B) \cos 21 - (Y_A - Y_B) \sin 21$$

$$\eta_{1/3} = \eta \text{ au } 1/3 \text{ de la visée en m}$$

Distance AB en km

Par exemple en station V visant A avec les coordonnées des points V et A sont les suivants :

$$V \left\{ \begin{array}{l} X=504081,243 \\ X=791004,560 \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} A \quad X=503782,096 \\ \quad \quad Y=792085,099 \end{array} \right.$$

On calcule le gisement et la distance à partir de coordonnées:

Gisement:

$$GVA = 382,8058 \text{ gon}$$

Distance:

$$D_{VA} = 1121,184 \text{ m}$$

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

$$\eta_V = (X_V - X_0) \cdot \cos 21 - (Y_V - Y_0) \cdot \sin 21 \quad [2]$$

$$\eta_A = (X_A - X_0) \cdot \cos 21 - (Y_A - Y_0) \cdot \sin 21 \quad [2]$$

Avec: $X_0 = 400000$

$Y_0 = 800000$

$$\square V = 101383,520$$

$$\square A = 100750,496$$

$$\eta_{1/3} = (2 \eta_V + \eta_A) / 2$$

$$\eta_{1/3} = 101172,512$$

$$dv_{VA} = \delta \cdot \eta_{1/3} \cdot D \cdot \sin (GVA - 121) \quad [2]$$

$$\delta = 0,00000000787$$

$$dv_{VA} = -0",737$$

Donc la correction de $dv_{VA} = -0",737$

Station	référence	Point visée	Lecture (gon)	Correction dv (seconde)	Résultats (gon)
V	B	A	397,1484	-0",737	397,1483

Tableau n°11 : Correction de dV_{VA}

La correction est faible dans cet exemple puisque la distance V_A est petite, il faut en tenir compte pour ne pas oublier dans d'autres cas.

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

TABLEAU DES CORRECTIONS A CHAQUE STATION

Station	référence	Point visée	Lecture (gon)	Correction dv (seconde)	Résultats (gon)
V	B		0,0000	-0",934	399,9999
		1	397,5253	-0",820	397,5252
		A	397,1484	-0",737	397,1483
		2	4,1139	-0",840	4,1138
2	V		0,0000	0",840	0,0001
		B	170,7984	-0",093	170,7984
		1	118,6481	0",021	118,6481
		A	62,2470	0",103	62,2470
A	V		0,0000	0",735	0,0001
		2	269,2098	-0",103	269,2098
		B	214,9803	0",196	214,9803
		1	203,8628	-0",082	203,8628
1	V		0,0000	0",820	0,0001
		A	3,4776	0",082	3,4776
		2	325,2355	-0",021	325,2355
		B	223,7586	-0",114	223,7586
B	V		0,0000	0",934	0,0001
		1	21,2888	0",114	21,2888
		A	12,1280	-0",196	12,1280
		2	374,9133	0",093	374,9133

Tableau n°12 : Les corrections de dv à chaque station

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

TABLEAU RECAPITULATIF DES REDUCTIONS DES OBSERVATIONS

Station	référence	Point visée	Lecture (gon)	Correction de visée	Correction de station	Correction dv (seconde)	Résultats (gon)
V	B		0,0000	0",000	0",000	-0",934	399,9999
		1	397,5253	0",000	0",000	-0",820	397,5252
		A	397,1484	0",000	0",000	-0",737	397,1483
		2	4,1139	0",000	0",000	-0",840	4,1138
2	V		0,0000	0",000	0",000	0",840	0,0001
		B	170,7984	0",000	0",000	-0",093	170,7984
		1	118,6481	0",000	0",000	0",021	118,6481
		A	62,2470	0",000	0",000	0",103	62,2470
A	V		0,0000	0",000	0",000	0",735	0,0001
		2	269,2098	0",000	0",000	-0",103	269,2098
		B	214,9803	0",000	0",000	0",196	214,9803
		1	203,8628	0",000	0",000	-0",082	203,8628
1	V		0,0000	0",000	0",000	0",820	0,0001
		A	3,4776	0",000	0",000	0",082	3,4776
		2	325,2355	0",000	0",000	-0",021	325,2355
		B	223,7586	0",000	0",000	-0",114	223,7586
B	V		0,0000	0",000	0",000	0",934	0,0001
		1	21,2888	0",000	0",000	0",114	21,2888
		A	12,1280	0",000	0",000	-0",196	12,1280
		2	374,9133	0",000	0",000	0",093	374,9133

Tableau n°13 : Les réductions des observations

IV.1.2.3 Fermetures des triangles :

Les fermetures des triangles permettent de vérifier s'il existe des fautes. Elles sont nécessaires pour déceler les fautes éventuelles, mais on ne compense pas les triangles.

Pour le triangle de 1^{er} ordre (≈ 60 à 50 km) les fermetures acceptables sont inférieures ou égales à $10''$.

- Pour des triangles de 2^{ème} ordre 40 à 20 km $\leq 15''$
- Pour des triangles de 3^{ème} ordre 20 à 10 km $\leq 25''$
- Pour des triangles de 4^{ème} ordre $\leq 30''$

$100''$ à 500 m donne un déplacement de $100'' \sin 1'' \times 500\text{m} = 0,08\text{m}$, ce qui est normale pour l'intersection et relèvement.

Remarque : Les fermetures de $80''$ à $90''$ (de l'ordre de $90''$) sont normales pour des triangles des cotés de l'ordre de 500 mètres (m).

En effet si on prendra par exemple la figure ci-dessous

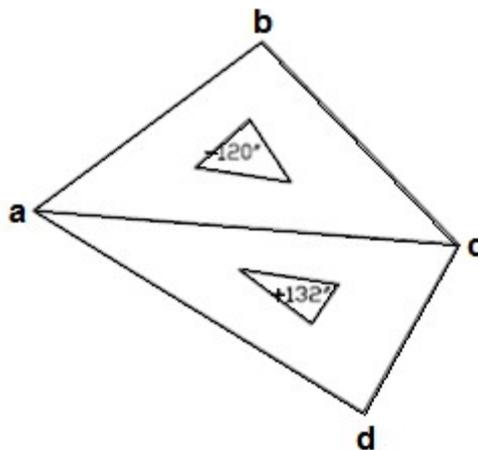


Figure n°1 3 : exemple des fermetures des triangles

Si le triangle abc admet une fermeture de $-120''$ trop grande alors que le triangle adjacent acd a une fermeture de $+130''$ trop grande mais de signe contraire de dV'' . La plupart de temps, c'est une faute de signe, au lieu d'une correction $-50''$, par exemple on a pris $+50''$.

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

Voici une figure récapitulative des fermetures des triangles.

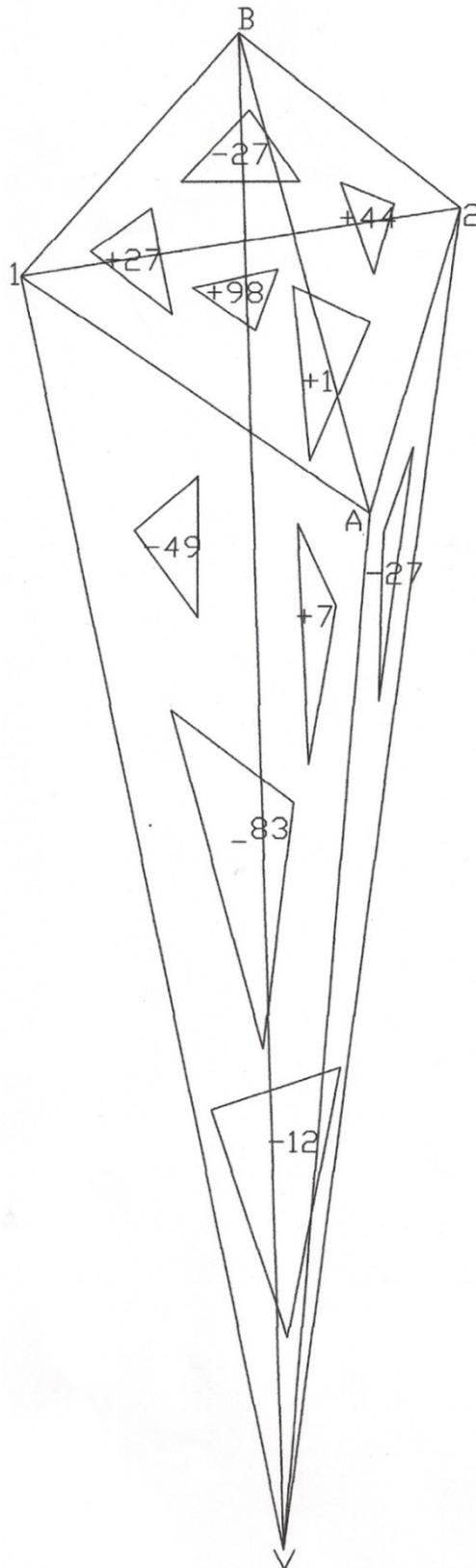


Figure n°1 4 : fermetures des triangles

IV.1.3 les calculs des coordonnées a partir d`intersection et relèvement

1.3.1 RELEVEMENT ET INTERSECTION DU POINT 2

Dans le calcul des points par intersection et relèvement par la méthode graphique, on ne peut pas déterminer le choix du point définitif que point par point. Dans cette étude, nous allons calculé en premier le point 2 par intersection et relèvement à partir de V, A et B.

On prend comme point approché du point 2 les coordonnées approchées issues de cheminement.

Le choix du point définitif ne dépend des coordonnées du point approché. Seuls les Δx et Δy varient.

$$2 \quad \left\{ \begin{array}{l} 503889,768 \\ 792186,145 \end{array} \right.$$

$$A \quad \left\{ \begin{array}{l} 503782,096 \\ 792085,099 \end{array} \right.$$

$$B \quad \left\{ \begin{array}{l} 503772,880 \\ 792350,040 \end{array} \right.$$

$$V \quad \left\{ \begin{array}{l} 504081,243 \\ 791004,560 \end{array} \right.$$

Voici les angles observés (gon) au point 2, angles déjà réduits **:(Tableau n°1)**

$$V=0,0001$$

$$A=62,2470$$

$$B=170,7984$$

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

A. RELEVEMENT

1. Calculs des distances et gisements

Point connu	Xo (point approché) X (point connu)	Yo (point approché) Y (point connu)	Distance(m) Gisement (gon)
	ΔX	ΔY	
V	503889,768	792186,145	1196,999 389,7725
	504081,243	791004,56	
	-191,475	389,7725	
A	503889,768	792186,145	147,66
	503782,096	792085,099	52,0204
	107,046	101,046	
B	503889,768	792186,145	201,307
	503772,88	792350,04	160,56
	116,888	-163,895	

Tableau n°14 : calculs des distances et gisements (point 2)

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

Voici le tableau nécessaire pour le calcul. On calcule les distances et gisements à partir des coordonnées connues et coordonnées approchées.

Segment	Distance(m)	Gisement (gon)
2A	147,660	252,0204
2B	201,307	360,5600
2V	1196,999	189,7725
VA	1121,184	382,8058
VB	1380,364	385,6574
AB	265,101	397,7864

Tableau n°15 : résumés des distances et gisements des segments capable (point 2)

2. Le gisement observé

On calcule le gisement observé à partir d'angle observé :

Comme par exemple le gisement observé de segment VA

Angle V-Angle A=62,2469gon

3. Le gisement calculé

Ainsi, on calcule le gisement calculé à partir de gisement de point approché 2 et le point connu. Exemple, le gisement calculé de segment VA

G2A-G2V=62,2479gon

On récapitule les gisements calculés et observés dans le tableau ci-dessous

Segment	Gisement observé	Gisement calculé	Δ'' (seconde) (gisement calculé -gisement observé)
VA	62,2469	62,2479	10"
VB	170,7983	170,7975	-118"
AB	108,5514	108,5396	-108"

Tableau n°16 : Les gisements observés et calculés (point2)

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

4. Concevoir un imprimé d'un point définitif d'un relèvement du point 2

	VA	VB	AB
Distance fictive (km)	$D = \frac{(V^2 + 2A)}{VA}$ D =0,157645	$D = \frac{(V^2 + 2B)}{VB}$ D=0,174566	$D = \frac{(A^2 + 2B)}{AB}$ D=0,112127
Sensibilité (km) $\delta=D*0,157$	0,025	0,027	0,018
$\Delta''= G_{calc}- G_{obs}$ (seconde)	+10"	-108"	-118"
Déplacement (cm) $p=\delta*\Delta''$	+0,25	-2,92	-2,12
Gisement fictif (gon)	$(GV^2+A^2)-GVA$ =58,9871	$(GV^2+B^2)-GVB$ =164,6751	$(GA^2+GB^2)-GAB$ =214,7940
Croquis sommaire			

Tableau n°17 : Concevoir un imprimé d'un point définitif d'un relèvement du point 2

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

B. INTERSECTION

1) Gisement observé

On détermine d'abord le V_0 (gon) de station à partir de cette formule $G=V_0+Lect$

- $V_0=G-Lect$

Ensuite on détermine le V_0 de chaque point visé et ensuite on fait la moyenne, On prend la station A

$$V_0=GAV-LectAV=182,8058$$

$$V_0=GAB-LectAB=182,8061$$

- V_0 de la station est égale $A=182,8059$ gon

Et puis on calcule le gisement observé à partir de la V_0 de station qu'on vient de calculer, donc on applique la formule $G=V_0+lect$

$$GA2=V_0A+lectA2=52,0157$$
gon

Voici le tableau récapitulatif de la V_0 de la station et le gisement observé

Station	V_0 de la station	segment	gisement observé
V	385,6575	V2	389,7713
A	182,8059	A2	52,0157
B	185,6578	B2	160,5711

Tableau n°18 : Tableau V_0 de la station et le gisement observé (point 2)

2) Gisement calculé

Le gisement calculé s'obtient à partir de point connu et le point approché qu'on a déjà calculé dans le tableau 1 (tableau n°12)

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

3) Concevoir un imprimé d'un point définitif d'une intersection du point

2

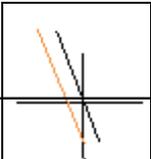
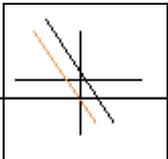
	V	A	B
Gisement observé	389,7713	52,0157	160,5711
Gisement calculé	389,7725	52,0204	160,5600
$\Delta'' = G_{calc} - G_{obs}$ (seconde)	+12''	+47''	-111''
Sensibilité (km) $\delta = D * 0,157$	0,188	0,023	0,032
Déplacement (cm) $p = \delta * \Delta''$	+2,28	+0,94	-3,33
Croquis sommaire			

Tableau n° 19 : Un imprimé d'un point définitif d'une intersection du point (point 2)

***ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA***

C. GRAPHE DE POINT DEFINITIF 2

***ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA***

Les résultats obtenus lors de deux méthodes développées ci- dessus donnent le point définitif 2 qui sera schématisé dans le graphe suivant : [ANNEX IV] IV]

***ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA***

point définitif 2 qui sera schématisé dans le graphe suivant : [ANNEX IV] IV]

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

Point 2

Echelle 1/1

$X_0=503889,768m$ $Y_0=792186,145m$

$dX=-2,7cm$ $dY=-1,5cm$

$X=503889,741m$ $Y=792186,130m$

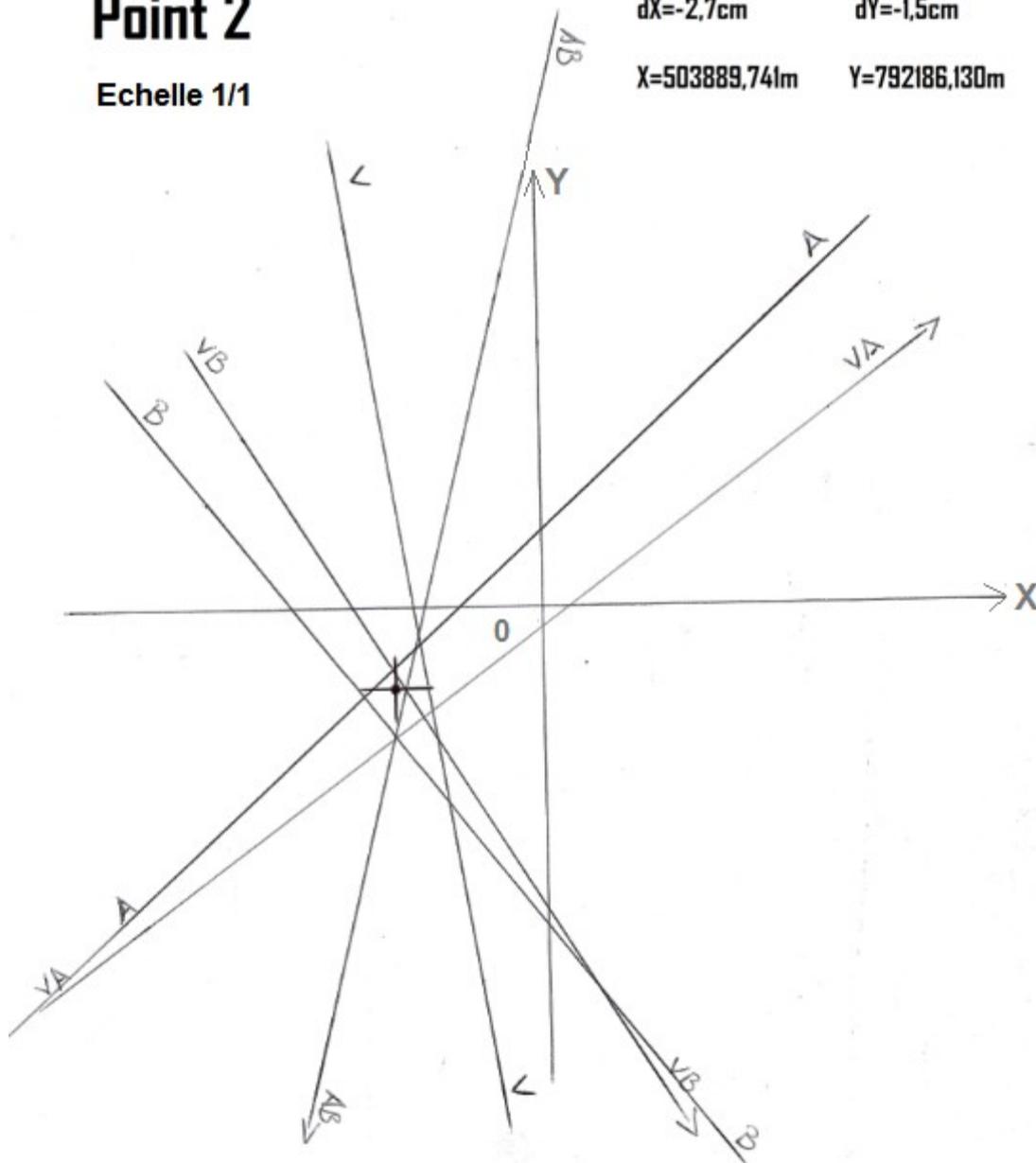


Figure n°1 5 : représentation graphique du point définitif (point2)

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

1.3.2 RELEVEMENT ET INTERSECTION DU POINT 1

Le point approché du point 1 de la coordonnée issue de cheminement a été modifié un peu:

$$\begin{array}{l}
 1 \quad \left\{ \begin{array}{l} 503756,862 \\ 792203,838 \end{array} \right. \quad 2 \quad \left\{ \begin{array}{l} 503889,741 \\ 792186,130 \end{array} \right. \\
 A \quad \left\{ \begin{array}{l} 503782,096 \\ 792085,099 \end{array} \right. \quad B \quad \left\{ \begin{array}{l} 503772,880 \\ 792350,040 \end{array} \right. \quad V \quad \left\{ \begin{array}{l} 504081,243 \\ 791004,560 \end{array} \right.
 \end{array}$$

Comme suit se calcule l'angle observé (gon) en station au point 1 :(Tableau n°1)

V=0,0001

A=3,4776

B=223,7586

2=325,2355

A. RELEVEMENT

a) Calculs des distances et gisements

point connu	X0(point approché)	Y0 (point approché)	Distance(m)
	X (point connu)	Y (point connu)	Gisement (gon)
	ΔX	ΔY	
V	503756,862	792203,838	1242,373
	504081,243	791004,56	383,1831
	-324,381	1199,278	
A	503756,862	792203,838	121,391
	503782,096	792085,099	383,1831
	-25,234	118,739	
B	503756,862	792203,838	147,077
	503772,88	792350,040	206,9471
	-16,018	-146,202	
2	503756,862	792203,838	134,053
	503889,741	792186,13	308,4342
	-132,879	17,708	

Tableau n°20 : récapitulatif des distances et gisements (point1)

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

On calcule les distances et gisements à partir des points connus et point approché.

Voici le tableau récapitulatif :

Segment	Distance(m)	Gisement (gon)
1V	1242,373	183,1831
1A	121,391	186,6691
1B	147,077	6,9471
12	134,053	108,4342
VA	1121,184	1380,364
VB	1380,364	385,6574
V2	1196,988	389,7710
AB	265,101	397,7864
A2	147,630	52,0171
B2	201,303	160,5697

Tableau n°21 : Récapitulatif des distances et gisements des segments capables (point1)

b) Tableau résumant les calculs des gisements calculés et observés

Segment	Gisement observé	Gisement calculé	Δ''(seconde) (gisement observé -gisement calculé)
VA	3,4775	3,4860	+85"
VB	223,7585	223,7640	+55"
V2	325,2354	325,2511	+157"
AB	220,2810	220,2780	-30"
A2	321,7579	321,7651	+72"
B2	101,4769	101,4871	+102"

Tableau n°22 : Les gisements observés et calculés (point 1)

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

c) Concevoir un imprimé d'un point définitif d'un relèvement du point 1

Segment	VA	VB	V2	AB	A2	B2
	$D = \frac{(V1+1A)}{VA}$	$D = \frac{(V1+1B)}{VB}$	$D = \frac{(V1+1A)}{V2}$	$D = \frac{(A1+1B)}{AB}$	$D = \frac{(A1+12)}{A2}$	$D = \frac{(B1+12)}{B2}$
Distance fictive (km)	=0,1 34512	=0,132374	=0,139136	=0,067347	=0,110227	=0,097942
Sensibilité (km) $\delta=D*0,157$	0,021	0,021	0,022	0,011	0,017	0,015
$\Delta''= Gcalc-Gobs$ (seconde)	+85''	+55''	+157''	-30''	+72''	+102''
Déplacement (cm) $p=\delta*\Delta''$	+1,78	+1,16	+3,454	-0,33	+1,22	+1,53
Gisement fictif(gon)	387,0464	204,4728	301,8463	195,8298	243,0862	354,8116
Croquis sommaire						

Tableau n°23 : Un imprimé d'un point définitif d'un relèvement du point 1

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

B. INTERSECTION

1) Tableau récapitulatif de Vo de la station et le gisement observé

Station	Vo de la station	segment	gisement observé
V	385,6574	V1	383,1826
A	182,8064	A1	386,6692
B	185,6574	B1	206,9462
2	189,7708	21	308,4189

Tableau n°24: tableau du Vo de la station et gisement (point 1)

2) Concevoir un imprimé d'un point définitif d'une intersection du point 1

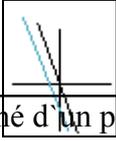
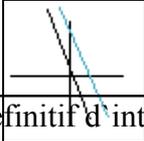
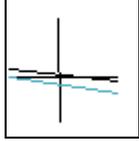
	V	A	B	2
Gisement observé	383,1826	386,6692	206,9462	308,4189
Gisement calculé	383,1831	386,6691	206,9471	308,4342
$\Delta'' = V_{obs} - V_{calc}$ (seconde)	+5''	-1''	+9''	+153''
Sensibilité (cm)	0,195	0,019	0,023	0,021
$\delta = D * 0,157$				
Déplacement (cm)	+0,98	-0,001	+0,21	+3,21
$p = \delta * \Delta''$				
Croquis sommaire				

Tableau n°25 : Un imprimé d'un point définitif d'intersection du point 1

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

GRAPHE DE POINT DEFINITIF 1

Voici les résultats obtenus par les deux méthodes développées ci-dessus donnent le point définitif 1 qui sera schématisé dans le graphe suivant : [ANNEX V]

Point 1

Echelle 1/1

$X_0=503756,862m$ $Y_0=792203,838m$

$dX=+0,2cm$ $dY=+1,8cm$

$Y=503756,864m$ $Y=792203,820m$

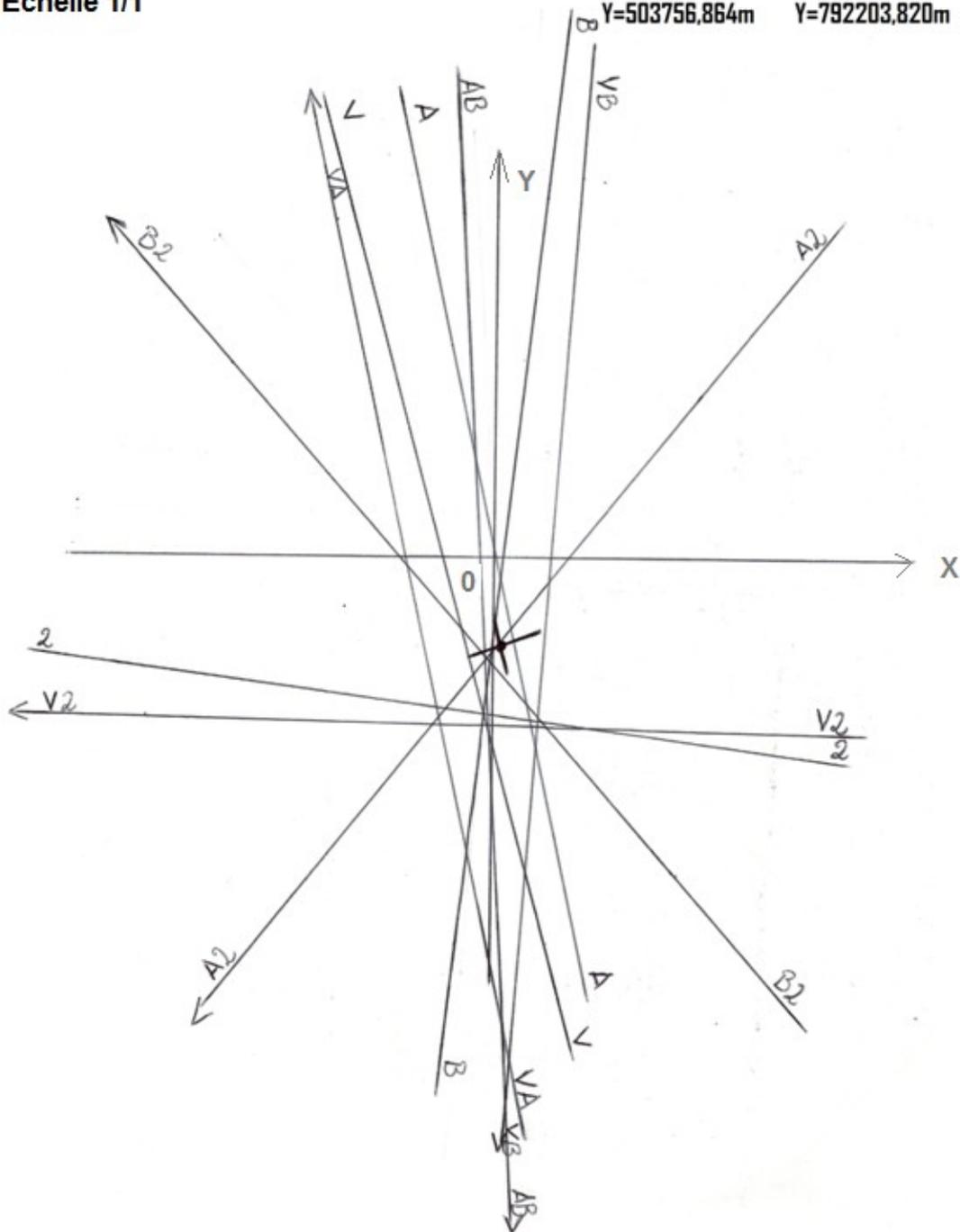


Figure n°1 6 : représentation graphique du point définitif (point 1)

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

1.3.3 CALCUL DES ALTITUDES

Pour le calcul des altitudes en relèvement et intersection, sur terrain on ne mesure pas les distances, à partir de coordonnées définitives, on calcule les distances sur projection (projection Laborde). Il faudra donc ramener ces distances calculées à la distance au niveau 0, puis ramener à la distance sur terrain (hauteur moyenne). Puisqu'on a une distance horizontale, on applique donc la formule « cotg ». En plus, il faut appliquer la correction « qk² » [paragraphe N°1] par exemple la distance A→2 D_{projection}=147,630m à l'aide de la

$$\text{formule } D_o = \frac{Dh \cdot R}{R+h} \quad [2] \text{ qu'on a } Dh=147,723\text{m}$$

Formule utilisée pour les calculs des altitudes:

Aller : **Altitude 2=altitude B+ha+(dn)-hv+qk² [7]**

Retour : **Altitude2=altitude B-ha+(dn)+hv-qk²**

Dn=d_h cotgV

Station	Point visée	hv(m)	Ha(m)	Dh (m)	Z (gon)	H(m)	qk2	Z(m)	Z moyennes
A	1	1,16	1,34	121,449	101,1739	-2,24	+0,001	1285,444	1285,444
1	A	0,93	1,38	121,449	99,1616	1,60	-0,001	1285,453	
B	1	0,95	1,36	147,173	100,3604	0,034	+0,001	1285,44	
1	B	1	1,38	147,173	99,9851	-0,833	-0,001	1285,447	
2	1	1,27	1,4	134,144	100,5056	-1,065	+0,001	1285,434	
1	2	0,91	1,38	134,144	99,7822	0,459	-0,001	1285,438	
V	1	0,98	1,18	1243,073	106,2113	-121,669	+0,103	1285,443	
1	V	0,91	1,38	1243,073	93,6424	121,022	-0,103	1286,449	
A	2	0,91	1,34	147,723	100,6726	-1,56	+0,001	1286,374	1286,377
2	A	0,76	1,4	147,723	99,7926	0,48	-0,001	1286,382	
B	2	0,91	1,36	201,422	99,7051	0,933	+0,003	1286,375	
2	B	0,75	1,4	201,422	100,643	-2,034	-0,003	1286,376	
1	2	0,91	1,38	134,144	99,7822	0,459	+0,001	1286,381	
2	1	1,27	1,4	134,144	100,5056	1,065	-0,001	1286,385	
V	2	1,04	1,18	1197,672	106,4052	-120,909	+0,096	1286,371	
2	V	0,83	1,40	1197,672	93,6424	120,005	-0,096	1286,373	

Tableau n°26 : Calcul des altitudes

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

Résumés

- On a comme coordonnées définitives (X, Y, Z) par la méthode d'intersection et relèvement :

$$1 \left\{ \begin{array}{l} 503756,864 \\ 792203,820 \\ 1285,444 \end{array} \right. \quad 2 \left\{ \begin{array}{l} 503889,741 \\ 792186,130 \\ 1286,377 \end{array} \right.$$

IV.1.4 LES CALCULS DES COORDONNEES A PARTIR DES MOINDRES CARRES

On prend comme point approché des points 1 et 2 :

$$\begin{array}{l} 1 \left\{ \begin{array}{l} 503756,862 \\ 792203,838 \end{array} \right. \\ 2 \left\{ \begin{array}{l} 503889,768 \\ 792186,144 \end{array} \right. \end{array}$$

Chaque observation effectuée sur le terrain donne une expression liant la valeur approchée à la valeur observée. Chaque expression est appelée relation d'observation.

**Valeur compensée = Valeur approchée (ou Valeur calculée) (1) + Variation (2)
= valeur observée (ou valeur mesurée) (3) + résidu**

Valeur compensée : Résidu de la compensation apportée à chaque observation afin de rendre le réseau géométrique homogène.

Valeur approchée : Valeur obtenue par calcul à partir de coordonnées du point approché
Exemple : gisement calculé ou distance calculée.

Variation : Variation causée par le déplacement des coordonnées pour avoir les coordonnées définitives.

Valeur observée : valeur mesurée ou observée où l'on a appliqué toutes les corrections nécessaires en vue du calcul dans le plan.

1.4.1 PRINCIPE DE LA METHODE DES MOINDRES CARRES [6]

Supposons que nous avons n relations d'observation à q inconnu :

q : nombre des inconnus

n : nombre de relation

$$a_1 dx_1 + b_1 dx_2 + \dots + q_1 dx_q + k_1 = v_1$$

$$a_2 dx_1 + b_2 dx_2 + \dots + q_2 dx_q + k_2 = v_2$$

$$a_3 dx_1 + b_3 dx_2 + \dots + q_3 dx_q + k_3 = v_3$$

$$a_n dx_1 + b_n dx_2 + \dots + q_n dx_q + k_n = v_n$$

⇒ A condition que $n \geq q$

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

Sous forme vectoriel ce système s'écrit :

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{X} + \mathbf{K} = \mathbf{V}$$

Avec

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} a_1 & b_1 & \dots & q_1 \\ a_2 & b_2 & \dots & q_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_n & b_n & \dots & q_n \end{pmatrix} \quad \mathbf{K} = \begin{pmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \dots \\ k_n \end{pmatrix} \quad \mathbf{X} = \begin{pmatrix} dx_1 \\ dx_2 \\ \dots \\ dx_n \end{pmatrix} \quad \mathbf{V} = \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \dots \\ v_n \end{pmatrix}$$

Le principe de la méthode des moindres carrés consiste à minimiser la somme de carré de résidu

c'est-à-dire la somme

$$s = \sum_{j=1}^n V_j^2 = [V \times V] \text{ minimum}$$

Or v_j est en fonction de dx_1, dx_2, \dots, dx_q , ce qui fait que la dérivée partielle de s par rapport à dx_1, dx_2, \dots, dx_q devrait être égale à 0

$$\text{C'est-à-dire : } \frac{\delta s}{\delta x_1} = 0 = \frac{\delta s}{\delta x_2} = \frac{\delta s}{\delta x_q}$$

D'après ce principe, il faut donc élever au carré les résidus, nous avons donc :

$$(a_1 dx_1 + b_1 dx_2 + \dots + q_1 dx_q + k_1)^2 = v_1^2$$

$$(a_2 dx_1 + b_2 dx_2 + \dots + q_2 dx_q + k_2)^2 = v_2^2$$

$$(a_3 dx_1 + b_3 dx_2 + \dots + q_3 dx_q + k_3)^2 = v_3^2$$

En appliquent :

$$s = \sum_{j=1}^n V_j^2 = [V \times V] \text{ minimum}$$

$$\frac{\sum_{j=1}^n V_j^2}{\delta x_j} = 0$$

$$s = \sum_{j=1}^n V_j^2 = [V \times V]^2 = (a_j dx_1 + b_j dx_2 + \dots + q_j dx_q)^2$$

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

$$\begin{aligned} \frac{\delta s}{\delta(dx_1)} &= \frac{\delta}{\delta x_2} \left[\sum_{j=1}^n a_j (a_j dx_1 + b_j dx_2 + \dots + q_j dx_q)^2 \right] = 0 \\ &= \sum_{j=1}^n a_j (a_j dx_1 + b_j dx_2 + \dots + q_j dx_q) = 0 \\ &= \sum_{j=1}^n 2((a_j a_j)dx_1 + (a_j b_j)dx_2 + \dots + (a_j q_j)dx_q) = 0 \end{aligned}$$

D'après cette équation on a:

$$[aa] = \sum_{j=1}^n [a_j a_j]$$

$$[ab] = \sum_{j=1}^n [a_j b_j]$$

L'équation devient :

$$[aa]dx_1 + [ab]dx_2 + [aq]dx_q + [ak] = 0$$

$$[ab]dx_1 + [bb]dx_2 + [bq]dx_q + [bk] = 0$$

$$[ac]dx_1 + [cc]dx_2 + [cq]dx_q + [ck] = 0$$

$$[aq]dx_1 + [bq]dx_2 + [qq]dx_q + [qk] = 0$$

Cette opération s'appelle la normalisation. On aura q à l'équation à q inconnus.

$$\Delta = \begin{pmatrix} a_1 & b_1 & c_1 & d_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 & d_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 & d_3 \\ a_4 & b_4 & c_4 & d_4 \end{pmatrix} \quad \Delta^t = \begin{pmatrix} a_1 & a_2 & a_3 & a_4 & a_5 & a_6 \\ b_1 & b_2 & b_3 & b_4 & b_5 & b_6 \\ c_1 & c_2 & c_3 & c_4 & c_5 & c_6 \\ d_1 & d_2 & d_3 & d_4 & d_5 & d_6 \end{pmatrix}$$

$$\Delta^t \Delta = \begin{pmatrix} [aa] & [ab] & [aq] & [ak] \\ [ab] & [bb] & [bq] & [bk] \\ [ac] & [cc] & [cq] & [ck] \\ [aq] & [bq] & [qq] & [qk] \end{pmatrix}$$

$$[aa] = a_1^2 + a_2^2 + a_3^2 + a_4^2 + a_5^2 + a_6^2$$

L'équation s'écrit donc:

$$\Delta X + K = V$$

$$X = [\Delta^t \Delta]^{-1} \Delta^t K$$

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

$$X = -N^{-1} P$$

Nous voyons tout de suite que c'est une équation matricielle de q équations à q inconnus, de plus, l'équation est symétrique par rapport à la diagonale principale du fait de la symétrie de l'opération de multiplication.

Remarque 1 :

Pour déterminer la matrice inverse $(\Delta^t \Delta)^{-1} = \frac{1}{\text{Det} \Delta^t \Delta}$ comme $[\Delta^t \Delta]^t$

La lettre t désigne la transposée d'une matrice et le com désigne la co-matrice d'une matrice. Son calcul est effectué en utilisant le résultat d'algèbre élémentaire.

Remarque 2 :

La matrice à transposer Δ est définie positive, son déterminant c'est-à-dire de $t\Delta^t \Delta \neq 0$ et l'équation présente toujours une solution.

Remarque 3 :

La matrice normalisée $[\Delta^t \Delta]$ est une matrice carrée [q q], la suite du problème revient à résoudre une équation matricielle [q q] par plusieurs méthodes.

- Pose de la relation d'observation

On ne s'intéresse qu'au gisement pour établir la relation,

$$\frac{-\Delta y}{D^2(m)} dx_A + \frac{\Delta x}{D^2} dy_A + \frac{\Delta y}{D^2} dx_B - \frac{\Delta x(m)}{D^2} dy_B + (V' - V)_{(rad)} - dVo_{(rad)} = V_{(rad)} \quad [6]$$

$$\frac{(-\Delta y dx_A + \Delta x dy_A + \Delta y dx_B - \Delta x dy_B)}{D^2} + (V' - V) - dVo = V$$

$$\frac{(-\Delta y dx_A + \Delta x dy_A + \Delta y dx_B - \Delta x dy_B)}{D^2 \sin 1''} + (V' - V) D \sin 1'' - dVo \times D \sin 1'' = V \sin 1''$$

$$\frac{(-\Delta y dx_A + \Delta x dy_A + \Delta y dx_A - \Delta x dy_A)}{D^2(km) \times 0,00000157} + (V' - V) - dVo = V$$

$$\frac{(-\Delta y dx_A + \Delta x dy_A + \Delta y dx_A - \Delta x dy_A)}{D^2(km) \times 0,00000157} + (V' - V) - dVo = V$$

$$\frac{100 \Delta y(m) dx_A(m)}{D^2(m) 0,0157} + \dots + \frac{(V' - V)''}{100} + \frac{dVo}{100} = \frac{dV''}{100}$$

$$\delta x \left\{ \frac{dx_A}{0,0157} \right\} [6]$$

***ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA***

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

1.4.2 TABLEAUX AVANT COMPENSATION

Intersection	2VoA	V calcul	V obs	Δ''	$+\frac{(Y1-Y0)}{D^2}$	$-\frac{(Y1-Y0)}{D^2}$
A→1	203,8628	386,6691	386,6692	-1''	0,805791111	0,171243929
A→2	269,2098	52,0204	52,0204	+47''	0,463438215	-0,493827756
	2VoB					
B→1	21,2888	206,9471	206,9462	+9''	-0,6758723	0,074049072
B→2	374,9133	160,56	160,5711	-111''	0,404435596	0,288438744
	2VoV					
V→1	397,5252	383,1831	383,1826	+5''	0,077699072	0,021016064
V→2	4,1138	389,7725	389,7725	+12''	0,082466515	0,013363639
	4Vo1				$-\frac{(Y1-Y0)}{D^2}$	$\frac{(Y1-Y0)}{D^2}$
1→A	3,4776	186,6691	186,6659	+32''	0,805791107	0,171243929
1→B	223,7586	6,9471	6,9469	+2''	-0,6758723	0,074049072
1→V	0,0001	183,1831	183,1884	-53''	0,077699072	0,021016064
1→2	325,2355	108,4254	108,4238	+16''	0,098419946	0,739309406
	4Vo2					
2→A	62,247	252,0204	252,0182	+22''	0,463438215	-0,493827756
2→B	170,7984	360,56	360,5696	-96''	-0,40443559 6	-0,288438744
2→V	0,0001	189,7725	189,7713	+12''	0,082466515	0,013363639
2→1	118,6481	308,4254	308,4193	+61''	-0,09841994 6	-0,739309406

Tableau n°27 : Tableaux avant compensation

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

1.4.3POSE DE RELATION

Relation visée	\bar{b}_x1	\bar{b}_y1	\bar{b}_x2	\bar{b}_y2	$\Delta/100$
A—>1	0,805791111	0,171243929	0	0	-0,01
A—>2	0	0	0,463438215	-0,493827756	0,47
1/√4i=0,5i	0,40289556	0,08562196	0,23171911	-0,24691388	0,23
B—>1	-0,6758723	0,074049072	0	0	0,09
B—>2	0	0	-0,404435596	-0,288438744	-1,11
1/√4i=0,5i	-0,33793615	0,03702454	-0,2022178	-0,14421937	-0,51
V—>1	0,077699072	0,021016064	0	0	0,05
V—>2	0	0	0,082466515	0,013363639	0,12
1/√4i=0,5i	0,03884954	0,01050803	0,04123326	0,00668182	0,085
1—>A	0,805791107	0,171243929	0	0	0,32
1—>B	-0,6758723	0,074049072	0	0	0,02
1—>V	0,077699072	0,021016064	0	0	-0,53
1—>2	0,098419946	0,739309406	-0,098419946	-0,739309406	0,16
1/√4i=0,5i	0,15301891	0,50280924	-0,04920997	-0,3696547	-0,015
2—>A	0	0	0,463438215	-0,493827756	0,22
2—>B	0	0	-0,404435596	-0,288438744	-0,96
2—>V	0	0	0,082466515	0,013363639	0,12
2—>1	0,098419946	0,739309406	-0,098419946	-0,739309406	0,61
1/√4i=0,5i	0,04920997	0,3696547	0,02152459	-0,75410613	-0,005

Tableau n°28: Pose de relation

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

1.4.4 TABLEAU DE MATRICE NORMALISEE

1,93978125087065	0,207146645151137	-0,176199335118712	-0,001367901026506	0,051837197525575
0,207146645151137	0,765381558840231	-0,141525527219785	-0,602121424043265	-0,62809823893358
-0,176199335118712	-0,14152552721978	0,690489790894297	-0,050861270674953	-0,94040083273373
-0,001367901026506	-0,60212142404326	-0,050861270674953	0,96050849647952	0,33637891404695

Tableau n°29 : matrice normalisée

Pour résoudre cette matrice, on utilise la méthode de Cramer. On utilise cette méthode si q est inférieure à 4

$$\delta x = 0,0667732484$$

$$\delta x = -1,919331597$$

$$\delta x = -1,808163311$$

$$\delta x = -0,9486286772$$

$$dx1 = 0,000m$$

$$dy1 = 0,003m$$

$$dx2 = -0,003m$$

$$dx2 = -0,002m$$

Résumés

Coordonnées définitives par la compensation de la méthode des moindres carrés

$$1 \left\{ \begin{array}{l} 503756,862 \\ 792203,835 \end{array} \right.$$

$$2 \left\{ \begin{array}{l} 503889,765 \\ 792186,143 \end{array} \right.$$

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

IV.1 .5 Récapitulatifs des résultats par méthodes

**1 .5.1 TABLEAUX RECAPITULATIF DES COORDONNEES DE DEUX
NOUVEAUX POINTS PAR METHODES**

Point 1	Par intersection Et relèvement	Par cheminement	Par moindre carrés
X(m)	503756,864	503756,851	503756,862
Y(m)	792203,820	792203,832	792203,835
Z(m)	1285,444	1285,447	
Point 2			
X(m)	503889,741	503889,760	503889,765
Y(m)	792186,130	792186,136	792186,143
Z(m)	1286,377	1286,36	

Tableau n°32 : récapitulatif des coordonnées de deux nouveaux points par méthodes

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

1.5.2 COMPARAISON PAR METHODE

	Comparaison par méthodes		
	Intersection et relèvement/cheminement	Intersection et relèvement/moindres carrés	Cheminement/moindres carrés
X	0,013	0,002	-0,011
Y	-0,012	-0,015	-0,003
Z	-0,003		
X	-0,019	-0,024	-0,005
Y	-0,006	-0,013	-0,007
Z	0,008		

Tableau n°33 : comparaison par méthodes

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

1.5.3 FICHES SIGNALETIQUES DES POINTS n°1 et n°2 (I.G.F L3 2009)

1. FICHE SIGNALETIQUE DE POINT n°1

EMPLACEMENT de POINT au sein de l'E.S .P.A.		
Désignation	Distance(km)	Croquis, Altitude de repère en m
Dans le domaine de l'E.S.P.A.		
Campus Vontovorana		<p>Coordonnées du point n°1 (I.G.F L3 2009)</p> <p>X=503756,859m</p> <p>Y=792203,829m</p> <p>Z=1285,446m</p>
	Distance entre le point A et n°1 =0,121km	
Point Géodésique n°1 I.G.F L3 2009		

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

2. FICHE SIGNALÉTIQUE DE POINT n°2

EMPLACEMENT de POINT au sein de l'E.S.P.A.		
Désignation	Distance(km)	Croquis, Altitude de repère en m
Dans le domaine de l'E.S.P.A.		
Campus Vontovorana		<p>Coordonnées du point n°1 (I.G.F L3 2009)</p> <p>X=503889,755</p> <p>Y=792186,136</p> <p>Z=1286,369</p>
	Distance entre le point n°2 et n°1 =0,134km	
Point Géodésique n°2 I.G.F L3 2009		

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

IV.2 BUDGETISATION

IV.2.1 DEROULEMENT DES TRAVAUX SUR TERRAIN

- La visite sur terrain et la reconnaissance ont été faites le : 17/08/09 : une journée.
- Les 2 points ont été matérialisés le 18/08/09 : une journée.
- Nous avons commencé par le tour d'horizon du 19/08/09 au 20/08/09 : deux journées.
- Le cheminement couple a été fait le : 21/08/09 : une journée.

IV.2.2 FICHE RECAPITULATIF DU PROJET

TITRE DE PROJET	L'ETABLISSEMENT DE 2 POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE MADAGASCAR
LIEU	Ecole Supérieure Polytechnique Antananarivo
DUREE	Début : 17Aout2009 Fin : 21Aout2009
ORGANISATION CONCERNEE	-Les étudiants de 3eme années licence -Professeur -L'ESPA
BENEFICIAIRE	- Tous les étudiants de l'ESPA -L'ESPA -Citoyen Malgache

Tableau n°30 : Fiche récapitulatif du projet

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

IV.2.3 COUT DU PROJET

Le coût est estimé en fonction du personnel, des locations de matériels, l'achat de fournitures et la logistique.

a) Matériels utilisés

- Station total WILD T/TC1610
- 4 trépieds
- 4 jalons

b) Personnels

- L'opérateur
- Un secrétaire
- Manœuvre

c) L'achat des fournitures

- Sable
- Ciment
- Gravillon
- Fer

d) Logistique

Déplacement = frais + repas par personne (pendant les travaux)

Ordinateur (pendant les travaux)

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

		UNITE	PRIX UNITAIRE (Ariary)	QUANTITE	DUREE DU TRAVAIL	COUT (Ariary)
Personnels	L'opérateur	Jour	20000	1	5	100000
	Un secrétaire		6000	1	4	24000
	Manœuvre		3000	2	4	24000
Fournitures	Ciment	Kg	600	30		18000
	Gravillon	m ³	10000	0.25		2500
	Sable	m ³	10000	0.25		2500
	Fer	mètre	1000	1.20		1200
Déplacement= frais+repas	L'opérateur	Jour	3000	1	5	15000
	Un secrétaire		3000	1	4	12000
	Manœuvre		3000	2	4	24000
Ordinateur		nombre	5000	1	4	20000
TOTAL						543800

Tableau n°31 : Cout du projet

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

CONCLUSION

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

CONCLUSION

Dans cet ouvrage, nous avons déterminé les coordonnées de 2 nouveaux points par 3 méthodes différentes. La détermination par la méthode d'intersection et relèvement (méthode graphique) est la moins bonne. En effet, la détermination se fait point par point. Nous avons déterminé le point n°2 en premier et ce point représente la plus grande dispersion par rapport au cheminement et la compensation par moindres carrés. Par ailleurs, le point n°1 a été déterminé à partir des points A, B, V et le point définitif point n°2, ce qui a donné une bonne dispersion avec les autres méthodes.

Les coordonnées déterminées par cheminement, après avoir introduit les corrections de la projection Laborde et après compensation sur les deux points A et B, présentent une bonne dispersion par rapport à la méthode par compensation. Le meilleur résultats es celui de la méthode par compensation des moindres carrés car la détermination a été homogène pour les 2 points. De plus, la méthode permet de calculer simultanément plusieurs points inconnus de façon homogène.

En bref, nous espérons que ce mémoire serait utile pour les autres étudiants et utilisateurs.

***ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA***

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

BIBLIOGRAPHIE

[1]

Titre : carte de localisation de la zone d'étude
Source : BD500
Lieu : FTM Ambanidia

[2]

Auteur: ANDRIANARISON Misan'ny farany Nirina
Nature des documents : Mémoire de fin d'étude Pour l'obtention du diplôme
d'ingénieur géomètre topographe
Titre : Tout sur la projection Laborde et l'utilisation du GPS à
type Madagascar
Edition : : Promotion 2007
Nombre de pages : 150

[3]

Auteur: : R. D'HOLLANDER
Nature des documents : Livre de cours de géodésique
d'ingénieur géomètre topographe
Titre : Notions de géodésie Théorique et pratique (deuxième
Partie)
Edition :Deuxième édition 1969 Institut géographique National
Ecole Nationale des sciences géographiques
Nombre de pages : 180

[4]

Auteur: : NARY HARILALAO IARIVO
Nature des documents : Cours développé en classe Troisième année [60heures]
Titre du cours : Canevas complémentaire

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

Année : Septembre 2009
[5]

Auteur: : NARY HARILALAO IARIVO
Nature des documents : Cours développé en classe Troisième année
Licences [80heures]
Titre du cours : Géodésie à Madagascar dans la partie Métrologie
Année : Aout 2009

[6]

Auteur: : NARY HARILALAO IARIVO
Nature des documents : Cours développé en classe Troisième année
Licences [10heures]
Titre du cours : Compensation de moindres carrés
Année : Novembre 2009

[7]

Auteur: : RAMINOHARIZAKA Paul
Nature des documents : Cours développé en classe deuxième année
Licences [60heures]
Titre du cours : Nivellement
Année : 2008

ANNEXES

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

ANNEXE I : Image Google



ANNEXE II: Correction linéaire, utilisation de la table LABORDE

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

Cette table, permet de calculer en valeurs naturelles à la machine les distances sur l'ellipsoïde à partir des distances calculées sur la projection d'après les coordonnées rectangulaires Laborde.

Elle correspond aux TABLES POUR LE CALCUL DES LONGUEURS SUR L'ELLIPSOÏDE calculées en janvier 1927 par J. LABORDE en logarithmes, et ne fournit comme cette dernière qu'un résultat approché, mais largement suffisant pour les besoins courants de la géodésie (en particulier longueurs des côtés pour le nivellement).

On obtient :

$$D_{\text{Projection}} = K * D_{\text{ellipsoïde}}$$

La valeur de α étant prise dans la table pour la valeur η_2 de η au point milieu du côté.

TABLE INVERSE : Les besoins récents de la géodésie plus orientés vers les mesures directes de côtés géodésiques, ainsi que les problèmes posés aux géomètres par la réduction à la projection de longueurs mesurées sur le terrain, rendent également utile l'emploi de la table inverse.

1. - Calcul approché (problème des géomètres) : A partir de la valeur mesurée sur le terrain, préalablement réduite à l'horizontale et au niveau zéro, on obtient :

$$D_{\text{Projection}} = K * D_{\text{ellipsoïde}}$$

K étant pris dans la table inverse pour la valeur η_2 de η au point milieu du côté mesuré.

L'erreur que l'on commet dans ce calcul approché peut atteindre 0.22 m pour un côté de 60 kilomètres (maximum pour les côtés de gisement 121 grades, perpendiculaires aux lignes d'égale altération linéaire) soit de l'ordre de 1/300.000.

2. — Calcul précis

On utilisera la formule :

$$D_{\text{Projection}} = \frac{D_{\text{ellipsoïde}}}{6} (K_A + 4K_{\frac{1}{2}} + K_B) + D_{\text{ellipsoïde}} * \epsilon_{\frac{1}{2}}$$

Où les valeurs de K , tirées de la table inverse sont respectivement prises à l'origine, au milieu et à l'extrémité du côté, et où ϵ_m est la valeur de la correction complémentaire de l'altération linéaire de la projection Laborde, prise pour le milieu du côté et tirée soit d'un abaque spécial, soit de la formule :

$$\epsilon * 10^6 = + 5,35252 Y^3 + 15,02112 Y^4 + 4,81735 Y^3 X - 77,77446 Y^2 X^2 - 36,06890 Y X^3 + 35,78199 X^4$$

Où X et Y sont les coordonnées rectangulaires exprimées en mégamètres (1.000 km.) après en avoir enlevé les constantes $X_{V0}=400\text{km}$ $Y_{V0}=800\text{km}$.

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

TABLE DIRECTE

Donnant distance sur l'ellipsoïde

η_2	$\frac{1}{K} = \frac{D_{ellipsoïde}}{D_{Projection}}$	Δ_1	Δ_2
160	1,0001.8357	-	-
		4081	
170	1.4276		246
		4327	
180	0.9949		246
		4575	
190	0.5374		248
		4821	
200	1,0000.0553		246
		5068	
210	0,9999.5485		247
		5315	
220	9.0170		247
		5561	
230	8.4609		246
		5808	
240	7.8801		247
		6055	
250	0,9997.2746		245
		6300	
260	6.6446		247
		6547	
270	5.9899		246
		6793	
280	5.3106		247
		7040	
290	4.6066		245
		7285	
300	0,9993.8781		246
		7531	
310	3.1250		246
		7777	
320	0,9992.3474		

TABLE INDIRECTE

Réduction à la projection

$K = \frac{D_{Projection}}{D_{ellipsoïde}}$	Δ_1	Δ_2	η_2
	+	+	
0,9998.1646			160
	4079		
8.5725		248	170
	4327		
9.0052		247	180
	4574		
9.4626		247	190
	4821		
0,9999.9447		247	200
	5068		
1,0000.4515		248	210
	5316		
0.9831		247	220
	5563		
1.5394		247	230
	5810		
2.1204		247	240
	6057		
1,0002.7261		247	250
	6304		
3.3565		248	260
	6552		
4.0117		248	270
	6800		
4.6917		246	280
	7046		
5.3963		247	290
	7293		
1,0006.1256		248	300
	7541		
6.8797		247	310
	7788		
1,0007.6585			320

Mode d'emploi : On effectue comme d'habitude l'interpolation linéaire, mais il y a lieu de tenir compte du terme de second ordre $1/2n(n-1)\Delta_2$ qui peut affecter la 7^e décimale ; il est donné par l'abaque de la page suivante ; il est toujours de signe contraire au terme de 2^e ordre (+ pour la table directe. - pour la table inverse.

TABLE DIRECTE

Donnant la distance sur l'ellipsoïde

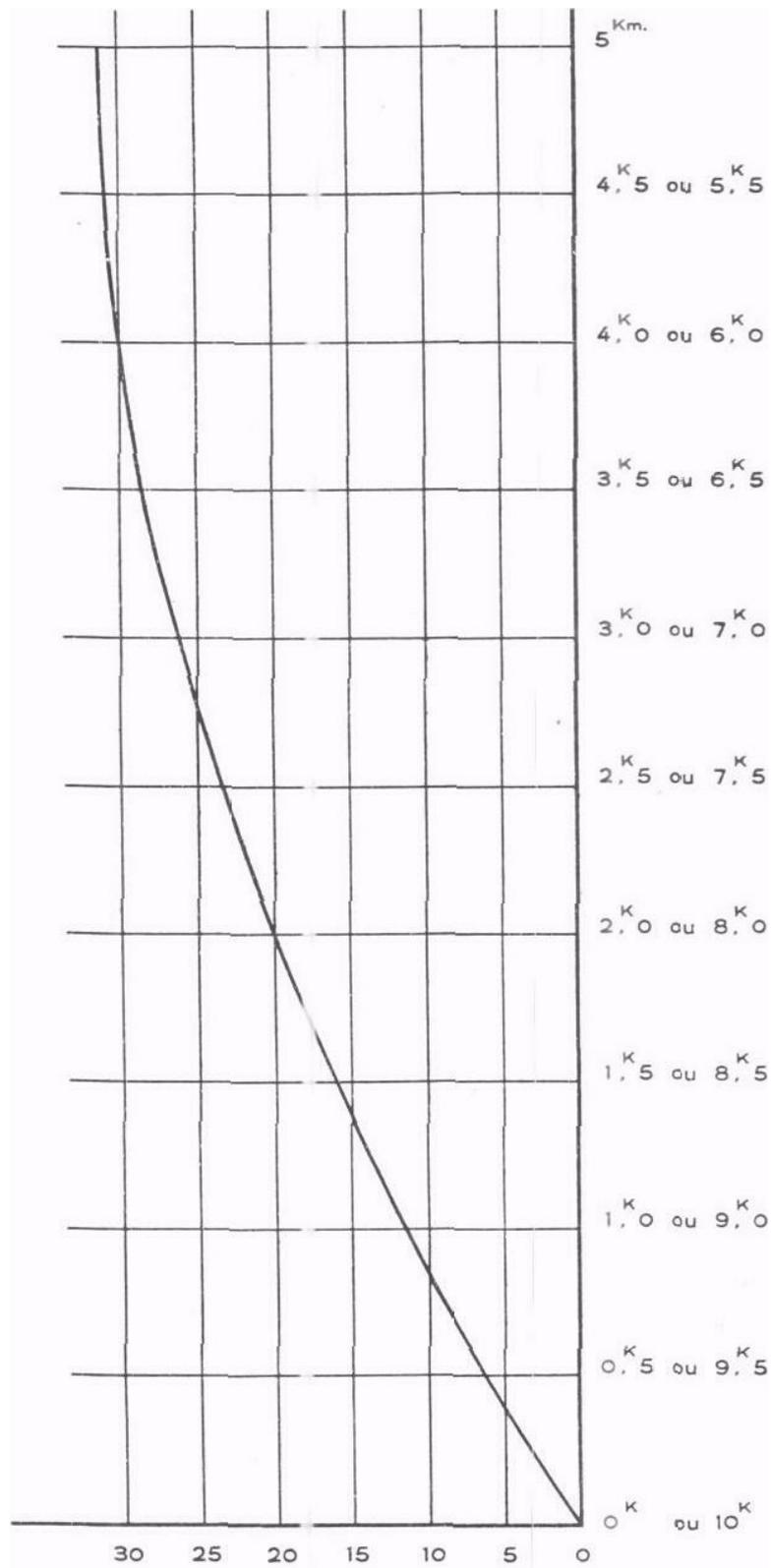
TABLE INDIRECTE

Réduction à la projection

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

η_2	$\frac{1}{K} = \frac{D_{\text{ellipsoïde}}}{D_{\text{Pr ojection}}}$	Δ_1	Δ_2	$K = \frac{D_{\text{Pr ojection}}}{D_{\text{ellipsoïde}}}$	Δ_1	Δ_2	η_2
0	1,0005.0025	-	-	0,9995.0000	+	+	0
10	4.9901	124	247	5.0124	124	247	10
20	4.9530	371	248	5.0495	371	247	20
30	4.8911	619	247	5.1113	618	247	30
40	4.8045	866	247	5.1978	865	247	40
50	1,0004.6932	1113	248	0,9995.3090	1112	248	50
60	4.5571	1361	248	5.4450	1360	247	60
70	4.3962	1609	247	5.6057	1607	248	70
80	4.2106	1856	247	5.7912	1855	246	80
90	4.0003	2103	248	6.0013	2101	248	90
100	1,0003.7652	2351	247	0,9996.2362	2349	247	100
110	3.5054	2598	247	6.4958	2596	247	110
120	3.2209	2845	247	6.7801	2843	247	120
130	2.9117	3092	247	7.0891	3090	248	130
140	2.5778	3339	248	7.4229	3338	247	140
150	1,0002.2191	3587	247	0,9997.7814	3585	247	150
160	1.8357	3834	247	8.1646	3832	247	160
		4081			4079		

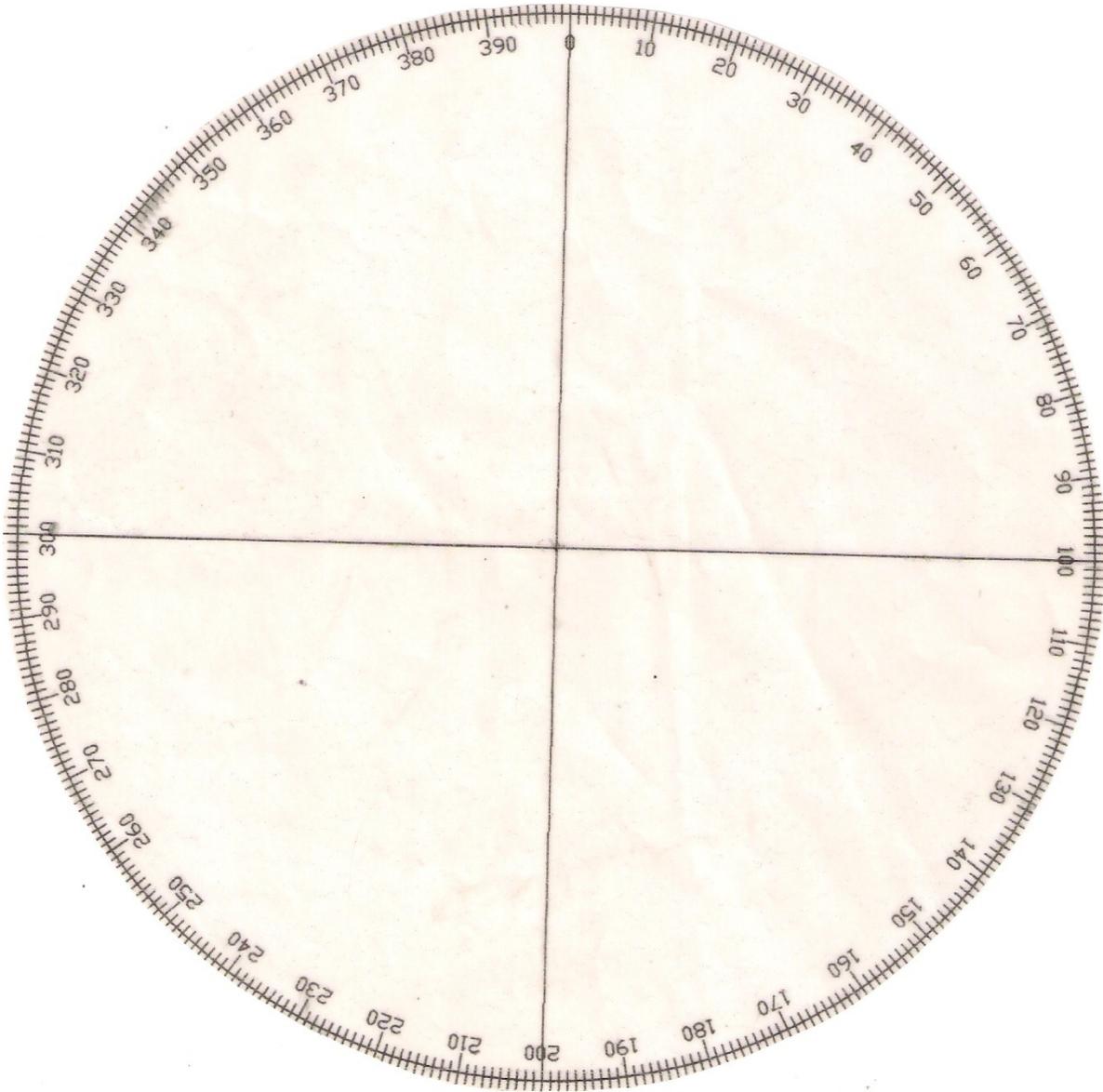
**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**



V

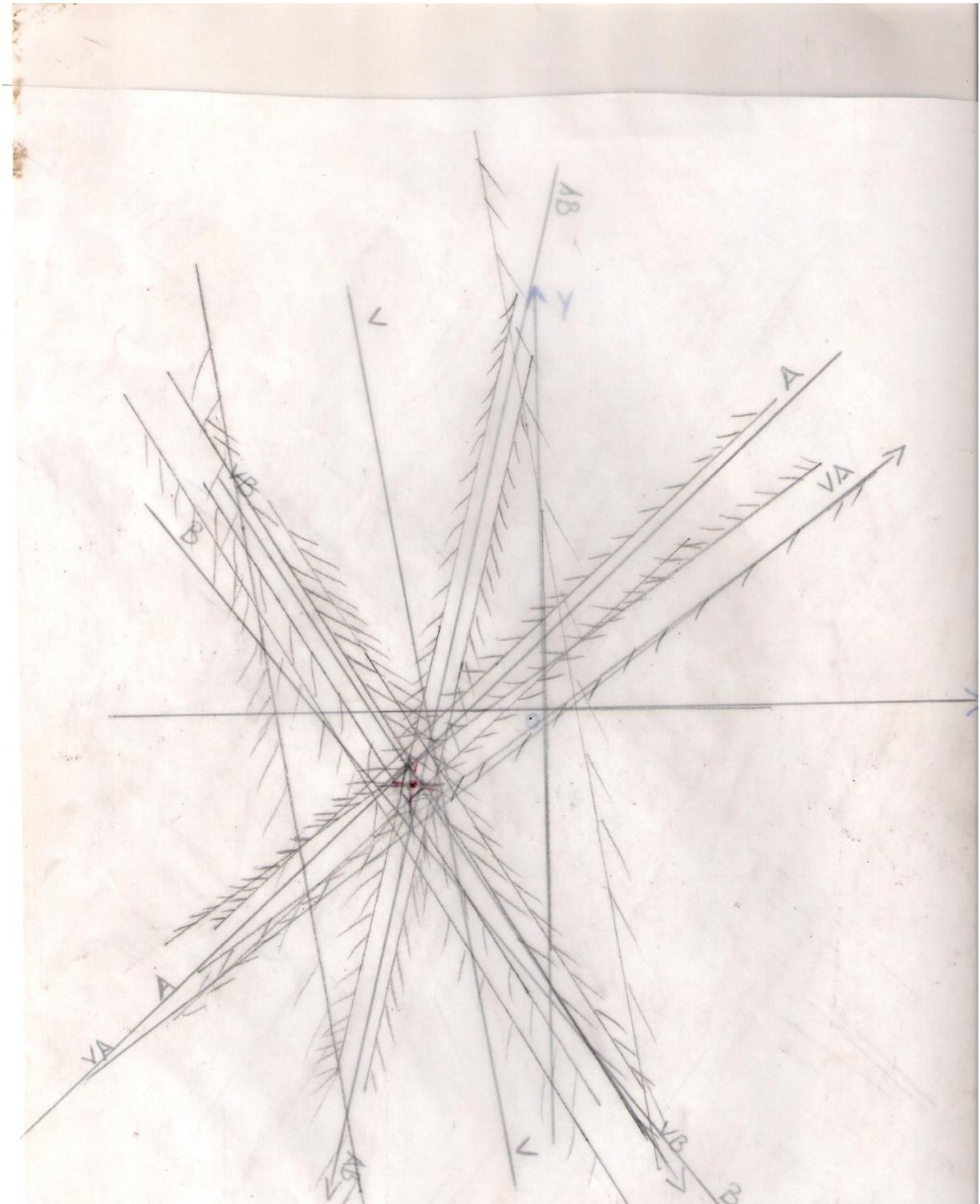
**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

ANNEXE III : Reporteur



**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

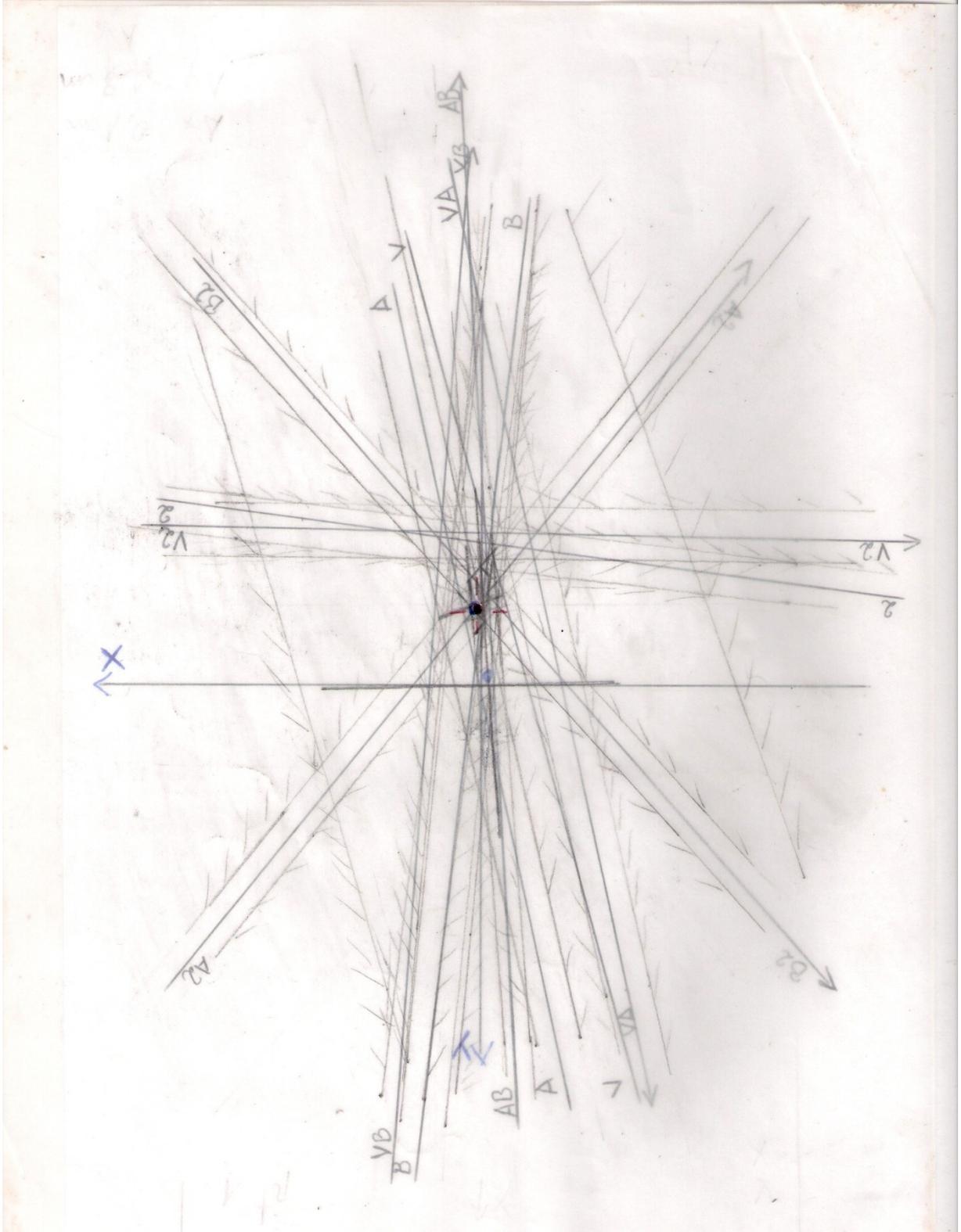
ANNEXE IV : Représentation graphique du point définitif (point2)



**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

VII

ANNEXE V : Représentation graphique du point définitif (point1)



VIII

**ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

Nom: TAHINJANAHARY

Prénom: Fetimamy

**Titre de mémoire: ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE
RESEAU GEODESIQUE DE MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA**

Nombre de pages : 80

Nombre de figure :16

Nombre de carte :2

Nombre d'annexes :5

Encadreur : Monsieur NARY HERILALAO IARIVO

Contact de l'auteur :

Email : fetimamy@yahoo.fr

Tél :0341066257-0331313463

***ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA***

RESUME

Ce document résume les différentes méthodes de détermination de points géodésiques, à savoir la détermination par intersection et relèvement, le cheminement de précision et la compensation par moindres carrés dans les deux premières méthodes. Puisqu'on travaille dans la projection Laborde, il faut penser à introduire les corrections adéquates.

ABSTRACT

This work will sum up the different systems to determine the geodetic point namely, the intersection and resection surveys, the accuracy advance and the compensation by the least areas in the least areas in the two first systems. Since we deal with the Laborde projection, appropriate correction should be inserted.

***ETABLISSEMENT DE DEUX POINTS GEODESIQUES DANS LE RESEAU GEODESIQUE DE
MADAGASCAR AU SEIN DE L'ESPA***