

Année universitaire 2021-2022

DEUXIEME ANNEE CYCLE D'INGENIEUR EN SCIENCES GEOMATIQUES ET
INGENIERIE TOPOGRAPHIQUE

DU 23/05/2022 au 29/05/2022

Stage de professionnalisme PROJET DE LA GÉODÉSIE

Présenté et soutenu publiquement par

BOUJDI SOUKAINA
BOUNOUA ISMAIL
BOUFERDOUSS NADA
BOURRIZ MOHAMED
MOUSSAOUI ASMAA

JURY

M. MOHA EL AYACHI	(Encadrant)	IAV HASSAN II
M. REDA YAACOUBI	(Encadrant)	IAV HASSAN II
MME. LOUBNA MANSOURI	(Encadrante)	IAV HASSAN II

REMERCIEMENT :

Nous tenons tout d'abord à remercier tout le corps pédagogique de l'école des sciences géomatiques et ingénieries topographiques pour leurs encadrements dans le développement et l'acquisition efficiente des notions théoriques enseignées durant notre cursus jusqu'à l'effectuation du stage du professionnalisme.

À ce titre, nous tenons à remercier particulièrement Mr.REDA YAAOUBI et Mr.MOHA EL AYACHI pour l'attention qu'elle nous ont apporté pendant la semaine de la géodésie. Grâce à leur expertise partagé au quotidien, on a pu s'accomplir totalement dans nos missions. Il fut d'une aide précieuse dans les moments les plus délicats.

Nous n'oublions pas non plus les chauffeurs des véhicules pour leurs gentillesse, leurs serviabilités et leurs engagements avec les étudiants.

Merci également à tous les membres de notre groupe pour leur persévérance et leur sens de responsabilité.

Merci à nos camarades de la classe pour l'effort fourni et la coordination éternelle qui ont permis d'atteindre les objectifs de ce chantier mémorable.

Toutes ces personnes ont contribué, par leur disponibilité et leur bonne humeur, à rendre cette période enrichissante et motivante.

Table des matières

Partie1 : Rapport de la géodésie

Rapport de la Géodésie :	6
I. Introduction Générale :	6
II. AVANT PROJET :	6
1. Objectif :	6
2. Zone D'étude :	7
3. Planification du projet :	8
4. Contraintes rencontrées :	8
5. Les livrables :	8
III. Exécution des sorties de reconnaissance :	9
1. Objectif et planification :	9
IV. Filtrage, Report et répartition des nouveaux points:	20
1. Les points adoptés :	20
1.1. Pour le système ITRF05 :	20
1.2. Pour le système NGM :	21
2. Critère de la densification :	21
3. Matérialisation :	22
3.1. Programme d'observation :	24
3.2. Transfert, importation et conversion des fichiers :	24
3.3. Traitement avec les hauteurs ellipsoïdales :	25
4. Mission GNSS :	27
4.1. Objectif :	27
4.2. Mode opératoire :	27
4.3. Planification et configuration :	28
4.4. Traitement de lignes de bases :	29
4.5. Fermeture des boucles :	30
4.6. Ajustement des observations sans géoïde :	31
4.7. Ajustement des observations avec géoïde :	33
Partie2 : Rapport nivellement	37
V. Introduction Générale :	37
VI. Objectifs :	37
VII. Nivellement géométrique direct de précision pour le contrôle de stabilité :	37
1. L'objectif.	37
2. SORTIE DE RECONNAISSANCE :	38
2.1. Planification de la sortie de reconnaissance :	38
2.2. Répartition du tronçon :	38
3. Exécution de la mission de nivellement :	39
3.1. Matériels :	39
3.2. Mode opératoire :	39
3.3. Les vérifications à effectuer :	39
4. Résultats et leurs analyses :	40
4.1. Cheminement Aller :	40
4.2. Chemin retour :	41
4.3. Calcul des précisions et contrôle des résultats :	42
4.4. Analyse des résultats :	43

5.	Rattachement altimétrique par nivellement de précision :	46
5.1.	Rattachement du point P8 (BORNE8) :	47
5.2.	Calcul des Tolérances :	47
VIII.	Ajustement final du réseau de densification (planimétrie +altimétrie)	49
IX.	Conclusion	50

Liste des Figures

Figure 1: Image représentant la zone de travail.....	7
Figure 2: La répartition des zones pour la sortie de reconnaissance	11
Figure 3: Les points à visiter par le groupe 12	12
Figure 4: Diagramme représentant l'état des points en Merchich	15
Figure 5: Diagramme représentant l'état des points en ITRF05	17
Figure 6: Diagramme représentant l'état des points en NGM	19
Figure 7: Diagramme représentant l'état des points géodésique visités	20
Figure 8: l'emplacement du point 7	22
Figure 9: l'emplacement du point 8	22
Figure 10: Matérialisation de la borne 7.....	23
Figure 11: Matérialisation de la borne 8.....	24
Figure 12: Coordonnées des points par traitement par un ajustement libre	25
Figure 13: Coordonnées des points par traitement avec un minimum de contraintes	26
Figure 14: Coordonnées des points par traitement avec un maximum de contraintes	26
Figure 15: extrait du rapport final contenant la liste des points	27
Figure 16: Schéma de planification faite en réunion des 2 sessions d'observation.....	28
Figure 17: Récapitulatif d'acceptation des observations de la GNSS	30
Figure 18: Le résultat de rapport de fermeture des boucle	30
Figure 19: Les coordonnées des points résultantes d'un ajustement libre des observations sans géoïde	31
Figure 20: Les coordonnées des points résultantes d'un ajustement avec contraintes des observations sans géoïde	32
Figure 21: Illustration des lignes de bases du réseau de densification de la mission établie.....	32
Figure 22: Coordonnées finales des points adoptées résultante d'un ajustement sans géoïde	33
Figure 23: interface du logiciel Trimble Grid Factory Utility	33
Figure 24: Coordonnées résultantes de l'ajustement avec géoïde	34
Figure 25: Coordonnées résultantes de l'ajustement avec géoïde avec minimum de contraintes	34
Figure 26: Coordonnées résultantes de l'ajustement avec géoïde avec maximum de contraintes	35
Figure 27: Coordonnées résultantes de l'ajustement définitif avec géoïde	35
Figure 28: Illustration des lignes de bases du réseau de densification de la mission établie sur TBC..	36
Figure 29: Coordonnées définitives pour les points adoptées lors de la mission GNSS	36
Figure 30: repère de nivellement pour le tronçon global.....	38
Figure 31: Image de la borne P8.....	47
Figure 32: extrait du rapport d'ajustement avec constraints avec le Géoïde hybride du Maroc GHM21	50

Liste des tableaux :

Tableau 1: Tableau représentant l'ensemble des points visités par le groupe 12	10
Tableau 2: Tableau représentant l'ensemble des points visités par le groupe 12	11
Tableau 3: Les points visités sur le système Merchich	14
Tableau 4: L'état des points sur le système Merchich	15
Tableau 5: Les points visités sur le système ITRF05	16
Tableau 6: L'état des points sur le système ITRF05	16
Tableau 7: Les points visités sur le système NGM	18
Tableau 8: L'état des points sur le système NGM	19
Tableau 9: L'état de tous les points visités	19
Tableau 10: Les points exploitable sur le système ITRF05 :	21
Tableau 11: Les points exploitable sur le système NGM	21
Tableau 12: Le programme d'observation du groupe 12	24
Tableau 13: Programme d'observation de la mission GNSS	29
Tableau 14: Répartition du trajet en tronçons selon les groupes et les repères NGM	39
Tableau 15: Les observations obtenues pour le cheminement Aller du tronçon 4	41
Tableau 16: Les observations obtenues pour le cheminement Retour du tronçon 4	41
Tableau 17: les observations acquises dans l'ensemble des tronçons	43
Tableau 18: Tableau du nivellement	47
Tableau 19: Coordonnées planimétriques et altimétriques des points nouveaux	50

Rapport de la Géodésie :

I. Introduction Générale :

Le stage de professionnalisation est considéré comme l'un des piliers de la formation d'un Ingénieur Géomètre Topographe, il a pour but de donner à l'étudiant des savoir-faire complémentaires aux savoirs enseignés dans la partie théorique et aussi lui permettre de synthétiser et de comprendre l'enchaînement des différentes disciplines.

En effet, la géodésie constitue la base de tous les travaux topographiques et photogrammétriques car elle permet d'équiper notre zone de projet par des points de rattachement afin de réaliser notre but ultime qui est la densification de notre réseau.

Cette partie repose sur la succession de plusieurs étapes nécessaire pour la réussite de n'importe quel projet de densification.

Ces étapes sont comme suite :

- ❖ Avant-projet
- ❖ Reconnaissance
- ❖ Projet définitif
- ❖ Observation par GNSS
- ❖ Calcul, contrôles, compensation et analyse des résultats
- ❖ Etablissement des plans, croquis, fiches signalétiques et schémas

II. AVANT PROJET :

1. Objectif :

Le projet intitulé densification géodésique de la région « Tamesna-Rabat » a pour objectifs de :

- ✧ Améliorer nos connaissances théoriques et pratiques en tout ce qui concerne la densification géodésique.
- ✧ Améliorer nos compétences en conception et conduite d'un projet réel avec confrontation des contraintes.
- ✧ Comprendre l'enchaînement des différentes étapes de réalisation d'un projet de géodésie.
- ✧ Contrôler l'état des points géodésiques existants dans la région.
- ✧ La détermination altimétrique des nouveaux points.

2. Zone D'étude :

Le projet de cette année (2021-2022) a été réalisé dans les régions de Tamesna, RABAT.

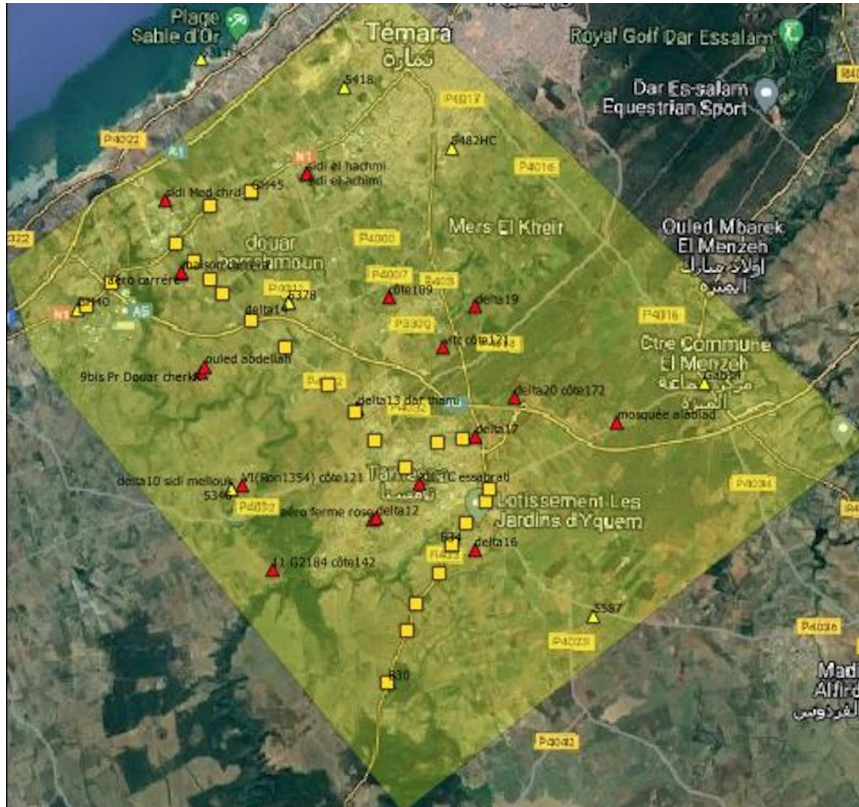


Figure 1:Image représentant la zone de travail

La zone d'étude a été délimitée par points dont les coordonnées sont une combinaison (X, Y) des valeurs suivantes :

$$X_{max} = 369103.0159 \quad X_{min} = 349512.9638$$

$$Y_{max} = 371472.0628 \quad Y_{min} = 352699.5497$$

Avant sortir au terrain, il fallut avoir consulté toutes les données et les informations qu'on a sur la région de travail pour réduire l'effort et essayer de couvrir la zone le maximum possible sans visite préalable.

Sur Qgis on a donc importé un fond satellitaire de la zone étudiée sur lequel on a ajouté une liste des points déjà connus dans le datum Merchich (en jaune) et ITRF (en rouge) dans la région afin de savoir les points d'appuis qu'on va exploiter et donc qu'il faut visiter.

Pour les mêmes raisons on a utilisé une liste des répertoires de nivellement général du Maroc (en carré jaune) de la section concernée.

3. Planification du projet :

Les travaux sur ce projet ont commencé le 9 Mai 2022 et ont terminé le 14 Mai 2022. Ceci a déroulé comme suit :

- 🕒 Mission de planification de l'avant-projet : jour 1
- 🕒 Sortie de reconnaissance des points géodésiques anciens : jour 2
- 🕒 Observation de nivellement de précision : jour 3
- 🕒 Matérialisation de nouveaux points + Observations GNSS sur les points anciens et nouveaux : jour 4
- 🕒 Traitement et analyse des données : jour 5
- 🕒 Rattachement de nouveaux points et ré-observation du nivellement de précision (retour au terrain) : jour 6

4. Contraintes rencontrées :

- Le nombre réduit des récepteurs qui nous pousse à mener le projet en optimisant les nombres des groupes en 6, donc quelques groupes se trouvent obliger à se séparer et d'où les livrables du jour sont éparpillés.
- Le non accès à des points géodésiques lors de la reconnaissance, ils sont détruits ou déplacés.
- Des points qui sont en bon état mais inaccessibles vu leur emplacement (ex : terrasse d'une maison)
- Les problèmes rencontrés avec les gens lors de la sortie de reconnaissance limitant notre mission vu la non disposition d'une autorisation.

5. Les livrables :

- ✓ Fiches signalétiques des points visités.
- ✓ Listes des repères de nivellement en bon état.
- ✓ Fiches signalétiques d'observation.
- ✓ Observation GNSS du réseau global (points anciens et nouveaux).
- ✓ Ajustement avec et sans géoïde.
- ✓ Coordonnées des nouveaux points géodésiques de densification créés.

- ✓ Rattachement altimétrique de quelques points du réseau sur base des repères de Nivellement général du Maroc

III. Exécution des sorties de reconnaissance :

1. Objectif et planification :

Afin de minimiser la liste des points aux points utiles et exploitable en indiquant l'état des points et leur matérialisation, et pour bien connaître la zone du projet, l'ensemble des équipes se sont mobiliser pour visiter les points et établir les fiches signalétiques.

La sortie de reconnaissance permettra par la suite de construire un réseau de point qui seront exploité pour la densification des points et le projet du nivellement.

Pour cela on a partagé la zone sur l'ensemble des groupes, puis on a procédé pour tirage au sort afin d'affecter les groupes aux zones.

Pour notre groupe, nous étions tenus à effectuer l'inventaire pour l'ensemble des points situé sur la zone 5.

Après avoir visiter les 6 points géodésiques affectés, des fiches signalétiques et un tableau contenant l'état de chaque point ont été réalisés par les membres du groupe.

Une fiche signalétique est une fiche qui contient :

- Le nom du point, sa commune et sa province.
- Le Code du point.
- Les coordonnées rectangulaires et géodésiques du point.
- Une Mapp de sa situation.
- Un croquis de son signal.
- Une description de l'itinéraire poursuivi pour atteindre le point.
- La date de visite.

Le tableau suivant regroupe les 6 points inspectés :






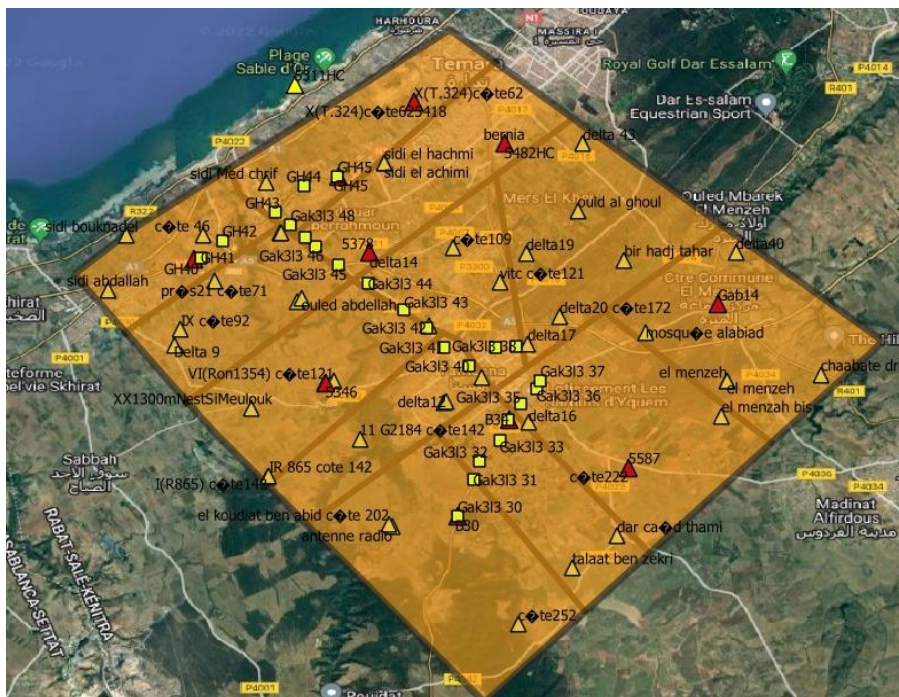
Point	Image du point		Description
Ould al Ghoul			Le point géodésique est matérialisé par une balisette composée d'un repère rectangulaire bâti et un cylindre en fer sans monopole.
Delta 20 cote172			Ce point est disparu, il se trouvait dans un champ du blé
Delta 43			Le point est détruit à cause des travaux d'aménagement effectué par le propriétaire du terrain Où il se trouve. (Témoignage des habitants)
Delta 19			Ce point est disparu et il se trouvait dans une propriété privée
Delta 17			Le point géodésique est matérialisé par une petite borne en béton qui se trouve dans un lotissement
Bir hadj tahar			Point disparu à cause chasseurs des trésors

Tableau 1: Tableau représentant l'ensemble des points visités par le groupe 12

Nom	Signal	Système	X(m)	Y(m)	Etat
Delta43	Monopode	Merchich	361759.7	367727.67	Disparu
Ould Al Ghoul	Monopode	Merchich	361585.88	365542.43	Disparu
Bir Hadj Tahar	Monopode	Merchich	362834.14	363920.7	Disparu
Delta 20 coté 172	Monopode	Merchich	361049.85	362100.04	Disparu
Delta17	Petit borne	Merchich	360168.54	361219.3	Existe
Delta19	Moule avec tube	Merchich	360164.22	364163.96	Disparu



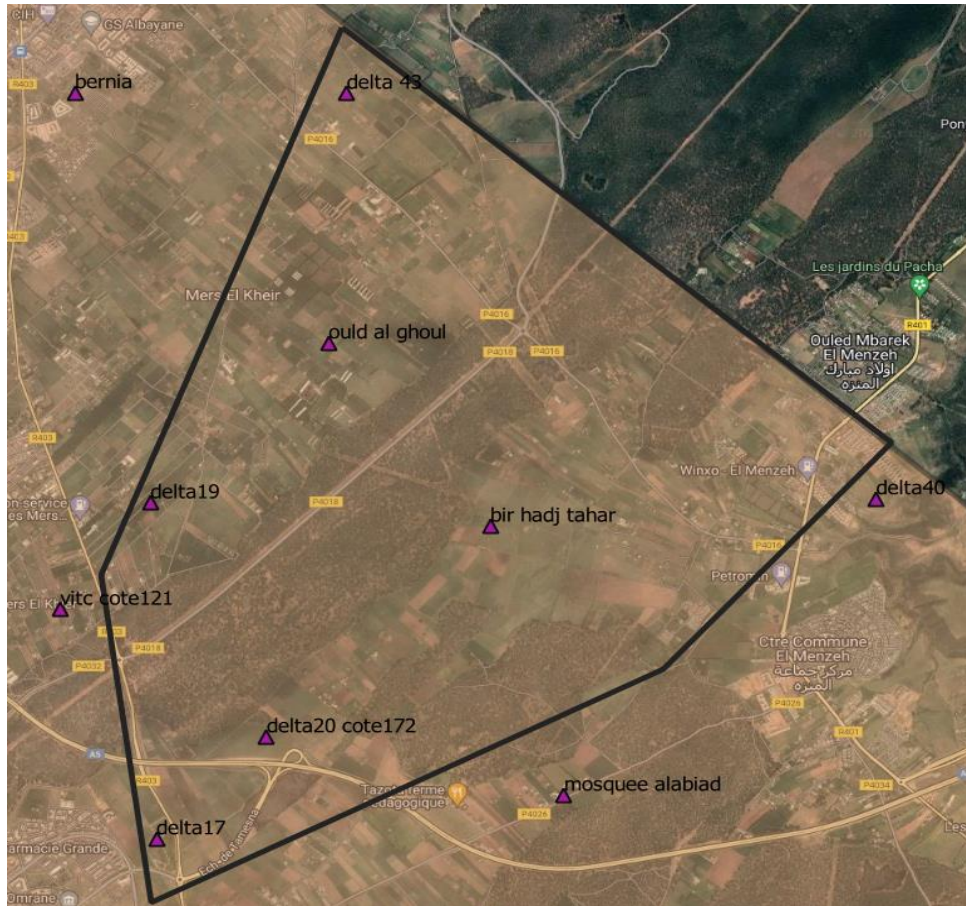


Figure 3: Les points à visiter par le groupe 12

2. Synthèse de la sortie de reconnaissance :

L'ensemble des groupes ont visité les points affectés, les tableaux suivants présentent l'ensemble des points dans les différents systèmes :

- **Dans le système Merchich :**

Point	X	Y	Signal	Etat	Groupe
Cote 46	351387,35	364900,47	Piquet en fer (hors centre)	Bon	3
Delta 9	350543,32	361336,71		Non exploitable	7
IX cote92	350736,74	361828,55		Non exploitable	7

Pres21 cote71	351673,77	363389,52	Borne en béton	Bon	7
sidi abdallah	348768,1	363160,22	Disparu	Disparu	3
sidi bouknad el	349311,19	364923,1	Koubba marabout	Non exploitable	3
11 G2184 cote142	355549,36	358201,77	Borne centrée par un piquet de fer	Détruit	4
9bis Pr Douar cherkR	353927,57	362689,74	Disparu	Disparu	
antenne radio	356390,05	355333,46	Antenne détruite (il ne reste que sa base)	Non exploitable	8
bir hadj tahr	362834,14	363920,7	monopode	Disparu	12
chaabate driwa	368126,39	360117,39	Moule avec balisette	Inaccessible	5
cote109	358185,7	364377,57		Accès inaccessible	1
cote222	362842,52	357161,1	monopode au sein d'une ferme	Non exploitable	2
cote252	359768,09	352093,74	Disparu	Disparu	8
dar caid thami	362509,63	354938,72		Inaccessible	6
delta 43	361759,7	367727,67	monopode	Disparu	12
delta10 sidi mellouk	354639,99	360041,69	Disparu	Disparu	11
delta12	357916,16	359376,24	Disparu	Disparu	4
delta13 dar thami	357489,89	361875,21	Piquet en fer	Bon	1
delta14	355912,09	364255,49	Borne	Bon	
delta16	360148,22	358660,93	Disparu	Disparu	2
delta17	360168,54	361219,3	Petite borne en béton	Bon	12/01
delta19	360164,22	364163,96	Moule avec tube	Disparu	12
delta20 cote172	361049,85	362100,04	monopode	Disparu	12
delta40	365872,95	364117,63	Monopode	Disparu	5

el koudiat ben abid cote 202	356308,58	355410,06	Disparu	Disparu	8
el menzah bis	365408,35	358802,6	Disparu	Disparu	2
el menzeh	365565,21	359930,96	Quadripode mire haute	Disparu	5
el menzeh	365565,1	359931,01	Quadripode mire basse	Disparu	5
IR 865 cote 142	353062,31	357026,78		Disparu	11
maison carrera	353509,43	364947,88	Disparu	Disparu	
mosquee alabiad	363382,27	361555,55	Axe au sommet	Toujours existant	5
ould al ghoul	361585,88	365542,43	Cylindre en fer sans monopode	Non exploitable	12
ouled abdellah	354035,83	362814,71	Borne tronconique	Détruit	7
sidi el achimi	356349,83	367180,2	Disparu	Disparu	9
talaat ben zekri	361277,25	353920,27		Inaccessible	6
VI(Ron1 354) cote121	354873,98	360118,72	Borne	Disparu	11
vitc cote121	359441,57	363241,14	Borne	Non exploitable	1
X(T.324) cote62	357200,37	369146,49	Borne	Bon	10
X(T.324) cote62	357200,45	369146,59	Borne	Bon	10
XX1300 mNestSi Meulouk	352630,9	359253,67	Borne	Disparu	11

Tableau 3: Les points visités sur le système Merchich

D'une manière statistique on trouve :

Etat	Nb de point
BON	7
Inexploitable	34
Total	41

Tableau 4: L'état des points sur le système Merchich

En établissant son diagramme on a :

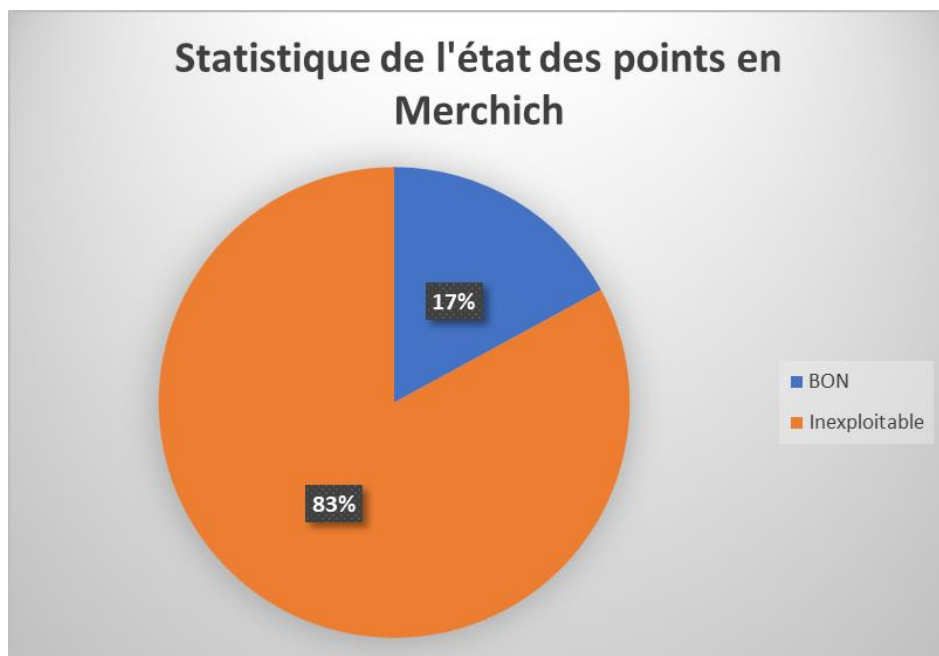


Figure 4: Diagramme représentant l'état des points en Merchich

- **Dans le système ITRF 2005 :**

Poin t	Signal	Latitude	Longitude	Hauteu r	X_ITR F05_I	Y_ITRF 05_I	signal (à jour)	etat	Grp
GH4 5	Borne NGM	N33°53'22.8 8872"	W6°57'55. 92704"	91 562	455242 ,92	1416587 ,2	Borne NGM	bon	10
GH4 0	Borne NGM	N33°51'54.8 2516"	W7°00'27. 97140"	96 321	451295 ,74	1413935 ,31	Borne NGM	bon	3

Gab 14	Borne NGM	N33°51'07.7 3947"	W6°51'13. 85911"	222 281	465510 ,52	1412273 ,94	Borne NGM	bon	5
B30	Borne NGM	N33°47'23.4 2371"	W6°55'48. 66928"	225,03	458346 ,99	1405468 ,17	Borne NGM	Bo n	8
5587	Monop ode	N33°48'15.0 0062"	W6°52'48. 60478"	271 025	462999 ,75	1406988 ,94	Monop ode	non exp loit abl e	2
B34	Borne NGM	N33°49'05.8 2803"	W6°54'54. 90279"	189,25	459775 ,81	1408601 ,35	borne NGM	bon	6
5346	Borne sur terrasse	N33°49'44.6 1331"	W6°58'09. 23553"	169 214	454798 ,83	1409870 ,47	Borne sur terrass e	Exi stan t	11
5378	Borne	N33°52'02.0 4959"	W6°57'22. 23627"	150 037	456070 ,62	1414084 ,6		Dis par u	9
5482 HC	Borne	N33°53'57.5 7388"	W6°54'59. 97808"	147,07	459777 ,49	1417587 ,83	Borne	bon	9
5418	Monop ode avec borne	N33°54'41.3 9650"	W6°56'34. 87360"	108 181	457360 ,77	1418973 ,55	Monop ode avec borne	Bo n	10
5311 HC	Rivet	N33°55'00.0 7601"	W6°58'42. 02466"	70 092	454104 ,82	1419598 ,21			

Tableau 5: Les points visités sur le système ITRF05

D'une manière statistique on trouve :

Etat	Nb de point
BON	7
Inexploitable	3
Total	10

Tableau 6: L'état des points sur le système ITRF05

En établissant son diagramme on a :

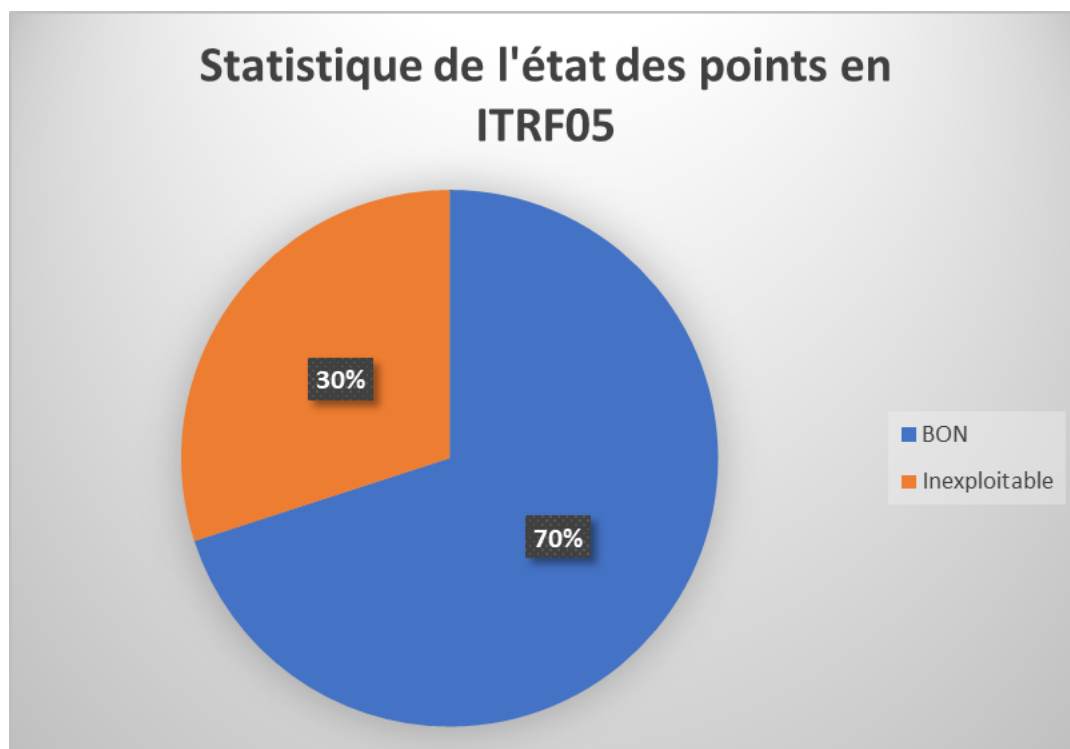


Figure 5: Diagramme représentant l'état des points en ITRF05

- Nivellement général du Maroc :

MATRI CUL_1	POSITI ON_R	TYPE_R EPER	NATUR E_OUV	PHI_AP PROC	LAMBD A_APP	NGM_ Altitu	etat	Gro upe
Gak3l3 30	Droite	Médaillo n Rivet	Borne	3 378 98 7	-693 027	178 00 7	bon	8
Gak3l3 31	Droite	Médaillo n	Pylône	3 380 05 1	-692 574	166 23 7	disp aru	8
Gak3l3 32	Droite	Médaillo n	Aqueduc puisard	3 380 59 6	-692 385	157 00 9	Bon	6
Gak3l3 33	Droite	Médaillo n	Pylône	3 381 22 7	-691 796	151 46 2	disp aru	6
Gak3l3 34	Droite	Médaillo n Rivet	Borne	3 381 83 2	-691 533	142 43 8	bon	6
Gak3l3 35	Droite	Médaillo n	Aqueduc puisard	3 382 27 7	-691 184	125 81 1	disp aru	2
Gak3l3	Droite	Médaillo	Pont	3 382 72	-690 713	114 31	Bon	2

36		n		4		1		
Gak313 37	Droite	Médaillo n	constructi on	3 382 97 4	-690 595	125,03	Bon	2
Gak313 38	Droite	Médaillo n	constructi on	3 383 98 3	-691 306	151,82	Bon	1
Gak313 39	Gauche	Médaillo n	constructi on	3 383 93 2	-691 917	143 43 5	Bon	1
Gak313 40	Droite	Médaillo n	constructi on	3 383 38 5	-692 687	136 35 2	bon	4
Gak313 41	Gauche	Médaillo n	Aqueduc	3 383 93 2	-693 445	108 33 2	bon	4
Gak313 42	Gauche	Médaillo n Rivet	Borne	3 384 51 3	-693 952	113 92 1	Bon	1
Gak313 43	Droite	Médaillo n	Aqueduc	3 385 06 8	-694 605	95 825	Exis tant	11
Gak313 44	Gauche	Médaillo n	constructi on	3 385 81 2	-695 669	82 659	Disp aru	11
Gak313 45	Droite	Médaillo n Rivet	Borne	338 636	-69 653	97 887	disp aru	9
Gak313 46	Droite	Médaillo n	constructi on	3 386 90 6	-697 208	79 606	disp aru	9
Gak313 47	Gauche	Médaillo n	constructi on	338 718	-69 753	70 905	bon	9
Gak313 48	Droite	Médaillo n	Aqueduc	3 387 54 4	-69 794	54 511	bon	10
GH41	Droite	Médaillo n	Borne	33 865 8 33	- 7 005 833	52 394	bon	3
GH42	Gauche	Médaillo n	Aqueduc	33 870 8 33	- 6 999 444	48 861	disp aru	3
GH43	Gauche	Médaillo n	Pont	33 879 1 67	- 6 983 889	45 592	Disp aru	10
GH44	Gauche	Médaillo n	Mur	33 886 9 44	- 6 975 556	36 996	Bon	10
GH45	Droite	Médaillo n Rivet	Borne	33 889 7 22	- 6 965 556	45 487	Bon	10

Tableau 7: Les points visités sur le système NGM

D'une manière statistique on trouve :

Etat	Nb de point
BON	16

Inexploitable	8
Total	24

Tableau 8: L'état des points sur le système NGM

En établissant son diagramme on a :

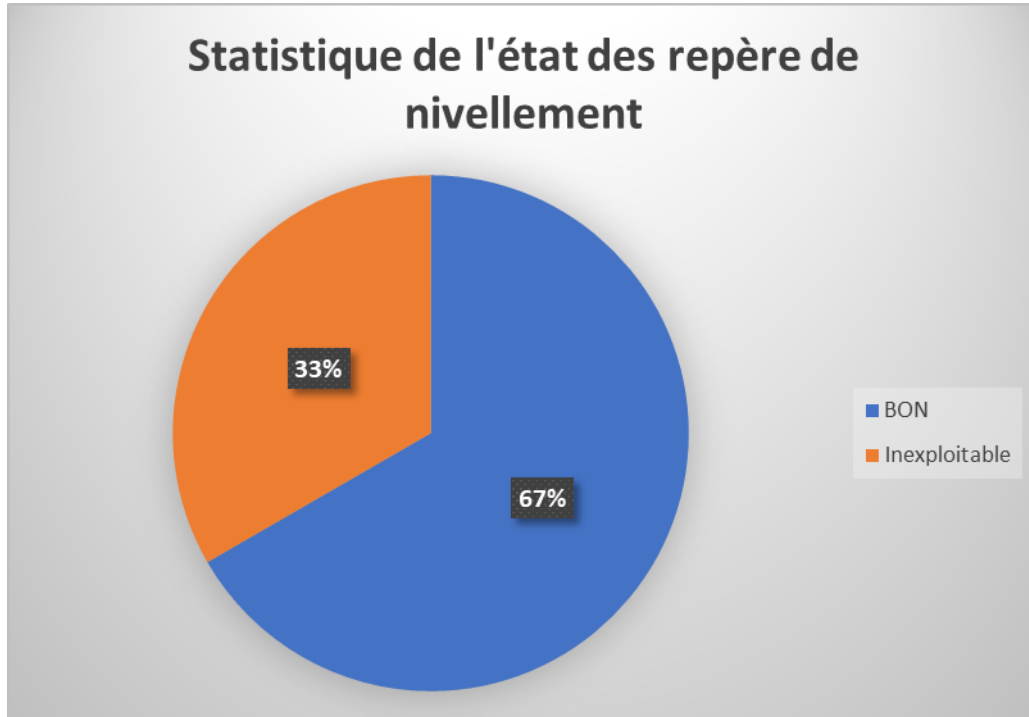


Figure 6: Diagramme représentant l'état des points en NGM

Comme le montre les statistiques ci-dessus, l'ensemble des points dans le système Merchich sont disparus ou inaccessible et par suite afonctionnels pour établir un projet de densification par GNSS ce qui a exigé de travailler avec le système ITRF 2005 puisque la plupart de ces points sont accessibles et disponibles.

Récapitulatif de la sortie de reconnaissance :

L'état de tous les points visités sont indiqués dans le tableau suivant :

Etat	Nb de point
BON	30
Inexploitable	45
Total	75

Tableau 9: L'état de tous les points visités

En établissant son diagramme on a :

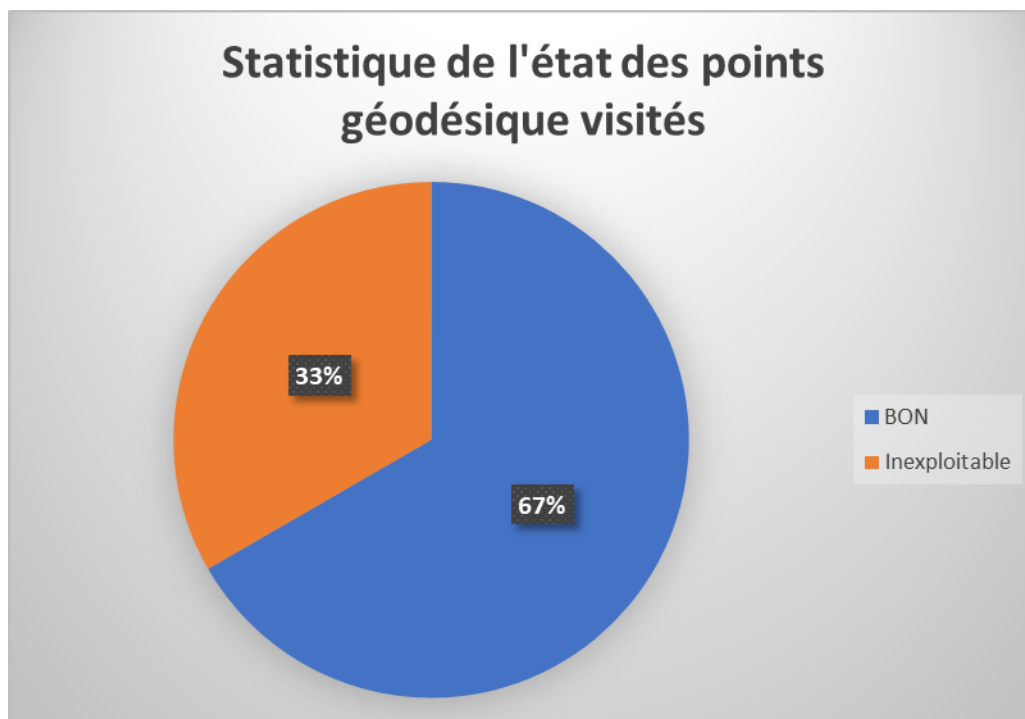


Figure 7: Diagramme représentant l'état des points géodésique visités

IV. Filtrage, Report et répartition des nouveaux points:

1. Les points adoptés :

Après avoir reçu et analysé l'ensemble des points examinés par tous les groupes, et en prenant en considération la non accessibilité de certains points ainsi que les différents obstacles qu'on peut les trouver sur terrain. On a choisi les points suivants :

1.1. Pour le système ITRF05 :

Nom du point	Signal	X(m)	Y(m)	Hauteur (m)
GH40	Borne NGM	451295.74	1413935.31	96.32
5418	Monopode en	457360.77	1418973.55	108.18

	fer			
5482HC	Petite borne	459777.49	1417587.83	147.07
5587	Monopode en fer	462999.75	1406988.94	271.03
B34	Borne	459775.81	1408601.35	189.25
GAB 14	Borne	465510.52	1412273.94	222.28

Tableau 10: Les points exploitable sur le système ITRF05 :

1.2. Pour le système NGM :

Nom du point	Latitude (N)	Longitude (W)	H(m) Médaille	H(m) Rivet
GAK3I3 30	33N 47min 23.6sec	6W 55min 49sec	178.007	178.374
GAK3I3 34	33N 49min 6sec	6W 54min 55.2sec	142.438	142.796
GAK3I3 43	33N 51min 2.5sec	6W 56min 45.8sec	95.825	

Tableau 11: Les points exploitable sur le système NGM

2. Critère de la densification :

Après avoir établi le projet définitif, l'étape qui suit est la densification de la zone d'étude qui doit respecter certaines normes qui sont :

- Les nouveaux points doivent être à l'intérieure du réseau de densification pour éviter le problème de l'extrapolation et ils doivent être encadrés au minimum par trois points anciens.
- Eviter les propriétés privées.
- Eviter les surfaces réfléchissantes pour éliminer l'effet des multi-trajets.
- Choisir des zones dégagées.
- Le réseau doit être constitué des formes géométriques rigide autrement dit il faut assurer la formation des triangles quasi-équilatéraux.
- Les grandeurs des côtés doivent être uniformes.
- Le milieu du point à matérialiser doit être bien choisi pour faciliter la mise en station.

En tenant compte et en respectant ces critères, nous nous sommes mis d'accord

sur la création de 2 points (7 et 8) :

- Point 7 :



Figure 8: l'emplacement du point 7

- Point 8 :



Figure 9: l'emplacement du point 8

3. Matérialisation :

L'une des opérations les plus pénible dans la construction des infrastructures géodésique est la matérialisation pour cela la classe a été divisée en 2 équipes, la première brigade a assuré la matérialisation du nouveau point 7 sous forme une borne cylindrique alors que la deuxième équipe a assisté à la matérialisation du point 8, le matériel et les étapes suivis étaient les mêmes.

Lors de cette opération, nous avons utilisé le matériel suivant :

- Une pelle et une pioche.
- Un moule.
- Un tube en fer.
- Des fils métalliques et une pince.

- Un sac en plastique.
- Du sable, gravier et ciment.
- Des pierres.
- Du l'eau.

Les étapes suivies lors de la construction de la borne sont comme suit :

On crée d'abord un trou carré de 50cm de profondeur en utilisant la pelle et la pioche pendant que les autres préparent le béton en mélangeant du sable avec le gravier et le ciment et de temps en temps on ajoute du l'eau, on remplit le trou dans un premier temps avec une couche du béton puis on ajoute des pierres collectées pour assurer l'élévation de la borne et puis on ajoute du béton.

On fonce un moule dans la couche des pierres et béton et on l'assemble par un fil en fer en utilisant une pince afin d'avoir une forme cylindrique, au milieu du moule on ajoute un tube en fer qui doit être vertical et on le remplit en combinant le béton avec les pierres.

Un sac de plastique est utilisé lors de cette opération de matérialisation afin de faciliter l'enlèvement du moule après le séchage du béton.

Le résultat des deux matérialisations est comme suit :

- Borne 7 :



Figure 10: Matérialisation de la borne 7

- Borne 8 :



Figure 11: Matérialisation de la borne 8

3.1. Programme d'observation :

Après avoir planifier et exécuter la mission d'observation par GNSS, le programme d'observation de notre groupe était comme suit :

Programme d'observation								
Date	Equipe	Points	Session	Temps d'observations	Mode	Récepteurs (S/N)	Hauteur (m)	Observations
12/5/2022	GROUPE12-2	B34	S1-S2	de 14H37 à 20H31	STATIQUE	Topcon 4530	0,8770m	Hauteur mesurée inclinée

Tableau 12: Le programme d'observation du groupe 12

3.2. Transfert, importation et conversion des fichiers :

Une fois arrivé au bureau, il faut s'assurer de la disposition de tous les récepteurs utilisés sur le terrain et de vérifier leurs numéros de séries puis on procède au transfert des observations vers les stations de traitements soit par une carte SD ou par un logiciel de transfert selon le type du récepteur, il faut noter qu'il est très utile de séparer les différentes observations et enregistrer chaque fichier dans son propre dossier portant le nom du numéro de série du

récepteur et de la hauteur d'antenne. Dans notre cas, on avait le récepteur Topcon HiperV lors de son vidage on obtient un fichier brute "TPCN_4530_B34_877C.tps" qu'il faut le convertir en un format d'échange compatible avec le logiciel du traitement adopté durant le projet de densification, on a utilisé le logiciel TPS2rin pour la conversion du fichier brute en fichiers rinex (fichier d'observation et de navigation).

3.3. Traitement avec les hauteurs ellipsoïdales :

Après avoir traité et ajusté le réseau dans le système grille en fixant les points connus en planimétrie et en altimétrie (hauteur orthométrique), on peut procéder et effectuer un autre type de contrôle en fixant cette fois-ci les hauteurs ellipsoïdales de tous les points d'ITRF dans le système local puis en se basant sur le modèle du géoïde introduit le logiciel nous permet d'obtenir les hauteurs orthométriques de tous les points du réseau.

On commence le traitement du réseau par un ajustement libre sans contrainte afin de vérifier la cohérence interne du réseau, de détecter les erreurs d'observation et de les estimer.

Résultat de l'ajustement libre :

Coordonnées géodésiques ajustées

ID de point	Latitude	Longitude	Hauteur (Mètre)	Hauteur Erreur (Mètre)	Contrainte
5248hc	N33°53'57.02337"	W6°54'59.62991"	139.703	0.0081	
B34	N33°49'05.90730"	W6°54'54.90612"	183.344	0.0086	
GAB14	N33°51'07.81888"	W6°51'13.86137"	216.350	0.0097	
GH40	N33°51'54.90575"	W7°00'27.97584"	90.373	0.0134	
GH45	N33°53'22.96867"	W6°57'55.93091"	85.635	0.0091	
POINT 6	N33°50'41.59055"	W6°56'22.88670"	154.518	0.0080	
POINT 7	N33°52'04.77882"	W6°55'37.00689"	126.735	0.0068	
POINT 8	N33°50'14.96207"	W6°54'27.78663"	189.893	0.0078	

Figure 12: Coordonnées des points par traitement par un ajustement libre

On passe ensuite à l'ajustement avec un minimum de contraintes qui consiste à fixer uniquement un point connu dans le réseau pour le rattacher au datum. Dans notre cas, on fixe le point B34 connu en planimétrie comme en altimétrie et on obtient le résultat suivant :

Coordonnées géodésiques ajustées

file:///C:/Users/bourriz/AppData/Local/Temp/TBCTemporal/24ouyeei.ua3/Rpt96f7db96.html

2/6

Rapport sur l'ajustement du réseau avec contraintes des hauteurs ellipsoïdales 15 mai 2022

15/05/2022 12:59

Rapport sur l'ajustement du réseau

ID de point	Latitude	Longitude	Hauteur (Mètre)	Hauteur Erreur (Mètre)	Contrainte
5248hc	N33°53'56.94384"	W6°54'59.62657"	145.605	0.0142	
B34	N33°49'05.82803"	W6°54'54.90279"	189.250	?	LLh
GAB14	N33°51'07.73950"	W6°51'13.85830"	222.254	0.0129	
GH40	N33°51'54.82633"	W7°00'27.97212"	96.277	0.0179	
GH45	N33°53'22.88917"	W6°57'55.92737"	91.538	0.0151	
POINT 6	N33°50'41.51119"	W6°56'22.88327"	160.423	0.0115	
POINT 7	N33°52'04.69939"	W6°55'37.00351"	132.638	0.0130	
POINT 8	N33°50'14.88273"	W6°54'27.78333"	195.799	0.0104	

Figure 13: Coordonnées des points par traitement avec un minimum de contraintes

A fur et à mesure qu'on fixe les coordonnées des autres points déjà connus et on ajuste le réseau, on remarque l'amélioration des coordonnées calculées des points connus, on obtient le résultat suivant :

Coordonnées géodésiques ajustées

ID de point	Latitude	Longitude	Hauteur (Mètre)	Hauteur Erreur (Mètre)	Contrainte
5248hc	N33°53'56.94328"	W6°54'59.62686"	145.651	0.0512	
B34	N33°49'05.82803"	W6°54'54.90279"	189.250	?	LLh
GAB14	N33°51'07.73947"	W6°51'13.85911"	222.280	?	LLh
GH40	N33°51'54.82516"	W7°00'27.97140"	96.320	?	LLh
GH45	N33°53'22.88872"	W6°57'55.92704"	91.560	?	LLh

file:///C:/Users/bourriz/AppData/Local/Temp/TBCTemporal/24ouyeei.ua3/Rpta9ebb1c8.html

2/6

15/05/2022 13:00

Rapport sur l'ajustement du réseau

POINT 6	N33°50'41.51094"	W6°56'22.88310"	160.438	0.0407	
POINT 7	N33°52'04.69906"	W6°55'37.00355"	132.665	0.0375	
POINT 8	N33°50'14.88264"	W6°54'27.78349"	195.810	0.0340	

Figure 14: Coordonnées des points par traitement avec un maximum de contraintes

Après avoir ajusté la totalité du réseau, on obtient la liste des points définitifs suivante :

Données des fichiers de l'étude		Système pour les coordonnées	
Nom :	D:\2Cl Topo\S4\Stage profel\Géodésie traitement avec Géoide.vce	Nom :	ITRF2005
Taille :	144 KB	Datum:	ITRF 2005
Modifié:	14/05/2022 01:57:17 (UTC:1)	Zone:	ITRF2005 ZONE 1
Fuseau horaire :	Maroc	Géoïde:	GHM21
Numéro de référence:		Datum vertical:	
Description :		Chantier calibré :	
Commentaire 1 :			
Commentaire 2 :			
Commentaire 3 :			

Liste de points

ID	Abscisse (Mètre)	Ordonnée (Mètre)	Altitude (Mètre)	Code des entités géographiques
5248hc	459786.228	1417568.279	99.818	
B34	459775.811	1408601.351	142.686	
GAB14	465510.524	1412273.939	175.891	
GH40	451295.736	1413935.313	50.386	
GH45	455242.919	1416587.197	45.742	
POINT 6	457558.343	1411581.460	114.165	
POINT 7	458775.209	1414125.775	86.567	
POINT 8	460503.984	1410717.720	149.397	

Figure 15: extrait du rapport final contenant la liste des points

Nous remarquons que toutes les hauteurs obtenues par cette méthode ont une erreur systématique de 10 cm de la valeur vraie qui se présente au niveau de la détermination des hauteurs ellipsoïdales du réseau ITRF, ces déterminations peuvent être améliorées en intégrant des stations permanentes disponible dans la région d'étude.

4. Mission GNSS :

4.1. Objectif :

Après avoir matérialisé les points nouveaux, on a commencé la détermination de leurs coordonnées par observation GNSS.

4.2. Mode opératoire :

- **Matériel utilisé :** Pour cette mission nous avons utilisé 4 récepteurs bi-fréquence TOPCON et 2 récepteurs bi-fréquence SP-60.
- **Mode d'observation :** pour établir un réseau géodésique avec une meilleure précision on a opté pour le mode relatif statique. Ce

mode de positionnement permet d'éliminer une grande partie d'erreurs dues aux horloges des satellites et des récepteurs, aux orbites des satellites et à la réfraction ionosphérique et troposphérique.

- **Observation** : il existe 2 types d'observations (observables), les pseudodistances et les phases. Les premières donnent une faible exactitude de positionnement, elles sont généralement utilisées dans la navigation. Les secondes sont favorables dans les positionnements de haute précision.

Pour cette mission on a utilisé les phases.

- **Temps d'occupation** : les lignes de bases sont inférieures à 30km, les récepteurs utilisés sont bi-fréquence avec un mode d'observation relatif statique donc on a besoin, presque, de $15min + 1min/km + 1min/100m \text{ de } \Delta h$, on a choisi 3h d'observation pour chaque session pour s'assurer de nos observations, et on spécifie 15 secondes pour l'intervalle d'enregistrement.
- **Résultat** : par poste traitement des différentes lignes de bases et après ajustement des résultats, on a les coordonnées finales des nouveaux points ainsi que leurs précisions.

4.3. Planification et configuration :

Pour éviter tout sort d'extrapolation les nouveaux points doivent être entourer par les anciens points.

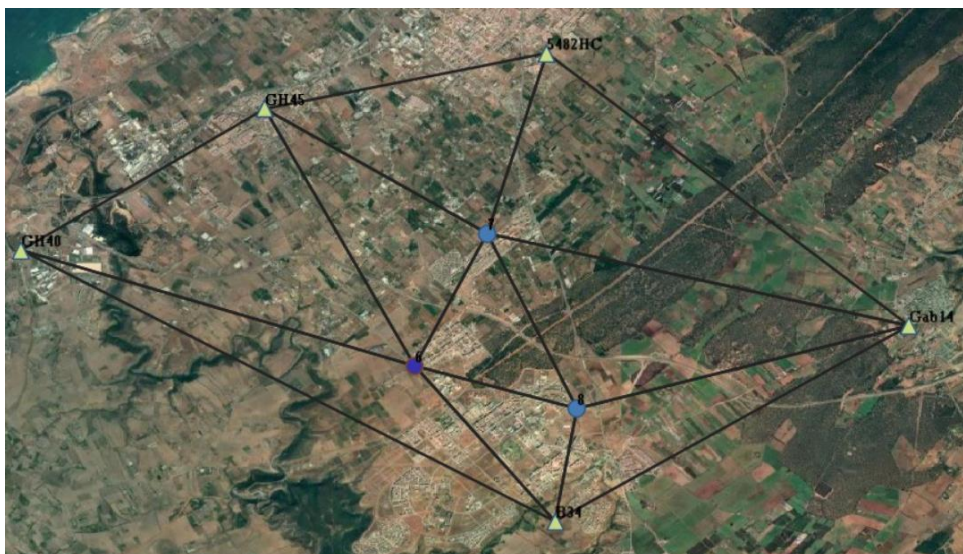


Figure 16: Schéma de planification faite en réunion des 2 sessions d'observation

Nous disposons seulement de 6 récepteurs donc la classe était subdiviser en 6 groupes qui sont réparti sur les points nouveaux et les points anciens.

La planification des observations doit être faite de façon à ce que le réseau soit formé avec des lignes de bases indépendantes. Pour en faire nous devons exécuter 2 sessions d'observation.

Les 2 groupes avec les récepteurs SP-60 on était déplacé dans la deuxième session.

Le programme de la mission GNSS pour l'ensemble de la classe était comme le montre le tableau suivant :

Équipe	Point	Session	Temp d'observation	Mode	Récepteur	Hauteur(m)	Observations
1	Gak3I3 42	S1	14h38-20h30	Statique	TOPCON	0.86	Inclinée
		S2					
2	5248HC	S1	14h49-20h30	Statique	TOPCON	1.492	Inclinée
		S2					
3	GH45	S1	15h30-17h30	Statique	SP60	1.1578	Crochet
	Gab14	S2	18h31-20h35			0.928	
4	PNT7	S1	15h30-20h30	Statique	TOPCON	1.11	Crochet
		S2					
5	GH40	S1	15h-17h30	Statique	SP60	0.876	Incliné
	PNT8	S2	18h-20h30			1.273	Incliné
6	B34	S1	14h37-20h31	Statique	TOPCON	0.877	Incliné
		S2					

Tableau 13: Programme d'observation de la mission GNSS

4.4. Traitement de lignes de bases :

Les processus de traitement et d'ajustement des observations GNSS suivent chacun plusieurs étapes. On commence par traiter chaque session séparément, dans chaque session le nombre des lignes de bases est indépendant, donc on désactive les lignes de base effilées et les lignes de base formant des triangles très étroits, puis on commence le traitement. Le traitement des lignes de base doit aboutir à une résolution fixe de l'ambiguïté pour qu'elles soient enregistrées. Il faut s'assurer des valeurs du RMS et la précision horizontale. Si elles sont

tolérables, on peut valider le traitement.

La résolution de l'ambiguïté était bien faite et le traitement était bien passé, Vous trouverez en annexes un rapport de traitement de lignes de base fourni par le logiciel TBC.



Récapitulatif d'acceptation					
Traité	Passé	Drapeau		Echouer	
16	16	0		0	

Figure 17: Récapitulatif d'acceptation des observations de la GNSS

4.5. Fermeture des boucles :

Cette fermeture témoigne de la qualité géométrique de la figure que nous avons formée.

Il existe 2 types d'erreurs de fermetures de boucles :

Erreur de fermeture interne : obtenue en considérant les mesures des lignes de base d'une même session, l'erreur de fermeture interne est toujours nulle, lorsque le nombre de mesures est le même sur l'ensemble des points même si l'un d'entre eux a des mesures aberrantes. Donc ce n'est pas un indicateur de la qualité des mesures.

Erreur de fermeture externe : obtenue en considérant les mesures de lignes de base de plusieurs sessions différentes. Par exemple deux sessions avec une base commune. Le calcul de l'erreur de fermeture externe consiste à comparer deux résultats GNSS indépendants obtenus lors de sessions différentes. Elle représente bien un indicateur de la qualité des mesures puisque les résultats (différences de coordonnées) sont calculés de manière indépendante à partir de jeux de coordonnées issus de sessions différentes.

Récapitulatif					
Etapas dans la boucle 3					
Nombre de boucles: 9					
Nombre réussi: 9					
Nombre échoué: 0					
	Longueur (Mètre)	$\Delta 3D$ (Mètre)	$\Delta Horiz$ (Mètre)	$\Delta Vert$ (Mètre)	PPM
Critères de réussite/échec			0.1000	0.2000	
Meilleure		0.0006	0.0006	-0.0001	0.047
La plus mauvaise		0.0344	0.0067	-0.0338	1.684
Boucle moyenne	14452.3273	0.0088	0.0030	0.0077	0.544
Erreur standard	3634.2697	0.0135	0.0035	0.0130	0.490
Date :15/05/2022 13:56:18		Etude:D:\2CI Topo\S4\Stage profe\Géodésie\traitement avec Géoide.vce		Trimble Business Center	

Figure 18: Le résultat de rapport de fermeture des boucle

4.6. Ajustement des observations sans géoïde :

Après avoir traité les lignes de base et contrôler la fermeture des boucles, on passe à la dernière étape du traitement du réseaux géodésique qui est à la base d'un ajustement.

Le but de l'ajustement est d'avoir une solution unique lorsqu'il existe une redondance des observations, de détecter les erreurs et les grandes erreurs en plus de minimiser les corrections apportées aux observations.

L'ajustement du réseau s'effectue suivant les opérations suivantes :

4.6.1. Ajustement libre :

Il s'agit d'un processus itératif qui permet de vérifier la cohérence interne du réseau et d'obtenir les estimations sur les erreurs d'observations. Cet ajustement s'effectue sans fixation d'aucun point connu, l'évaluation des résultats s'effectue par le test Chi-2 et s'il échoue, il faut recommencer le traitement avec un autre facteur de référence.

Coordonnées ECEF ajustées

ID de point	X (Mètre)	X Erreur (Mètre)	Y (Mètre)	Y Erreur (Mètre)	Z (Mètre)	Z Erreur (Mètre)	3D Erreur (Mètre)	Contrainte
5248hc	5261052.438	0.0070	-638200.566	0.0013	3537247.132	0.0045	0.0084	
B34	5266064.188	0.0074	-638686.149	0.0013	3529822.782	0.0049	0.0090	
GAB14	5264696.233	0.0083	-632796.050	0.0016	3532961.326	0.0055	0.0101	
GH40	5262071.161	0.0115	-646825.567	0.0022	3534095.929	0.0077	0.0140	
GH45	5261041.309	0.0079	-642762.639	0.0015	3536346.003	0.0051	0.0095	
POINT 6	5264138.134	0.0069	-640731.073	0.0012	3532255.711	0.0045	0.0083	
POINT 7	5262840.061	0.0059	-639385.144	0.0010	3534368.785	0.0038	0.0071	
POINT 8	5264977.623	0.0067	-637851.961	0.0012	3531593.940	0.0044	0.0081	

Figure 19: Les coordonnées des points résultantes d'un ajustement libre des observations sans géoïde

4.6.2. Ajustement avec contraintes :

➤ Avec minimum de contrainte :

On introduit dans le réseau les coordonnées d'un seul point connu dans notre cas c'était Borne B34.

A l'issue de ces résultats, on calcul les écarts entre les coordonnées ajustées des points connus avec leurs coordonnées réelles et puisque tous ces écarts sont acceptés, on passe à l'ajustement avec maximum de contraintes.

➤ Avec maximum de contraintes :

On procède de la même manière, on ajoute dans le réseau les coordonnées d'autres points connus et puis on observe le comportement des autres points anciens non fixé dans le réseau, autrement dit on calcule les écarts entre les

coordonnées ajustées avec leurs coordonnées réelles. Dans notre cas, il s'est avéré que l'ajustement avec 4 contraintes qui sont : B34, Gab14, GH40, GH45 donne des résultats tolérables.

Coordonnées ECEF ajustées

ID de point	X (Mètre)	X Erreur (Mètre)	Y (Mètre)	Y Erreur (Mètre)	Z (Mètre)	Z Erreur (Mètre)	3D Erreur (Mètre)	Contrainte
5248hc	5261054.106	0.0380	-638200.690	0.0083	3537245.283	0.0250	0.0463	
B34	5266065.852	?	-638686.265	?	3529820.958	?	?	EN
GAB14	5264697.887	?	-632796.194	?	3532959.494	?	?	EN
GH40	5262072.848	?	-646825.655	?	3534094.067	?	?	EN
GH45	5261042.963	?	-642762.739	?	3536344.151	?	?	EN
POINT 6	5264139.801	0.0374	-640731.182	0.0074	3532253.877	0.0244	0.0452	
POINT 7	5262841.725	0.0320	-639385.260	0.0067	3534366.945	0.0208	0.0387	
POINT 8	5264979.282	0.0363	-637852.082	0.0069	3531592.108	0.0241	0.0441	

Figure 20: Les coordonnées des points résultantes d'un ajustement avec contraintes des observations sans géoïde

➤ Ajustement définitif :

C'est un ajustement avec contraintes mais qui aboutit à la détermination des résultats finaux, d'une autre manière les coordonnées définitives sont obtenues.

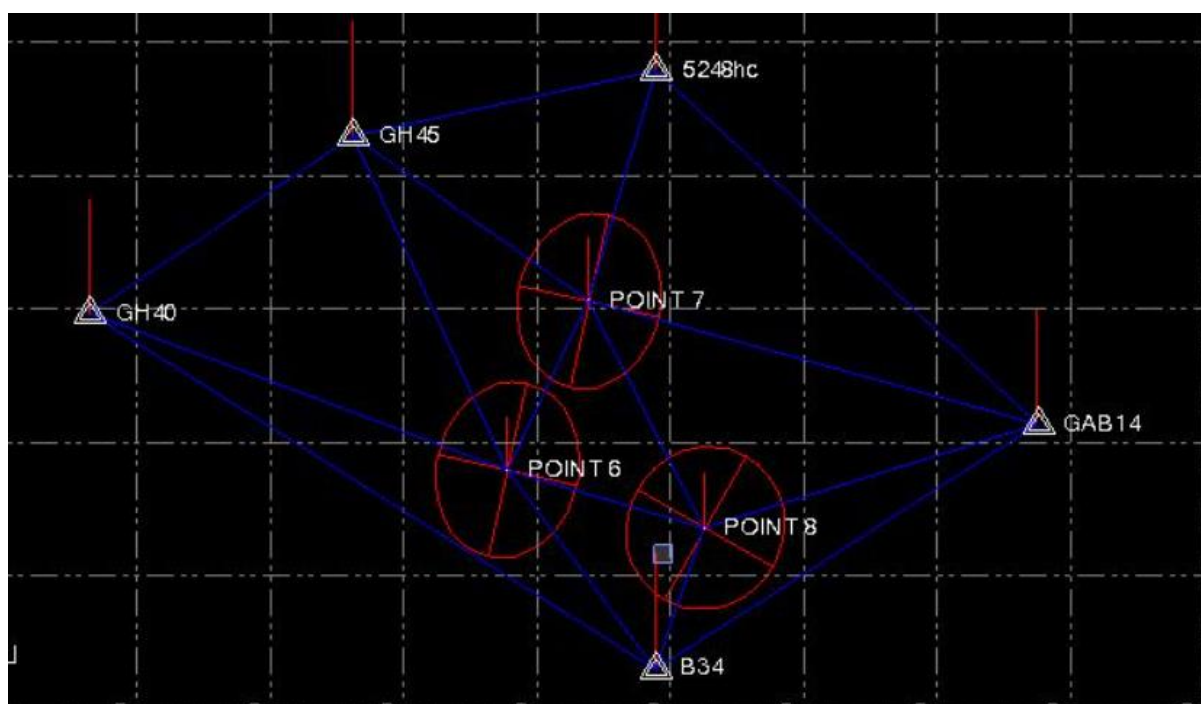


Figure 21: Illustration des lignes de bases du réseau de densification de la mission établie

Les ellipses d'erreurs apparaissant dans la figure renseignent sur la qualité et les orientations des erreurs.

Liste de points

ID	Abscisse (Mètre)	Ordonnée (Mètre)	Altitude (Mètre)	Code des entités géographiques
5248hc	459786.227	1417568.280	140.043	
B34	459775.810	1408601.350	183.330	
GAB14	465510.520	1412273.940	216.696	
GH40	451295.740	1413935.310	90.717	
GH45	455242.920	1416587.200	85.978	
POINT 6	457558.343	1411581.460	154.824	
POINT 7	458775.208	1414125.776	127.034	
POINT 8	460503.983	1410717.720	190.197	

Figure 22: Coordonnées finales des points adoptées résultante d'un ajustement sans géoïde

4.7. Ajustement des observations avec géoïde :

4.7.1. Importation du Géoïde :

En utilisant le logiciel Trimble Grid Factory Utility, et en suivant les étapes de guide avec le fichier Excel contenant les points connus en coordonnées géodésique (latitude, longitude) avec leurs ondulations de géoïde (la hauteur de géoïde par rapport à l'ellipsoïde de référence), on définit le géoïde établi par l'agence national de la conservation foncier du cadastre et de la cartographie.

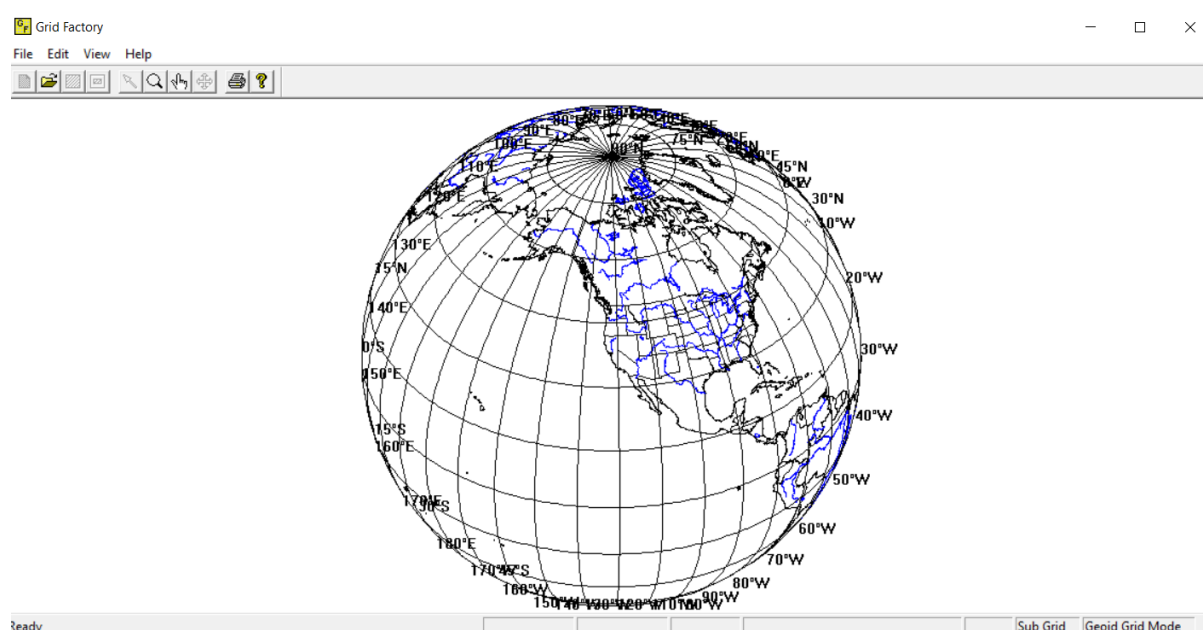


Figure 23: interface du logiciel Trimble Grid Factory Utility

Pour qu'on puisse faire le traitement avec ce géoïde, on définit d'abord la projection ITRF05 dans le logiciel TBC, puis on import notre géoïde de format (ggf), puis on refait les mêmes étapes précédentes, en traitant les lignes de bases des 2 sessions, on établit le rapport de fermeture, puis on commence l'ajustement libre sans fixer aucun point.

Coordonnées de grille ajustées

ID de point	Abscisse (Mètre)	Abscisse Erreur (Mètre)	Nord (Mètre)	Nord Erreur (Mètre)	Altitude (Mètre)	Altitude Erreur (Mètre)	Contrainte
5248hc	459786.186	0.0009	1417570.747	0.0011	93.869	0.0081	
B34	459775.761	0.0010	1408603.794	0.0011	136.780	0.0086	
GAB14	465510.501	0.0013	1412276.386	0.0014	169.961	0.0097	
GH40	451295.661	0.0015	1413937.796	0.0020	44.439	0.0134	
GH45	455242.857	0.0010	1416589.661	0.0013	39.817	0.0091	
POINT 6	457558.288	0.0009	1411583.913	0.0011	108.245	0.0080	
POINT 7	458775.159	0.0007	1414128.233	0.0009	80.637	0.0068	
POINT 8	460503.939	0.0010	1410720.167	0.0011	143.481	0.0078	

Figure 24: Coordonnées résultantes de l'ajustement avec géoïde

Pour l'ajustement avec contraintes, on introduit les coordonnées planimétriques de point en plus des hauteurs ortho-métrique.

4.7.2. Ajustement avec contraintes :

➤ Avec minimum de contrainte :

On introduit dans le réseau les coordonnées planimétriques ainsi que la hauteur ortho-métrique du point B34.

Coordonnées de grille ajustées

ID de point	Abscisse (Mètre)	Abscisse Erreur (Mètre)	Nord (Mètre)	Nord Erreur (Mètre)	Altitude (Mètre)	Altitude Erreur (Mètre)	Contrainte
5248hc	459786.235	0.0016	1417568.295	0.0018	99.882	0.0139	
B34	459775.810	?	1408601.350	?	142.796	?	EN e
GAB14	465510.544	0.0017	1412273.938	0.0018	175.976	0.0126	
GH40	451295.717	0.0020	1413935.347	0.0025	50.454	0.0175	
GH45	455242.910	0.0016	1416587.209	0.0021	45.830	0.0148	
POINT 6	457558.339	0.0013	1411581.467	0.0014	114.260	0.0112	
POINT 7	458775.209	0.0014	1414125.783	0.0017	86.651	0.0127	
POINT 8	460503.987	0.0012	1410717.721	0.0013	149.497	0.0101	

Figure 25: Coordonnées résultantes de l'ajustement avec géoïde avec minimum de contraintes

➤ Avec maximum de contraintes :

On procède de la même manière, on ajoute dans le réseau les coordonnées et les hauteurs ortho-métrique d'autres points connus et puis on observe le comportement des autres points anciens non fixé dans le réseau, autrement dit on calcule les écarts entre les coordonnées et les hauteurs ajustées avec leurs coordonnées et les hauteurs réelles. Dans notre cas, il s'est avéré que l'ajustement avec 3 contraintes qui sont : B34, GH40, GH45 donne des résultats tolérables.

Coordonnées de grille ajustées

ID de point	Abscisse (Mètre)	Abscisse Erreur (Mètre)	Nord (Mètre)	Nord Erreur (Mètre)	Altitude (Mètre)	Altitude Erreur (Mètre)	Contrainte
5248hc	459786.231	0.0078	1417568.281	0.0089	99.893	0.0553	
B34	459775.810	?	1408601.350	?	142.796	?	EN e
GAB14	465510.531	0.0111	1412273.938	0.0111	175.982	0.0633	
GH40	451295.740	?	1413935.310	?	50.470	0.0777	EN
GH45	455242.920	?	1416587.200	?	45.839	?	EN e
POINT 6	457558.344	0.0055	1411581.461	0.0068	114.270	0.0512	
POINT 7	458775.211	0.0058	1414125.776	0.0071	86.662	0.0498	
POINT 8	460503.986	0.0065	1410717.719	0.0067	149.502	0.0503	

Figure 26: Coordonnées résultantes de l'ajustement avec géoïde avec maximum de contraintes

➤ Ajustement définitif :

C'est un ajustement avec contraintes qui aboutit à la détermination des coordonnées planimétrique et les hauteurs ortho-métrique finale.

Coordonnées de grille ajustées

ID de point	Abscisse (Mètre)	Abscisse Erreur (Mètre)	Nord (Mètre)	Nord Erreur (Mètre)	Altitude (Mètre)	Altitude Erreur (Mètre)	Contrainte
5248hc	459786.230	?	1417568.280	?	99.893	0.0549	EN
B34	459775.810	?	1408601.350	?	142.796	?	EN e
GAB14	465510.520	?	1412273.940	?	175.974	0.0631	EN
GH40	451295.740	?	1413935.310	?	50.472	0.0784	EN
GH45	455242.920	?	1416587.200	?	45.839	?	EN e
POINT 6	457558.344	0.0054	1411581.461	0.0066	114.270	0.0516	
POINT 7	458775.210	0.0038	1414125.776	0.0047	86.661	0.0498	
POINT 8	460503.983	0.0056	1410717.720	0.0057	149.497	0.0504	

Figure 27: Coordonnées résultantes de l'ajustement définitif avec géoïde

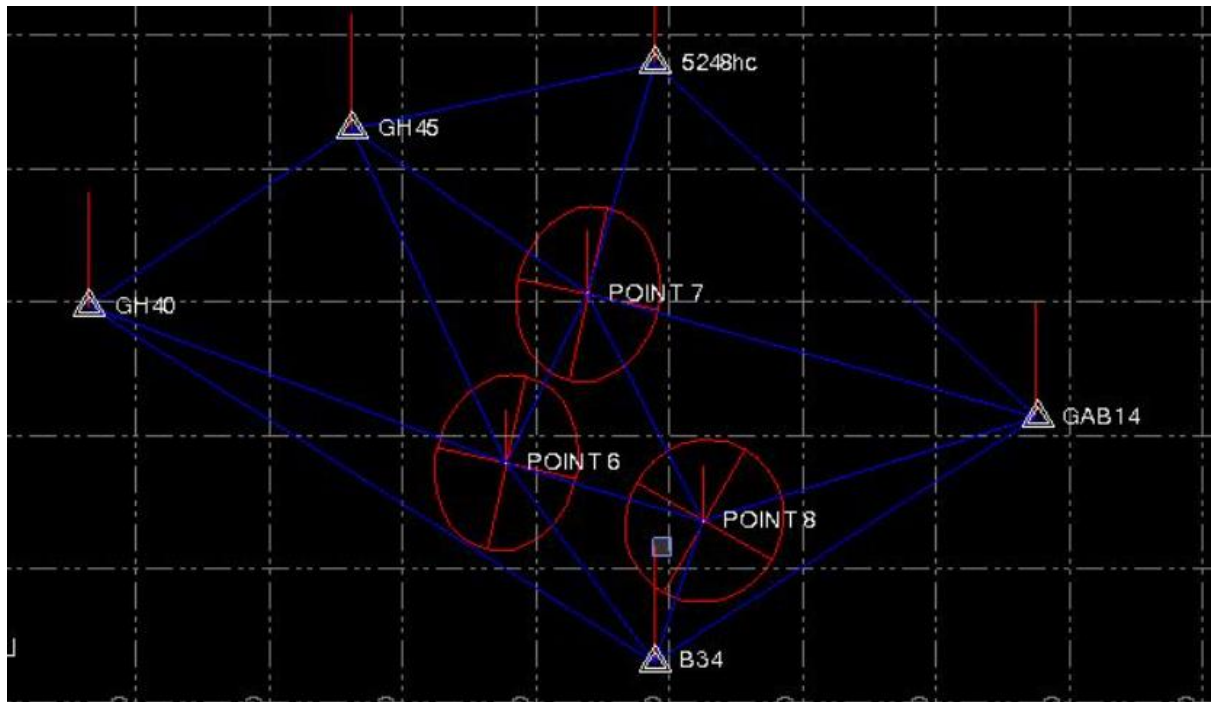


Figure 28: Illustration des lignes de bases du réseau de densification de la mission établie sur TBC

Liste de points

ID	Abscisse (Mètre)	Ordonnée (Mètre)	Altitude (Mètre)	Code des entités géographiques
5248hc	459786.230	1417568.280	99.893	
B34	459775.810	1408601.350	142.796	
GAB14	465510.520	1412273.940	175.974	
GH40	451295.740	1413935.310	50.472	
GH45	455242.920	1416587.200	45.839	
POINT 6	457558.344	1411581.461	114.270	
POINT 7	458775.210	1414125.776	86.661	
POINT 8	460503.983	1410717.720	149.497	

Figure 29: Coordonnées définitives pour les points adoptées lors de la mission GNSS

Partie2 : Rapport nivellement

V. Introduction Générale :

Pour densifier notre réseau non seulement en planimétrie mais aussi en altimétrie, on réalise un nivellement de précision, cette opération représente une étape primordiale, c'est une phase dans laquelle on contrôle la stabilité de nos repères de nivellement.

Il existe plusieurs types de nivellement qui diffèrent en termes de précision et du mode opératoire :

- Nivellement géométrique directe de précision
- Nivellement géométrique direct ordinaire
- Nivellement Trigonométrique

Dans notre projet, nous avons opté pour le nivellement de précision vu qu'on va densifier notre zone en repères altimétriques et qui doivent être déterminés avec une très grande précision.

VI. Objectifs :

L'objectif de cette partie se résume essentiellement sur :

- Faire la reconnaissance des repères de NGM existants et Contrôler l'état des repères du nivellement général du Maroc (RNGM) existant dans la zone.
- Rattacher les points nouveaux du réseau géodésique au réseau du RNGM.

VII. Nivellement géométrique direct de précision pour le contrôle de stabilité :

1. L'objectif.

Le but de cette mission est d'évaluer et contrôler la stabilité du réseau altimétrique entre les repères NGM Gak313 36 et Gak313 42. Le long de ce trajet se trouve les points suivants : Gak313 37, Gak313 38, Gak313 39, Gak313 40, Gak313 41.

Ce contrôle nous permettra d'établir le rattachement altimétrique par nivellement de précision la borne BORNE8.

2. SORTIE DE RECONNAISSANCE :

2.1. Planification de la sortie de reconnaissance :

La sortie de reconnaissance des repères NGM nous a permis de savoir à l'avance l'état des points et différencier entre ceux qui sont exploitables et d'autres non exploitables.

On adopte pour notre projet les repères NGM en bonne état et accessible pour les utiliser le long du parcours de vérification de la stabilité des points,

Dans cette mission, la bonne gestion et distribution des parcours entre les groupes, aide à minimiser les couts et vérifier du bon et du forme la stabilité de ces points.

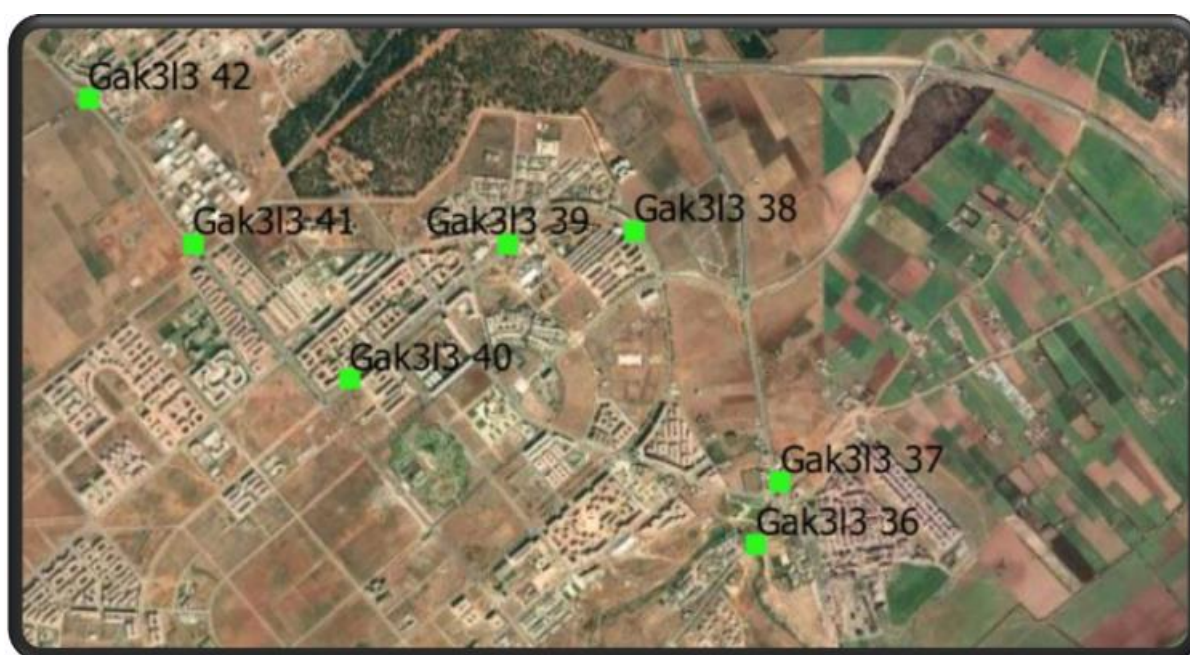


Figure 30: repère de nivellement pour le tronçon global

2.2. Répartition du tronçon :

La répartition des segments des repères entre les différents groupes s'est effectuée lors d'une réunion de façon à ce que chaque équipe se charge d'un tronçon de telle sorte que la répartition soit homogène. Pour ce le tronçon (Gak313 37- Gak313 38) est de grande distance donc la création d'un piquet est nécessaire afin d'attribuer cette partie à deux groupes.

On peut résumer la mission dans le tableau suivant :

Groupe	Liste des tronçons	Repères
3	①	[Gak313 42 - Gak313 41]
2	②	[Gak313 41 - Gak313 40]
1	③	[Gak313 40 - Gak313 39]
7	④	[Gak313 39 - Gak313 38]
5	⑤	[Gak313 38 - piquet]

4	6	[Piquet - Gak313 37]
6	7	[Gak313 37 - Gak313 36]

Tableau 14: Répartition du trajet en tronçons selon les groupes et les repères NGM

3. Exécution de la mission de nivellement :

3.1. Matériels :

Le matériel utilisé pour l'exécution de la mission est énuméré comme suit :

- ✓ Un niveau N3 Topcon
- ✓ Un trépied
- ✓ Deux mires à code-barres
- ✓ 6 crapauds
- ✓ Piquets en fer
- ✓ Une Chaîne de 30m
- ✓ Des plots de signalisation

3.2. Mode opératoire :

La mission de contrôle de stabilité des deux repères de nivellement s'effectue comme suit :

- ✓ Un opérateur qui stationne le niveau et qui vise les mires.
- ✓ Un secrétaire qui note les observations sur une fiche.
- ✓ Un secrétaire qui calcule les contrôles de marche.
- ✓ Deux porteurs de mires.
- ✓ Deux chaîneurs.
- ✓ Un gardien de crapauds.

3.3. Les vérifications à effectuer :

• Les précautions à prendre :

Pour chaque mesure il faut effectuer prendre en considération les vérifications suivantes :

- ✓ La portée ne dépasse pas 50 m
- ✓ La permutation des mesures entre le cheminement 1 et 2 est non tolérable lors de la mission
- ✓ L'égalité des portées avec une tolérance de 1m si le terrain est plat, sinon la différence ait été centimétrique.
- ✓ L'égalité des demi-portes

$$D_1 - D_2 \leq 5cm$$

- ✓ Le contrôle de marche qui consiste dans le contrôle de la différence de la dénivelée entre les deux crapauds entre le coup avant et le coup arrière :

$$\Delta H_1(avant) - \Delta H_2(arrière) \leq 0.4 mm$$

N.B : Le cheminement est considéré un cheminement de 3ème ordre donc la tolérance du contrôle de marché ne dépasse pas les 7 millièmes.

- **L'utilité des vérifications :**

Les vérifications effectuées dans le mode opératoire nous permettent de réduire ou d'éliminer les erreurs systématiques qui affectent la mesure. Ces erreurs sont les suivants :

- ✓ L'égalité des portés permet de réduire l'effet de la courbure terrestre et de la réfraction atmosphérique et d'éliminer l'erreur due au défaut de réglage de l'instrument.
- ✓ L'utilisation de la même mire sur les paires des crapauds pour le coup avant et arrière, sert à éliminer l'erreur du talon.
- ✓ Le contrôle de marche est un moyen de vérification de l'homogénéité des mesures entre les deux cheminements parallèles

4. Résultats et leurs analyses :

Le calcul s'effectue par les formules suivantes :

- $\Delta H = L_R - L_A$
- $R = (\sum_i L_{Ri})_{ch2} - (\sum_j L_{Rj})_{ch1}$
- $V = (\sum_i L_{Vi})_{ch2} - (\sum_j L_{Vj})_{ch1}$
- $\Delta H_{ch1} = (\sum_i (L_{Ri} - L_{vi}))_{ch1}$
- $\Delta H_{ch2} = (\sum_i (L_{Ri} - L_{vi}))_{ch2}$

4.1. Cheminement Aller :

Les observations et les calculs effectués sont représentées dans le tableau suivant sachant que :

	Coup Arrière			Coup Avant			Différence des lectures aux FN			
	DS	Echelle I	Echelle II	Echelle I	Echelle II	DS	Arrière		Avant	
							Contrôle de marche			
		Niveleur	Niveleur	Niveleur	Niveleur			(+)	(-)	
S1	30,9	0,9335	0,9334	1,6326	1,6343	30,95	-1			17
S2	43,87	1,2873	1,2894	1,2679	1,2643	43,52	21	4		-35
S3	43,91	1,1776	1,1746	1,2431	1,2264	44,33	-30	5		-166
S4	43,88	1,5372	1,5205	0,9926	0,9888	44,36	-168		-2	-38
S5	43,69	2,0918	2,0880	0,7960	0,7963	43,34	-37		0	3
S6	46,25	2,4638	2,4641	0,0597	0,0572	46,42	3		0	-25
S7	33,02	2,6362	2,6332	0,3144	0,3211	32,56	-31		-5	67
S8	23,45	2,33473	2,3412	0,6188	0,61037	23,01	65		-3	-84
S9	16,17	1,59957	1,59099	0,76285	0,76299	15,97	-85,8		-1	1,4
	325,14	16,0618	16,0354	7,6879	7,6618	324,46			-2	
		R= -264		V= -260				9,4	-12,9	
							R			V
							-264	R-V=	-4	-260
		L(m)	649,6	DI(m)	8,3739	DII=	8,3736	DII-DI=	-4	

Tableau 15: Les observations obtenues pour le cheminement Aller du tronçon 4

4.2. Chemin retour :

	Coup Arrière			Coup Avant			Différence des lectures aux FN			
	DS	Echelle I	Echelle II	Echelle I	Echelle II	DS	Arrière(0.1mm)		Avant(0.1mm)	
							Contrôle de marche			
		Niveleur	Niveleur	Niveleur	Niveleur			(+)	(-)	
S1	18,61	0,3398	0,3398	1,9265	1,9740	18,44	0			474
S2	37,93	0,0908	0,1382	2,6244	2,6352	37,77	474		0	108
S3	38,58	0,0858	0,0966	2,2236	2,2308	38,49	108	0		73
S4	38,18	0,4489	0,4561	2,0168	2,0311	38,5	72		-1	143
S5	40,19	0,8649	0,8786	1,8116	1,7976	39,95	136		-6	-141
S6	42,57	1,1267	1,1123	1,5195	1,5272	42,77	-144		-3	77
S7	40,92	1,3107	1,3186	1,0588	1,0628	40,56	79	1		40
S8	37,95	1,3999	1,4039	1,4563	1,4393	37,28	40		0	-170
S9	30,64	1,53081	1,51373	0,93338	0,9333	30,94	-170,8	-1		-0,8
	325,57	7,1983	7,2578	15,5709	15,6313	324,7			1	
		R= 595		V= 604			595	2	170	604
							R			V
							595	R-V=	-9	604
		L(m)	650,27	DI(m)	-8,3726	DII=	-8,3735	DII-DI=	-9	

Tableau 16: Les observations obtenues pour le cheminement Retour du tronçon 4

4.3. Calcul des précisions et contrôle des résultats :

On a :

$$\Delta H_{(\text{Gak3l3 39} - \text{Gak3l3 38})\text{Aller}} = -8,373 \text{ m}$$

$$\Delta H_{(\text{Gak3l3 39} - \text{Gak3l3 38})\text{Retour}} = -8,3737 \text{ m}$$

On sait que :

$$\Delta H_{(\text{Gak3l3 39} - \text{Gak3l3 38})\text{Aller}} = \frac{\sum_{i=1}^9 (L_R - L_V)_{ch1} + \sum_{i=1}^9 (L_R - L_V)_{ch2}}{2}$$

Par propagation des erreurs on obtient :

$$\sigma_{(\Delta H_{(\text{Gak3l3 39} - \text{Gak3l3 38})\text{Aller}})}^2 = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^9 4 * \sigma_L^2 = 9 * \sigma_L^2 = 0,81 \text{ mm}^2$$

D'où :

$$\sigma_{\Delta H_{(\text{Gak3l3 39} - \text{Gak3l3 38})\text{Aller}}} = 0,9 \text{ mm}$$

De même pour la dénivelée du retour, on obtient :

$$\Delta H_{(\text{Gak3l3 39} - \text{Gak3l3 38})\text{Aller}} = \frac{\sum_{i=1}^9 (L_R - L_V)_{ch1} + \sum_{i=1}^9 (L_R - L_V)_{ch2}}{2}$$

$$\sigma_{\Delta H_{(\text{Gak3l3 39} - \text{Gak3l3 38})\text{Aller}}} = 0,9 \text{ mm}$$

De plus :

$$f = \Delta H_{(\text{Gak3l3 39} - \text{Gak3l3 38})\text{Aller}} - \Delta H_{(\text{Gak3l3 39} - \text{Gak3l3 38})\text{Retour}} = 0,7 \text{ mm}$$

$$\sigma_f^2 = \sigma_{(\Delta H_{(\text{Gak3l3 39} - \text{Gak3l3 38})\text{Aller}})}^2 + \sigma_{(\Delta H_{(\text{Gak3l3 39} - \text{Gak3l3 38})\text{Retour}})}^2 = 1,8 \text{ mm}^2$$

D'où :

$$\sigma_f = 1,34 \text{ mm}$$

$$T = 2.7 * \sigma_f = 3.618 \text{ mm}$$

Comme : $f < T$:

Donc On admet que les résultats obtenus, sont tolérables.

4.4. Analyse des résultats :

4.4.1. Les observations :

Liste des groupes	Liste des tronçons		Points		ΔH		Précision Partielle (mm)	ΔH Moyenne	Précision Moyenne (mm)
			Départ	Arrivée	Aller	Retour			
3	I	Aller	42	41	-5,5771		0,4	-5,5782	0,4
		Retour	41	42		5,5792	0,3		
2	II	Aller	41	40	28,0058		0,4	28,0059	0,4
		Retour	40	41		-28,0059	0,4		
1	III	Aller	40	39	7,1031		0,3	7,1036	0,3
		Retour	39	40		-7,104	0,3		
7	IV	Aller	39	38	8,3737		0,3	8,3734	0,3
		Retour	38	39		-8,373	0,3		
5	V	Aller	38	piquet	-5,4659		0,3	-5,4663	0,3
		Retour	piquet	38		5,4667	0,4		
4	VI	Aller	piquet	37	-21,3271		0,4	-21,3265	0,4
		Retour	37	piquet		21,3259	0,4		
6	VII	Aller	37	36	-10,7202		0,3	-10,7204	0,3
		Retour	36	37		10,7206	0,3		

Tableau 17: les observations acquises dans l'ensemble des tronçons

4.4.2. Compensation du réseau

• Méthode des conditions :

➤ Analyse du problème :

- Nombre d'observation : $n=7$
- Nombre minimum d'éléments pour résoudre le problème $n_0=6$
- Nombre de paramètres : $u=0$
- Degré de liberté : $\vartheta = n - n_0 = 1$
- Nombre d'équations : $r= 1$

➤ Identifications des variables :

\bar{L} : Vecteur des dénivelées observées

Avec :

$$\bar{L} = (\bar{l}_1 \quad \bar{l}_2 \quad \bar{l}_3 \quad \bar{l}_4 \quad \bar{l}_5 \quad \bar{l}_6 \quad \bar{l}_7)^T$$

\bar{L}

$$= (-5.5782 \quad 20.0059 \quad 7.1036 \quad 8.3734 \quad -5.4663 \quad -21.3265 \quad -10.7204)^T$$

\hat{V} : Vecteur des résiduelles

$$\hat{V} = \hat{\bar{L}} - \bar{L}$$

➤ Modèle mathématique implicite :

$$F(\hat{\bar{L}}) = C$$

➤ Modèle mathématique générale :

$$F(\hat{\bar{L}}) = C \Rightarrow \hat{l}_1 + \hat{l}_2 + \hat{l}_3 + \hat{l}_4 + \hat{l}_5 + \hat{l}_6 + \hat{l}_7$$

➤ Modèle mathématique linéarisé :

$$B\hat{V} + W = 0$$

Avec :

$$B = \left. \frac{\partial F}{\partial \bar{L}} \right|_{\bar{L}}$$

Et :

$$W = F(\bar{L}_0) - C$$

Donc :

$$B = [1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1]$$

ET :

$$W = [14] * 10^{-1} \text{ mm}$$

➤ Calcul de la matrice des poids :

$$P = \sigma_0^2 * \sum_{\bar{L}}^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.14 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.14 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.14 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.14 \end{bmatrix}$$

Avec : $\sigma_0^2 = 0.4^2$

➤ Calcul du vecteur des résiduels \hat{V} :

$$M = BP^{-1}B^T$$

$$\hat{K} = -M^{-1}W$$

$$\hat{V} = P^{-1}B^TK$$

Alors :

$$\hat{V} = \begin{bmatrix} -2.15 \\ -2.15 \\ -1.87 \\ -1.87 \\ -1.87 \\ -2.15 \\ -1.88 \end{bmatrix} 10^{-1}mm$$

➤ Calcul de $\hat{\bar{L}}$:

$$\hat{\bar{L}} = \bar{L} + \hat{V}$$

$$\hat{\bar{L}} = \begin{bmatrix} \Delta h_{42-41} \\ \Delta h_{41-40} \\ \Delta h_{40-39} \\ \Delta h_{39-38} \\ \Delta h_{38-piquet} \\ \Delta h_{piquet-37} \\ \Delta h_{37-36} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -5.5780 \\ 28.0057 \\ 7.1034 \\ 8.3732 \\ -5.4661 \\ -21.3263 \\ -10.7202 \end{bmatrix} m$$

On a:

$$H(\text{Gak313 42}) = H(\text{Gak313 36}) - \Delta h(\text{Gak313 42} - \text{Gak313 36})$$

Et Sachant que :

$$\text{Alors: } H(\text{Gak313 36}) = 114,311\text{m}$$

$$\Delta h(\text{Gak313 42} - \text{Gak313 36}) = 0,3917\text{m}$$

D'où

$$H(\text{Gak313 42}) = 113,9193\text{m}$$

$$\text{Et on a } \sigma_{H_{42}} = \sqrt{\sigma_{\Delta H_{42-36}}^2 + \sigma_{H_{36}}^2}$$

Et on a :

$$\sigma_{H_{36}}^2 = 0$$

Et par suite

$$\begin{aligned} \sigma_{H_{42}} &= \sigma_{\Delta H_{42-36}} = \sqrt{0.4^2 + 0.4^2 + 0.4^2 + 0.3^2 + 0.3^2 + 0.3^2 + 0.3^2} \\ &= 0.96\text{mm} \end{aligned}$$

5. Rattachement altimétrique par nivellement de précision :

Pour calculer les altitudes du nouveau point constituant le réseau de densification géodésique établie par GNSS, on a réalisé un rattachement altimétrique commençant par le piquet qu'on a déjà déterminé par Nivellement de précision et qui était stable, allant jusqu'à la borne construite pour pouvoir contrôler la valeur de l'altitude donnée par l'ajustement lors du traitement TBC.

5.1. Rattachement du point P8 (BORNE8) :



Figure 31: Image de la borne P8

On a rattaché le point P8 au repère de nivellement, ce travail a été réalisé par un nivellement de précision réalisé par la moitié des membres de deux groupes, commençant par le point de départ qui est le piquet connu en altitude après avoir réalisé le traitement sur TBC de la densification du jour précédent.

Tableau contenant les valeurs du nivellement réalisé en cercle droit et cercle gauche, les deux échelles et les contrôles effectués sur terrain

	Cr D		Cr G		Cr D		Cr G		Arrière	Avant			
	F.Niveleur	Distance (m)	F.Niveleur	Distance (m)	F.Niveleur	Distance (m)	F.Niveleur	Distance (m)	-	+	T=1m	T= 0,05 m	T= 0,0007 m
S 1	0.32950	22.93000	0.32960	22.93000	1.83700	22.31000	1.80640	22.32000	0.00010	-0.03060	0.62000	-0.01000	0.00000
										-0.00010	0.61000	
S 2	1.01290	17.28000	0.98240	17.27000	1.92850	16.98000	1.92430	16.99000	-0.03050	-0.00420	0.30000	-0.01000	-0.01000
										0.00010	0.28000		-0.00010
S 3	1.20490	24.38000	1.20060	24.38000	1.91850	24.45000	1.91860	24.43000	-0.00430	0.00010	-0.07000	0.02000	0.00000
										0.00000	-0.05000		0.00010
Somme	2.54730	64.59000	2.51260	64.58000	5.68400	63.74000	5.64930	63.74000					

Tableau 18: Tableau du nivellement

5.2. Calcul des Tolérances :

	Tolérance	T (cm)
Egalité des portées de part et d'autre de la Station	1 m	100.00000

Egalité des portées des deux Crapaud	5 cm	5.00000
Contrôle de marche entre deux stations successives	7/10 mm	0.07000
Contrôle de différence d'altitude entre deux cheminement	$7 \cdot \sqrt{N}$	21.00000
	CH 1 (m)	CH 2 (m)
	3.13670	3.13670

On a :

		H (m)
Départ	Piquet	146.35370
Arrivée	P8	149.49060

Longueur du cheminement	CH 1	CH 2
	75.63000	75.62500

Calcul des dénivelés

Delta H1	3.13670
Delta H2	3.13670

Calcul de la fermeture :

$$f = \Delta H_{\text{cheminement1}} - \Delta H_{\text{cheminement2}}$$

Calcul de la tolérance :

$$\text{On a : } T = 2.7 \sigma_{\text{Diff}} \quad \text{et } \sigma_{\text{Diff}} = \sqrt{2} \sigma_{\Delta H_j} = \sqrt{2} \sqrt{9} \sigma_{\Delta H_{ji}} = \sqrt{2} \sqrt{9} \sqrt{2} \sigma_L$$

$$\text{Donc } T = 2.7 * 6 \sigma_L$$

$$\text{Or } \sigma_L = 0.1 \text{ mm}$$

Et donc :

$$T = 1.62 \text{ mm}$$

$$HP8 = HP_{\text{Piquet}} + \Delta HP8\text{-Piquet}$$

Alors

$$\sigma^2(HP8) = \sigma^2(HP_{\text{Piquet}}) + \sigma^2(\Delta HP8\text{-Piquet})$$

$$\Delta HP8\text{-Piquet} = (\Delta H1 + \Delta H2)/2$$

Alors

$$\sigma^2(\Delta HP8 - \text{Piquet}) = (\sigma^2(\Delta H1) + \sigma^2(\Delta H2))/4$$

$$\sigma^2(\Delta H1) = (\sigma^2(\sum Lr) + \sigma^2(\sum Lv))/4 = 2n\sigma^2(L) \text{ et } \sigma^2(\Delta H2) = (\sigma^2(\sum Lr) + \sigma^2(\sum Lv))/4 = 2n\sigma^2(L)$$

$$\sigma^2(\Delta HP8 - \text{Piquet}) = \frac{n}{2} \sigma^2(L)$$

D'où

$$\sigma^2(HP8) = \sigma^2(HP_{\text{Piquet}}) + \frac{n}{2} \sigma^2(L)$$

$$\text{Avec } \sigma L^2 = 0.1\text{mm} \text{ et } \sigma^2(HP_{\text{Piquet}}) = 0.4\text{mm}$$

D'où

$$\sigma^2(HP8) = 0.55\text{mm}$$

VIII. Ajustement final du réseau de densification (planimétrie + altimétrie)

Après avoir terminé la densification planimétrique du réseau par GNSS et celle altimétrique par nivellement de précision, on procède par la suite à un ajustement final en entrant les hauteurs orthométriques obtenue par le Nivellement de précision par rapport au Géoïde hybride du Maroc GHM21 et en fixant les points connus en planimétrie et en altimétrie étant stables.

Liste de points

ID	Abscisse (Mètre)	Ordonnée (Mètre)	Altitude (Mètre)	Code des entités géographiques
5248hc	459786.230	1417568.280	99.893	
B34	459775.810	1408601.350	142.796	
GAB14	465510.520	1412273.940	175.974	
GH40	451295.740	1413935.310	50.472	
GH45	455242.920	1416587.200	45.839	
POINT 6	457558.344	1411581.461	114.270	
POINT 7	458775.210	1414125.776	86.661	
POINT 8	460503.983	1410717.720	149.497	

14/05/2022 23:38:45		Trimble Business Center
---------------------	--	-------------------------

Figure 32: extrait du rapport d'ajustement avec contraintes avec le Géoïde hybride du Maroc GHM21

Point	X(m)	Y(m)	H(m)
P6	457558.344	1411581.461	114.270
P7	458775.210	1414125.776	86.661
P8	460503.983	1410717.720	149.497

Tableau 19: Coordonnées planimétriques et altimétriques des points nouveaux

IX. Conclusion

Grace à cette semaine de la géodésie, on a pu réaliser notre première densification planimétrique et altimétrique du réseau hors l'institut qui était exactement au niveau de la région Tamesna.

Durant la conception et la réalisation du projet nous avons pu développer un sens d'analyse des problèmes, de gestion du temps, d'effort et du matériel disponible. Pour conclure, ce stage est un moyen pour améliorer nos connaissances et une opportunité pour apprendre d'affronter les contraintes et problèmes rencontrés lors des travaux associés aux ingénieurs topographes.