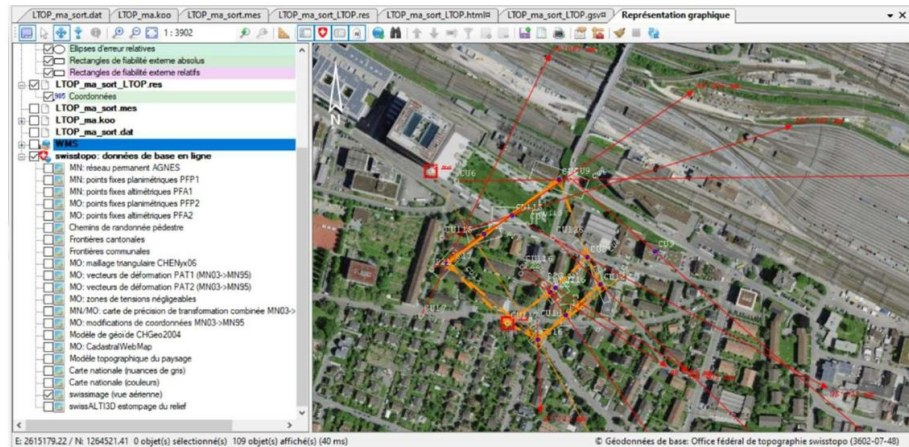


Tutoriel GeoSuite – Module LTOP



Formation continue - Cours ponctuel GeoSuite

HEIG-VD & swisstopo

Yverdon-les-Bains, le 29 juin 2023

V1.0

Marin Smolik



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de topographie swisstopo

Table des matières

1. Introduction	2
2. Réseau altimétrique simple	3
2.1. Éléments à disposition	3
2.2. Préparation du programme GeoSuite et création du projet n°1	3
2.3. Calcul libre	4
2.4. Analyse du résultat et ajustements du calcul libre	12
2.5. Calcul libre-ajusté	12
2.6. Analyse du résultat du calcul libre-ajusté	13
2.7. Calcul contraint	13
2.8. Analyse du résultat du calcul contraint	14
2.9. Fin du calcul du réseau altimétrique simple	14
3. Réseau 2D+1	15
3.1. Éléments à disposition	15
3.2. Préparation du programme GeoSuite et création du projet n°2	15
3.3. Calcul tout contraint	16
3.4. Analyse du résultat et détection des fautes grossières extrêmes	25
3.5. Calcul libre	26
3.6. Analyse du résultat et ajustements du calcul libre	30
3.7. Calcul libre-ajusté	31
3.8. Analyse du résultat du calcul libre-ajusté	32
3.9. Calcul contraint	33
3.10. Analyse du résultat du calcul contraint	33
3.11. Fin du calcul du réseau 2D+1	34
4. Réseau 2D+1 combiné	35
4.1. Éléments à disposition	35
4.2. Préparation du programme GeoSuite et création du projet n°3	35
4.3. Calcul libre combiné	36
4.4. Analyse du résultat et ajustements du calcul libre combiné	45
4.5. Calcul libre-ajusté combiné	46
4.6. Analyse du résultat du calcul libre-ajusté combiné	47
4.7. Calcul contraint combiné	48
4.8. Analyse du résultat du calcul contraint combiné	48
4.9. Fin du calcul du réseau 2D+1	49
Liste des figures	50

1. Introduction

Ce tutoriel a été conçu pour être suivi sur le logiciel GeoSuite 1.6 version 1.6.4351 (27.06.2023) – x64.

Ce document a été réalisé dans le cadre de la formation continue donnée par la HEIG-VD et swisstopo. Il contient un tutoriel permettant de découvrir l'interface graphique du module LTOP de GeoSuite à travers trois réseaux d'ajustement différents. Il s'agit d'un réseau altimétrique simple, d'un réseau 2D+1 et d'un réseau 2D+1 combiné tachéomètre et GNSS.

Les données utilisées pour réaliser ces canevas de mesures ne font pas foi et ne peuvent être utilisées qu'à des fins de formation.

Ce tutoriel met en exergue diverses fonctionnalités issues de la version GeoSuite citée précédemment. Il existe encore plusieurs outils qui ne figurent pas dans ce tutoriel. Ces derniers sont tous cités et expliqués dans le manuel d'utilisation du logiciel.

Il est important de noter qu'il existe diverses solutions de paramètres afin de compenser un réseau géodésique. Les solutions présentées dans ce tuto permettent principalement d'illustrer certains cas et de se familiariser avec l'utilisation du module LTOP dans GeoSuite.

2. Réseau altimétrique simple

L'objectif de ce chapitre est de calculer une compensation altimétrique simple pour un réseau uniquement relevé par un nivellement géométrique.

Il est question ici d'appliquer dans l'ordre les étapes de calcul dans les règles de l'art et d'analyser les résultats.

Voici un bref descriptif du contexte de ce réseau :

Il s'agit d'analyser les déformations à haut niveau de confiance d'un réseau de nivellement précis. Ceci se fait par trois calculs à la suite (libre, libre-ajusté et contraint). Le réseau est composé de deux points de référence (D1V6094 et 44) avec une précision connue de 0.7 [mm]. Les mesures de nivellement et leur erreur moyenne ont été contrôlées par le module LNAUS en amont.

Divers éléments techniques :

L'écart type pour ce nivellement est de 0.2 ppm. Un ancien rapport « .prn » est demandé en français ainsi qu'un fichier de différences de coordonnées.

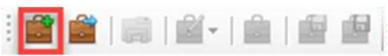
2.1. Éléments à disposition

Sont fournis deux fichiers :

- Un fichier de coordonnées planes avec altitudes sur le géoïde, « 20230629_GeoS_Form_n1.koo » ;
- Un fichier de mesures terrestres, « 20230629_GeoS_Form_n1.mes ».

2.2. Préparation du programme GeoSuite et création du projet n°1

- Ouvrir l'application GeoSuite ;
- Réinitialiser la disposition des barres d'outils.
 - Onglet « Affichage » / « Barres d'outils » / « Réinitialiser la disposition des barres d'outils ».
- Créer un nouveau projet.

- Icône « Nouveau projet »  ;
- Choisir l'emplacement du dossier de projet ;
- Nommer le projet. Ex. : « Projet_n1.gsp ».

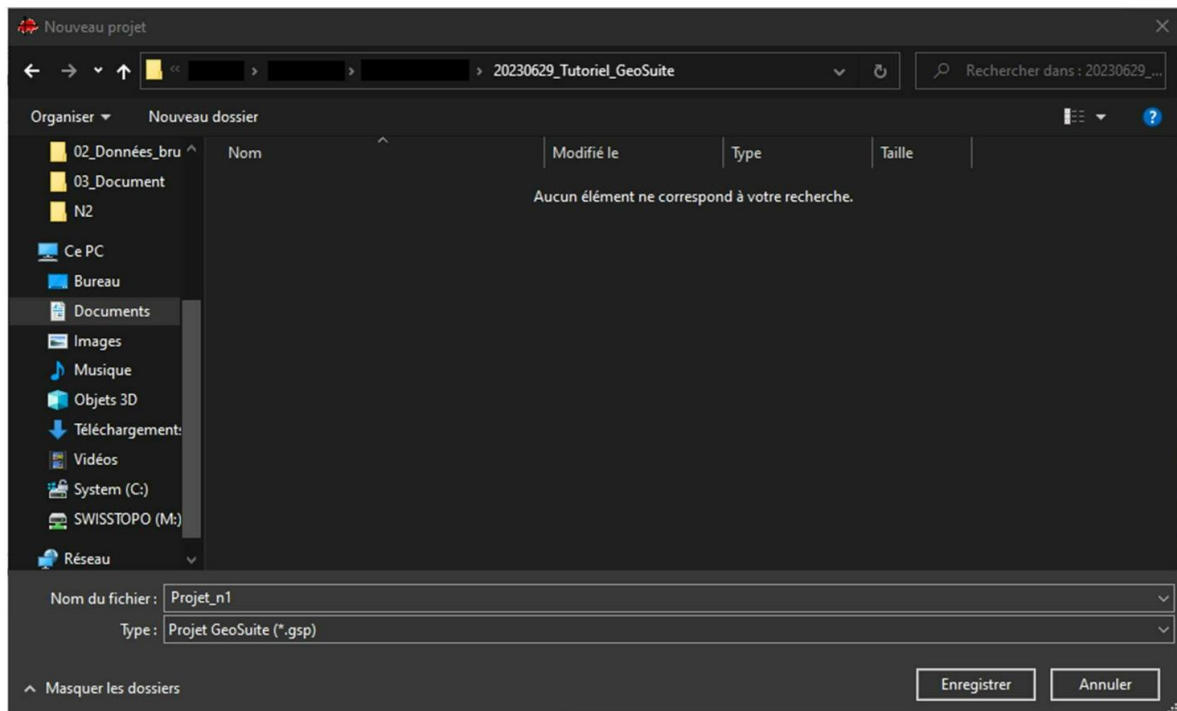


Figure 2-1 : Création du projet n° 1.

- Glisser-déposer les fichiers de coordonnées et de mesures dans la fenêtre d'affichage de GeoSuite.
 - Un dossier « ...\\Projet_n1\\data » a bien été créé automatiquement et contient les deux fichiers précités.

2.3. Calcul libre

- Paramétrer le fichier de compensation LTOP à l'aide de la nouvelle interface graphique.
 - Icône « LTOP » / icône « Définir ... ».
- Données générales.
 - Un nom de jeu de paramètres de compensation n'est pas utile dans ce contexte.
 - Sélectionner le domaine d'application approprié.
 - « *Domaine d'application / type de mensuration* » / cellule « *Mensuration technique (version du programme 1/2)* ».
- Onglet « Type de compensation et configuration ».
 - Sélection du type de compensation adapté pour la planimétrie.
 - Ligne « *Type de compensation* » / cellule « *Aucune* » ;
 - Ligne « *Préanalyse* » / reste grisée ;
 - Ligne « *Compensation robuste / coefficient* » / reste grisée.
 - Sélection du type de compensation adapté pour l'altimétrie.
 - Ligne « *Type de compensation* » / cellule « *Libre (datum minimal)* » ;
 - Ligne « *Préanalyse* » / non coché ;
 - Ligne « *Compensation robuste / coefficient* » / non coché.
 - La définition de compensation libre n'est pas utile dans ce contexte.
 - Définition des critères d'interruption.
 - Ligne « *Nombre maximal d'itérations* » / entrer « 10 » ;

- Ligne « Seuil d'interruption [mm] » / entrer « 0.1 ».

Figure 2-2 : Type de compensation et configuration du calcul libre du projet n° 1.

- Onglet « définition du datum / points fixes et variables ».

- Sélection du fichier de coordonnées à utiliser.

- Icône « Dossier » / sélectionner le fichier « 20230629_GeoS_Form_n1.koo »

- Choix du système de projection.

- Ligne « Système de référence » / cellule « CH (MN95) : Suisse (Mercator oblique) – MN95 ».

- Choisir l'origine des coordonnées pour le cadre de référence MN95.

- Ligne « Nom » / écrire « NULLBERN ».

- Ligne « Coordonnées » / sélectionner « Valeurs fixes » / entrer « 2600000.0000 » [m] en Est / entrer « 1200000.0000 » [m] en Nord / entrer « 0.0000 » [m] en Altitude.

- Sélectionner un seul point fixe altimétrique pour ce cas (= au nombre de défauts de datum).

- Cocher le point fixe altimétrique « D1V6094 » ou « 44 ».

LTOP

Nom du jeu de paramètres de compensation:

Domaine d'application / type de mensuration:
 Mensuration technique (version du programme 1/2) P. ex. mesures de déformation

Type de compensation et configuration Définition du datum / points fixes et variables Modèle fonctionnel Modèle stochastique Qualité / fiabilité Rapport / résultats

Fichier de coordonnées
 29062023_Tutoriel_GeoSuite\Projet_n1\data\20230629_GeoS_Form_n1.kod

Système de projection
 Système de référence: CH (MN95): Suis:
 Ellipsoïde de référence: BESSEL 1841
 Demi-grand axe (a) [m]: 6377397.155
 Carré de la 1ère excentricité: 0.006674372231

Origine
 Nom: NULLBERN
 Coordonnées:
☐ Centre de gravité (de tous les points fixes et variables)
☒ Valeurs fixes:
 Est (E/y) [m]: 2600000
 Nord (N/x) [m]: 1200000
 Altitude (H/h) [m]: 0

Points fixes et variables

Nom	Point fixe planimétrique	Point fixe altimétrique
1 44	☒	☐
2 100	☒	☐
3 T0V6	☒	☐
4 T4HS	☒	☐
5 MTTIN	☒	☐
6 T0V35	☒	☐
7 T0V36	☒	☐
8 T0V39	☒	☐
9 T0V42	☒	☐
10 T0V46	☒	☐
11 D1V6084	☒	☐
12 D1V6094	☒	☒
13 MTTIT5V	☒	☐

13 / 13 points fixes planimétriques
 1 / 13 points fixes altimétriques

Rechercher... Editer la liste des points...

Réinitialiser Importer... Exporter... OK Annuler

Figure 2-3 : Définition du datum / points fixes et variables du calcul libre du projet n° 1.

- Onglet « Modèle fonctionnel ».

- Les paramètres optionnels ne sont pas utiles dans ce contexte ;
- Les paramètres des sessions GNSS ne sont pas utiles dans ce contexte.

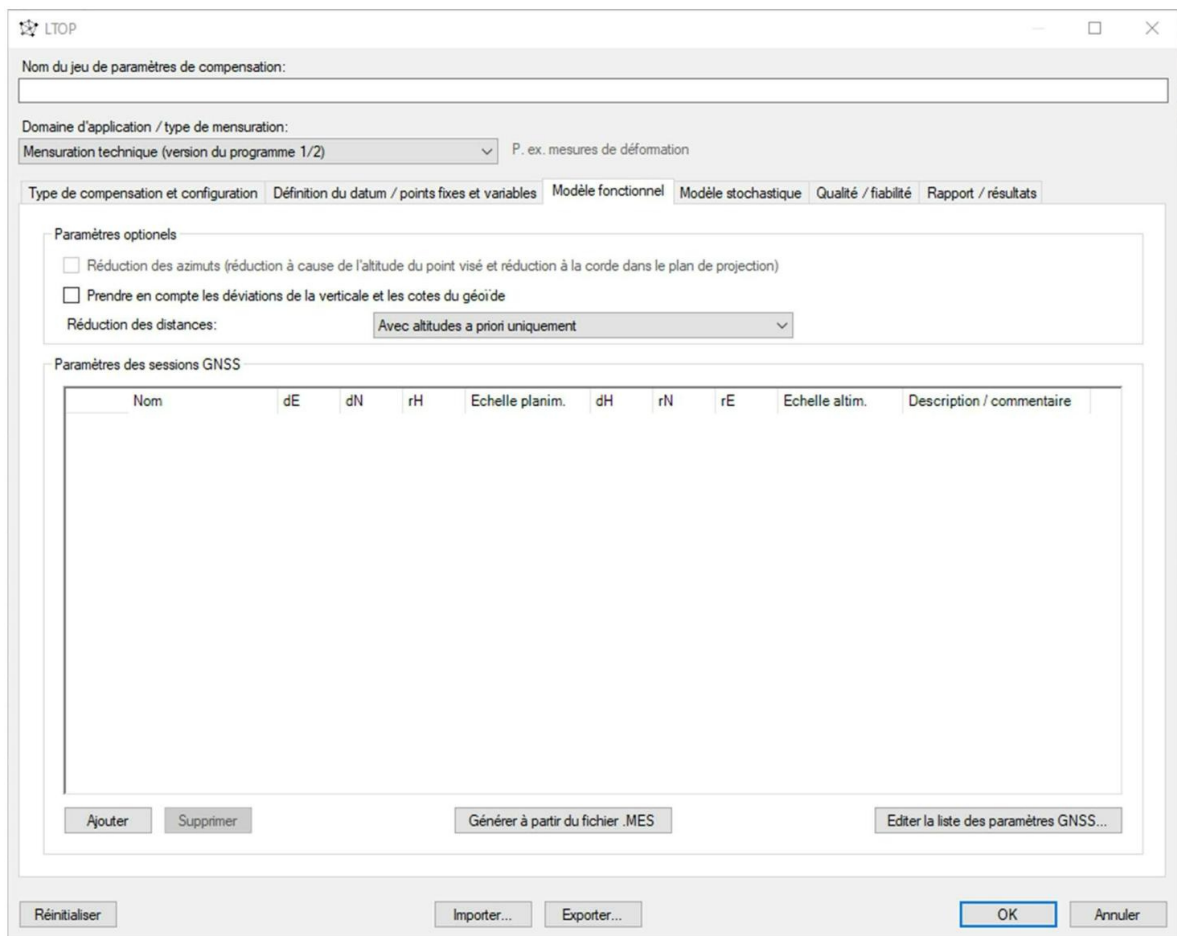


Figure 2-4 : Modèle fonctionnel du calcul libre du projet n° 1.

- Onglet « Modèle stochastique ».

- La section « Planimétrie » est inaccessible car nous ne procédons pas à une compensation planimétrique.
- Section « Altimétrie ».
 - Choix des écarts-types généraux (théoriques).
 - Ligne « Angles verticaux [cc] » / non concerné ;
 - Ligne « Distances vers les points accessibles » / non concerné ;
 - Ligne « Distances vers les points inaccessibles » / non concerné ;
 - Ligne « HI – HS vers les points accessibles » / non concerné ;
 - Ligne « HI – HS vers les points inaccessibles » / non concerné ;
 - Ligne « Différences de niveau pour 1km de » / entrer « 0.20 » ;
 - Ligne « Altitudes GNSS [mm] » / non concerné ;
 - Ligne « Altitudes des points fixes [mm] » / reste grisé.
 - Les angles verticaux réciproques ne sont pas utiles dans ce contexte.
 - La réfraction n'est pas utile dans ce contexte.

LTOP

Nom du jeu de paramètres de compensation:

Domaine d'application / type de mensuration:
Mensuration technique (version du programme 1/2) P. ex. mesures de déformation

Type de compensation et configuration Définition du datum / points fixes et variables Modèle fonctionnel **Modèle stochastique** Qualité / fiabilité Rapport / résultats

Planimétrie **Altimétrie**

Ecart-types généraux (théoriques)

Angles verticaux [cc]:	10	HI - HS vers les points accessibles	5
Distances vers les points accessibles	14	HI - HS vers les points inaccessibles	10
Distances vers les points inaccessibles	28		
Différences de niveau pour 1km de	0.20		
Altitudes GNSS [mm]:	10.00	Altitudes des points fixes [mm]:	0.70

Angles verticaux réciproques

Traitement des observations	Individuel (G): Le	Facteur pour visées non réciproques:	1.732
-----------------------------	---	--------------------------------------	------------------------------------

Réfraction

Coefficient (constante):	0.13	Ecart-type:	0.06
--------------------------	-----------------------------------	-------------	-----------------------------------

Réinitialiser Importer... Exporter... OK Annuler

Figure 2-5 : Modèle stochastique du calcul libre du projet n° 1.

- Onglet « Qualité / fiabilité ».
- Choix du niveau de confiance.
 - Ligne « Niveau de confiance du résultat » / cellule « $2.45\sigma = 95\%$ en planimétrie / $1.96\sigma = 95\%$ en altimétrie ».
- Le choix de la fiabilité de la mensuration cadastrale n'est pas utile dans ce contexte.
- Valeurs limites pour la fiabilité interne planimétrique.
 - Ligne « Erreur résiduelle normée (wi) » / reste grisé ;
 - Ligne « Test du chi carré (x2) [%] » / reste grisé ;
 - Ligne « Probabilité d'une erreur de 2e type » / reste grisé.
- Valeurs limites pour la fiabilité interne altimétrique.
 - Ligne « Erreur résiduelle normée (wi) » / entrer « 2.5 » ;
 - Ligne « Test du chi carré (x2) [%] » / entrer « 20 » ;
 - Ligne « Probabilité d'une erreur de 2e type » / entrer « 5 ».
- Choix de la méthode de calcul pour la fiabilité externe.
 - Ligne « Méthode de calcul » / cellule « Pour chaque point variable : rectangle de fiabilité (A) ».
- L'erreur et la fiabilité relative n'est pas utile dans ce contexte.

Nom du jeu de paramètres de compensation:

Domaine d'application / type de mensuration:
Mensuration technique (version du programme 1/2) P. ex. mesures de déformation

Type de compensation et configuration Définition du datum / points fixes et variables Modèle fonctionnel Modèle stochastique **Qualité / fiabilité** Rapport / résultats

Niveau de confiance
Niveau de confiance du résultat: $2.45\sigma = 95\%$ en planimétrie / $1.96\sigma = 95\%$ en altimétrie

Mensuration cadastrale
☐ Contrôler la fiabilité MO93
Niveau de tolérance: Catégorie de point:

Fiabilité interne

Valeurs limites:	Planimétrie:		Altimétrie:
Erreur résiduelle normée (wi):	2.5		2.5
Test du chi carré (x2) [%]:	20	=	20
Probabilité d'une erreur de 2e type	5		5

Fiabilité externe
Méthode de calcul
Pour chaque point variable : rectangle de fiabilité (A)

Erreur et fiabilité relative

Planimétrie Altimétrie

Ellipses d'erreur relatives:

1er point variable	2ème point varia..

Ajouter Supprimer Editer la liste...

Rectangles de fiabilité relatifs:

1er point variable	2ème point varia..

Ajouter Supprimer Editer la liste...

Réinitialiser Importer... Exporter... OK Annuler

Figure 2-6 : Qualité / fiabilité du calcul libre du projet n° 1.

- Onglet « Rapport / résultats ».
- Choisir les options de mise en page et de contenu adapté.
 - Ligne « Ligne titre 1 » / écrire un titre. Ex. : « Formation module LTOP - GeoSuite - 29.06.2023 » ;
 - Ligne « Ligne titre 2 » / écrire un titre. Ex. : « Calcul nivellement » ;
 - Ligne « Enregistrer la matrice des équations normales (AtA) » / ne pas cocher ;
 - Ligne « Enregistrer les matrices de variance-covariance (Qxx) » / ne pas cocher ;
 - Ligne « Enregistrer la matrice des coefficients (A) » / ne pas cocher ;
 - Ligne « Utiliser les unités SI pour les directions / angles (mgon au lieu de cc) » / ne pas cocher ;
 - Ligne « Générer un ancien rapport en format texte (.prn) » / cocher.
 - Ligne « Langue de sortie » / cellule « Français » ;
 - Ligne « Lignes par page » / entrer « 85 ».

Figure 2-7 : Rapport / résultats du calcul libre du projet n° 1.

- Valider les paramètres et cliquer sur « OK ».
- Section « Paramètres de calcul ».
 - Ligne « Générer un fichier de différences de coordonnées » / à cocher.
- Section « Appliquer à ».
 - Cocher le fichier de mesure mis à disposition initialement.
- Cliquer sur « Exécuter ».

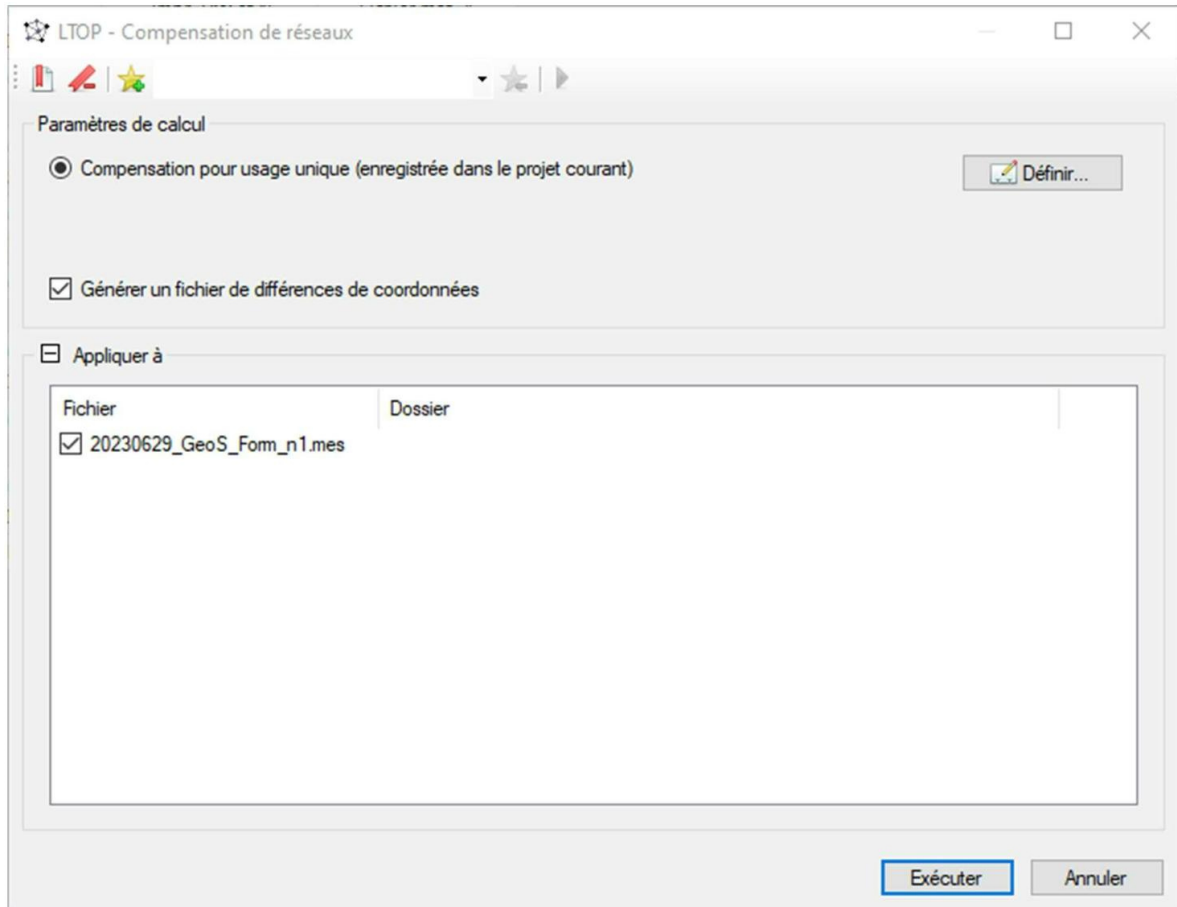


Figure 2-8 : Exécuter le calcul libre du projet n° 1

Une fenêtre s'affiche et donne des informations à propos de l'exécution du calcul.

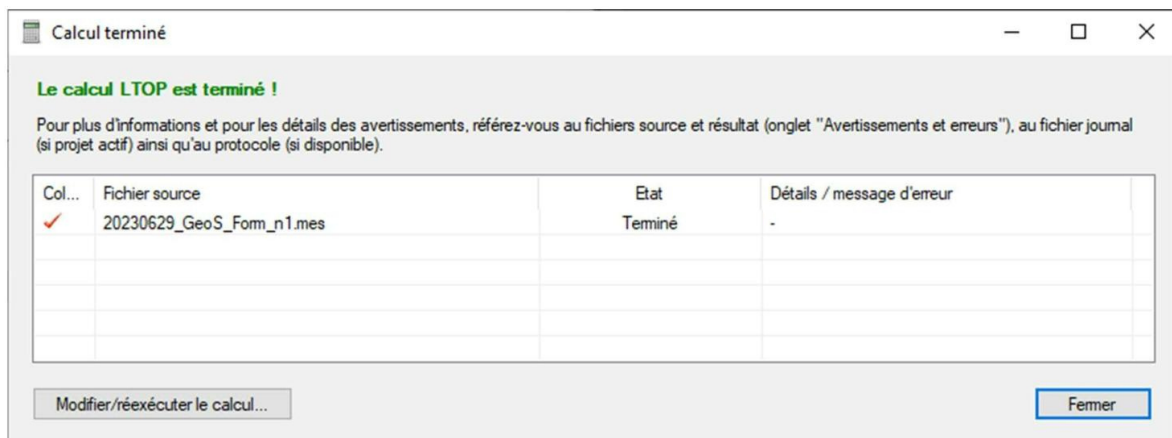


Figure 2-9 : Exécution du calcul libre du projet n°1 en ordre.

2.4. Analyse du résultat et ajustements du calcul libre

L'exécution du calcul génère une multitude de nouveaux fichiers dans le dossier « ... \Projet_n1\calcul\LTOP\0001 ». Les fichiers les plus utiles à cette étape sont visibles dans la zone de projet. Il s'agit d'un fichier de résultat « 20230629_GeoS_Form_n1_LTOP.res », un fichier de différence de coordonnées « 20230629_GeoS_Form_n1_LTOP.gsv » et d'un rapport de calcul en format HTML (possibilité de l'ouvrir directement dans le navigateur web grâce aux options générales).

L'objectif, lors d'un réseau libre, est de contrôler que les observations ne sont pas entachées de fautes grossières. Il faut donc avoir une attention particulière sur les indicateurs de fiabilité locale z_i [%], les résidus normés w_i [-] et sur les quotients afin d'avoir un modèle stochastique réaliste.

Dans la section « Orientation altimétrique (abris) » du rapport, on observe trois observations avec des w_i trop élevés. L'observation avec le w_i le plus élevé se trouve à la ligne 19 du rapport (visée T0V42 depuis MTTIN). Cette visée a été réalisée deux fois et nous pouvons supposer qu'elle a été répétée par erreur. Afin de l'éliminer sans la supprimer, il faut lui donner une erreur moyenne de 9999 [mm]. Pour ce faire :

- Ouvrir le fichier de mesure en double cliquant sur le fichier « 20230629_GeoS_Form_n1.mes ».
 - Ligne 39 / cellule « Err.moy. [cc/mm] » / entrer « 9999 ».

- Enregistrer à l'aide de l'icône « Enregistrer »  ou à l'aide du raccourci clavier « CTRL + S ».

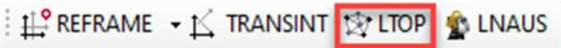
Attention, pour modifier le calcul effectué en amont, il faut ouvrir le calcul en double-cliquant sur le calcul « 1. LTOP : planimétrie : aucune, altimétrie : libre (datum minimal) » ou cliquer sur l'icône « Modifier/ ré-exécuter... »  « Modifier/réexécuter... »  dans le volet supérieur du rapport HTML puis exécuter à nouveau.

Maintenant, nous observons dans la section « Ecart-types des groupes d'observation » du rapport que le quotient est proche de 1 ($0.8 \leq \text{Quot.} \leq 1.2$). Dans la section « Orientation altimétrique (abris) », les z_i sont tous égaux à 50 [%] et il n'existe plus de w_i supérieur à la limite. Les observations ne sont donc plus entachées de fautes grossières et le modèle stochastique est réaliste.

2.5. Calcul libre-ajusté

Nous allons créer un nouveau calcul pour cette étape. Seuls les éléments à modifier sont décrits ici.

- Paramétrer le fichier de compensation LTOP à l'aide de la nouvelle interface graphique.

- Icône « LTOP »  / icône « Définir ... ».
- Onglet « Type de compensation et configuration ».
 - Sélection du type de compensation adapté pour l'altimétrie.
 - Ligne « Type de compensation » / cellule « Coordonnées des points de rattachement comme observations (libre ajusté) » ;
 - Ligne « Préanalyse » / non coché ;
 - Ligne « Compensation robuste / coefficient » / non coché.
- Onglet « définition du datum / points fixes et variables ».
 - Sélectionner un tous les points fixes altimétriques.
 - Cocher les points fixes altimétriques « D1V6094 » et « 44 ».
- Onglet « Modèle stochastique ».
 - Section « Altimétrie ».
 - Choix des écarts-types généraux (théoriques).
 - Ligne « Altitudes des points fixes [mm] » / entrer « 0.7 ».
- Valider les paramètres et cliquer sur « OK ».
- Section « Paramètres de calcul ».
 - Ligne « Générer un fichier de différences de coordonnées » / à cocher.
- Section « Appliquer à ».
 - Cocher le fichier de mesure mis à disposition initialement.
- Cliquer sur « Exécuter ».

2.6. Analyse du résultat du calcul libre-ajusté

L'exécution du calcul génère également une multitude de nouveaux fichiers dans le dossier « ...\\Projet_n1\\calc\\LTOP\\0002 ».

L'objectif, lors d'un réseau libre-ajusté, est de contrôler la qualité des points fixes. Il faut donc avoir une attention particulière sur les résidus normés w_i [-] des observations des coordonnées des points fixes et sur les quotients afin d'avoir un modèle stochastique réaliste.

Dans la section « Orientation altimétrique (abris) » du rapport, on observe que les deux altitudes des points de rattachement ont des w_i inférieur à la limite. De plus, nous observons dans la section « Ecart-types des groupes d'observation » du rapport que le quotient est proche de 1 pour les altitudes observées.

Les coordonnées des points supposés fixes ne sont pas entachées de fautes grossières et le modèle stochastique est réaliste.

2.7. Calcul contraint

Nous allons créer un nouveau calcul pour cette étape. Seuls les éléments à modifier sont décrits ici.

- Paramétrer le fichier de compensation LTOP à l'aide de la nouvelle interface graphique.

- Icône « LTOP »  / icône « Définir ... ».

- Onglet « Type de compensation et configuration ».
 - Sélection du type de compensation adapté pour l'altimétrie.
 - Ligne « Type de compensation » / cellule « Contraint » ;
 - Ligne « Préanalyse » / non coché ;
 - Ligne « Compensation robuste / coefficient » / non coché.

- Valider les paramètres et cliquer sur « OK ».
- Section « Paramètres de calcul ».
 - Ligne « Générer un fichier de différences de coordonnées » / à cocher.
- Section « Appliquer à ».
 - Cocher le fichier de mesure mis à disposition initialement.
- Cliquer sur « Exécuter ».

2.8. Analyse du résultat du calcul contraint

L'exécution du calcul génère également une multitude de nouveaux fichiers dans le dossier « ...\\Projet_n1\\calc\\LTOP\\0003 ».

L'objectif, lors d'un réseau contraint, est de contraindre les observations afin qu'elles s'intègrent au mieux au réseau défini par les points fixes. Pour étudier la qualité d'intégration des points nouveaux, nous pouvons observer les intervalles de confiance et les intervalles de fiabilité.

Dans la section « Coordonnées et altitudes, points variables avec accroissements et ellipses de confiance (niveau : 95%) » du rapport, on observe que les intervalles de confiance ne dépassent pas 0.41 [mm].

Dans la section « Fiabilité externe et ellipses de confiance à priori (niveau : 95%) » du rapport, on observe que les intervalles de fiabilité ne dépassent pas 0.29 [mm].

Les coordonnées des points nouveaux sont de bonne qualité et sont parfaitement intégrés au réseau.

2.9. Fin du calcul du réseau altimétrique simple

Pour terminer le calcul, il faut enregistrer le projet puis le fermer.

- Icône « Enregistrer »  ;
- Icône « Fermer » .

Le dossier « ...\\Projet_n1\\calc\\LTOP\\0003 » contient tous les éléments nécessaires à l'archivage du calcul comme un fichier PDF du rapport ou un fichier de coordonnées « 20230629_GeoS_Form_n1_LTOP.res ».

3. Réseau 2D+1

L'objectif de ce chapitre est de calculer une compensation 2D+1 pour un réseau uniquement relevé par un tachéomètre.

Il est question ici d'appliquer dans l'ordre les étapes de calcul dans les règles de l'art et d'analyser les résultats.

Voici un bref descriptif du contexte de ce réseau :

Il s'agit d'analyser les déformations à haut niveau de confiance d'un réseau de tunnel précis. Ceci se fait par quatre calculs à la suite (tout contraint, libre, libre-ajusté et contraint). Le réseau est composé de quatre points de référence (4, 5, 9 et 14) avec une précision connue de 0.7 [mm] en planimétrie et 0.4 [mm] en altimétrie. Les mesures sont composées de directions horizontales [gons], d'angles verticaux [gons] et de distances obliques [m].

L'opérateur du terrain rapporte deux informations importantes :

- Le point 14 semblait abîmé ;
- Il se peut qu'il y ait des erreurs de mesures à cause d'une faute d'inattention.

Les éléments techniques permettant de remplir les paramètres de compensation sont illustrés dans l'exemple qui suit.

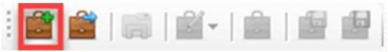
3.1. Éléments à disposition

Sont fournis deux fichiers :

- Un fichier de coordonnées planes avec altitudes sur le géoïde, « 20230629_GeoS_Form_n2.koo » ;
- Un fichier de mesures terrestres, « 20230629_GeoS_Form_n2.mes ».

3.2. Préparation du programme GeoSuite et création du projet n°2

- Ouvrir l'application GeoSuite ;
- Réinitialiser la disposition des barres d'outils.
 - Onglet « Affichage » / « Barres d'outils » / « Réinitialiser la disposition des barres d'outils ».
- Créer un nouveau projet.

- Icône « Nouveau projet »  ;
- Choisir l'emplacement du dossier de projet ;
- Nommer le projet. Ex. : « Projet_n2.gsp ».

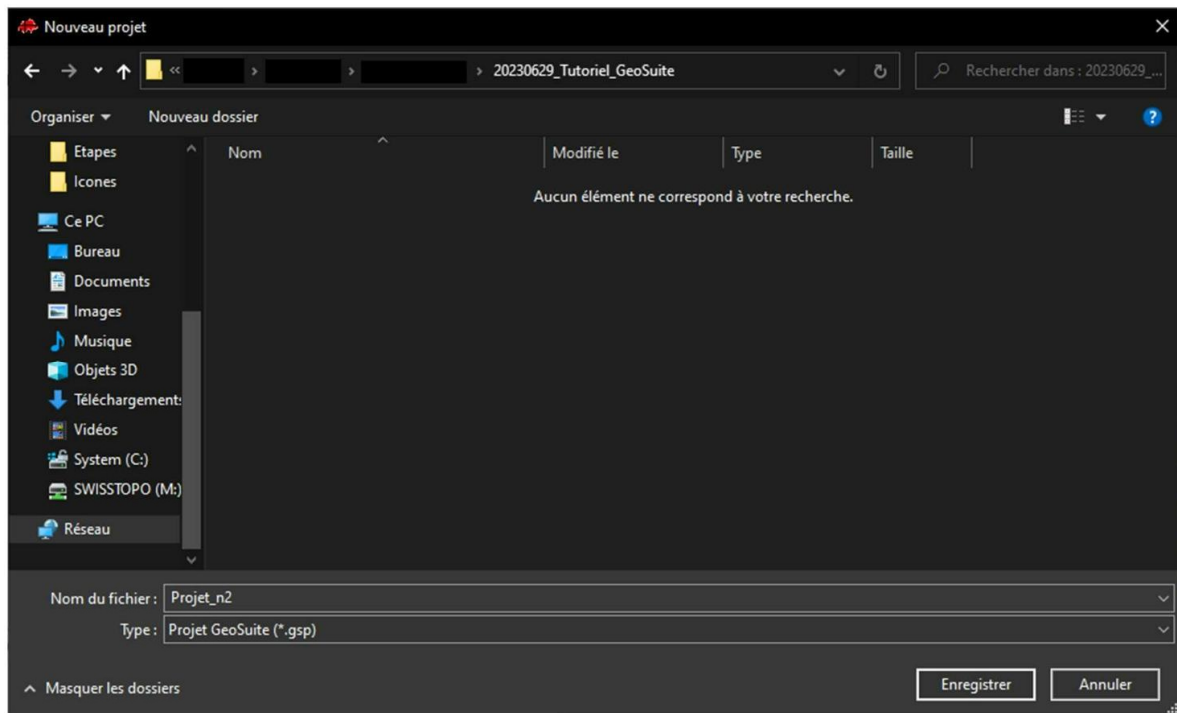


Figure 3-1 : Création du projet n° 2.

- Glisser-déposer les fichiers de coordonnées et de mesures dans la fenêtre d'affichage de GeoSuite.
 - Un dossier « ...\\Projet_n2\data » a bien été créé automatiquement et contient les deux fichiers précités.

3.3. Calcul tout contraint

- Paramétrer le fichier de compensation LTOP à l'aide de la nouvelle interface graphique.
 - Icône « LTOP » / icône « Définir ... ».
- Données générales.
 - Donner un nom au jeu de paramètres de compensation.
 - « Nom du jeu de paramètres de compensation » / écrire un nom. Ex. : « 1_Tout_contraint ».
 - Sélectionner le domaine d'application approprié.
 - « Domaine d'application / type de mensuration » / cellule « Mensuration technique (version du programme 1/2) ».
- Onglet « Type de compensation et configuration ».
 - Sélection du type de compensation adapté pour la planimétrie.
 - Ligne « Type de compensation » / cellule « Contraint » ;
 - Ligne « Préanalyse » / non coché ;
 - Ligne « Compensation robuste / coefficient » / non coché.
 - Sélection du type de compensation adapté pour l'altimétrie.
 - Ligne « Type de compensation » / cellule « Contraint » ;
 - Ligne « Préanalyse » / non coché ;
 - Ligne « Compensation robuste / coefficient » / non coché.
 - Définition des critères d'interruption.

- Ligne « Nombre maximal d'itérations » / entrer « 10 » ;
- Ligne « Seuil d'interruption [mm] » / entrer « 0.1 ».

Figure 3-2 : Type de compensation et configuration du calcul tout contraint du projet n° 2.

- Onglet « définition du datum / points fixes et variables ».

- Sélection du fichier de coordonnées à utiliser.

- Icône « Dossier » / sélectionner le fichier « 20230629_GeoS_Form_n2.koo »

- Choix du système de projection.

- Ligne « Système de référence » / cellule « CH (MN95) : Suisse (Mercator oblique) – MN95 ».

- Choisir l'origine des coordonnées pour le cadre de référence MN95.

- Ligne « Nom » / écrire « NULLBERN ».

- Ligne « Coordonnées » / sélectionner « Valeurs fixes » / entrer « 2600000.0000 » [m] en Est / entrer « 1200000.0000 [m] en Nord / entrer « 0.0000 » [m] en Altitude.

- Cocher tous les points fixes planimétriques et altimétriques sauf un pour ce cas.

- Cliquez droite dans le tableau « Points fixes et variables » / sélectionner « (Dés)activer tous les points » ;

- Désactiver un point en planimétrie et en altimétrie / Ex. : « 109 ».

LTOP

Nom du jeu de paramètres de compensation:
1_Tout_contraint

Domaine d'application / type de mensuration:
Mensuration technique (version du programme 1/2) P. ex. mesures de déformation

Type de compensation et configuration Définition du datum / points fixes et variables Modèle fonctionnel Modèle stochastique Qualité / fiabilité Rapport / résultats

Fichier de coordonnées
\\Projet_n2\data\20230629_GeoS_Form_n2.koo

Système de projection
Système de référence: CH (MN95): Suis:
Ellipsoïde de référence: BESSEL 1841
Demi-grand axe (a) [m]: 6377397.155
Carré de la 1ère excentricité 0.006674372231

Origine
Nom: NULLBERN
Coordonnées:
☐ Centre de gravité (de tous les points fixes et variables)
☒ Valeurs fixes:
Est (E/y) [m]: 2600000
Nord (N/x) [m]: 1200000
Altitude (H/h) [m]: 0

Points fixes et variables

	Nom	Point fixe planimétrique	Point fixe altimétrique
1	4	☒	☒
2	5	☒	☒
3	7	☒	☒
4	8	☒	☒
5	9	☒	☒
6	14	☒	☒
7	61	☒	☒
8	109	☐	☐

7 / 8 points fixes planimétriques
7 / 8 points fixes altimétriques

Rechercher... Editer la liste des points...

Réinitialiser Importer... Exporter... OK Annuler

Figure 3-3 : Définition du datum / points fixes et variables du calcul tout contraint du projet n° 2.

- Onglet « Modèle fonctionnel ».

- Choisir une réduction des distances avec les angles verticaux.
 - Ligne « Réduction des azimuts » / reste grisée ;
 - Ligne « Prendre en compte les déviations de la verticale et les cotes du géoïde » / non coché ;
 - Ligne « Réduction des distances » / cellule « Avec les angles verticaux (avec altitudes à priori si non disponibles) ».
- Les paramètres des sessions GNSS ne sont pas utiles dans ce contexte.

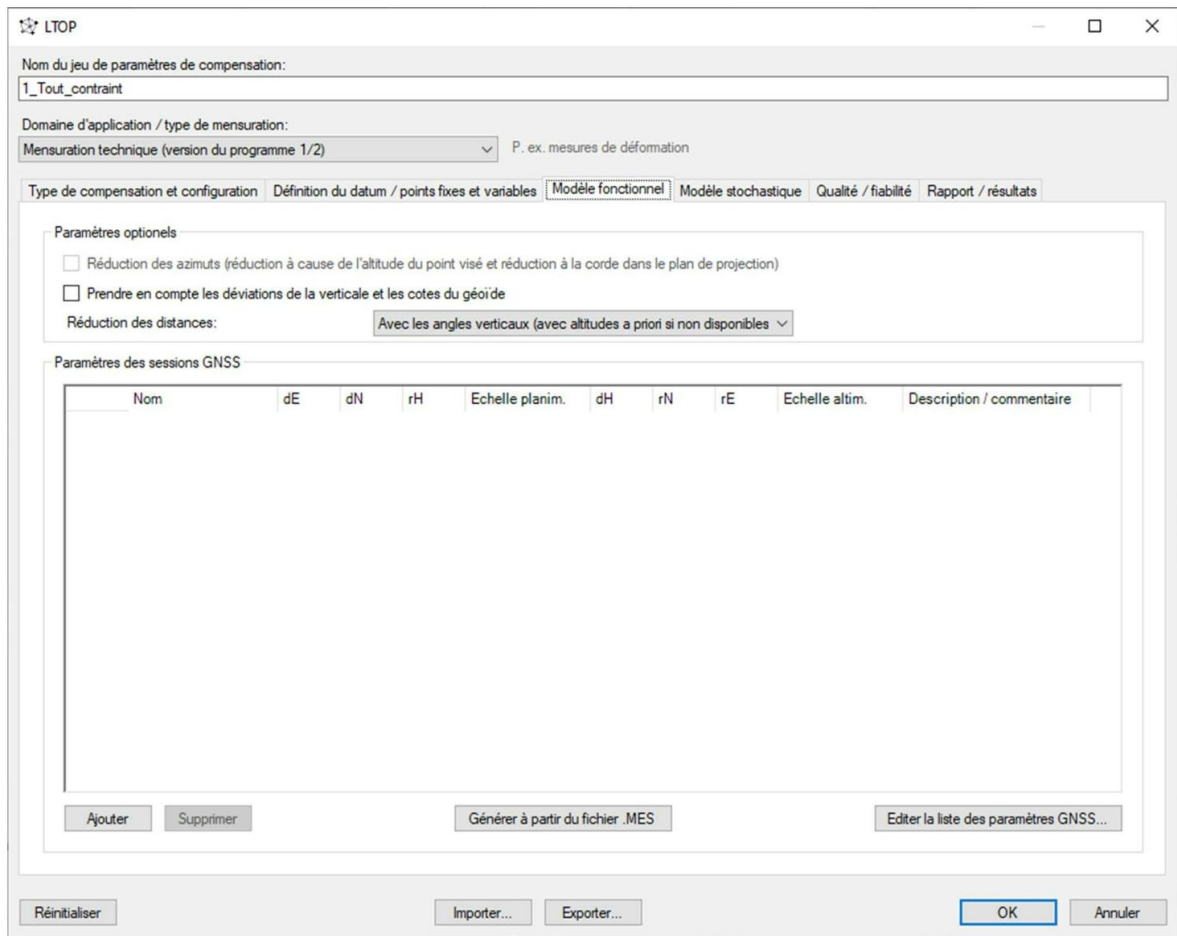


Figure 3-4 : Modèle fonctionnel du calcul tout contraint du projet n° 2.

- Onglet « Modèle stochastique ».
 - Section « Planimétrie ».
 - Choix des écarts-types généraux (théoriques).
 - Ligne « Direction [cc] » / entrer « 2 » ;
 - Ligne « Azimuts [cc] » / entrer « 2 » ;
 - Ligne « Centrage [mm] » / entrer « 0.2 » ;
 - Ligne « Coordonnées GNSS [mm] » / non concerné ;
 - Ligne « Coordonnées des points fixes [mm] » / reste grisé ;
 - Ligne « Distance » / non concerné.
 - Choix des groupes d'observations pour les « Directions et azimuts ».
 - Aucune donnée.
 - Choix des groupes d'observations pour les « Distance ».
 - Clique droite dans les « Groupes de distances » / sélectionner « Ajouter une nouvelle ligne à la fin de la liste » / Groupe « 1 » / a [mm] « 0.2000 » / b [mm] « 0.3000 » / c [mm/km2] « 0.0000 ».
 - Section « Altimétrie ».
 - Choix des écarts-types généraux (théoriques).
 - Ligne « Angles verticaux [cc] » / entrer « 12 » ;
 - Ligne « Distances vers les points accessibles » / entrer « 14 » ;

- Ligne « Distances vers les points inaccessibles » / entrer « 28 » ;
- Ligne « HI – HS vers les points accessibles » / entrer « 3.2 » ;
- Ligne « HI – HS vers les points inaccessibles » / entrer « 10 » ;
- Ligne « Différences de niveau pour 1km de » / « 0 » ;
- Ligne « Altitudes GNSS [mm] » / non concerné ;
- Ligne « Altitudes des points fixes [mm] » / reste grisé.
- Choix des angles verticaux réciproques.
 - Ligne « Traitement des observations » / cellule « Individuel (G) »
 - Ligne « Facteur pour visée non réciproques » / reste grisée.
- Choix de la réfraction.
 - Ligne « Coefficient (constante) » / entrer « 0.13 » ;
 - Ligne « Ecart-type » / entrer « 0.06 ».

LTOP

Nom du jeu de paramètres de compensation:
1_Tout_contraint

Domaine d'application / type de mensuration:
Mensuration technique (version du programme 1/2) P. ex. mesures de déformation

Type de compensation et configuration Définition du datum / points fixes et variables Modèle fonctionnel **Modèle stochastique** Qualité / fiabilité Rapport / résultats

Planimétrie **Altimétrie**

Ecarts-types généraux (théoriques) Remarque: ces valeurs peuvent être remplacées par la définition de groupe dans la colonne correspondante du fichier de mesures

Directions [cc]: 2.00 Azimuts [cc]: 2.00

Centrage [mm]: 0.20

Coordonnées GNSS [mm]: 4.00 Coordonnées des points fixes [mm]: 0.70

Distances: Instrument: ME5000 4 a [mm]: 0.20 b [mm/km]: 0.20 c [mm/km²]: 0.00

Groupes d'observations

Directions et azimuts Distances

Groupes de distances:

Groupe	Instrument	Cst. add.	Corr. éch.	a [mm]	b [mm/km]	c [mm/km²]
1	1			0.2000	0.3000	0.0000

Constantes d'addition:

Groupe	Const. [mm]
--------	-------------

Corrections d'échelle:

Groupe	Corr. [mm/km]
--------	---------------

Note: laisser vide pour estimer (et non fixer) la valeur

Réinitialiser Importer... Exporter... OK Annuler

Figure 3-5 : Modèle stochastique planimétrique du calcul tout contraint du projet n° 2.

LTOP

Nom du jeu de paramètres de compensation:
1_Tout_contraint

Domaine d'application / type de mensuration:
Mensuration technique (version du programme 1/2) P. ex. mesures de déformation

Type de compensation et configuration Définition du datum / points fixes et variables Modèle fonctionnel **Modèle stochastique** Qualité / fiabilité Rapport / résultats

Planimétrie **Altimétrie**

Ecart-types généraux (théoriques)

Angles verticaux [cc]:	12	HI - HS vers les points accessibles	3.2
Distances vers les points accessibles	14	HI - HS vers les points inaccessibles	10
Distances vers les points inaccessibles	28		
Différences de niveau pour 1km de	0		
Altitudes GNSS [mm]:	1.50	Altitudes des points fixes [mm]:	0.70

Angles verticaux réciproques

Traitement des observations	Individuel (G): Le ▾	Facteur pour visées non réciproques:	1.732
-----------------------------	----------------------	--------------------------------------	------------------------------------

Réfraction

Coefficient (constante):	0.13	Ecart-type:	0.06
--------------------------	-----------------------------------	-------------	-----------------------------------

Réinitialiser Importer... Exporter... OK Annuler

Figure 3-6 : Modèle stochastique altimétrique du calcul tout contraint du projet n° 2.

- Onglet « Qualité / fiabilité ».
- Choix du niveau de confiance.
 - Ligne « Niveau de confiance du résultat » / cellule « $2.45\sigma = 95\%$ en planimétrie / $1.96\sigma = 95\%$ en altimétrie ».
- Le choix de la fiabilité de la mensuration cadastrale n'est pas utile dans ce contexte.
- Valeurs limites pour la fiabilité interne planimétrique.
 - Ligne « Erreur résiduelle normée (wi) » / entrer « 2.5 » ;
 - Ligne « Test du chi carré (x2) [%] » / entrer « 20 » ;
 - Ligne « Probabilité d'une erreur de 2e type » / entrer « 5 ».
- Valeurs limites pour la fiabilité interne altimétrique.
 - Ligne « Erreur résiduelle normée (wi) » / entrer « 2.5 » ;
 - Ligne « Test du chi carré (x2) [%] » / reste grisé ;
 - Ligne « Probabilité d'une erreur de 2e type » / entrer « 5 ».
- Choix de la méthode de calcul pour la fiabilité externe.
 - Ligne « Méthode de calcul » / cellule « Pour chaque point variable : rectangle de fiabilité (A) ».
- L'erreur et la fiabilité relative n'est pas utile dans ce contexte.

The screenshot shows the 'Qualité / fiabilité' (Quality / Reliability) tab in the LTOP software. The interface is organized into several sections:

- Niveau de confiance** (Confidence Level): A dropdown menu showing '2.45σ = 95% en planimétrie / 1.96σ = 95% en altimétrie'.
- Mensuration cadastrale** (Cadastral Measurement): A checkbox for 'Contrôler la fiabilité MO93' and a 'Niveau de tolérance' dropdown.
- Fiabilité interne** (Internal Reliability): A table for 'Valeurs limites' (Limit Values) with columns for 'Planimétrie' and 'Altimétrie'. The values entered are:

Valeurs limites:	Planimétrie:	Altimétrie:
Erreur résiduelle normée (wi):	2.5	2.5
Test du chi carré (x²) [%]:	20	20
Probabilité d'une erreur de 2e type	5	5
- Fiabilité externe** (External Reliability): A dropdown for 'Méthode de calcul' showing 'Pour chaque point variable : rectangle de fiabilité (A)'.
- Erreur et fiabilité relative** (Relative Error and Reliability): Two sections for 'Planimétrie' and 'Altimétrie'. Each contains a list of 'Elipses d'erreur relatives' and 'Rectangles de fiabilité relatifs' with buttons for 'Ajouter', 'Supprimer', and 'Editer la liste...'.

At the bottom, there are buttons for 'Réinitialiser', 'Importer...', 'Exporter...', 'OK', and 'Annuler'.

Figure 3-7 : Qualité / fiabilité du calcul tout contraint du projet n° 2.

- Onglet « Rapport / résultats ».
- Choisir les options de mise en page et de contenu adapté.
 - Ligne « Ligne titre 1 » / écrire un titre. Ex. : « Formation module LTOP - GeoSuite - 29.06.2023 » ;
 - Ligne « Ligne titre 2 » / écrire un titre. Ex. : « Calcul 2D+1 » ;
 - Ligne « Enregistrer la matrice des équations normales (AtA) » / ne pas cocher ;
 - Ligne « Enregistrer les matrices de variance-covariance (Qxx) » / ne pas cocher ;
 - Ligne « Enregistrer la matrice des coefficients (A) » / ne pas cocher ;
 - Ligne « Utiliser les unités SI pour les directions / angles (mgon au lieu de cc) » / ne pas cocher ;
 - Ligne « Générer un ancien rapport en format texte (.prn) » / cocher.
 - Ligne « Langue de sortie » / cellule « Français » ;
 - Ligne « Lignes par page » / entrer « 85 ».

Figure 3-8 : Rapport / résultats du calcul tout contraint du projet n° 2.

- Valider les paramètres et cliquer sur « OK ».
- Section « Paramètres de calcul ».
 - Ligne « Générer un fichier de différences de coordonnées » / à cocher.
- Section « Appliquer à ».
 - Cocher le fichier de mesure mis à disposition initialement.
- Cliquer sur « Exécuter ».

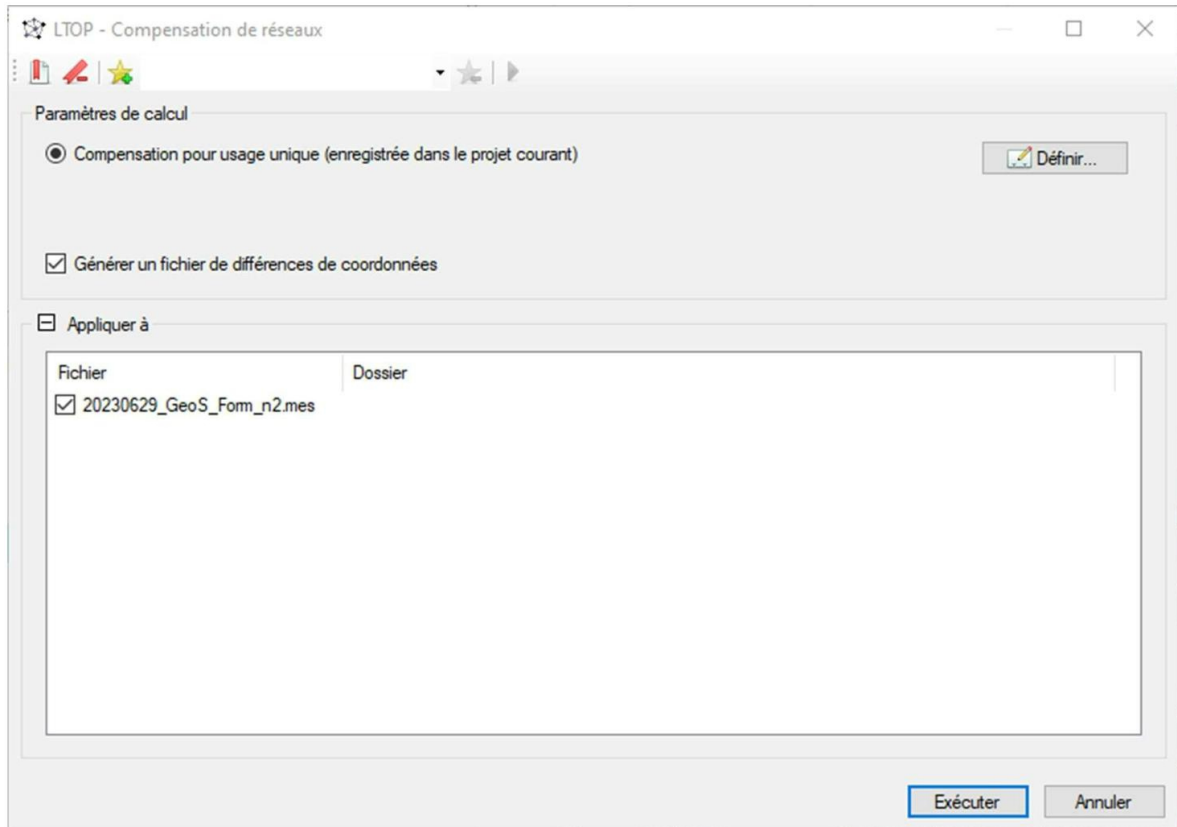


Figure 3-9 : Exécuter le calcul tout contraint du projet n° 2.

Une fenêtre s'affiche et donne des informations à propos de l'exécution du calcul.

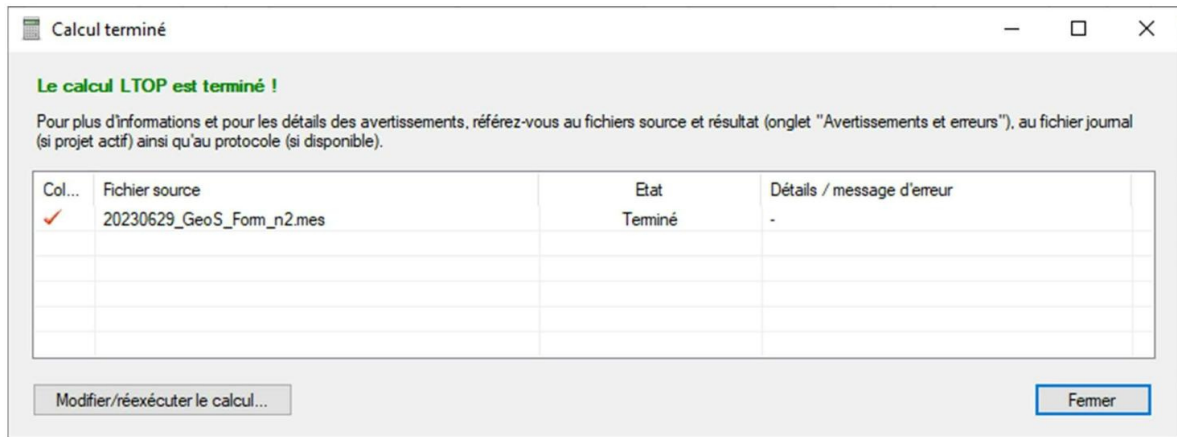


Figure 3-10 : Exécution du calcul tout contraint du projet n° 2 en ordre.

3.4. Analyse du résultat et détection des fautes grossières extrêmes

L'exécution du calcul génère une multitude de nouveaux fichiers dans le dossier « ... \Projet_n2\calc\LTOP\0001 ». Les fichiers les plus utiles à cette étape sont visibles dans la zone de projet. Il s'agit d'un fichier de résultat « 20230629_GeoS_Form_n2_LTOP.res », un fichier de différence de coordonnées « 20230629_GeoS_Form_n2_LTOP.gsv » et d'un rapport de calcul en format HTML (possibilité de l'ouvrir directement dans le navigateur web grâce aux options générales).

L'objectif, lors d'un réseau tout contraint est de détecter des fautes grossières extrêmes. Il faut donc avoir une attention particulière sur les observations qui génèrent des résidus très importants.

Dans la section « Orientation planimétrique (abris) », on observe deux observations avec des w_i très élevés. L'observation avec le w_i le plus élevé se trouve à la ligne 14 du rapport (distance 9 depuis 5). Lorsque deux distances comportent un haut w_i , il peut être intéressant de comparer la distance mesurée et la distance par coordonnées. Ici, nous pouvons clairement supposer que les observations 8 et 9 ont été inversées. Il serait donc intéressant d'inverser les noms des mesures avant de les retirer du calcul. Ce changement de nom d'observation peut être appliqué aux directions horizontales et aux angles verticaux si l'opérateur a enregistré les mesures en même temps.

No obs.	Nom	Type	Ori./obs. [g]/[m]	No gr.	Corr. [cc]/ [mm]	v [cc]/[mm]	ET [cc]/[mm]	z_i [%]	Nabla [cc]/ [mm]	w_i [cc]/[mm]	g_i [cc]/[mm]	Gis. par coord. [g]	D. par coord. [m]
St.	5	Distances						3					
10	4		108.963 *	1		0.20	0.30	100	1	0.8		161.2063	108.963
11	109	v	19.749	1		-0.40	0.30	70	1	-1.6		364.2490	19.749
12	7		368.533 *	1		-1.00	0.40	100	2	-2.8	1	369.0221	368.532
13	8		711.683 *	1		4°2	0.50	100	2	-132892.4	61041	369.0374	650.641
14	9		650.641 *	1		61039.70	0.40	100	2	137812.5	-61039	369.0346	711.681

Figure 3-11 : Distances avec w_i les plus hauts.

Il peut être intéressant de comparer la direction mesurée et le gisement par coordonnées pour confirmer cette supposition¹. Ici, nous observons que le gisement du point 8 est supérieur au gisement du point 9 de 28 [cc] alors que la direction horizontale du point 8 est inférieure à la direction horizontale du point 9 de 29 [cc]. Les noms des observations peuvent donc être inversés dans le fichier de mesure.

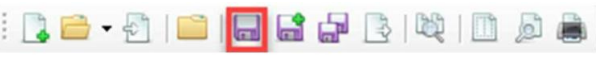
¹ Cette supposition doit être confirmée par le protocole de terrain rédigé par l'opérateur.

No obs.	Nom	Type	Ori./obs. [g]/[m]	No gr.	Corr. [cc]/[mm]	v [cc]/[mm]	ET [cc]/[mm]	z _i [%]	Nabia [cc]/[mm]	w _i	g _i [cc]/[mm]	Gis. par coord. [g]	D. par coord. [m]	Ecart lat. [mm]
St.	5		161.2069				31043.10	1						
5 4			0.0000 *	1		-5.90	2.30	80	11	-2.8	7	161.2063	108.963	-1.01
6 109		v	203.0426	1		-5.50	6.80	13	77	-2.2		364.2490	19.749	-0.17
7 7			207.8150 *	1		1.90	2.00	74	10	1.1		369.0221	368.532	1.12
8 8			207.8275 *	1		30.50	2.00	73	10	17.7	-41	369.0374	650.641	31.14
9 9			207.8304 *	1		-27.40	2.00	73	10	-15.9	37	369.0346	711.681	-30.62

Figure 3-12 : Directions horizontales probablement inversées.

- Ouvrir le fichier de mesure en double cliquant sur le fichier « 20230629_GeoS_Form_n2.mes ».

- Ligne 15 / cellule « Nom du point (cible) » / entrer « 9 » ;
- Ligne 16 / cellule « Nom du point (cible) » / entrer « 8 » ;
- Ligne 21 / cellule « Nom du point (cible) » / entrer « 9 » ;
- Ligne 22 / cellule « Nom du point (cible) » / entrer « 8 » ;
- Ligne 27 / cellule « Nom du point (cible) » / entrer « 9 » ;
- Ligne 28 / cellule « Nom du point (cible) » / entrer « 8 » ;

- Enregistrer à l'aide de l'icône « Enregistrer »  ou à l'aide du raccourci clavier « CTRL + S ».

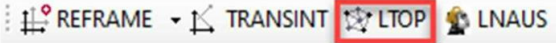
Attention, pour modifier le calcul effectué en amont, il faut ouvrir le calcul en double-cliquant sur le calcul « 1. LTOP « 1_Tout_contraint » : planimétrie : contraint, altimétrie : contraint » ou cliquer sur l'icône « Modifier/ réexécuter... »  dans le volet supérieur du rapport HTML puis exécuter.

Maintenant, nous n'observons plus résidus extrêmement importants. Les observations ne sont donc plus entachées de fautes grossières extrêmes.

3.5. Calcul libre

Nous allons créer un nouveau calcul pour cette étape. Seuls les éléments à modifier sont décrits ici.

- Paramétrer le fichier de compensation LTOP à l'aide de la nouvelle interface graphique.

- Icône « LTOP »  / icône « Définir ... ».

- Données générales.

- Donner un nom au jeu de paramètres de compensation.
 - « Nom du jeu de paramètres de compensation » / écrire un nom. Ex. : « 2_Libre ».

- Onglet « Type de compensation et configuration ».

- Sélection du type de compensation adapté pour la planimétrie.
 - Ligne « Type de compensation » / cellule « Libre (datum minimal) » ;
 - Ligne « Préanalyse » / non coché ;
 - Ligne « Compensation robuste / coefficient » / non coché.
- Sélection du type de compensation adapté pour l'altimétrie.
 - Ligne « Type de compensation » / cellule « Libre (datum minimal) » ;
 - Ligne « Préanalyse » / non coché ;
 - Ligne « Compensation robuste / coefficient » / non coché.
- Génération d'un fichier de mesure unique pour la compensation libre.
 - Ligne « Fichier .MES séparé » / coché ;
 - Ligne « Générer le fichier .MES et définir les points fixes automatiquement » / coché ;
 - Pour la planimétrie :

- Ligne « Mode de définition » / cellule « 1 point fixe et 1 azimut fictif (distance(s) pour la mise à l'échelle) » ;
 - Ligne « Nom du point fixe » / cellule « 4 »² ;
 - Ligne « Azimut de référence fictif vers le point » / Cellule « 5 » ;
 - Ligne « Type/ valeur [g] » / cellule « AP » / entrer « 361.2063 ».
- Pour l'altimétrie :
- Ligne « Mode de définition » / cellule « 1 point fixe » ;
 - Ligne « Nom du point fixe » / cellule « 4 »³.

Figure 3-13 : Type de compensation et configuration du calcul libre du projet n° 2.

- Onglet « définition du datum / points fixes et variables ».
- Sélectionner un seul point fixe planimétrique et altimétrique pour ce cas.
- Cocher le point fixe planimétrique et altimétrique « 4 ».

² Un autre point fixe et azimut de référence fictif peut être choisi. Dans ce cas, il faut recalculer un autre gisement adapté. Il est possible que les points proposés ne soient pas à jour. Dans ce cas, il faut d'abord choisir le fichier de coordonnées adapté dans l'onglet « définition du datum / points fixes et variables ».

³ Un autre point fixe peut être choisi.

LTOP

Nom du jeu de paramètres de compensation:
2_Libre

Domaine d'application / type de mensuration:
Mensuration technique (version du programme 1/2) P. ex. mesures de déformation

Type de compensation et configuration Définition du datum / points fixes et variables Modèle fonctionnel Modèle stochastique Qualité / fiabilité Rapport / résultats

Fichier de coordonnées
\\Projet_n2\data\20230629_GeoS_Form_n2.koo

Système de projection
Système de référence: CH (MN95): Suis:
Ellipsoïde de référence: BESSEL 1841
Demi-grand axe (a) [m]: 6377397.155
Carré de la 1ère excentricité: 0.006674372231

Origine
Nom: NULLBERN
Coordonnées:
☐ Centre de gravité (de tous les points fixes et variables)
☒ Valeurs fixes:
Est (E/y) [m]: 2600000
Nord (N/x) [m]: 1200000
Altitude (H/h) [m]: 0

Points fixes et variables

	Nom	Point fixe planimétrique	Point fixe altimétrique
1	4	☒	☒
2	5	☐	☐
3	7	☐	☐
4	8	☐	☐
5	9	☐	☐
6	14	☐	☐
7	61	☐	☐
8	109	☐	☐

1 / 8 points fixes planimétriques
1 / 8 points fixes altimétriques

Rechercher... Editer la liste des points...

Réinitialiser Importer... Exporter... OK Annuler

Figure 3-14 : Définition du datum / points fixes et variables du calcul libre du projet n° 2.

- Onglet « Modèle stochastique ».
- Section « Planimétrie ».
- Choix des groupes d'observations pour les « Distance ».
- Cliquez droite dans les « Groupes de distances » / sélectionner « Ajouter une nouvelle ligne à la fin de la liste » / Groupe « 1 » / Cst. add. « 1 » / a [mm] « 0.2000 » / b [mm] « 0.3000 » / c [mm/km2] « 0.0000 ».

LTOP

Nom du jeu de paramètres de compensation:
2_Libre

Domaine d'application / type de mensuration:
Mensuration technique (version du programme 1/2) P. ex. mesures de déformation

Type de compensation et configuration Définition du datum / points fixes et variables Modèle fonctionnel **Modèle stochastique** Qualité / fiabilité Rapport / résultats

Planimétrie **Altimétrie**

Ecarts-types généraux (théoriques) Remarque: ces valeurs peuvent être remplacées par la définition de groupe dans la colonne correspondante du fichier de mesures

Directions [cc]: 2.00 Azimuts [cc]: 2.00

Centrage [mm]: 0.20

Coordonnées GNSS [mm]: 4.00 Coordonnées des points fixes [mm]: 0.70

Distances: Instrument: ME5000 4 a [mm]: 0.20 b [mm/km]: 0.20 c [mm/km²]: 0.00

Groupes d'observations

Directions et azimuts Distances

Groupes de distances:

Groupe	Instrument	Cst. add.	Corr. éch.	a [mm]	b [mm/km]	c [mm/km²]
1	1	1		0.2000	0.3000	0.0000

Constantes d'addition:

Groupe	Const. [mm]
--------	-------------

Corrections d'échelle:

Groupe	Corr. [mm/km]
--------	---------------

Note: laisser vide pour estimer (et non fixer) la valeur

Réinitialiser Importer... Exporter... OK Annuler

Figure 3-15 : Modèle stochastique planimétrique du calcul libre du projet n° 2.

- Valider les paramètres et cliquer sur « OK ».
- Section « Paramètres de calcul ».
 - Ligne « Générer un fichier de différences de coordonnées » / à cocher.
- Section « Appliquer à ».
 - Cocher le fichier de mesure créé automatiquement « 20230629_GeoS_Form_n2_libre.mes ».
- Cliquer sur « Exécuter ».

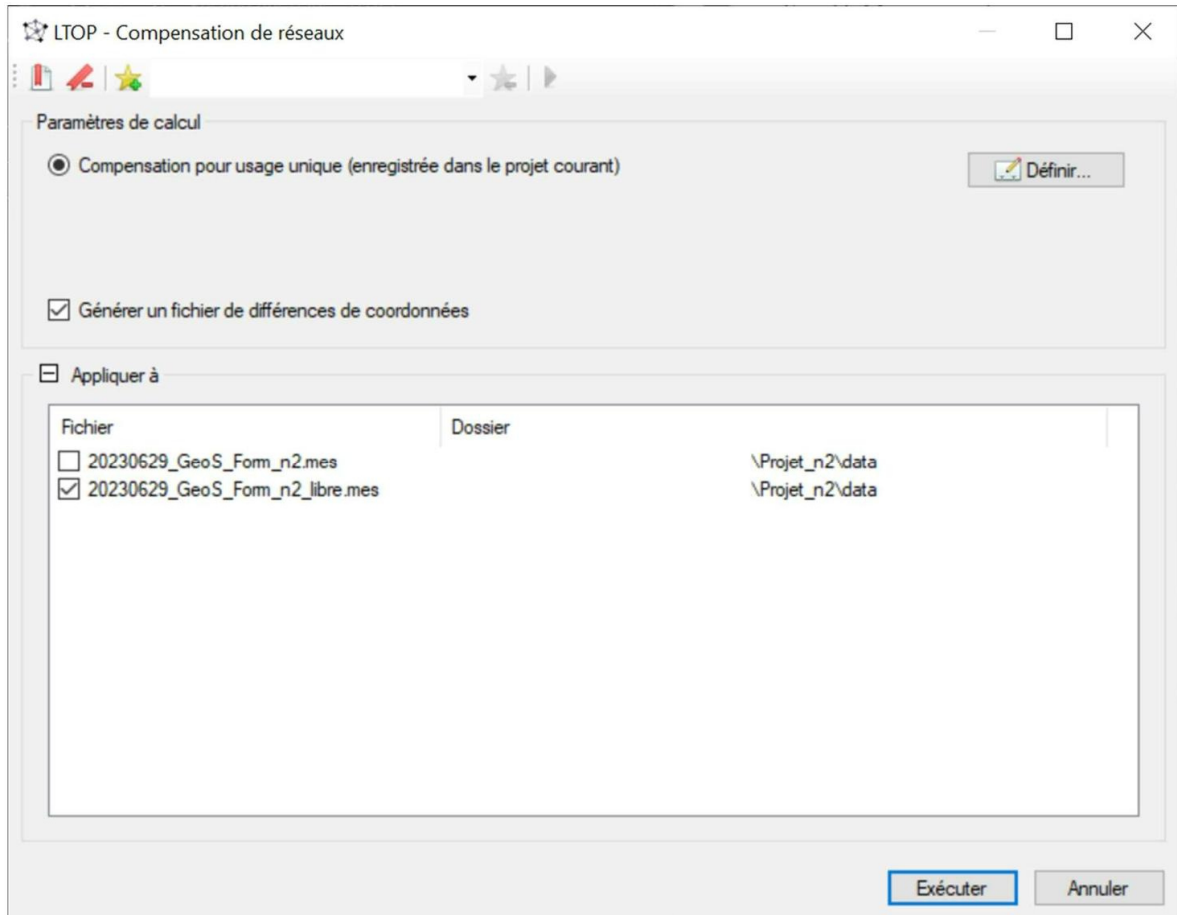


Figure 3-16 : Exécuter le calcul libre du projet n° 2.

3.6. Analyse du résultat et ajustements du calcul libre

L'exécution du calcul génère une multitude de nouveaux fichiers dans le dossier « ...\\Projet_n2\\calc\\LTOP\\0002 ». Les fichiers les plus utiles à cette étape sont visibles dans la zone de projet. Il s'agit d'un fichier de résultat « 20230629_GeoS_Form_n2_LTOP.res », un fichier de différence de coordonnées « 20230629_GeoS_Form_n2_LTOP.gsv » et d'un rapport de calcul en format HTML.

L'objectif, lors d'un réseau libre, est de contrôler que les observations ne sont pas entachées de fautes grossières. Il faut donc avoir une attention particulière sur les indicateurs de fiabilité locale z_i [%], les résidus normés w_i [-] et sur les quotients afin d'avoir un modèle stochastique réaliste. Nous contrôlons également la constante d'addition sur le groupe de distance.

Dans la section « Ecart-types des groupes d'observation » du rapport, on observe que la constante d'addition est non significative (Const. [mm] < 3 * ET [mm]). Les quotients sont proches de 1 ($0.8 \leq \text{Quot.} \leq 1.2$).

et il n'existe aucun w_i supérieur à la limite dans les sections « Orientation planimétrique (abrisse) » et « Orientation altimétrique (abrisse) ». La constante d'addition peut être retirée.

Distances (ET pour 1 km)										
No éch.	Corr. [ppm]	ET No add. [ppm]	Const. [mm]	ET No gr. [mm]	No obs.	Théoriques (a priori) [mm]	Empiriques (finales) [mm]	Quot.	Redond.	
1			0.25	0.13	1 24	0.50	0.40	0.83	16.001	

Figure 3-17 : Constante d'addition non significative.

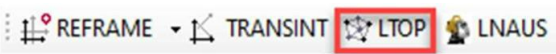
Attention, pour modifier le calcul effectué en amont, il faut ouvrir le calcul en double-cliquant sur le calcul « 2. LTOP « 2_Libre » : planimétrie : libre (datum minimal), altimétrie : libre (datum minimal) » ou cliquer sur l'icône « Modifier/ réexécuter... »  **Modifier/réexécuter...**  dans le volet supérieur du rapport HTML.

- Onglet « Modèle stochastique ».
 - Section « Planimétrie ».
 - Choix des groupes d'observations pour les « Distance ».
 - Groupe « 1 » / a [mm] « 0.2000 » / b [mm] « 0.3000 » / c [mm/km2] « 0.0000 ».
 - Valider les paramètres et cliquer sur « OK ».
 - Section « Paramètres de calcul ».
 - Ligne « Générer un fichier de différences de coordonnées » / à cocher.
 - Section « Appliquer à ».
 - Cocher le fichier de mesure créé automatiquement « 20230629_GeoS_Form_n2_libre.mes ».
 - Cliquer sur « Exécuter ».

Les observations ne sont pas entachées de fautes grossières et le modèle stochastique est réaliste. Cependant, il faudra garder un œil sur les observations. Notamment, les directions horizontales depuis la station 5 qui vise les points 4 et 12 qui ne se sont pas suffisamment contrôlées ($z_i < 25\%$).

3.7. Calcul libre-ajusté

Nous allons créer un nouveau calcul pour cette étape. Seuls les éléments à modifier sont décrits ici.

- Paramétrer le fichier de compensation LTOP à l'aide de la nouvelle interface graphique.
 - Icône « LTOP »  / icône « Définir ... ».
- Données générales.
 - Donner un nom au jeu de paramètres de compensation.
 - « Nom du jeu de paramètres de compensation » / écrire un nom. Ex. : « 3_Libre-ajusté ».
- Onglet « Type de compensation et configuration ».
 - Sélection du type de compensation adapté pour la planimétrie.
 - Ligne « Type de compensation » / cellule « Coordonnées des points de rattachement comme observations (libre ajusté) » ;
 - Ligne « Préanalyse » / non coché ;
 - Ligne « Compensation robuste / coefficient » / non coché.
 - Sélection du type de compensation adapté pour l'altimétrie.
 - Ligne « Type de compensation » / cellule « Coordonnées des points de rattachement comme observations (libre ajusté) » ;
 - Ligne « Préanalyse » / non coché ;
 - Ligne « Compensation robuste / coefficient » / non coché.
- Onglet « définition du datum / points fixes et variables ».
 - Sélectionner tous les points fixes.

- Cocher les points fixes planimétriques et altimétriques « 4 », « 5 », « 9 » et « 14 ».
- Onglet « Modèle stochastique ».
 - Section « planimétrie ».
 - Choix des écarts-types généraux (théoriques).
 - Ligne « Coordonnées des points fixes [mm] » / entrer « 0.7 ».
 - Section « Altimétrie ».
 - Choix des écarts-types généraux (théoriques).
 - Ligne « Altitudes des points fixes [mm] » / entrer « 0.7 ».
- Valider les paramètres et cliquer sur « OK ».
- Section « Paramètres de calcul ».
 - Ligne « Générer un fichier de différences de coordonnées » / à cocher.
- Section « Appliquer à ».
 - Cocher le fichier de mesure initiale « 20230629_GeoS_Form_n2.mes ».
- Cliquer sur « Exécuter ».

3.8. Analyse du résultat du calcul libre-ajusté

L'exécution du calcul génère également une multitude de nouveaux fichiers dans le dossier « ... \Projet_n2\calc\LTOP\0003 ».

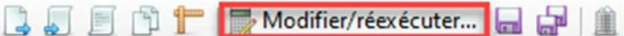
L'objectif, lors d'un réseau libre-ajusté, est de contrôler la qualité des points fixes. Il faut donc avoir une attention particulière sur les résidus normés w_i [-] des observations des coordonnées des points fixes et sur les quotients afin d'avoir un modèle stochastique réaliste.

Dans la section « Orientation planimétrique (abris) » du rapport, on observe quelques coordonnées de points de rattachement avec des w_i supérieurs à la limite. Le point supposé fixe avec le plus haut w_i est la coordonnée nord du point 14.

Dans la section « Orientation altimétrique (abris) » du rapport, on observe une coordonnée de points de rattachement avec des w_i supérieurs à la limite. Le point supposé fixe avec le plus haut w_i est la coordonnée altimétrique du point 14.

En prenant en compte l'information de l'opérateur à propos du point 14, il serait intéressant de le rendre libre en planimétrie et en altimétrie.

Attention, pour modifier le calcul effectué en amont, il faut ouvrir le calcul en double-cliquant sur le calcul « 3. LTOP « 3_Libre-ajusté » : planimétrie : coordonnées des points de rattachement comme observations (libre ajusté), altimétrie : coordonnées des points de rattachement comme observations (libre ajusté) » ou

cliquer sur l'icône « Modifier/ réexécuter... »  **Modifier/réexécuter...**  dans le volet supérieur du rapport HTML puis définir à nouveau pour modifier les points supposés fixes.

- Onglet « définition du datum / points fixes et variables ».
 - Libérer les points fixes concernés.
 - Décocher le point fixe planimétrique et altimétrique « 14 ».
- Valider les paramètres et cliquer sur « OK ».
- Section « Paramètres de calcul ».
 - Ligne « Générer un fichier de différences de coordonnées » / à cocher.
- Section « Appliquer à ».
 - Cocher le fichier de mesure « 20230629_GeoS_Form_n2.mes ».
- Cliquer sur « Exécuter ».

Dans les sections « Orientation planimétrie (abris) » et « Orientation altimétrie (abris) » du rapport, on observe aucune coordonnée des points de rattachement avec des w_i supérieurs à la limite. De plus, nous

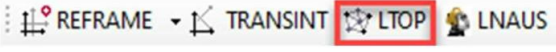
observons dans la section « Ecarts-types des groupes d'observation » du rapport que le quotient est proche de 1 pour les coordonnées et altitudes observées.

Les coordonnées des points supposés fixes restants (4, 5 et 9) ne sont pas entachées de fautes grossières et le modèle stochastique est réaliste.

3.9. Calcul contraint

Nous allons créer un nouveau calcul pour cette étape. Seuls les éléments à modifier sont décrits ici.

- Paramétrer le fichier de compensation LTOP à l'aide de la nouvelle interface graphique.

- Icône « LTOP »  / icône « Définir ... ».

- Données générales.
 - Donner un nom au jeu de paramètres de compensation.
 - « Nom du jeu de paramètres de compensation » / écrire un nom. Ex. : « 4_Constraint ».
- Onglet « Type de compensation et configuration ».
 - Sélection du type de compensation adapté pour la planimétrie.
 - Ligne « Type de compensation » / cellule « Constraint » ;
 - Ligne « Préanalyse » / non coché ;
 - Ligne « Compensation robuste / coefficient » / non coché.
 - Sélection du type de compensation adapté pour l'altimétrie.
 - Ligne « Type de compensation » / cellule « Constraint » ;
 - Ligne « Préanalyse » / non coché ;
 - Ligne « Compensation robuste / coefficient » / non coché.
- Valider les paramètres et cliquer sur « OK ».
- Section « Paramètres de calcul ».
 - Ligne « Générer un fichier de différences de coordonnées » / à cocher.
- Section « Appliquer à ».
 - Cocher le fichier de mesure « 20230629_GeoS_Form_n2.mes ».
- Cliquer sur « Exécuter ».

3.10. Analyse du résultat du calcul contraint

L'exécution du calcul génère également une multitude de nouveaux fichiers dans le dossier « ...\\Projet_n2\\calc\\LTOP\\0004 ».

L'objectif, lors d'un réseau contraint, est de contraindre les observations afin qu'elles s'intègrent au mieux au réseau défini par les points fixes. Pour étudier la qualité d'intégration des points nouveaux, nous pouvons observer les ellipses et intervalles de confiance et les ellipses et intervalles de fiabilité.

Dans la section « Coordonnées et altitudes, points variables avec accroissements et ellipses de confiance (niveau : 95%) » du rapport, on observe que les ellipses de confiance ne dépassent pas 1.64 [mm] alors que l'intervalle de confiance la plus haute atteint 9.07 [mm].

Dans la section « Fiabilité externe et ellipses de confiance a priori (niveau : 95%) » du rapport, on observe que les rectangles de fiabilité ne dépassent pas 2.20 [mm] alors que l'intervalle de fiabilité la plus haute atteint 23.18 [mm].

Les coordonnées planimétriques des points nouveaux sont de bonne qualité et sont parfaitement intégrés au réseau. Cependant, les coordonnées altimétriques des points nouveaux ne sont pas de bonnes qualités et s'intègrent mal au réseau.

Il pourrait être envisager ici de procéder à des mesures de nivellement de précision pour compléter le réseau et garantir une précision et fiabilité convenable en altimétrie.

3.11. Fin du calcul du réseau 2D+1

Pour terminer le calcul, il faut enregistrer le projet puis le fermer.

- Icône « Enregistrer »  ;
- Icône « Fermer » .

Le dossier « ...Projet_n2\calc\LTOP\0004 » contient tous les éléments nécessaires à l'archivage du calcul comme un fichier PDF du rapport ou un fichier de coordonnées « 20230629_GeoS_Form_n2_LTOP.res ».

4. Réseau 2D+1 combiné

L'objectif de ce chapitre est de calculer une compensation 2D+1 combinée pour un réseau relevé par tachéomètre et GNSS.

Il est question ici d'appliquer dans l'ordre les étapes de calcul dans les règles de l'art et d'analyser les résultats.

Voici un bref descriptif du contexte de ce réseau :

Il s'agit d'analyser les déformations à haut niveau de confiance d'un réseau de barrage précis. Ceci se fait par trois calculs à la suite (libre combiné, libre-ajusté combiné et contraint combiné). Le réseau est composé de quatre points de référence (9010, 9012, 9013 et PIL.5) avec une précision connue de 9.0 [mm] en planimétrie et 10.0 [mm] en altimétrie. Les mesures sont composées de directions horizontales [gons], d'angles verticaux [gons], de distances obliques [m] et de sessions GNSS [m].

Seul le point P3 du réseau est défini en 2D. Tous les autres points sont mesurés en 3D.

Les éléments techniques permettant de remplir les paramètres de compensation sont illustrés dans l'exemple qui suit.

4.1. Éléments à disposition

Sont fournis deux fichiers :

- Un fichier de coordonnées planes avec altitudes sur le géoïde, « 20230629_GeoS_Form_n3.koo » ;
- Un fichier de mesures terrestres, « 20230629_GeoS_Form_n3.mes ».

4.2. Préparation du programme GeoSuite et création du projet n°3

- Ouvrir l'application GeoSuite ;
- Réinitialiser la disposition des barres d'outils.
 - Onglet « Affichage » / « Barres d'outils » / « Réinitialiser la disposition des barres d'outils ».
- Créer un nouveau projet.

- Icône « Nouveau projet »  ;
- Choisir l'emplacement du dossier de projet ;
- Nommer le projet. Ex. : « Projet_n2.gsp ».

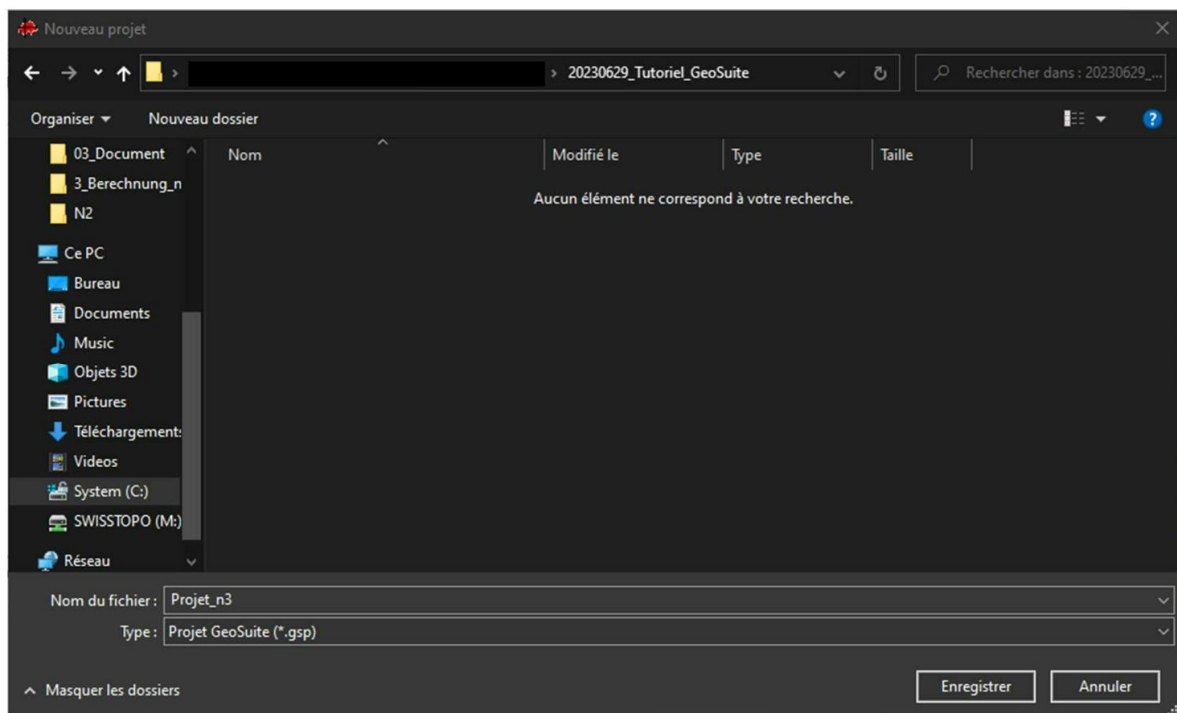


Figure 4-1 : Création du projet n° 3.

- Glisser-déposer les fichiers de coordonnées et de mesures dans la fenêtre d'affichage de GeoSuite.
 - Un dossier « ...\\Projet_n3\data » a bien été créé automatiquement et contient les deux fichiers précités.

4.3. Calcul libre combiné

- Paramétrer le fichier de compensation LTOP à l'aide de la nouvelle interface graphique.
 - Icône « LTOP » / icône « Définir ... ».
- Données générales.
 - Un nom de jeu de paramètres de compensation n'est pas utile dans ce contexte.
 - Sélectionner le domaine d'application approprié.
 - « *Domaine d'application / type de mensuration* » / cellule « *Mensuration technique (version du programme 1/2)* ».
- Onglet « Type de compensation et configuration ».
 - Sélection du type de compensation adapté pour la planimétrie.
 - Ligne « *Type de compensation* » / cellule « *Libre (datum minimal)* » ;
 - Ligne « *Préanalyse* » / non coché ;
 - Ligne « *Compensation robuste / coefficient* » / non coché.
 - Sélection du type de compensation adapté pour l'altimétrie.
 - Ligne « *Type de compensation* » / cellule « *Libre (datum minimal)* » ;
 - Ligne « *Préanalyse* » / non coché ;
 - Ligne « *Compensation robuste / coefficient* » / non coché.
 - Génération d'un fichier de mesure unique pour la compensation libre.
 - Ligne « *Fichier .MES séparé* » / non coché ;
 - Ligne « *Générer le fichier .MES et définir les points fixes automatiquement* » / non coché ;

- Définition des critères d'interruption.

- Ligne « Nombre maximal d'itérations » / entrer « 10 » ;
- Ligne « Seuil d'interruption [mm] » / entrer « 0.1 ».

Figure 4-2 : Type de compensation et configuration du calcul libre combiné du projet n° 3.

- Onglet « définition du datum / points fixes et variables ».

- Sélection du fichier de coordonnées à utiliser.

- Icône « Dossier » / sélectionner le fichier « 20230629_GeoS_Form_n3.koo »

- Choix du système de projection.

- Ligne « Système de référence » / cellule « CH (MN95) : Suisse (Mercator oblique) – MN95 ».

- Choisir l'origine des coordonnées pour le cadre de référence MN95.

- Ligne « Nom » / écrire « NULLBERN ».
- Ligne « Coordonnées » / sélectionner « Valeurs fixes » / entrer « 2600000.0000 » [m] en Est / entrer « 1200000.0000 [m] en Nord / entrer « 0.0000 » [m] en Altitude.

- Sélectionner aucun point fixe planimétrique et altimétrique pour ce cas.

- Cliquez droite dans le tableau « Points fixes et variables » / sélectionner « (Dés)activer tous les points ».

LTOP

Nom du jeu de paramètres de compensation:

Domaine d'application / type de mensuration:
Mensuration technique (version du programme 1/2) P. ex. mesures de déformation

Type de compensation et configuration Définition du datum / points fixes et variables Modèle fonctionnel Modèle stochastique Qualité / fiabilité Rapport / résultats

Fichier de coordonnées
\Projet_n3\data\20230629_GeoS_Fom_n3.koo

Système de projection
Système de référence: CH (MN95): Suis: BESSEL 1841
Ellipsoïde de référence: Demi-grand axe (a) [m]: 6377397.155
Carré de la 1ère excentricité: 0.006674372231

Origine
Nom: NULLBERN
Coordonnées:
☐ Centre de gravité (de tous les points fixes et variables)
☒ Valeurs fixes:
Est (E/y) [m]: 2600000
Nord (N/x) [m]: 1200000
Altitude (H/h) [m]: 0

Points fixes et variables

	Nom	Point fixe planimétrique	Point fixe altimétrique
1	9010	☐	☐
2	9012	☐	☐
3	9013	☐	☐
4	PIL.2	☐	☐
5	PIL.3	☐	☐
6	PIL.4	☐	☐
7	PIL.5	☐	☐
8	PIL.6	☐	☐
9	PIL.8	☐	☐
10	C	☐	☐
11	H	☐	☐
12	J	☐	☐
13	L	☐	☐
14	1.A	☐	☐
15	2.A	☐	☐
16	3.A	☐	☐
17	4.A	☐	☐

0 / 26 points fixes planimétriques
0 / 26 points fixes altimétriques

Rechercher... Editer la liste des points...

Réinitialiser Importer... Exporter... OK Annuler

Figure 4-3 : Définition du datum / points fixes et variables du calcul libre combiné du projet n° 3.

- Onglet « Modèle fonctionnel ».

- Choisir une réduction des distances avec les angles verticaux.

- Ligne « Réduction des azimuts » / reste grisée ;
- Ligne « Prendre en compte les déviations de la verticale et les cotes du géoïde » / non coché ;
- Ligne « Réduction des distances » / cellule « Avec les angles verticaux (avec altitudes à priori si non disponibles) ».

- Générer les paramètres des sessions GNSS.

- Cellule « Générer à partir du fichier .MES » ;
- Ligne 1 / Nom « LIBRE » / dE « + » / dN « + » / rH « + » / Echelle planim. « + » / dH « + » / rN « - » / rE « - » / Echelle altim. « + » ;
- Ligne 2 / Nom « FIXE » / dE « - » / dN « - » / rH « - » / Echelle planim. « - » / dH « - » / rN « - » / rE « - » / Echelle altim. « - ».

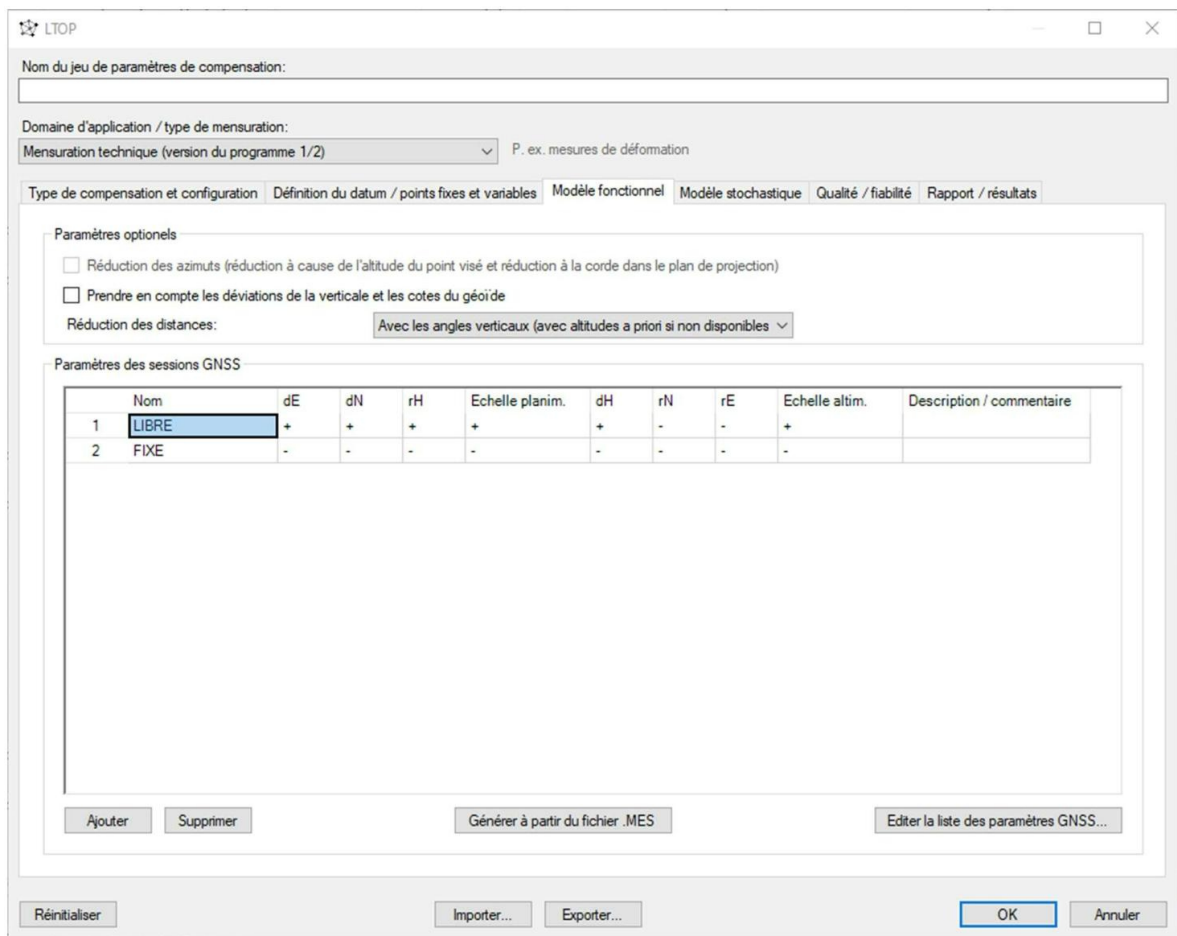


Figure 4-4 : Modèle fonctionnel du calcul libre combiné du projet n° 3.

- Onglet « Modèle stochastique ».

- Section « Planimétrie ».

- Choix des écarts-types généraux (théoriques).

- Ligne « Direction [cc] » / entrer « 3.5 » ;

- Ligne « Azimuts [cc] » / non concerné ;

- Ligne « Centrage [mm] » / entrer « 0.2 » ;

- Ligne « Coordonnées GNSS [mm] » / entrer « 1 » ;

- Ligne « Coordonnées des points fixes [mm] » / reste grisé ;

- Ligne « Distance » / non concerné.

- Choix des groupes d'observations pour les « Directions et azimuts ».

- Aucune donnée.

- Choix des groupes d'observations pour les « Distance ».

- Clique droite dans les « Groupes de distances » / sélectionner « Ajouter une nouvelle ligne à la fin de la liste » / Groupe « 3 » / Cst. add. « 3 » / a [mm] « 0.3000 » / b [mm] « 0.2000 » / c [mm/km2] « 0.0000 » ;

- Clique droite dans les « Groupes de distances » / sélectionner « Ajouter une nouvelle ligne à la fin de la liste » / Groupe « 4 » / Cst. add. « 4 » / a [mm] « 2.0000 » / b [mm] « 5.0000 » / c [mm/km2] « 0.0000 ».

- Section « Altimétrie ».

- Choix des écarts-types généraux (théoriques).

- Ligne « Angles verticaux [cc] » / entrer « 2 » ;
- Ligne « Distances vers les points accessibles » / entrer « 0.4 » ;
- Ligne « Distances vers les points inaccessibles » / entrer « 0.5 » ;
- Ligne « HI – HS vers les points accessibles » / entrer « 0.4 » ;
- Ligne « HI – HS vers les points inaccessibles » / entrer « 0.5 » ;
- Ligne « Différences de niveau pour 1km de » / non concerné » ;
- Ligne « Altitudes GNSS [mm] » / entrer « 5 » ;
- Ligne « Altitudes des points fixes [mm] » / reste grisé.
- Choix des angles verticaux réciproques.
 - Ligne « Traitement des observations » / cellule « Individuel (G) »
 - Ligne « Facteur pour visée non réciproques » / reste grisée.
- Choix de la réfraction.
 - Ligne « Coefficient (constante) » / entrer « 0.13 » ;
 - Ligne « Ecart-type » / entrer « 0.5 ».

LTOP

Nom du jeu de paramètres de compensation:

Domaine d'application / type de mensuration:
 Mensuration technique (version du programme 1/2) P. ex. mesures de déformation

Type de compensation et configuration Définition du datum / points fixes et variables Modèle fonctionnel **Modèle stochastique** Qualité / fiabilité Rapport / résultats

Planimétrie **Altimétrie**

Ecarts-types généraux (théoriques) Remarque: ces valeurs peuvent être remplacées par la définition de groupe dans la colonne correspondante du fichier de mesures

Directions [cc]: 3.50 Azimuts [cc]: 2.00

Centrage [mm]: 0.20

Coordonnées GNSS [mm]: 1.00 Coordonnées des points fixes [mm]: 9.00

Distances: Instrument: ME5000 4 a [mm]: 0.20 b [mm/km]: 0.20 c [mm/km²]: 0.00

Groupes d'observations

Directions et azimuts Distances

Groupes de distances:

	Groupe	Instrument	Cst. add.	Corr. éch.	a [mm]	b [mm/km]	c [mm/km²]
1	3		3		0.3000	0.2000	0.0000
2	4		4		2.0000	5.0000	0.0000

Constantes d'addition:

Groupe	Const. [mm]

Corrections d'échelle:

Groupe	Corr. [mm/km]

Note: laisser vide pour estimer (et non fixer) la valeur

Réinitialiser Importer... Exporter... OK Annuler

Figure 4-5 : Modèle stochastique planimétrique du calcul libre combiné du projet n° 3.

LTOP

Nom du jeu de paramètres de compensation:

Domaine d'application / type de mensuration:
Mensuration technique (version du programme 1/2) P. ex. mesures de déformation

Type de compensation et configuration Définition du datum / points fixes et variables Modèle fonctionnel **Modèle stochastique** Qualité / fiabilité Rapport / résultats

Planimétrie **Altimétrie**

Ecart-types généraux (théoriques)

Angles verticaux [cc]:	2.00	HI - HS vers les points accessibles	0.40
Distances vers les points accessibles	0.40	HI - HS vers les points inaccessibles	0.50
Distances vers les points inaccessibles	0.50		
Différences de niveau pour 1km de	0.00		
Altitudes GNSS [mm]:	5.00	Altitudes des points fixes [mm]:	10.00

Angles verticaux réciproques

Traitement des observations	Individuel (G); Le	Facteur pour visées non réciproques:	1.732
-----------------------------	--------------------	--------------------------------------	-------

Réfraction

Coefficient (constante):	0.13	Ecart-type:	0.06
--------------------------	------	-------------	------

Réinitialiser Importer... Exporter... OK Annuler

Figure 4-6 : Modèle stochastique altimétrique du calcul libre combiné du projet n° 3.

- Onglet « Qualité / fiabilité ».
- Choix du niveau de confiance.
 - Ligne « Niveau de confiance du résultat » / cellule « $2.45\sigma = 95\%$ en planimétrie / $1.96\sigma = 95\%$ en altimétrie ».
- Le choix de la fiabilité de la mensuration cadastrale n'est pas utile dans ce contexte.
- Valeurs limites pour la fiabilité interne planimétrique.
 - Ligne « Erreur résiduelle normée (wi) » / entrer « 2.5 » ;
 - Ligne « Test du chi carré (x2) [%] » / entrer « 20 » ;
 - Ligne « Probabilité d'une erreur de 2e type » / entrer « 5 ».
- Valeurs limites pour la fiabilité interne altimétrique.
 - Ligne « Erreur résiduelle normée (wi) » / entrer « 2.5 » ;
 - Ligne « Test du chi carré (x2) [%] » / reste grisé ;
 - Ligne « Probabilité d'une erreur de 2e type » / entrer « 5 ».
- Choix de la méthode de calcul pour la fiabilité externe.
 - Ligne « Méthode de calcul » / cellule « Pour chaque point variable : rectangle de fiabilité (A) ».
- L'erreur et la fiabilité relative n'est pas utile dans ce contexte.

Nom du jeu de paramètres de compensation:

Domaine d'application / type de mensuration:
Mensuration technique (version du programme 1/2) P. ex. mesures de déformation

Type de compensation et configuration Définition du datum / points fixes et variables Modèle fonctionnel Modèle stochastique **Qualité / fiabilité** Rapport / résultats

Niveau de confiance
Niveau de confiance du résultat: $2.45\sigma = 95\%$ en planimétrie / $1.96\sigma = 95\%$ en altimétrie

Mensuration cadastrale
☐ Contrôler la fiabilité MO93
Niveau de tolérance: Catégorie de point:

Fiabilité interne

Valeurs limites:	Planimétrie:		Altimétrie:
Erreur résiduelle normée (wi):	2.5		2.5
Test du chi carré (x²) [%]:	20	=	20
Probabilité d'une erreur de 2e type	5		5

Fiabilité externe
Méthode de calcul
Pour chaque point variable : rectangle de fiabilité (A)

Erreur et fiabilité relative

Planimétrie Altimétrie

Ellipses d'erreur relatives:

1er point variable	2ème point varia..

Ajouter Supprimer Editer la liste...

Rectangles de fiabilité relatifs:

1er point variable	2ème point varia..

Ajouter Supprimer Editer la liste...

Réinitialiser Importer... Exporter... OK Annuler

Figure 4-7 : Qualité / fiabilité du calcul libre combiné du projet n° 3.

- Onglet « Rapport / résultats ».
- Choisir les options de mise en page et de contenu adapté.
 - Ligne « Ligne titre 1 » / écrire un titre. Ex. : « Formation module LTOP - GeoSuite - 29.06.2023 » ;
 - Ligne « Ligne titre 2 » / écrire un titre. Ex. : « Calcul 2D+1 combiné » ;
 - Ligne « Enregistrer la matrice des équations normales (AtA) » / ne pas cocher ;
 - Ligne « Enregistrer les matrices de variance-covariance (Qxx) » / ne pas cocher ;
 - Ligne « Enregistrer la matrice des coefficients (A) » / ne pas cocher ;
 - Ligne « Utiliser les unités SI pour les directions / angles (mgon au lieu de cc) » / ne pas cocher ;
 - Ligne « Générer un ancien rapport en format texte (.prn) » / cocher.
 - Ligne « Langue de sortie » / cellule « Français » ;
 - Ligne « Lignes par page » / entrer « 85 ».

Figure 4-8 : Rapport / résultats du calcul libre combiné du projet n° 3.

- Valider les paramètres et cliquer sur « OK ».
- Section « Paramètres de calcul ».
 - Ligne « Générer un fichier de différences de coordonnées » / à cocher.
- Section « Appliquer à ».
 - Cocher le fichier de mesure mis à disposition initialement.
- Cliquer sur « Exécuter ».

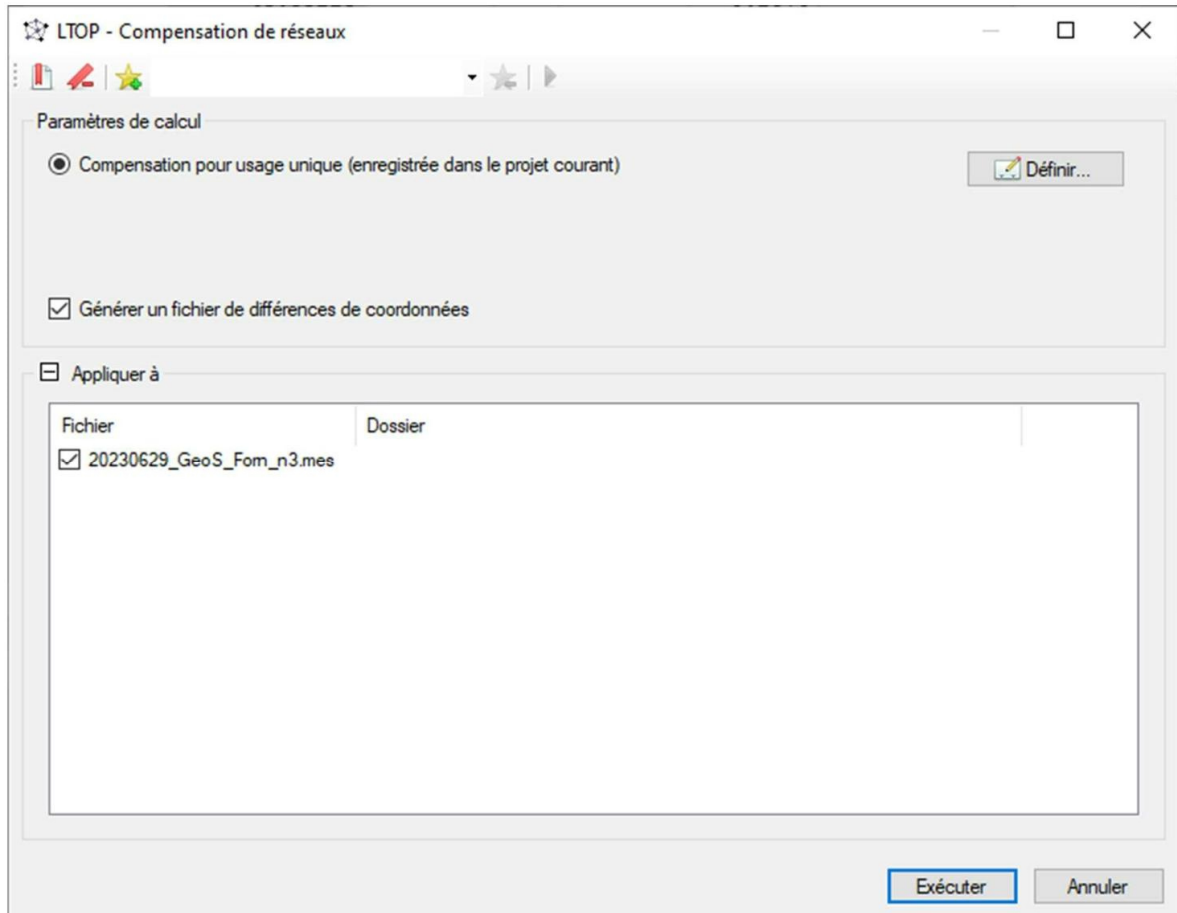


Figure 4-9 : Exécuter le calcul libre combiné du projet n° 3.

Une fenêtre s'affiche et donne des informations à propos de l'exécution du calcul.

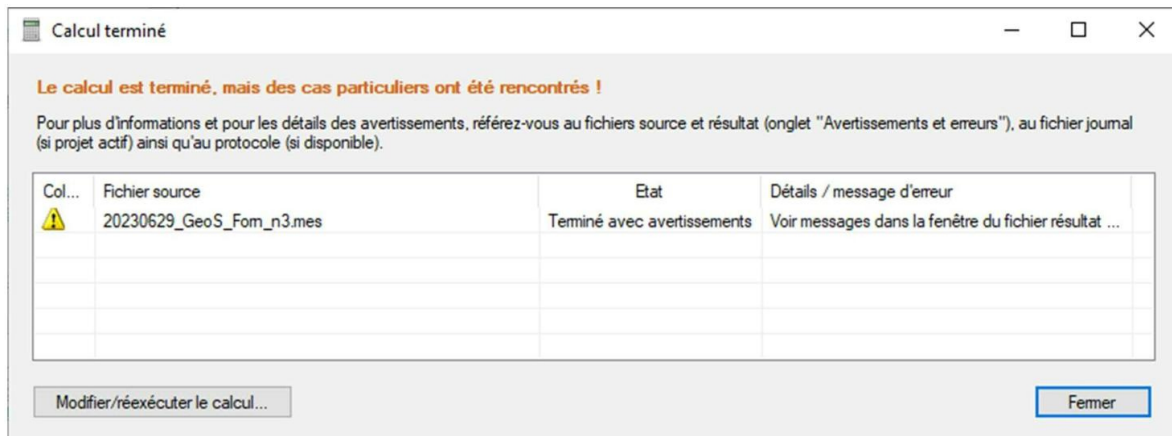


Figure 4-10 : Exécution du calcul libre combiné du projet n° 3 rencontre des cas particuliers.

4.4. Analyse du résultat et ajustements du calcul libre combiné

L'exécution du calcul génère une multitude de nouveaux fichiers dans le dossier « ... \Projet_n3\calcul\LTOP\0001 ». Les fichiers les plus utiles à cette étape sont visibles dans la zone de projet. Il s'agit d'un fichier de résultat « 20230629_GeoS_Form_n3_LTOP.res », un fichier de différence de coordonnées « 20230629_GeoS_Form_n3_LTOP.gsv » et d'un rapport de calcul en format HTML.

L'objectif, lors d'un réseau libre combiné, est de contrôler que les observations ne sont pas entachées de fautes grossières. Il faut donc avoir une attention particulière sur les indicateurs de fiabilité locale z_i [%], les résidus normés w_i [-] et sur les quotients afin d'avoir un modèle stochastique réaliste. Nous contrôlons également la constante d'addition sur les groupes de distance. Pour les sessions GNSS, nous contrôlons tous les paramètres.

Dans la section « Avertissement et erreurs » du rapport, il apparaît une remarque à propos du point « P3 ». Celle-ci peut être ignorée car le point P3 est relevé seulement en planimétrie.

Dans la section « Ecart-types des groupes d'observation » du rapport, on observe que la constante d'addition est non significative.

Dans la section « Orientation planimétrique (abris) », on observe les paramètres des sessions GNSS. Les paramètres de rotation [cc] et d'échelle planimétrique [ppm] ne sont pas significatifs.

Dans la section « Orientation altimétrique (abris) », on observe les paramètres des sessions GNSS. Le paramètre d'échelle altimétrique [ppm] n'est pas significatif.

- Ouvrir le fichier de mesure en double cliquant sur le fichier « 20230629_GeoS_Form_n3.mes ».

- Ligne 519 / cellule « Nom série GNSS » / entrer « TRANSLA » ;

- Ligne 542 / cellule « Nom série GNSS » / entrer « TRANSLA » ;

- Ligne 555 / cellule « Nom série GNSS » / entrer « TRANSLA ».

- Enregistrer à l'aide de l'icône « Enregistrer »  ou à l'aide du raccourci clavier « CTRL + S ».

Attention, pour modifier le calcul effectué en amont, il faut ouvrir le calcul en double-cliquant sur le calcul « 1. LTOP : planimétrie : libre (datum minimal), altimétrie : libre (datum minimal) » ou cliquer sur l'icône « Modifier/ réexécuter... »  « Modifier/réexécuter... »  dans le volet supérieur du rapport HTML.

- Onglet « Modèle fonctionnel ».
- Générer les paramètres des sessions GNSS.

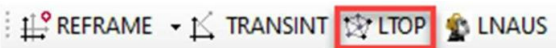
- Cellule « Générer à partir du fichier .MES » ;
- Ligne 1 / Nom « FIXE » / dE « - » / dN « - » / rH « - » / Echelle planim. « - » / dH « - » / rN « - » / rE « - » / Echelle altim. « - » ;
- Ligne 2 / Nom « TRANSLA » / dE « + » / dN « + » / rH « - » / Echelle planim. « - » / dH « + » / rN « - » / rE « - » / Echelle altim. « - » ;
- Onglet « Modèle stochastique ».
- Section « Planimétrie ».
- Choix des groupes d'observations pour les « Distance ».
- Groupe « 3 » / a [mm] « 0.2000 » / b [mm] « 0.3000 » / c [mm/km2] « 0.0000 » ;
- Groupe « 4 » / a [mm] « 2.0000 » / b [mm] « 5.0000 » / c [mm/km2] « 0.0000 » ;
- Valider les paramètres et cliquer sur « OK ».
- Section « Paramètres de calcul ».
- Ligne « Générer un fichier de différences de coordonnées » / à cocher.
- Section « Appliquer à ».
- Cocher le fichier de mesure « 20230629_GeoS_Form_n3.mes ».
- Cliquer sur « Exécuter ».

Dans la section « Ecart-types des groupes d'observation » du rapport, on observe que les quotients sont proches de 1 ($0.8 \leq \text{Quot.} \leq 1.2$). De plus, il n'existe aucun w_i supérieur à la limite dans les sections « Orientation planimétrique (abrisse) » et « Orientation altimétrique (abrisse) ».

Les observations ne sont pas entachées de fautes grossières et le modèle stochastique est réaliste. Cependant, il faudra garder un œil sur les observations. Notamment, la direction horizontale depuis la station P3 qui vise le point « J » qui n'est pas suffisamment contrôlée ($z_i < 25\%$).

4.5. Calcul libre-ajusté combiné

Nous allons créer un nouveau calcul pour cette étape. Seuls les éléments à modifier sont décrits ici.

- Ouvrir le fichier de mesure en double cliquant sur le fichier « 20230629_GeoS_Form_n3.mes ».
- Ligne 519 / cellule « Nom série GNSS » / entrer « T+R » ;
- Ligne 529 / cellule « Nom série GNSS » / entrer « T+R » ;
- Ligne 542 / cellule « Nom série GNSS » / entrer « T+R » ;
- Ligne 555 / cellule « Nom série GNSS » / entrer « T+R ».
- Enregistrer à l'aide de l'icône « Enregistrer »  ou à l'aide du raccourci clavier « CTRL + S ».
- Paramétrer le fichier de compensation LTOP à l'aide de la nouvelle interface graphique.
- Icône « LTOP »  / icône « Définir ... ».
- Onglet « Type de compensation et configuration ».
- Sélection du type de compensation adapté pour la planimétrie.
- Ligne « Type de compensation » / cellule « Coordonnées des points de rattachement comme observations (libre ajusté) » ;
- Ligne « Préanalyse » / non coché ;
- Ligne « Compensation robuste / coefficient » / non coché.
- Sélection du type de compensation adapté pour l'altimétrie.
- Ligne « Type de compensation » / cellule « Coordonnées des points de rattachement comme observations (libre ajusté) » ;
- Ligne « Préanalyse » / non coché ;
- Ligne « Compensation robuste / coefficient » / non coché.

- Onglet « définition du datum / points fixes et variables ».
 - Sélectionner tous les points fixes.
 - Cocher les points fixes planimétriques et altimétriques « 9010 », « 9012 », « 9013 » et « PIL.5 ».
- Onglet « Modèle fonctionnel ».
 - Générer les paramètres des sessions GNSS.
 - Cellule « Générer à partir du fichier .MES » ;
 - Ligne 1 / Nom « T+R » / dE « + » / dN « + » / rH « 1 » / Echelle planim. « - » / dH « + » / rN « - » / rE « - » / Echelle altim. « - ».
- Onglet « Modèle stochastique ».
 - Section « planimétrie ».
 - Choix des écarts-types généraux (théoriques).
 - Ligne « Coordonnées des points fixes [mm] » / entrer « 9 ».
 - Section « Altimétrie ».
 - Choix des écarts-types généraux (théoriques).
 - Ligne « Altitudes des points fixes [mm] » / entrer « 10 ».
- Valider les paramètres et cliquer sur « OK ».
- Section « Paramètres de calcul ».
 - Ligne « Générer un fichier de différences de coordonnées » / à cocher.
- Section « Appliquer à ».
 - Cocher le fichier de mesure initiale « 20230629_GeoS_Form_n3.mes ».
- Cliquer sur « Exécuter ».

4.6. Analyse du résultat du calcul libre-ajusté combiné

L'exécution du calcul génère également une multitude de nouveaux fichiers dans le dossier « ...\\Projet_n3\\calc\\LTOP\\0002 ».

L'objectif, lors d'un réseau libre-ajusté combiné, est de contrôler la qualité des points fixes et d'analyser s'il existe une rotation du bloc GNSS. Il faut donc avoir une attention particulière sur les résidus normés w_i [-] des observations des coordonnées des points fixes et sur les quotients afin d'avoir un modèle stochastique réaliste.

Dans la section « Orientation planimétrique (abris) » du rapport, on observe aucune coordonnée de point de rattachement avec un w_i supérieur à la limite. De plus, le paramètre de rotation planimétrique est non significatif et peut être retiré.

Dans la section « Orientation altimétrique (abris) » du rapport, on observe aucune coordonnée de point de rattachement avec un w_i supérieur à la limite.

- Ouvrir le fichier de mesure en double cliquant sur le fichier « 20230629_GeoS_Form_n3.mes ».
 - Ligne 519 / cellule « Nom série GNSS » / entrer « TRANSLA » ;
 - Ligne 529 / cellule « Nom série GNSS » / entrer « TRANSLA » ;
 - Ligne 542 / cellule « Nom série GNSS » / entrer « TRANSLA » ;
 - Ligne 555 / cellule « Nom série GNSS » / entrer « TRANSLA ».

- Enregistrer à l'aide de l'icône « Enregistrer »  ou à l'aide du raccourci clavier « CTRL + S ».

Attention, pour modifier le calcul effectué en amont, il faut ouvrir le calcul en double-cliquant sur le calcul « 2. LTOP : planimétrie : coordonnées des points de rattachement comme observations (libre ajusté), altimétrie : coordonnées des points de rattachement comme observations (libre ajusté) » ou cliquer sur l'icône

« Modifier/ réexécuter... »  **Modifier/réexécuter...**  dans le volet supérieur du rapport HTML puis définir à nouveau.

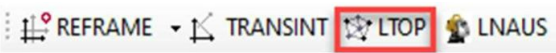
- Onglet « Modèle fonctionnel ».
 - Générer les paramètres des sessions GNSS.
 - Cellule « Générer à partir du fichier .MES » ;
 - Ligne 1 / Nom « TRANSLA » / dE « + » / dN « + » / rH « - » / Echelle planim. « - » / dH « + » / rN « - » / rE « - » / Echelle altim. « - » ;
- Valider les paramètres et cliquer sur « OK ».
- Section « Paramètres de calcul ».
 - Ligne « Générer un fichier de différences de coordonnées » / à cocher.
- Section « Appliquer à ».
 - Cocher le fichier de mesure « 20230629_GeoS_Form_n3.mes ».
- Cliquer sur « Exécuter ».

Nous observons dans la section « Ecart-types des groupes d'observation » du rapport que le quotient est proche de 1 pour les coordonnées et altitudes observées.

Les coordonnées des points supposés fixes (9010, 9012, 9013 et PIL.5) ne sont pas entachées de fautes grossières et le modèle stochastique est réaliste.

4.7. Calcul contraint combiné

Nous allons créer un nouveau calcul pour cette étape. Seuls les éléments à modifier sont décrits ici.

- Paramétrer le fichier de compensation LTOP à l'aide de la nouvelle interface graphique.
 - Icône « LTOP »  / icône « Définir ... ».
- Onglet « Type de compensation et configuration ».
 - Sélection du type de compensation adapté pour la planimétrie.
 - Ligne « Type de compensation » / cellule « Contraint » ;
 - Ligne « Préanalyse » / non coché ;
 - Ligne « Compensation robuste / coefficient » / non coché.
 - Sélection du type de compensation adapté pour l'altimétrie.
 - Ligne « Type de compensation » / cellule « Contraint » ;
 - Ligne « Préanalyse » / non coché ;
 - Ligne « Compensation robuste / coefficient » / non coché.
- Valider les paramètres et cliquer sur « OK ».
- Section « Paramètres de calcul ».
 - Ligne « Générer un fichier de différences de coordonnées » / à cocher.
- Section « Appliquer à ».
 - Cocher le fichier de mesure « 20230629_GeoS_Form_n3.mes ».
- Cliquer sur « Exécuter ».

4.8. Analyse du résultat du calcul contraint combiné

L'exécution du calcul génère également une multitude de nouveaux fichiers dans le dossier « ... \Projet_n3\calc\LTOP\0003 ».

L'objectif, lors d'un réseau contraint, est de contraindre les observations afin qu'elles s'intègrent au mieux au réseau défini par les points fixes. Pour étudier la qualité d'intégration des points nouveaux, nous pouvons observer les ellipses et intervalles de confiance et les ellipses et intervalles de fiabilité.

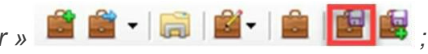
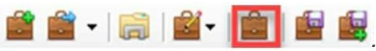
Dans la section « Coordonnées et altitudes, points variables avec accroissements et ellipses de confiance (niveau : 95%) » du rapport, on observe que les ellipses de confiance ne dépassent pas 4.04 [mm] alors que l'intervalle de confiance la plus haute atteint 1.14 [mm].

Dans la section « Fiabilité externe et ellipses de confiance à priori (niveau : 95%) » du rapport, on observe qu'il existe un rectangle de fiabilité qui atteint 9.43 [mm] alors que l'intervalle de fiabilité la plus haute atteint 1.32 [mm].

Il est surtout intéressant d'observer ici une tendance dans les dH [mm]. L'ensemble des points 1.A à 5.D se trouveraient env. 7 [mm] plus haut qu'annoncé dans le fichier de coordonnées. Ce n'est pas une erreur de calcul mais une faute systématique qui a été appliquée lors des mesures. En effet, ces points ont tous été mesurés faux car les opérateurs ont confondu le centre des cibles avec une autre indication qui se trouvaient env. 7 [mm] au-dessus.

4.9. Fin du calcul du réseau 2D+1

Pour terminer le calcul, il faut enregistrer le projet puis le fermer.

- Icône « Enregistrer »  ;
- Icône « Fermer » .

Le dossier « ...\\Projet_n3\\calc\\LTOP\\0003 » contient tous les éléments nécessaires à l'archivage du calcul comme un fichier PDF du rapport ou un fichier de coordonnées « 20230629_GeoS_Form_n3_LTOP.res ».

Liste des figures

Figure 2-1 : Création du projet n° 1.....	4
Figure 2-2 : Type de compensation et configuration du calcul libre du projet n° 1.	5
Figure 2-3 : Définition du datum / points fixes et variables du calcul libre du projet n° 1.....	6
Figure 2-4 : Modèle fonctionnel du calcul libre du projet n° 1.	7
Figure 2-5 : Modèle stochastique du calcul libre du projet n° 1.	8
Figure 2-6 : Qualité / fiabilité du calcul libre du projet n° 1.....	9
Figure 2-7 : Rapport / résultats du calcul libre du projet n° 1.....	10
Figure 2-8 : Exécuter le calcul libre du projet n° 1	11
Figure 2-9 : Exécution du calcul libre du projet n°1 en ordre.	12
Figure 3-1 : Création du projet n° 2.....	16
Figure 3-2 : Type de compensation et configuration du calcul tout contraint du projet n° 2.....	17
Figure 3-3 : Définition du datum / points fixes et variables du calcul tout contraint du projet n° 2.....	18
Figure 3-4 : Modèle fonctionnel du calcul tout contraint du projet n° 2.....	19
Figure 3-5 : Modèle stochastique planimétrique du calcul tout contraint du projet n° 2.	20
Figure 3-6 : Modèle stochastique altimétrique du calcul tout contraint du projet n° 2.	21
Figure 3-7 : Qualité / fiabilité du calcul tout contraint du projet n° 2.....	22
Figure 3-8 : Rapport / résultats du calcul tout contraint du projet n° 2.....	23
Figure 3-9 : Exécuter le calcul tout contraint du projet n° 2.	24
Figure 3-10 : Exécution du calcul tout contraint du projet n° 2 en ordre.....	25
Figure 3-11 : Distances avec wi les plus hauts.	25
Figure 3-12 : Directions horizontales probablement inversées.....	26
Figure 3-13 : Type de compensation et configuration du calcul libre du projet n° 2.....	27
Figure 3-14 : Définition du datum / points fixes et variables du calcul libre du projet n° 2.....	28
Figure 3-15 : Modèle stochastique planimétrique du calcul libre du projet n° 2.....	29
Figure 3-16 : Exécuter le calcul libre du projet n° 2.	30
Figure 3-17 : Constante d'addition non significative.....	31
Figure 4-1 : Création du projet n° 3.....	36
Figure 4-2 : Type de compensation et configuration du calcul libre combiné du projet n° 3.	37
Figure 4-3 : Définition du datum / points fixes et variables du calcul libre combiné du projet n° 3.....	38
Figure 4-4 : Modèle fonctionnel du calcul libre combiné du projet n° 3.	39
Figure 4-5 : Modèle stochastique planimétrique du calcul libre combiné du projet n° 3.....	40
Figure 4-6 : Modèle stochastique altimétrique du calcul libre combiné du projet n° 3.....	41
Figure 4-7 : Qualité / fiabilité du calcul libre combiné du projet n° 3.....	42
Figure 4-8 : Rapport / résultats du calcul libre combiné du projet n° 3.	43
Figure 4-9 : Exécuter le calcul libre combiné du projet n° 3.....	44

Figure 4-10 : Exécution du calcul libre combiné du projet n° 3 rencontre des cas particuliers..... 45

