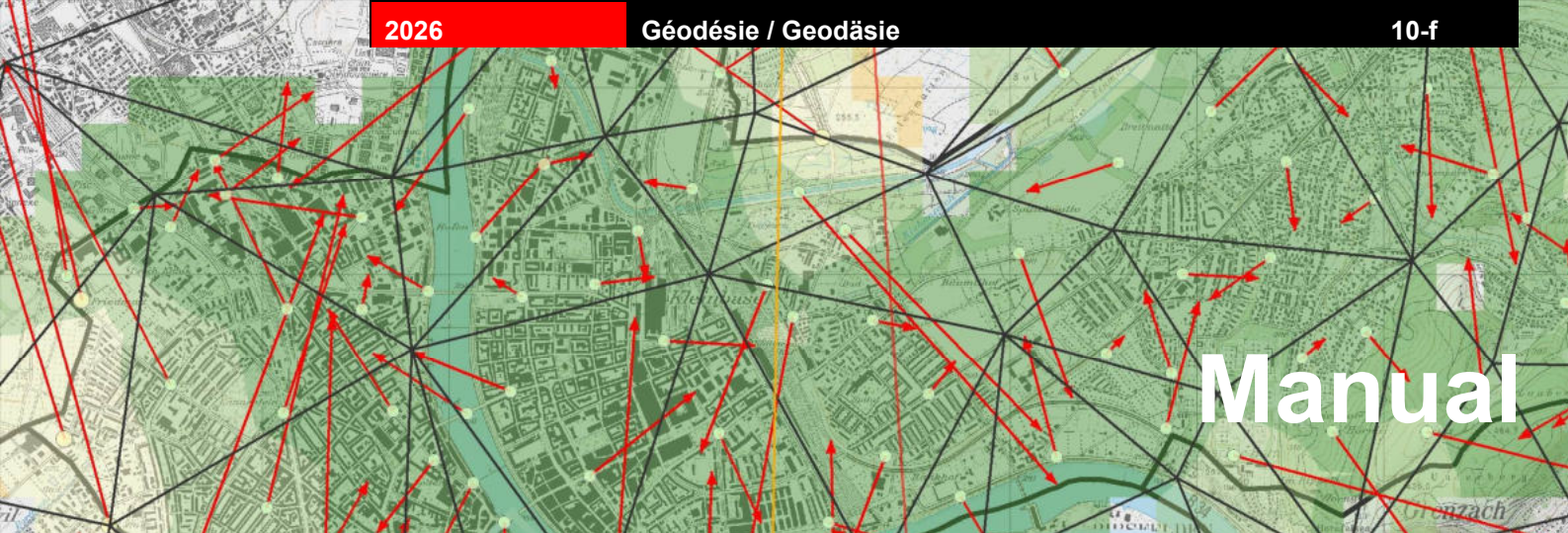




Manual

GeoSuite Module LTOP Module TRANSINT Module REFRAME

10-f

septembre 2026

Sebastian Condamin
Damien Guerdat
Urs Marti
Jérôme Ray

Manuel d'utilisateur du logiciel géodésique GeoSuite, comprenant un éditeur de fichiers, le module de calcul LTOP pour la compensation d'observations, le module de calcul TRANSINT pour réaliser des transformations et des interpolations, le module de calcul REFRAME pour les transformations planimétriques et/ou altimétriques lors de travaux de mensuration nationale ou officielle, ainsi qu'un module de représentation graphique.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Landestopografie swisstopo
Office fédéral de topographie swisstopo
Ufficio federale di topografia swisstopo
Uffizi federal da topografia swisstopo

www.swisstopo.ch

Table des matières

1 Introduction à GeoSuite	5
2 Nouveautés	6
3 Installation	7
3.1 Configuration requise	7
3.2 Installation	7
3.3 Licence	8
3.4 Mise à jour	8
4 Concepts généraux	9
4.1 Édition ou affichage de fichiers	9
4.2 Calculs	10
4.3 Projet	10
4.4 Traitements par lots	11
5 Utilisation de GeoSuite	12
5.1 Choix de la langue	12
5.2 Éléments de l'interface	12
5.3 Organisation des fenêtres	13
5.4 Créer, ouvrir, enregistrer et fermer des fichiers	14
5.5 Édition de fichiers	16
5.6 Import	21
5.6.1 Microsoft Excel	21
5.6.2 Leica GSI	23
5.7 Conversion	24
5.8 Tri de fichier de mesures LTOP	24
5.9 Export	25
5.10 Comparaison de fichiers	26
5.11 Représentation graphique des données	27
5.12 Projets	35
5.13 Outils divers	37
5.14 Aide et support	37
6 Utilisation de LTOP	38
6.1 Description générale et caractéristiques techniques	38
6.2 Fenêtres LTOP - ResMap	38
6.3 Structure du fichier de paramètres LTOP	48
6.4 Les messages d'erreur	68
Fautes à la lecture	68
Fautes constatées pendant le calcul	70
Préparation	70
Compensation planimétrique	71
Compensation altimétrique	71
6.5 Tests de plausibilité	72
6.6 Utilisation pratique du programme, étapes de calcul et analyse des résultats	74
6.6.1 Déroulement d'une compensation trigonométrique	74
6.6.2 Description des différentes phases de calcul	75
6.6.3 Compensation avec les coordonnées des PR comme observations	77
6.6.4 Compensation libre	78
6.6.5 Compensation de séries de coordonnées GNSS	78
6.6.6 Choix des points fixes définitifs	79
6.6.7 Compensation définitive	80
7 Utilisation de REFRAME	81
7.1 Description générale et caractéristiques techniques	81
7.2 Fenêtre REFRAME	81
7.3 Paramètres de calcul	82
7.3.1 Changement du cadre de référence planimétrique	82
7.3.2 Changement du cadre de référence altimétrique	83
7.4 Appliquer et exécuter les calculs	83
7.5 Particularités de la transformation de données raster (géoréférencement)	83
7.5.1 Introduction	83
7.5.2 Choix du ou des fichiers à transformer et définition du ou des fichiers résultats à créer	83
7.5.3 Options de transformation	84

7.5.4 Options raster.....	84
7.5.5 Détails de la transformation / protocole	86
7.6 Fichiers résultats	87
8 Utilisation de TRANSINT	88
8.1 Description générale et caractéristiques techniques	88
8.2 Fenêtre TRANSINT	88
8.3 Paramètres de calcul.....	89
8.3.1 Transformation	90
8.3.2 Interpolation.....	91
8.3.3 Points d'ajustage	95
8.4 Appliquer et exécuter les calculs.....	96
8.5 Fichiers résultat	97
8.6 Génération de grilles d'interpolation.....	97
9 Traitements par lots.....	100
9.1 Version normale (interface utilisateur)	100
9.2 Version console	101
9.2.1 Généralités	101
9.2.2 REFRAME	101
9.2.3 TRANSINT	103
9.3 Particularités pour certains formats de fichiers supportés uniquement dans le traitement par lots.....	105
9.3.1 Fichiers de données spatiales vectorielles ESRI Shapefile / QGIS.....	105
9.3.2 Dessins AutoCAD DXF	105
9.3.3 Fichiers de transfert Interlis 1	106
10 Bases théoriques.....	107
10.1 LTOP	107
10.1.1 Les indicateurs de fiabilité	107
10.1.2 Modèle mathématique de LTOP	111
10.2 REFRAME	112
10.2.1 Eléments de base et spécifications techniques	113
10.2.2 Paramètres de transformation REFRAME	116
10.3 TRANSINT	117
10.3.1 Introduction.....	117
10.3.2 Transformation conforme robuste	118
10.3.3 Interpolation selon la moyenne pondérée.....	123
10.3.4 Interpolation selon la méthode Shepard modifiée	127
10.4 FINELTRA	129
10.4.1 Introduction.....	129
10.4.2 Le modèle mathématique.....	129
10.4.3 La solution numérique.....	130
10.4.4 Caractéristiques principales de la transformation	132
10.4.5 Le fichier du maillage triangulaire	132
10.4.6 Les composantes de déformation de l'application affine	134
11 Références	138
12 Annexes.....	140
12.1 A - Réalisation d'une carte thématique dans GeoSuite	140
12.1.1 Représentation de base	140
12.1.2 Application des options d'affichage	140

1 Introduction à GeoSuite

GeoSuite est la suite de logiciels géodésiques de swisstopo. Il s'agit d'une suite d'outils d'édition de fichiers, de calcul et de représentation de données regroupée en une application moderne et performante, optimisée pour les derniers ordinateurs et systèmes d'exploitation.

GeoSuite comprend le module de calcul TRANSINT, pour des transformations et interpolations, le module de calcul REFRAME, pour les changements de cadre de référence et le module de calcul LTOP, pour la compensation d'observations.

Cette notice d'utilisation expose les nouveautés, la procédure d'installation et les concepts généraux de GeoSuite, puis ensuite l'utilisation de GeoSuite et de ses modules de calculs. Les éléments théoriques des modules de calculs sont expliqués séparément dans le chapitre [Bases théoriques](#).

2 Nouveautés

GeoSuite 1.7 marque le passage à une nouvelle génération de l'application, désormais gérée et mise à jour directement par swisstopo.

GeoSuite est désormais distribuée exclusivement sous forme d'application 64 bits.

ResMap est intégré à GeoSuite afin de visualiser les fichiers PRNX des calculs LTOP.

Le logiciel GeoSuite est amélioré continuellement et des mises à jour sont régulièrement publiées (voir chapitre [Mise à jour](#)).

Les corrections apportées ainsi que les nouveautés ajoutées sont intégralement décrites dans le journal des modifications « [changelog](#) ».

3 Installation

3.1 Configuration requise

GeoSuite 1.7 est une application **64 bits** compatible avec **Microsoft Windows 10 et Windows 11 (64 bits)**.

La configuration minimale requise est la suivante :

- Processeur 64 bits, 1 GHz ou supérieur
- 2 Go de mémoire RAM minimum
- Microsoft Windows 10 ou Windows 11, 64 bits
- Microsoft .NET Framework 4.8
- Une connexion Internet est nécessaire pour certaines fonctionnalités de GeoSuite, notamment les cartes en ligne et la recherche de mises à jour
- Un logiciel permettant de consulter les fichiers PDF est recommandé pour la documentation

GeoSuite pourra être utilisé en ligne de commande sur un système d'exploitation Linux par l'intermédiaire de la solution Mono*.

* Mono est une plateforme de développement libre, basée sur une mise en œuvre de la machine virtuelle Microsoft .NET, disponible pour les environnements Windows, Mac OS, Linux et Android.

3.2 Installation

L'installation de GeoSuite est entièrement automatisée grâce à l'assistant fourni. Il suffit de suivre les indications affichées à l'écran.

L'opération ne dure que quelques minutes et ne requiert que peu d'interaction de l'utilisateur. Il est nécessaire de définir la langue ainsi que le dossier cible de l'installation.



Figure 3 - 1: Choix du répertoire d'installation de GeoSuite

GeoSuite 1.7 est disponible exclusivement en version 64 bits. Microsoft .NET Framework 4.8 doit être installé sur le système.

Remarque : les droits d'administrateur local de l'ordinateur sont nécessaires pour pouvoir effectuer l'installation de GeoSuite.

3.3 Licence

L'éditeur GeoSuite et ses modules de calcul sont gratuits.

GeoSuite est disponible sur Internet sur le site de swisstopo à l'adresse

<https://www.swisstopo.admin.ch/fr/logiciels-geodesiques-geosuite>

Utilisation des géoservices de geo.admin.ch : les géodonnées et géoservices sont soumis aux conditions d'utilisation en vigueur de swisstopo et de l'Infrastructure fédérale de données géographiques (IFDG).

L'utilisation est gratuite sous réserve des règles de fair use. Les conditions d'utilisation et les exigences relatives à la mention de la source doivent être respectées.

3.4 Mise à jour

Le logiciel GeoSuite est amélioré continuellement et des nouvelles versions sont régulièrement publiées.

Pour mettre à jour GeoSuite, il y a 2 possibilités:

- Télécharger et installer la version complète [GeoSuite \(admin.ch\)](https://www.swisstopo.admin.ch/fr/logiciels-geodesiques-geosuite). L'installation existante sera mise à niveau ou remplacée, selon son ancienneté.
- Mise à jour en ligne: exécuter la commande « Rechercher des mises à jour » du menu « ? »

La méthode la plus rapide est la mise à jour en ligne: GeoSuite vérifie si une version plus récente est disponible et, si c'est le cas, propose de l'installer immédiatement. Dans ce cas, GeoSuite devra être redémarré. Il est possible d'activer la vérification automatique des mises à jour dans les Options générales (menu « Outils »). Dans ce cas, l'existence d'une version plus récente sera vérifiée automatiquement à chaque démarrage de l'application.

Si la mise à jour ne fonctionne pas en raison de l'absence de connexion à Internet ou à cause de restrictions d'accès (Firewall), il est possible de télécharger la mise à jour manuellement à l'aide d'un navigateur standard, depuis un poste de travail bénéficiant d'un accès à Internet. Visiter la page [GeoSuite \(admin.ch\)](https://www.swisstopo.admin.ch/fr/logiciels-geodesiques-geosuite) et télécharger la mise à jour.

Exécuter « GeoSuite17_setup.exe », puis suivre les indications affichées à l'écran.

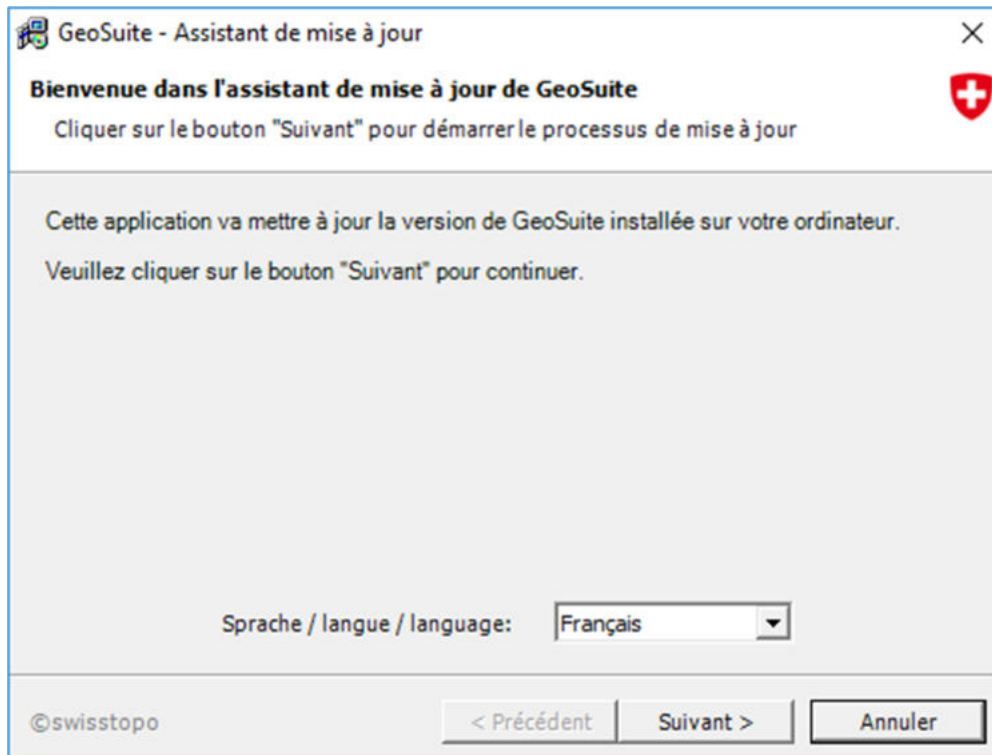


Figure 3 - 3: Installation d'une mise à jour

Remarque: en cas de problème de connexion à Internet avec GeoSuite, un serveur proxy peut être configuré manuellement dans « Outils - Options générales - Options Internet ».

4 Concepts généraux

Les concepts généraux énumèrent les fonctionnalités principales de GeoSuite pour l'édition de fichiers, les calculs, la représentation de données, les projets et les traitements par lots.

4.1 Édition ou affichage de fichiers

Les fonctionnalités de l'éditeur de fichiers et de la représentation de données de GeoSuite sont les suivantes :

- Ouverture de fichiers sous forme d'onglets
- Lecture et modifications aisées grâce aux infobulles ou aux listes de choix
- Vérification des domaines de valeurs autorisés
- Fonctions rechercher/remplacer
- Fonction de tri des données
- Fonction de calcul de valeurs ou de mise à jour de cellules multiples
- Fonction de modification conditionnelle de valeurs (similaire à une requête SQL)
- Fonction annuler/rétablir la saisie
- Copier/coller interne et externe de/vers des tableurs ou des éditeurs de texte
- Fonctions de conversion, d'import et d'export de formats
- Disposition dynamique des fenêtres de l'interface
- Fonction de comparaison de fichiers
- Défilement des fenêtres synchronisé entre les fichiers
- Outil d'aperçu avant impression
- Localisation du point sélectionné sur un volet de carte
- Représentation graphique des points

GeoSuite propose plusieurs modes de traitement et d'affichage de fichiers, selon leur format:

- Fichiers de coordonnées ou mesures affichés dans un éditeur « intelligent » :

Ces fichiers sont présentés dans un tableau où chaque valeur est modifiable indépendamment dans une cellule. Le type de données (texte, valeur numérique, valeur booléenne, etc.) ainsi que le domaine de valeurs (minimum, maximum, liste de choix) sont vérifiés. Le comportement est similaire à celui d'un tableur, avec la présence d'outils de sélection, tri, recherche, calcul, etc.

Les fichiers suivants sont supportés par l'éditeur GeoSuite :

- LTOP (coordonnées, mesures et fichier de paramètres DAT)
- Bernese GPS Software
- Trimble CSV (P, E, N, Elev, Code)
- Points MD.01-MO-VD
- Mesures de séries terrestres PCTRI
- Mesures de nivellement fédéral PCNIV
- Maillage triangulaire FINELTRA
- Différences de coordonnées GeoSuite (GSV)
- Fichier texte ENU (Est, Nord et altitude, séparés par un espace)
- Fichier texte CSV, les structures suivantes sont possibles:
 - 2 valeurs: E/Y/Lon, N/X/Lat
 - 3 valeurs: E/Y/Lon, N/X/Lat, H/Alt
 - 4 valeurs: ID/no, E/Y/Lon, N/X/Lat, H/Alt
 - 5 valeurs ou plus: ID/no, E/Y/Lon, N/X/Lat, H/Alt, commentaire(s)

Un outil de représentation graphique est également disponible: les informations graphiques d'un fichier ouvert dans l'éditeur (points ou résultats, jeux de données de transformation, vecteurs, ellipses d'erreur, rectangles de fiabilité, etc.) sont représentées dans des couches similaires à un programme DAO. Ainsi, il est possible de se déplacer, zoomer, mesurer, modifier les données à afficher ou changer le style d'affichage des couches. Différents arrière-plans et des données de base swisstopo peuvent également être ajoutés.

L'extrait de la carte permet la localisation grossière des points actifs du fichier courant sur une carte suisse ou une orthophoto.

- Fichiers SIG, DAO et autres formats de données géographiques propriétaire :

Ces fichiers ne peuvent pas être ouverts, visualisés ou modifiés dans l'éditeur de GeoSuite, mais sont transformables par les différents modules de calculs. Pour cela, l'outil de transformation par lots doit être utilisé.

En sus des formats supportés par l'éditeur mentionnés ci-dessus, qui peuvent aussi être transformés par lots, les fichiers suivants peuvent être traités :

- ESRI Shapefile
- AutoCAD DXF
- INTERLIS 1 (ITF/ILI), INTERLIS 2 (XML/ILI)
- Topobase K
- OGC GeoPackage
- ASPRS LASer
- GeoJSON
- Adalin One
- ESRI World file
- GeoTIFF
- ECW
- Fichiers et pages web :

GeoSuite dispose d'un navigateur Web interne permettant l'affichage de documents HTML locaux ou de sites Web en ligne. Il existe également des fonctionnalités pour afficher les documents KML: l'information géographique est liée au géoportail du gouvernement fédéral et ses fonctions de base sont entièrement disponibles (image de fond, zoom, mouvement, sélection, mesure, etc.).

Formats à base de balises supportés par GeoSuite :

- Documents HTML (locaux ou en ligne)
- Documents KML
- Formats de fichiers non pris en charge :

Ces fichiers ne sont pas formatés, mais affichés sous la forme d'un fichier texte, comme par exemple dans un éditeur ASCII simple.

4.2 Calculs

Les calculs LTOP, REFRAME ou TRANSINT peuvent être lancés lorsqu'un fichier de données est actif. Dans le cas contraire l'icône de LTOP restera partiellement inactif (seule la transformation interactive sera possible), tandis que la fenêtre de REFRAME ou TRANSINT sera consultable (au niveau des paramètres prédéfinis de calculs) mais ne permettra pas de lancer un calcul. Des messages de réussite, d'erreurs ou d'avertissements détaillés accompagnent la procédure de calcul.

GeoSuite peut effectuer les calculs géodésiques suivants :

- Préanalyse et la compensation de réseaux polygonométriques, de réseaux de triangulation, de réseaux combinant des observations GNSS et des mesures terrestres et, au besoin, de réseaux de nivellement géométrique (?[LTOP](#))
- Transformation (2, 3, 4 ou 6 paramètres) et interpolation (?[TRANSINT](#)), y compris par maillage triangulaire (transformation affine par éléments finis ? [FINELTRA](#)) et par grille d'interpolation, par moyenne arithmétique avec ou sans corrélation entre les points de rattachement
- Changement de cadre de référence (Coordonnées géographiques, géocentriques ou UTM ETRF93/CHTRF95/~WGS84 / Coordonnées planes MN95 ou MN03 / Hauteurs ellipsoïdales / Altitudes orthométriques RAN95 / Altitudes usuelles NF02 ?[REFRAME](#))
- Génération de grille d'interpolation (ou d'assemblage de grilles de différentes résolutions) permettant l'accélération des calculs
- Comparaison de fichiers en faisant des calculs de différence
- Traitements par lots

Les options de calcul, comme le nombre de décimales ou la représentation graphique automatique, sont modifiables sous « Outils – Options générales – Calculs ».

4.3 Projet

Le système de projet facilite la gestion des calculs, des fichiers qui leurs sont associés, ainsi que de leur

représentation. La mise en page de données dans la représentation graphique est sauvée d'une utilisation à l'autre dans le cadre d'un projet.

Le projet permet un accès direct aux fichiers sources et résultats, aux protocoles, fichiers journaux et autres données de bases requises. On peut reprendre/modifier un calcul. Tous les fichiers sont sauvegardés et archivés automatiquement. Un gestionnaire de versions de fichiers permet de garder la vue d'ensemble et de s'assurer que les différentes étapes sont cohérentes et que les bonnes observations sont basées sur les bonnes coordonnées.

4.4 Traitements par lots

Les traitements par lots permettent d'une part d'effectuer le même calcul sur plusieurs fichiers à la fois, sans avoir à les ouvrir préalablement dans l'éditeur. D'autre part, les traitements par lots permettent d'effectuer des calculs géodésiques sur des formats de fichiers non visualisables dans l'interface de GeoSuite (par ex : DXF, Interlis ou Shapefile). Pour plus d'information à propos des formats supportés, voir chapitre [Édition ou affichage de fichiers](#).

5 Utilisation de GeoSuite

5.1 Choix de la langue

GeoSuite est disponible en quatre langues :

- Français
- Allemand
- Italien
- Anglais

Le logiciel démarre automatiquement dans la langue du profil utilisateur, si celle-ci ne correspond à aucune des langues disponibles, l'anglais est utilisé par défaut.

Il est possible de changer en tout temps la langue de GeoSuite, via le menu:

- « Outils – Options générales... – Langues » (Français)
- « Werkzeuge – Allgemeine Optionen... – Sprachen » (Allemand)
- « Strumenti – Opzioni generali... – Lingue » (Italien)
- « Tools – General options... – Languages » (Anglais)

Le changement de langue est immédiatement effectif après sa sélection et ne nécessite pas de redémarrage du programme.

5.2 Éléments de l'interface

L'interface principale de GeoSuite est composée des éléments suivants (Figure 5 - 1):

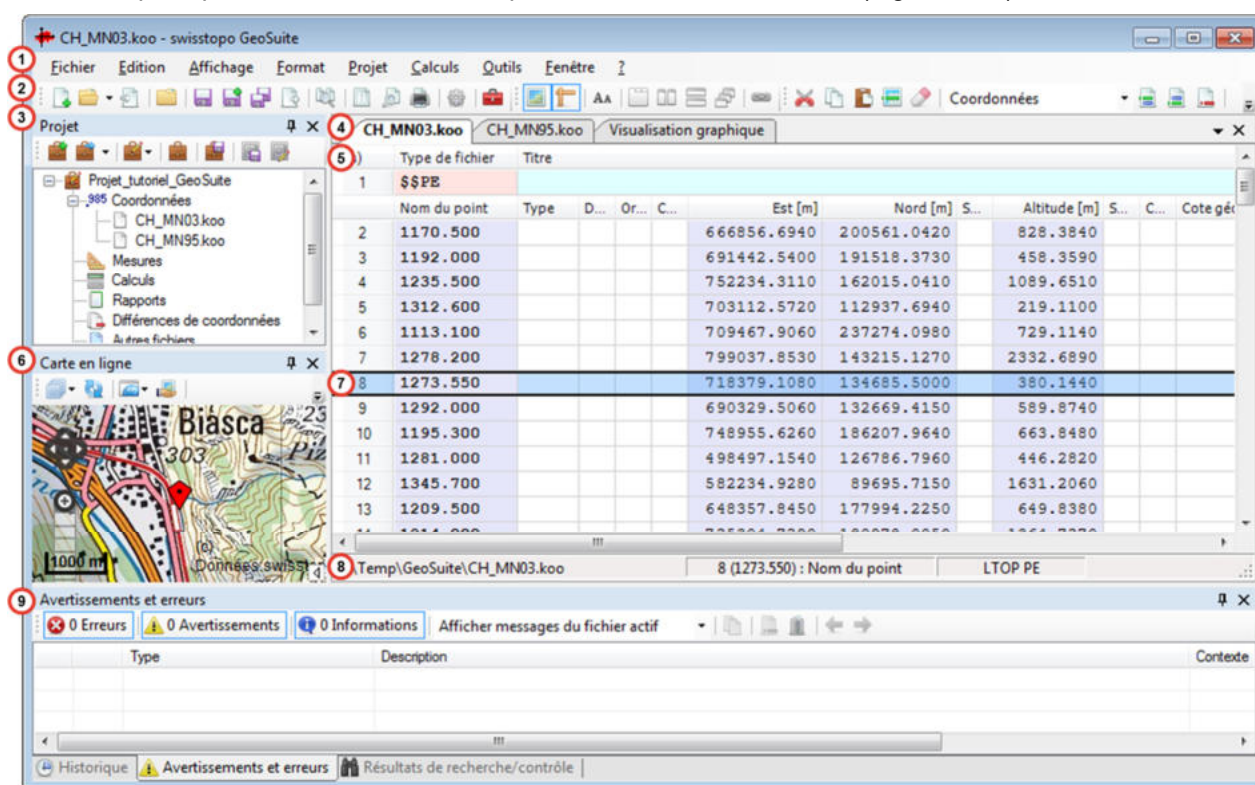


Figure 5 - 1: Éléments de l'interface principale

1 La barre de menu donne accès aux fonctions disponibles dans GeoSuite. Ces dernières sont réparties en différentes catégories de menu (Fichier / Edition / Affichage / Format / Projet / Calculs / Outils / Fenêtre / Aide). Chaque menu est ensuite divisé en plusieurs sous-parties correspondant à des fonctionnalités.

2 Les barres d'outils permettent d'accéder à des fonctions, en cliquant sur leur icône, sans passer par les menus. Une partie des icônes est automatiquement activée ou désactivée en fonction du composant actif. Pour activer ou désactiver des barres d'outils, cliquer sous « Affichage – Barres d'outils » puis choisir la barre d'outils à afficher ou à masquer.

- 3** La fenêtre de projet regroupe l'ensemble des fichiers appartenant au projet en cours. L'arborescence de projet catégorise automatiquement les fichiers selon leur format. La création d'un projet facilite la gestion des calculs et permet la sauvegarde groupée des fichiers, des résultats de calcul et des paramètres de représentation.
- 4** La barre d'onglets de fichiers et de représentation graphique correspond aux fichiers ouverts. Un fichier est actif lorsque son onglet est au premier plan. Afin de lancer un calcul, il est nécessaire d'avoir un fichier de données ouvert et actif.
- 5** La fenêtre d'affichage constitue la partie principale de l'interface. Elle sert à visualiser des tableaux de données, des pages Internet, des éléments vectoriels (par ex : points, lignes, vecteur de déplacement) et des fichiers de type raster (par ex : fond de cartes). Les données peuvent être éditées ou visualisées de diverses manières (voir chapitre [Édition de fichiers](#)).
- 6** Le volet de carte affiche le point sélectionné en **7** à travers le géoportail fédéral (www.geo.admin.ch). Le volet de carte requiert une connexion Internet.
- 8** La barre d'état affiche de l'information en temps réel sur l'état des composants actifs. Pour un fichier de données, la source du fichier, les informations de la ligne ou de la cellule sélectionnée et le type de fichier sont indiqués, tandis que pour une représentation graphique les informations concernant la position du curseur, le nombre d'objets sélectionnés et le nombre total d'objets sont affichés.
- 9** La zone de messages affiche de manière détaillée, suivant l'onglet sélectionné, les messages d'avertissement et d'erreurs de calculs, l'historique des opérations ou les résultats de recherche ou de contrôle.

5.3 Organisation des fenêtres

La disposition des différentes fenêtres peut être modifiée de manière dynamique en tirant et glissant l'onglet d'une fenêtre (en effectuant un clic gauche maintenu et en déplaçant l'onglet). Des zones de déplacement, signalées par les zones bleutées et par les icônes de disposition sur la fenêtre (voir Figure 5 - 2), orientent le choix du nouvel emplacement. L'icône de disposition en forme de croix permet de déplacer une fenêtre dans une sous-partie (droite, gauche, en haut, en bas) d'un espace.

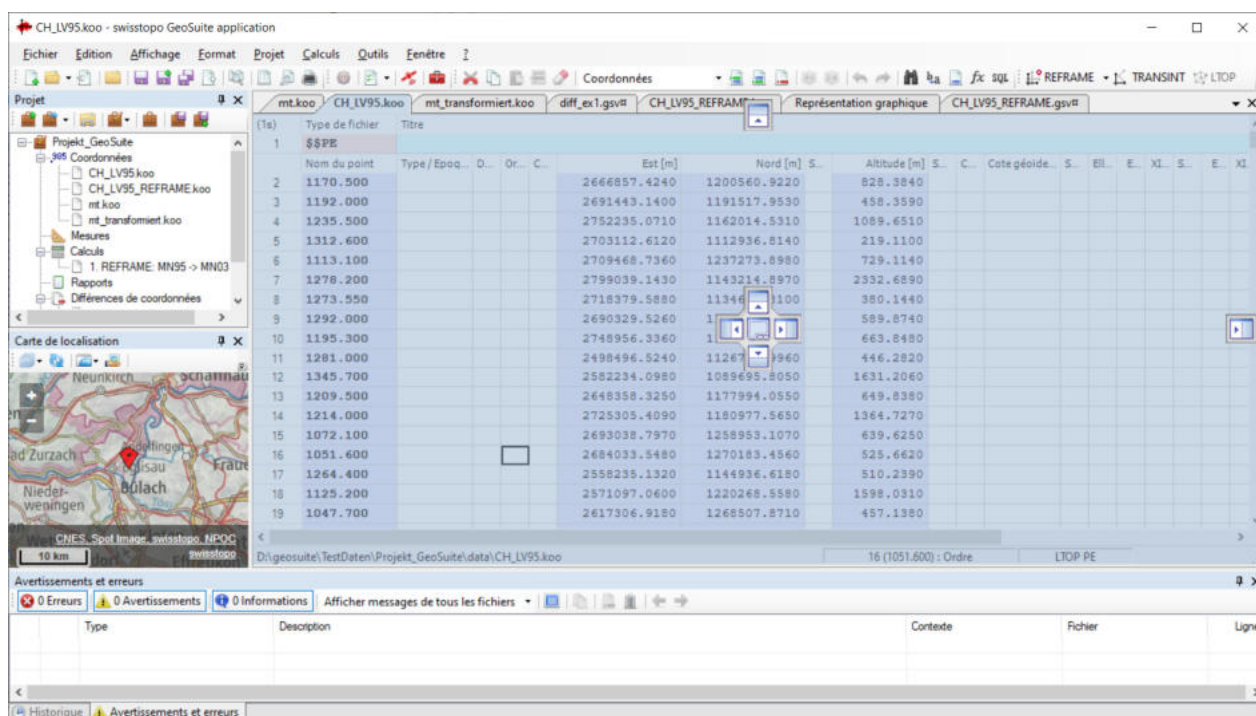


Figure 5 - 2: Disposition des fenêtres

Une fenêtre peut également être positionnée en dehors de l'interface de GeoSuite. Pour la réintégrer à l'interface double cliquer sur sa barre de titre.

Les fichiers ouverts peuvent être affichés en onglets, en cascade ou sous forme de mosaïque verticale ou horizontale. Les icônes correspondant à ces dispositions sont illustrées sur la Figure 5 - 3:

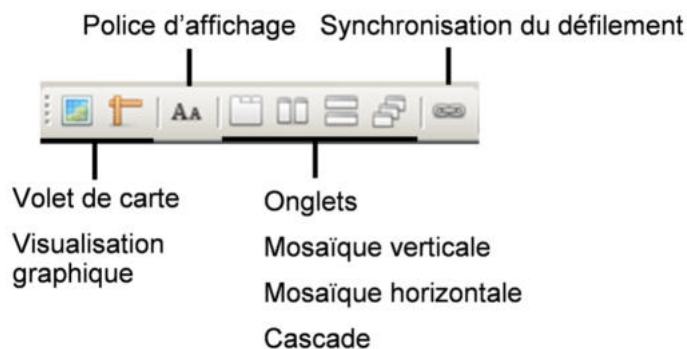


Figure 5 - 3: Barre d'outils «Affichage/fenêtre»

Le déplacement synchronisé permet de faire défiler les curseurs des différents onglets ou fenêtres simultanément (voir Figure 5 - 4).

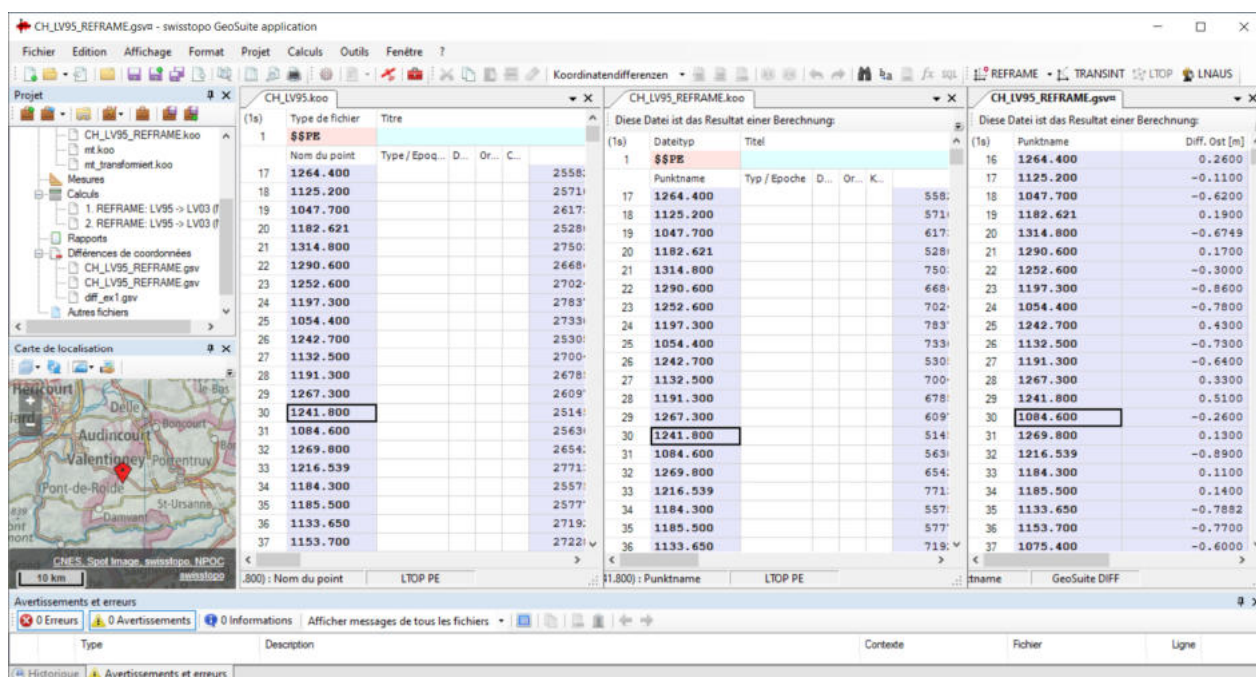


Figure 5 - 4: Comparaison visuelle de fichiers en combinant mosaïque verticale et défilement synchronisé

5.4 Créer, ouvrir, enregistrer et fermer des fichiers

Au démarrage de GeoSuite, l'interface ne comprend aucun projet et aucun fichier ouvert comme illustré sur la Figure 5 - 5.

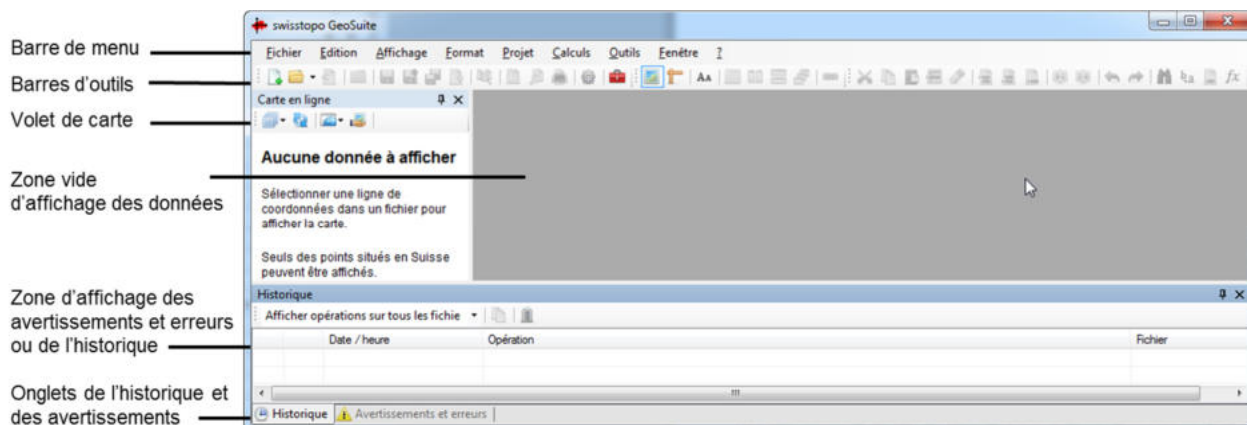


Figure 5 - 5: Fenêtre au démarrage de GeoSuite

GeoSuite gère l'ouverture de plusieurs fichiers en même temps, en les disposant sous forme d'onglets.

La barre d'outils « Standard », (voir Figure 5 - 6) regroupe les fonctionnalités de manipulation, ainsi que les options générales.

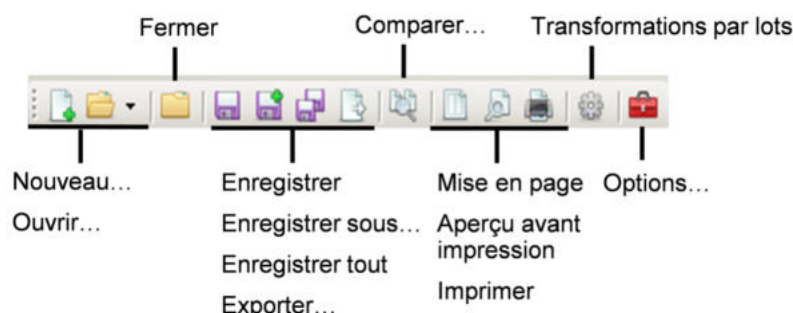


Figure 5 - 6: Barre d'outils "Standard"

L'outil de transformations par lots est décrit en détail dans le chapitre [Traitements par lots](#).

Créer un nouveau fichier

Pour créer un nouveau fichier d'un format géré par GeoSuite, utiliser l'icône et choisir parmi la liste de la fenêtre d'affichage ci-dessous (voir Figure 5 - 7).

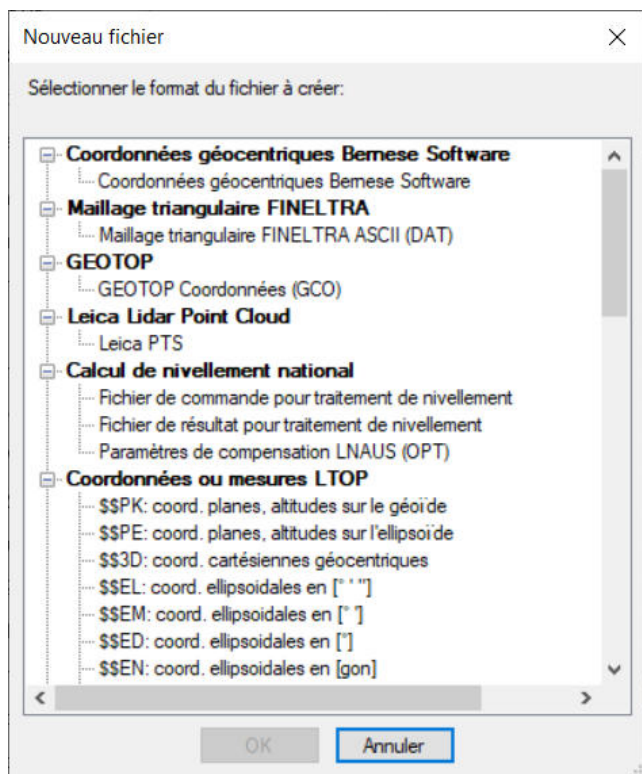


Figure 5 - 7: Créer un nouveau fichier de format prédéfini

Ouvrir un fichier

Pour ouvrir des fichiers préexistants aux formats supportés en mode édition (LTOP, CSV etc.), utiliser l'icône . Ces fichiers sont ouverts dans GeoSuite et ajoutés dans le projet courant. Si un projet est ouvert ou créé a posteriori, il est possible d'ajouter les fichiers avec un clic droit sur l'onglet de chaque fichier puis de cliquer sur la fonction « Ajouter au projet ».

Les types de fichiers (extensions) associés à GeoSuite peuvent être ajoutés sous « Outils – Options – Types de fichiers ». Les fichiers des formats choisis dans cette option sont ensuite ouverts par défaut avec GeoSuite par un double clic dans l'explorateur de fichiers.

Enregistrer un fichier

Un fichier actif peut être enregistré  ou renommé . La fonction « Enregistrer tout »  enregistre tous les fichiers ouverts ainsi que le projet courant.

Mise en page et impression

Avant impression , les fichiers peuvent être mis en page  et visualisés . Les options de mise en page englobent le format de papier, l'orientation, l'échelle, les marges, les en-têtes et pieds de page, le nombre de pages par feuille, ainsi que la police ou la numérotation des lignes du fichier.

Paramètres

L'option  sous « Fichier – Lecture seule » empêche toute modification du fichier de manière temporaire (jusqu'à la fermeture fichier ou de GeoSuite). Cette option est désactivée à tout moment par la même procédure.

Les options des répertoires d'ouverture et d'enregistrement, des projets, des paramètres de calcul, des définitions de format et des données temporaires sont définies et peuvent être modifiées via le menu « Outils – Options générales ».

5.5 Édition de fichiers

GeoSuite fournit l'ensemble des fonctionnalités usuelles d'un éditeur de fichiers. Ces fonctionnalités sont regroupées sous la barre d'outils « Édition » (voir figure 5 - 8), ou en effectuant un clic droit sur les données.

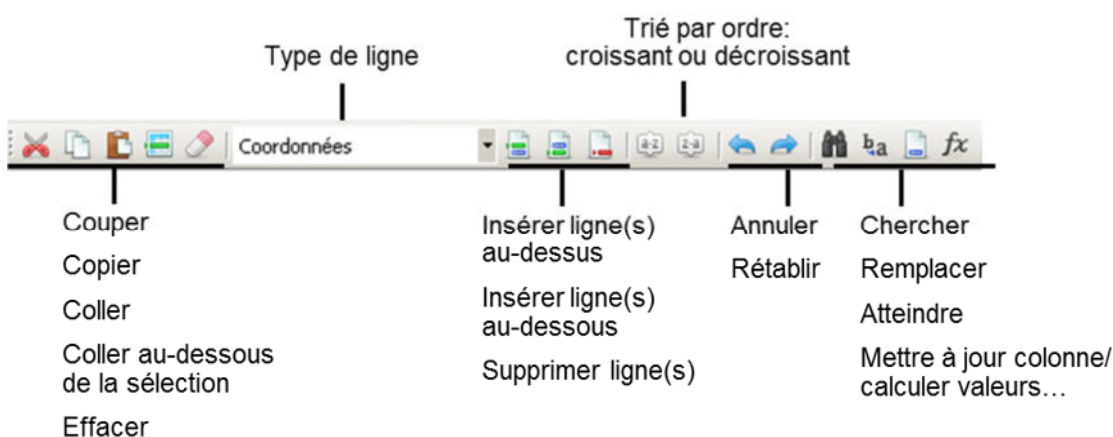


Figure 5 - 8: Barre d'outils «Édition»

Les raccourcis-clavier disponibles des fonctions d'édition sont regroupés dans le Tableau 5 - 2.

Tableau 5 - 2: Raccourcis-clavier pour les fonctions d'édition

Combinaison de touches	Fonction
Ctrl+Z	Annuler la saisie
Ctrl+Y	Rétablir la saisie
Ctrl+X	Couper une ou des cellules
Ctrl+C	Copier une ou des cellules
Ctrl+V	Coller une ou des cellules (la sélection cible est étendue automatiquement)
Ctrl+Shift+V ou Ctrl+Maj+V	Coller en tant que nouvelle(s) ligne(s) au-dessus de la sélection
Delete ou Suppr	Effacer le contenu d'une ou plusieurs cellules
Ctrl+Insert	Insérer la ou les ligne(s) au-dessus de la sélection

Ctrl+Down	Insérer la ou les ligne(s) au-dessous de la sélection
Ctrl+Suppr ou Ctrl+Delete	Supprimer la ou les ligne(s) sélectionnée(s)
Double clic ou ENTER	Editer une cellule
Flèches « ← » ou « → »	Déplacer le curseur d'une cellule vers la gauche ou la droite
Flèches « ↑ » ou « ↓ »	Déplacer le curseur d'une cellule vers le haut ou le bas
« Home » ou « End »	Déplacer le curseur sur la première ou la dernière cellule du fichier
« Page Up » ou « Page down »	Déplacer le curseur sur la première ou la dernière cellule de la fenêtre
Ctrl+G	Atteindre une cellule
Ctrl+U	Mettre à jour une colonne ou calculer des valeurs
Ctrl+Q	Exécuter une requête ou une mise à jour conditionnelle
Ctrl+F	Rechercher une valeur
F3	Rechercher le résultat suivant
Ctrl+F3	Rechercher le résultat précédent
Ctrl+H	Remplacer une valeur

Copier et coller

Lors d'un copier-coller , la sélection cible est, si la place le permet, automatiquement étendue (par ex : si 4 cellules sont copiées et 3 cellules sont sélectionnées avant de coller, la sélection est étendue et 4 cellules sont collées). D'autre part, si une seule cellule est copiée et collée sur une sélection de plusieurs autres cellules alors sa valeur est collée dans chacune des cellules sélectionnées.

Pour insérer de nouvelles données (par exemple à partir de Microsoft Excel), il est possible d'utiliser la fonction « coller en tant que nouvelle(s) ligne(s) au-dessus de la sélection ». Cela permet d'ajouter automatiquement le nombre de ligne nécessaire sans remplacer une donnée existante.

Des lignes peuvent être ajoutées en sélectionnant le type de ligne (coordonnées, station, observation terrestre, observation GNSS, commentaire etc., selon le type de fichier actif) puis en cliquant sur l'un des symboles d'insertion situé à la droite du menu déroulant (en dessous ou au-dessus de la sélection), comme illustré ci-dessous (voir Figure 5 - 9) pour une ligne de commentaire.

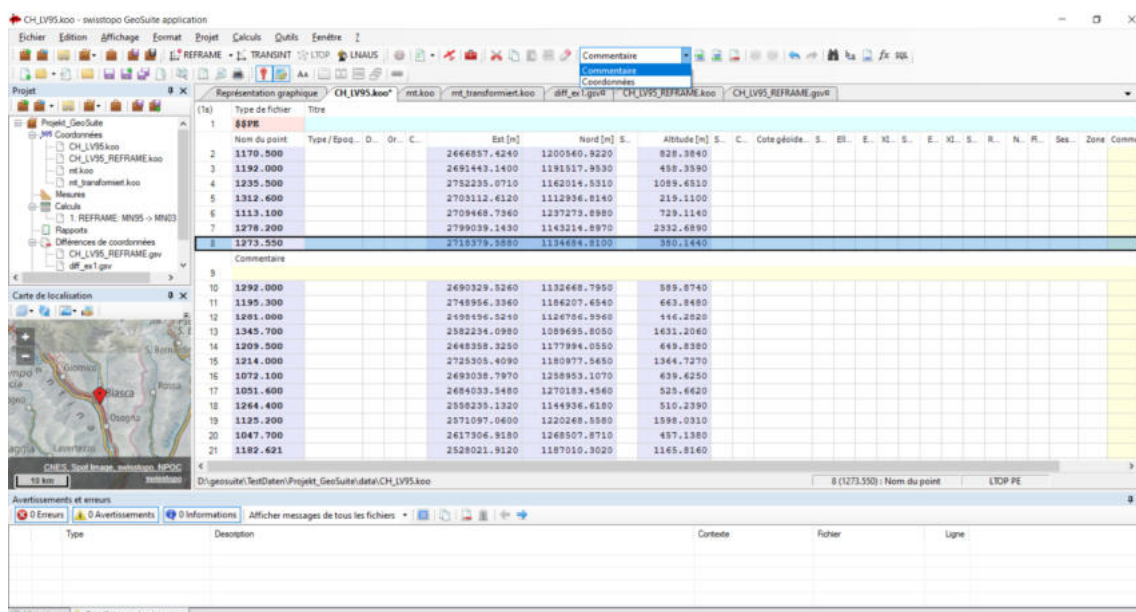


Figure 5 - 9: Ajout d'une ligne de commentaire

Entrée de données dans les cellules

Lors d'une saisie manuelle, l'utilisation de la flèche vers le bas équivaut à sortir du mode « édition de cellule » et se traduit par un retour à la ligne.

Lors de la sélection d'une cellule par simple-clic puis d'une saisie, le contenu de la cellule est remplacé par la nouvelle saisie. Pour modifier le contenu d'une cellule, il est nécessaire au préalable de double-cliquer sur la cellule ou d'appuyer sur la touche « Enter ». La touche « Esc » du clavier permet revenir à la valeur de départ de la cellule.

Une saisie, commençant par un signe « = » puis correspondant à une formule, est interprétée et la valeur correspondante au calcul affichée. La formule n'est cependant pas accessible a posteriori.

Vérification de la saisie des données

Chaque champ d'un fichier en colonnes d'un format prédéfini reconnu (par ex : LTOP) correspond à un type (par ex : nombre entier, nombre décimal, liste à choix, caractère, mixte). GeoSuite empêche la saisie incorrecte d'un champ en ne validant pas sa saisie et en bloquant le curseur sur la cellule. Cette vérification se fait également lors de l'édition d'une sélection de cases ou d'une colonne d'un tableau, avec les outils « Remplacer » ou « Mettre à jour colonne / calculer valeurs » (par ex : il n'est pas possible d'ajouter un caractère à une colonne de coordonnées).

Annuler et rétablir

Les fonctions annuler/rétablir   n'ont pas un nombre défini d'itération lors de l'édition d'un fichier (même suite à l'enregistrement du fichier). Les changements ne sont cependant pas gardés d'une utilisation à l'autre de GeoSuite (par ex : après avoir quitté et relancé le programme). Les icônes Annuler / Rétablir apparaissent en gris après le redémarrage.

Rechercher et remplacer

Les fonctions «rechercher»  et «remplacer»  s'appliquent vers le haut ou le bas à un caractère, un mot en entier ou à une expression régulière sur le fichier actif, la colonne active ou sur tous les fichiers ouverts dans GeoSuite (voir Figure 5 - 10). La liste des résultats d'une recherche, obtenue en cliquant sur le bouton « Lister tous », peut être visualisée dans la zone inférieure de GeoSuite (menu « Affichage – Résultats de recherche/contrôle »).

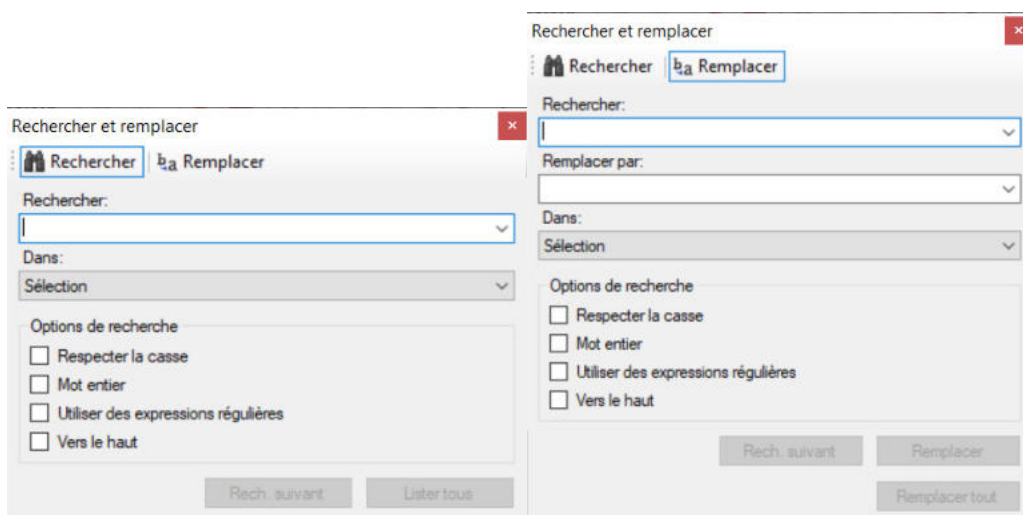


Figure 5 - 10: Fenêtres de l'outil rechercher et remplacer

Mettre à jour une colonne et calculer les valeurs

La fonction  permet de facilement mettre à jour les valeurs d'un tableau (par ex : en effectuant une opération identique sur une colonne entière, voir Figure 5 - 11).

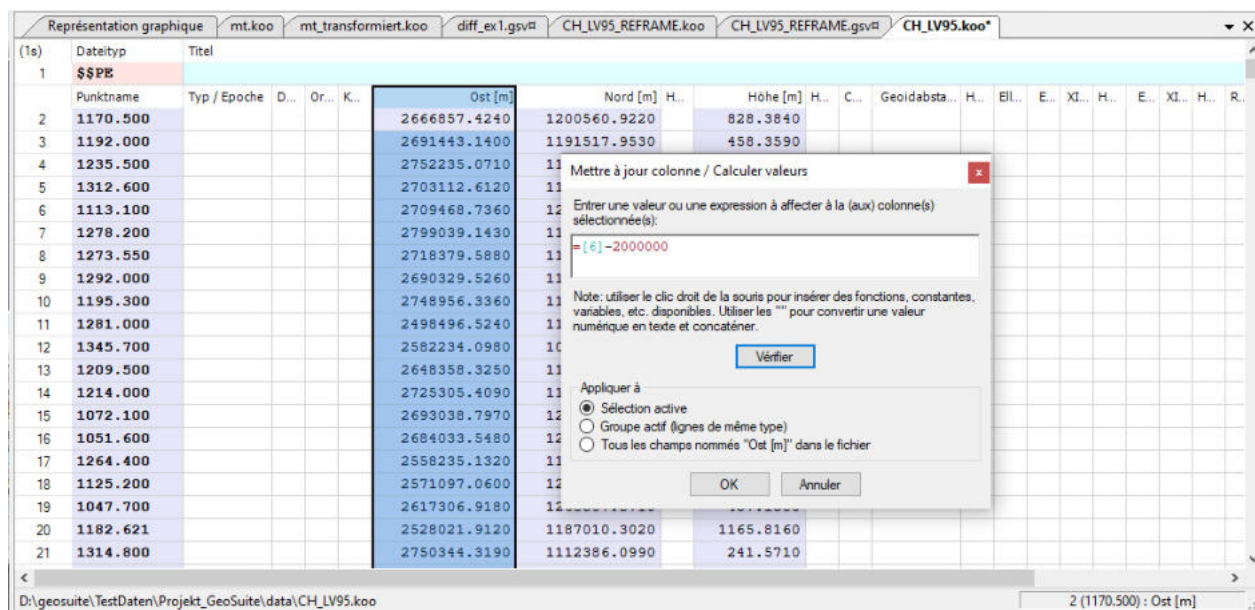


Figure 5 - 11: Exemple de translation sur la coordonnée Est

La case « Vérifier » permet de contrôler la syntaxe et donne un échantillon de résultat de l'opération.

L'ensemble des fonctionnalités de  (par ex : constantes, variables1), fonctions, opérateurs2)) est détaillé sur la Figure 5 - 12 et peut être ouvert en cliquant-droit sur le champ de saisie.

Brève explication

- 1) Variables « Line » pour la ligne, « Filename » pour le nom du fichier, « Username » pour le nom d'utilisateur
- 2) Opérateurs: ^pour l'exponentiel, % pour le modulo, == pour l'égale à ou encore != pour le différent de

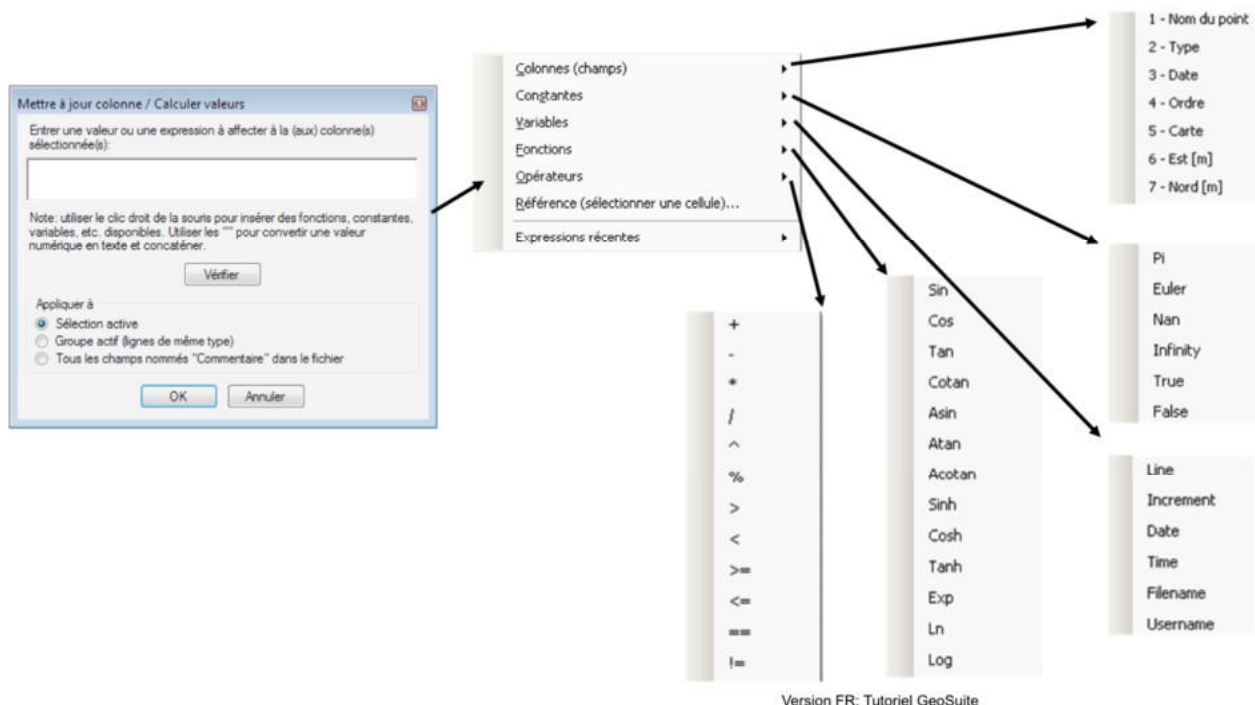


Figure 5 - 12: Fonction de mise à jour de colonne ou de calcul de valeurs

Exécuter une requête ou une mise à jour conditionnelle

La fonction  permet d'effectuer des modifications systématiques complexes, à la manière d'une requête conditionnelle SQL. Elle est particulièrement utile pour les gros fichiers contenant des types de données variés et où l'utilisation de la fonction « Rechercher - remplacer » est trop fastidieuse et où la fonction de

mise à jour de colonne décrite ci-dessus est insuffisante.

Il est ainsi par exemple possible de corriger facilement un nom de point, un numéro d'époque, une erreur de hauteur d'instrument ou de réflecteur, un numéro de groupe d'observations ou de modifier une erreur moyenne d'un type de mesure, d'une station ou d'un point particulier.

Trois informations sont requises pour procéder à une mise à jour conditionnelle (voir Figure 5 - 13) :

- Le type de ligne concerné (dépend du format du fichier source), par exemple « Définition de session GNSS » ou « Observation terrestre ».
- La sélection à effectuer (à la manière de la clause « SELECT ... WHERE ... » d'une requête SQL) : il faut ici définir les colonnes du fichier concernées ainsi que les valeurs à rechercher ou les conditions à vérifier.

Il y a pour cela des constantes (vrai « TRUE », faux « FALSE » et vide/nul « NULL »), des opérateurs de comparaison (+, -, *, /, etc.) et des opérateurs logiques (et « AND », ou « OR » et non/pas « NOT », conversion/concaténation « " " ») à disposition. Ces éléments sont listés en cliquant sur le bouton gauche de la souris dans le champ de saisie.

Selon le type de données de la colonne concernée, il convient d'utiliser des " " pour vérifier ou comparer des valeurs alphanumériques ou effectuer des concaténations.

- La mise à jour à effectuer (à la manière de la clause « UPDATE ... VALUES ... » d'une requête SQL) : il faut ici définir les colonnes du fichier concernées ainsi que les valeurs à fixer (remplacer).

Comme pour la sélection, des constantes, opérateurs de comparaison et opérateurs logiques peuvent être utilisés. Les choix possibles sont affichées par clic sur le bouton droit de la souris dans le champ de saisie.

Les différentes valeurs à fixer doivent être séparées par des virgules « , ».

Figure 5 - 13: Fonction de requête ou mise à jour conditionnelle

Lors que la requête à effectuer a été préparée, sa validité peut être vérifiée avec le bouton « Vérifier ». En cas d'erreur, un message décrit le problème. En cas de succès, les lignes concernées dans le fichier ainsi que les attributs à modifier sont affichés (Figure 5 - 14 ci-dessous).

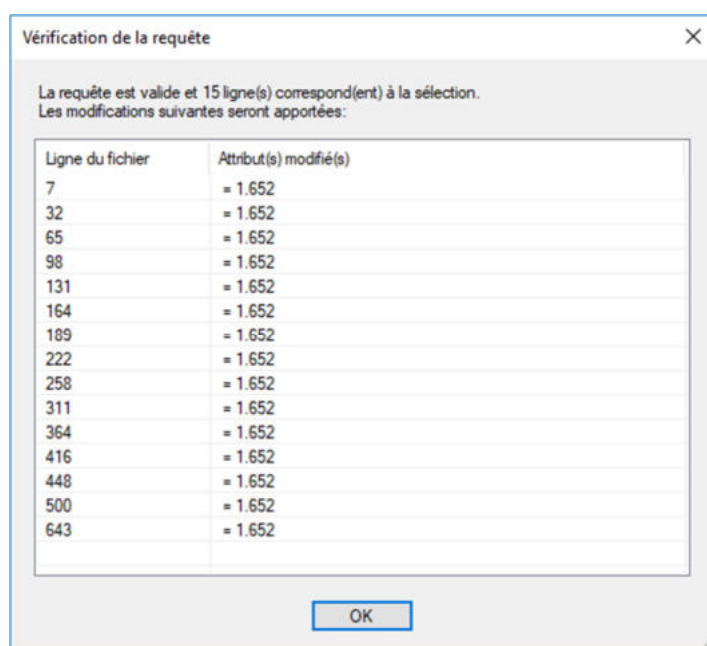


Figure 5 - 14: Vérification de la fonction et prévisualisation des changements

Cliquer sur « Exécuter » pour valider la requête et effectuer les changements.

Les paramètres sont conservés et seront proposés par défaut la prochaine fois. Il est aussi possible de créer ou rappeler un favori (barre d'outils en haut de la boîte de dialogue) pour réutiliser rapidement et facilement une requête ultérieurement.

Options d'édition et de traitement des fichiers

Les options d'éditeur et de traitement des fichiers se trouvent sous « Outils – Options générales – Editeur/traitement des fichiers ». Elles permettent, entre autres, d'ouvrir uniquement les formats supportés, de détecter les modifications de fichiers externes, de mémoriser une session, d'activer le glisser-déposer ou de conserver le type original lors d'un traitement DOS/UNIX/MAC. En option, la création de fichiers de sauvegarde peut être activée.

5.6 Import

Un outil d'import est disponible dans GeoSuite pour les formats de fichiers suivants :

- [Microsoft Excel](#) (pour les versions à partir de 2000)
- [Leica GSI](#) (coordonnées et mesures)

L'importation s'effectue en deux étapes principales :

1. La création d'un nouveau fichier de format prédéfini
2. L'import des données

Pour créer un nouveau fichier de format prédéfini, il faut cliquer sur l'icône  et choisir un format parmi la liste de la fenêtre d'affichage (voir chapitre [Créer, ouvrir, enregistrer et fermer des fichiers](#)).

5.6.1 Microsoft Excel

Pour que cet outil soit fonctionnel, Microsoft Excel doit également être installé sur l'ordinateur.

Pour importer les données du fichier Excel, il faut que le fichier précédemment créé soit actif puis cliquer sur l'icône  afin de faire apparaître une fenêtre d'importation similaire à celle de la Figure 5 - 15.

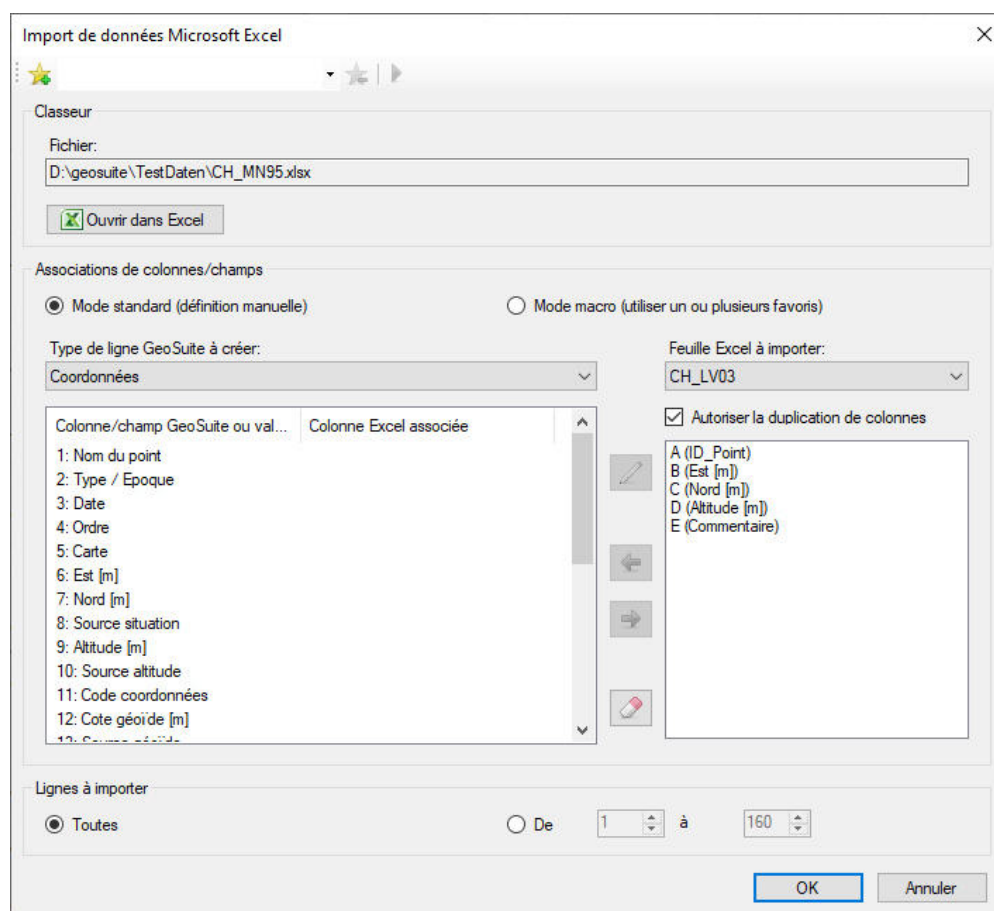


Figure 5 - 15: Fenêtre d'importation de données Microsoft Excel

Les colonnes correspondant aux champ GeoSuite dépendent du type de fichier de format prédéfini créé et du type de ligne GeoSuite à créer. Cependant toute fenêtre d'importation est composée des parties suivantes :

- Définition, utilisation ou suppression d'un favori (option nécessaire pour le mode macro)
- Description du classeur Excel (avec le lien vers le fichier et la possibilité d'ouvrir le fichier dans Excel)
- Définition de l'association entre les colonnes du fichier GeoSuite et les champs du fichier Excel
- Définition des lignes à importer (par ex : si le classeur contient une entête, il faut commencer l'importation à partir de la deuxième ligne)

La partie « Associations de colonnes/champs » permet de faire le lien entre les colonnes du fichier prédéfini (liste à gauche) et les colonnes de la feuille Excel à importer (liste à droite). Pour effectuer cette association en mode standard, il faut sélectionner avec un clic gauche les deux champs à relier puis utiliser la flèche  ou clic gauche et glisser le champ de la feuille Excel vers le champ de GeoSuite. Le titre de la colonne Excel apparaît ensuite vis-à-vis du titre du champ de GeoSuite (voir Figure 5 - 16).

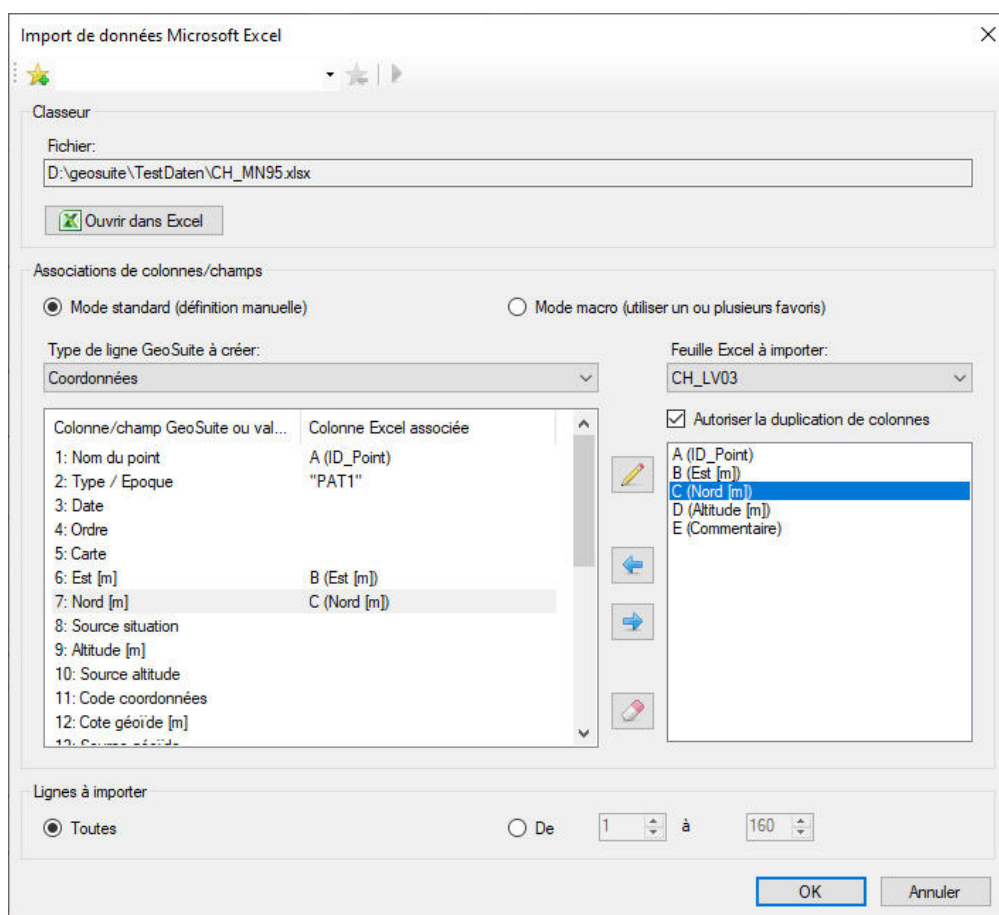


Figure 5 - 16: Exemple d'associations entre les données à importer

La flèche  permet d'annuler une association tandis que la gomme  efface toutes les associations déjà définies. L'icône  permet d'introduire manuellement une constante ou un texte dans une colonne.

La partie inférieure de la fenêtre d'importation des données permet de définir la plage de lignes à importer (toutes les lignes ou une série définie de lignes).

En cliquant sur « OK » les associations sont réalisées et les données de la feuille Excel sont importées dans le fichier prédéfini de GeoSuite.

Le mode macro est utile pour importer des données ayant des structures complexes (par ex : pour un fichier de mesure, une même série de lignes dans Excel doit être importée pour plusieurs types de ligne dans GeoSuite).

5.6.2 Leica GSI

Pour importer les données du fichier GSI, il faut que le fichier précédemment créé soit actif puis cliquer sur l'icône .

Si des données GSI sont importées vers un fichier de coordonnées (par ex. LTOP \$\$PK), une boîte de dialogue demande si les coordonnées à la station ou au réflecteur doivent être lues :

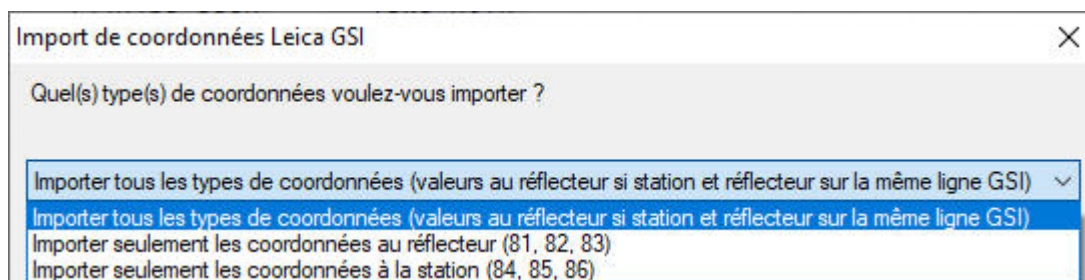


Figure 5 - 17: Choix du type de coordonnées GSI à importer

Si des données GSI sont importées vers un fichier de mesures (par ex. LTOP \$\$ME), une boîte de dialogue demande si les coordonnées doivent être importée et, si oui, sous quelle forme :

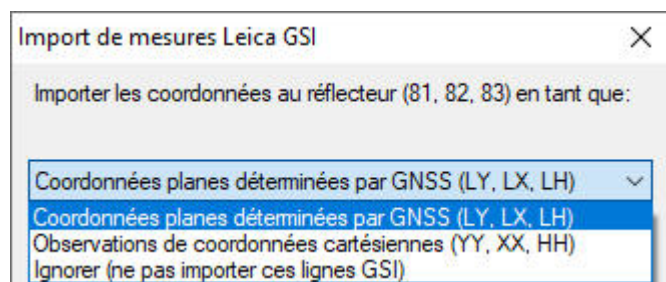


Abbildung 5 - 18: Choix du traitement des coordonnées lors de l'import de mesures

Les problèmes pouvant être rencontrés à l'import sont les suivants :

- Les données à importer ne sont pas référencées dans le bon cadre ou l'unité est incorrecte. C'est le cas par exemple lorsqu'il est tenté d'importer des coordonnées projetées dans un fichier de coordonnées ellipsoïdales.
- Une erreur de syntaxe est présente dans le fichier source (décalage ou inversion de caractères, caractère non autorisé, texte au lieu de valeur numérique).
- Un fichier dont le format n'est pas supporté est sélectionné.

5.7 Conversion

L'outil « Convertir »  du menu « Fichier » propose diverses opérations de manière contextuelle, c'est-à-dire selon le type et le format de fichier actif. La fonction « Convertir » maintient le format et le type du fichier source, mais change la structure interne (par ex : Linux vers Windows), la présentation ou l'unité des valeurs (par ex : LTOP ED vers EL).

Les conversions possibles sont les suivantes :

- DOS/Windows ↔ UNIX/Linux ↔ Mac : changement de la représentation interne des retours à la ligne, valable pour les fichiers ASCII
- LTOP ED ↔ EM ↔ EL ↔ EN : changement de l'unité des fichiers de coordonnées géographiques LTOP (degrés décimaux, degrés et minutes, degrés minutes et secondes ou gons)

5.8 Tri de fichier de mesures LTOP

Dans un fichier de mesures LTOP, en fonction de l'origine des données, il est fréquent que les observations soient stockées dans l'ordre effectif de mesure (Figure 5 - 19, côté gauche). Pour un traitement ultérieur il est souvent pratique de les trier par station puis par type de mesure (par exemple pour la définition des groupes d'observations LTOP). La fonction « Grouper les mesures par type et par station (mesures terrestres) »  du menu « Edition » permet un tel tri (Figure 5 - 19, côté droite). Une copie est toutefois créée et le fichier original reste inchangé.

Figure 5 - 19: Tri d'un fichier de mesures LTOP (fichier original à gauche, trié à droite)

5.9 Export

L'outil « Exporter »  du menu « Fichier » permet d'extraire les données du fichier courant et de les écrire dans un nouveau fichier d'un format différent.

Les exports possibles sont les suivants :

- LTOP KOO (fichier de coordonnées planes PK ou PE) vers LTOP MES (fichiers de mesures): transformation d'un fichier de coordonnées planes en observations GNSS
- LTOP MES vers LTOP KOO (PK ou PE): transformation d'un fichier d'observations GNSS en coordonnées planes
- LTOP 3D vers Bernese Software: transformation d'un fichier de coordonnées géocentriques LTOP en un fichier de coordonnées géocentriques Bernese GPS Software
- Bernese Software vers LTOP 3D: transformation d'un fichier de coordonnées géocentriques Bernese GPS Software en un fichier de coordonnées géocentriques LTOP
- Coordonnées Texte/CSV vers LTOP KOO (PK ou PE): transformation d'un fichier de coordonnées au format texte (avec séparateur, par exemple CSV) en un fichier de coordonnées planes LTOP
- PCTRI vers LTOP MES: transformation d'un fichier de mesures tachéométriques PCTRI en une séquence de mesures LTOP MES
- PCNIV2 vers LNAUS INP: transformation d'un fichier de mesures de nivellement PCNIV2 en un fichier source LNAUS INP (= PCNIV1 DAT)
- Coordonnées (format quelconque) ou différences de coordonnées (GeoSuite « DIFF ») vers KML: export des coordonnées et différences de coordonnées en points et lignes vers un fichier KML. Tous les champs (attributs) du fichier source sont listés dans la description des objets. Le fichier résultat peut être visualisé dans GeoSuite, sur le géoportail de la Confédération dans Swiss Map ou encore Google Maps ou Earth, par exemple. Il est possible de cliquer sur les géométries pour voir les coordonnées et les autres attributs
- Format quelconque vers HTML: export des champs du fichier actif vers un document HTML, sous forme de tableau. La représentation est similaire à celle de l'éditeur GeoSuite
- Format quelconque vers CSV: export des champs du fichier actif vers un fichier texte CSV (séparateur « ; ») compatible avec Microsoft Excel
- Représentation graphique vers JPEG ou PNG: enregistrement de la vue courante sous format d'image JPEG ou PNG
- Représentation graphique vers PDF: enregistrement de la vue courante sous forme de fichier PDF pour impression
- Représentation graphique vers dessin DXF: export des données visibles vers un fichier DXF. La

structure des calques, les couleurs et l'échelle courante sont conservés. Les couches de type raster « swisstopo : données de base en ligne » ne peuvent pas être exportées en DXF

5.10 Comparaison de fichiers

L'outil de comparaison de fichiers  permet de comparer plusieurs fichiers de coordonnées (*.koo) ou de différences (*.gsv), soit en comparant chaque fichier avec le premier, soit en comparant chaque fichier avec le précédent (par exemple pour des états successifs), en créant un nouvel onglet contenant les différences entre chaque fichier. Cet outil comprend les fonctionnalités les plus importantes de l'ancien programme KOORDIFF.

La fenêtre de comparaison comprend les paramètres de comparaison (par ex : le choix de la séquence de comparaison, le type de comparaison et l'option d'effectuer une translation (par défaut 2'000'000 Est/1'000'000 Nord) sur le premier fichier) et la liste des fichiers ouverts dans GeoSuite (voir Figure 5 - 20). Le résultat de la comparaison dépend de l'arborescence des fichiers. Les boutons « Monter » ou « Descendre » permettent de changer l'ordre des fichiers.

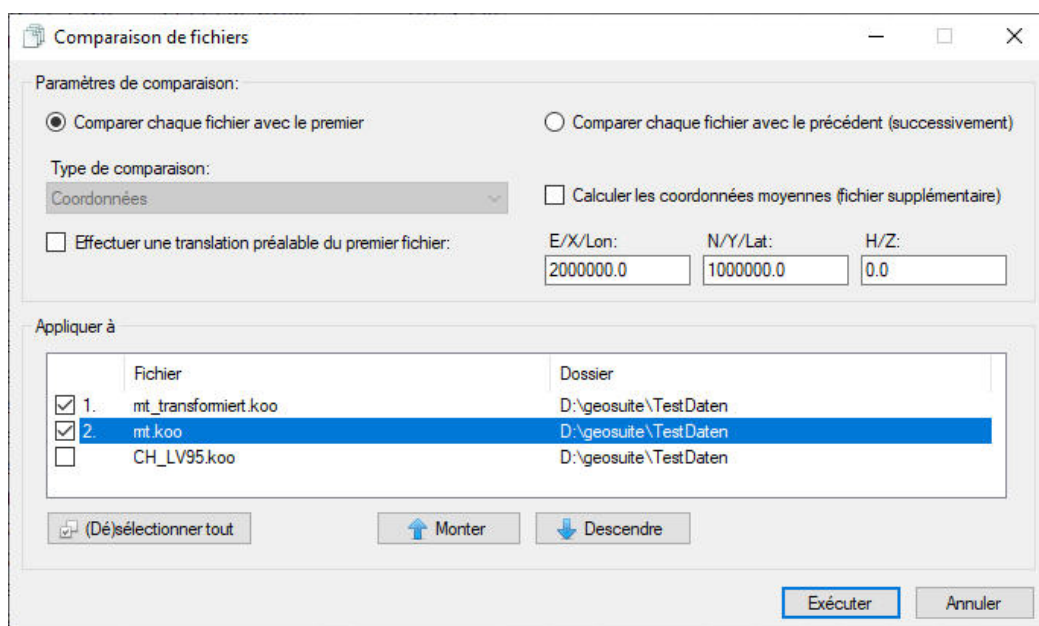


Figure 5 - 2: Fenêtre de comparaison de fichiers

Les résultats sont affichés dans la représentation graphique (uniquement en planimétrie) sous forme de vecteurs de déplacement, voir Figure 5 - 21.

Les dispositions en mosaïque et/ou le défilement synchronisé (voir chapitre [Organisations des fenêtres](#)) aident à mettre en évidence des différences entre fichiers dans l'éditeur.

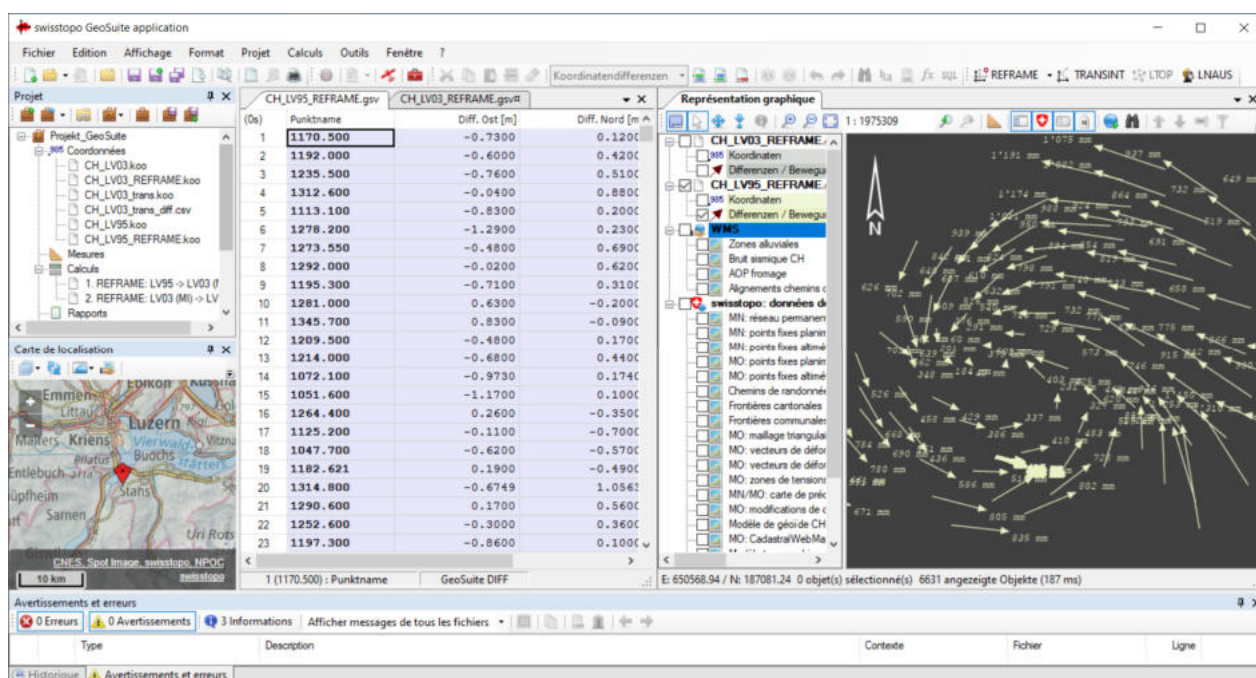


Figure 5 - 21: Comparaison de fichier et représentation des différences

5.11 Représentation graphique des données

Dans GeoSuite, les données sont visualisées grâce au volet de carte  ou à la représentation graphique .

Le Volet de carte  affiche l'emplacement en Suisse d'un point sélectionné dans le tableau de données sur un fond de carte nationale, de vue aérienne ou de vue mixte, comme illustré sur la Figure 5 - 22. Cette option nécessite une connexion Internet.

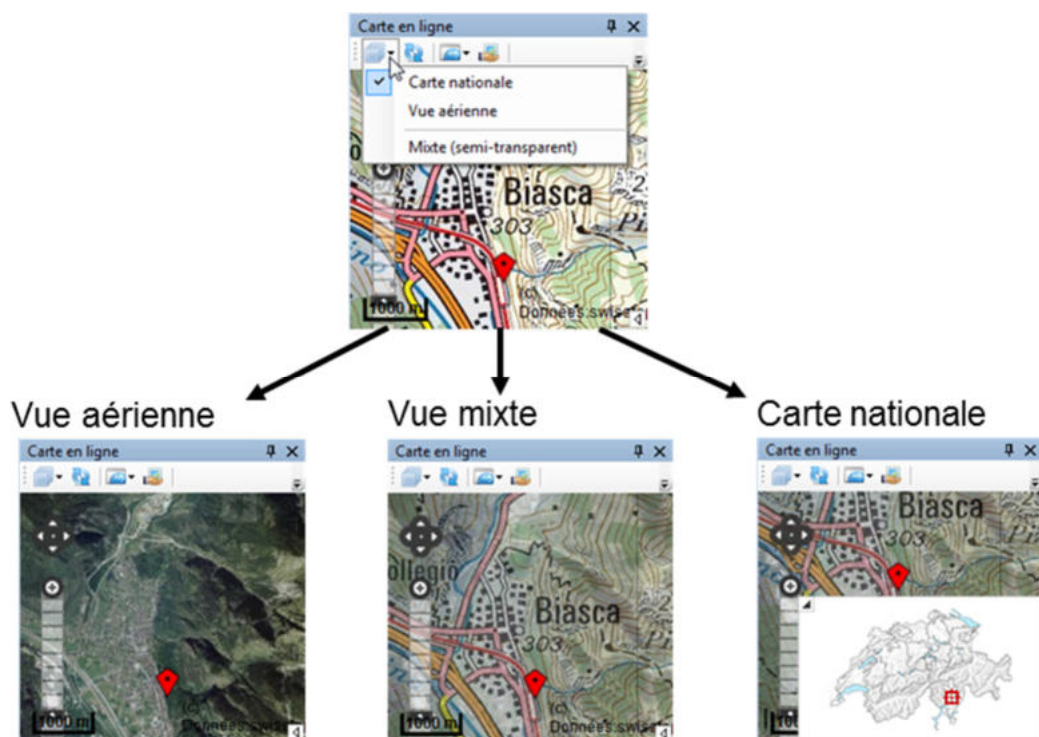


Figure 5 - 22: Volet de carte

La représentation graphique  affiche sous forme de calques (ou couches) les données des fichiers ouverts dans GeoSuite ainsi qu'un ensemble à choix de calques de swisstopo :

- Les points de stations permanentes GNSS (AGNES)
- Les points du maillage triangulaire officiel pour le changement de cadre de référence MN03 ↔ MN95 (CHENyx06)
- les points géodésiques fixes principaux du MN95 de la Suisse (LV95)

et de données de base en ligne :

- Réseau permanent AGNES
- Points fixes planimétriques PFP1
- Points fixes altimétriques PFA1
- Points fixes planimétriques PFP2
- Points fixes altimétriques PFA2
- Chemins de randonnées pédestre
- Frontières cantonales
- Frontières communales
- Maillage triangulaire CHENyx06
- Vecteurs de déformation aux PAT1 (MN03->MN95)
- Vecteurs de déformation aux PAT2 (MN03->MN95)
- Zones de tension négligeables
- Carte de précision de transformation combinée MN03-MN95
- Carte des modifications des coordonnées MN03-MN95
- Modèle de géoïde CHGeo2004
- Fond de plan cadastral (CadastralWebMap)
- Modèle topographique du paysage (swissTLM3D)
- Carte nationale (nuances de gris)
- Carte nationale (couleurs)
- swissimage (vue aérienne)
- Estompage du relief swissALTI3D

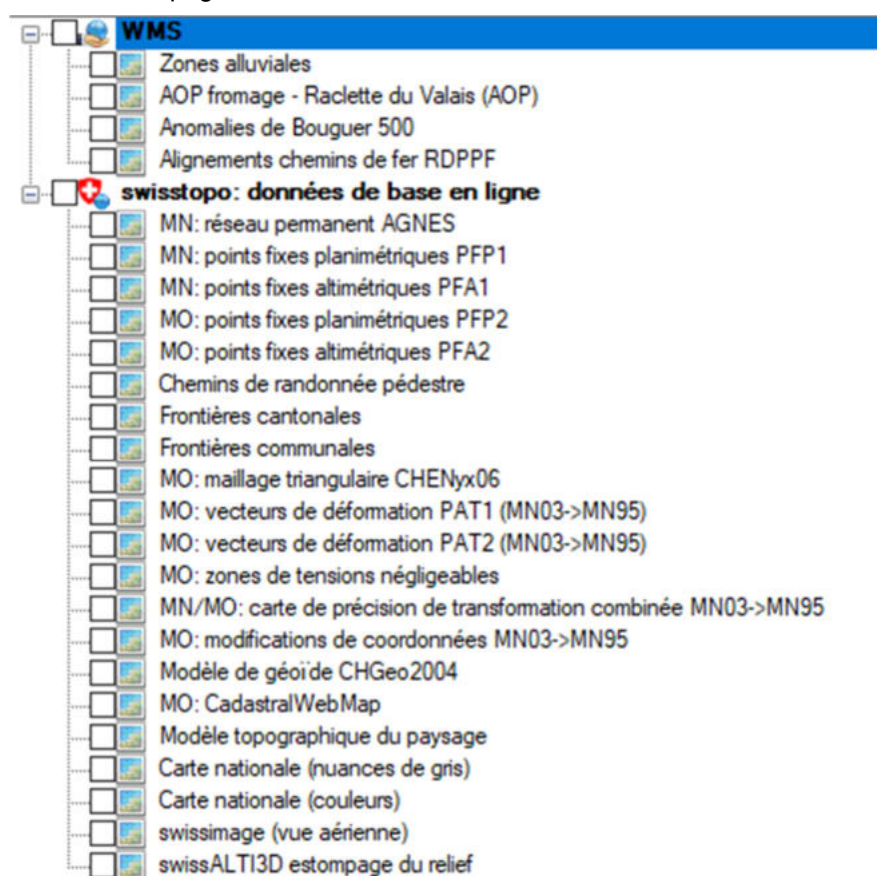


Figure 5 - 23: Arborescence des données swisstopo et WMS

Web Map Service (WMS)

Le service WMS permet cependant d'ajouter manuellement dans la version gratuite, la plupart des couches du groupe « swisstopo : données de base en ligne », excepté la plupart des cartes nationales et les orthophotos de la Suisse.

En choisissant l'option « Ajouter une ou plusieurs couches WMS » avec un clic droit sur la couche WMS, la fenêtre de connexion à un serveur WMS (voir Figure 5 - 24) permet d'importer dans GeoSuite des couches WMS à partir de l'adresse et du nom du serveur. La disponibilité d'une couche WMS est vérifiée lors de la connexion au serveur et lors de son chargement à l'écran. Lorsque l'affichage à l'écran (le téléchargement) d'une couche est trop long, la touche « ESC » du clavier interrompt le processus. Le processus est relancé lors d'un zoom ou d'un déplacement de la visualisation graphique.

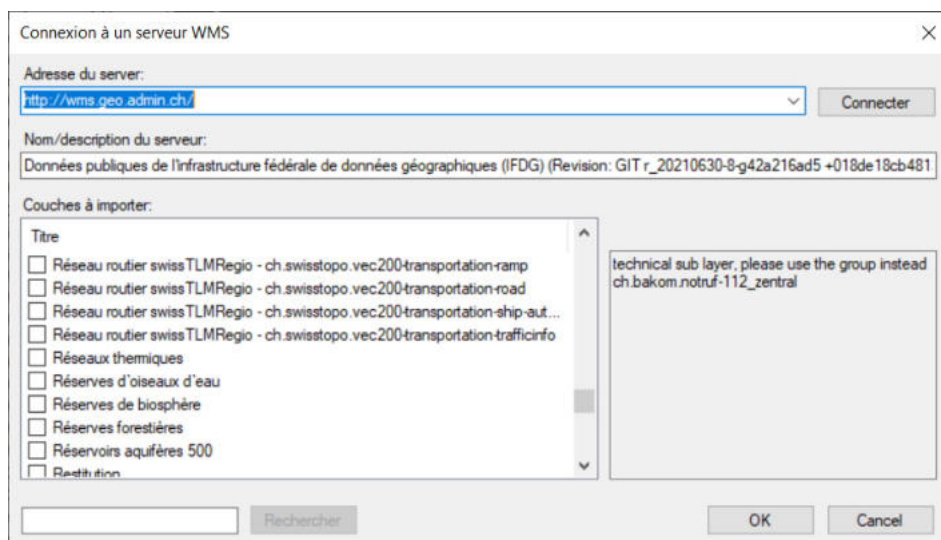


Figure 5 - 24: Fenêtre de connexion à un serveur WMS

Avec un clic droit sur une couche WMS, l'option « Informations à propos des données WMS ... » permet d'afficher la description ainsi que la légende d'une couche (voir Figures 5 - 25 et 5 - 26).

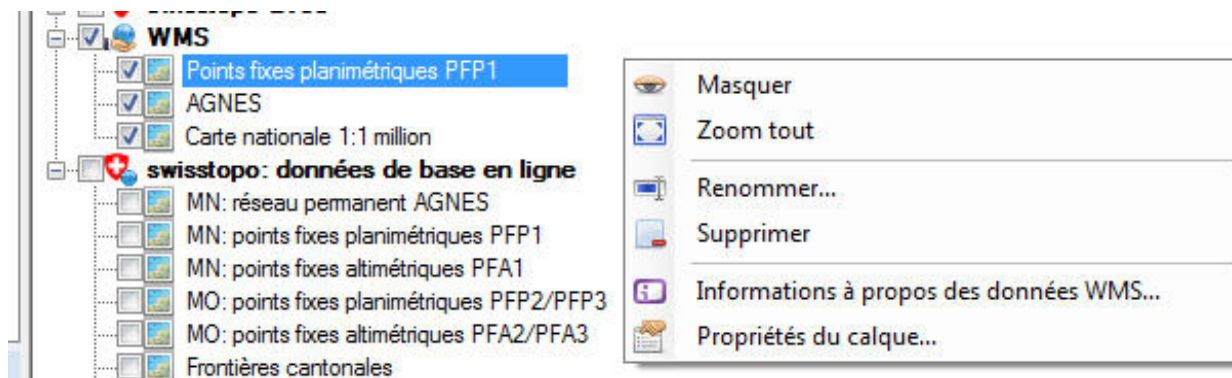


Figure 5 - 25: Menu contextuel pour les couches WMS

Informations à propos des données WMS: Lagefixpunkte LFP1

Serveur

Adresse (URL): Nom:

Description:

Propriétaire / contact:

Couche

Nom:

Description:

Coordonnées (périmètre extérieur):

Légende:

- ch.swisstopo.fixpunkte-Ifp1.TSP1_Multi_1.name
- ch.swisstopo.fixpunkte-Ifp1.TSP1_Multi_1.name
- Points EUREF
- ch.swisstopo.fixpunkte-Ifp1.EUREF_2.name
- ch.swisstopo.fixpunkte-Ifp1.LFP1_Multi.name
- ch.swisstopo.fixpunkte-Ifp1.LFP1_Multi_2.name
- Points PFP1
- ch.swisstopo.fixpunkte-Ifp1.LFP1_2.name
- ch.swisstopo.fixpunkte-Ifp1.LV95_Multi.name
- ch.swisstopo.fixpunkte-Ifp1.LV95_Multi_2.name
- Points MN95
- Points MN95
- Points PAT1
- ch.swisstopo.fixpunkte-Ifp1.TSP1_2.name

Figure 5 - 26: Informations à propos des données WMS

Paramètres de la visualisation

La barre d'outils « Représentation graphique » (voir Figure 5 - 27) permet de personnaliser la représentation de la vue d'ensemble des données et de l'apparence des couches, créant ainsi des cartes thématiques.

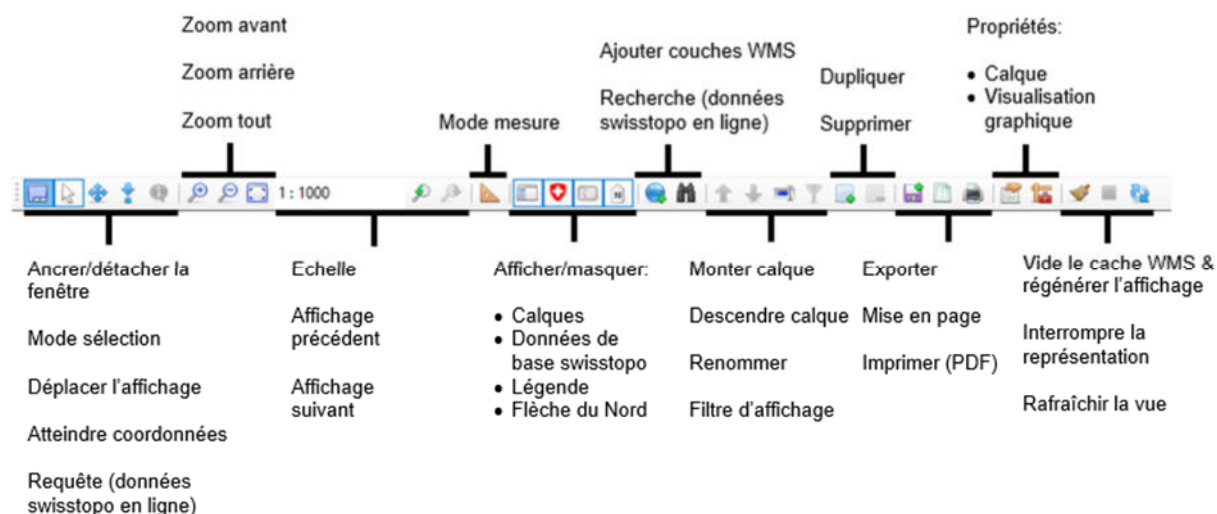


Figure 5 - 27: Barre d'outils "Représentation graphique"

Remarque: l'option « Rafraîchir la vue » est à utiliser lorsque les modifications effectuées (par ex : changement de couleur, de police etc...) ne sont pas répercutés automatiquement à l'écran.

Les options générales de la représentation graphique sont gérées à partir de la fenêtre suivante (Figure 5 - 28). Elles permettent d'effectuer toute une série de réglages comme la couleur d'arrière-plan, les options d'affichage de l'arborescence des calques, de la flèche du Nord ou des étiquettes des données.

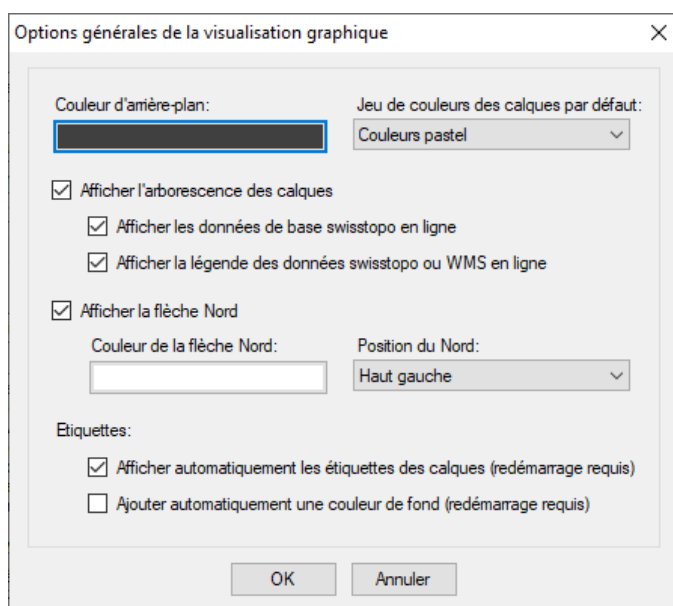


Figure 5 - 28: Options générales de la représentation graphique

Les calques contiennent des éléments sous forme vectorielle (par ex : points, triangles, vecteurs de déplacement) ou raster (par ex : carte nationale ou orthophotos), voir Figure 5 - 29. Lorsque des points sont sélectionnés à l'écran ils apparaissent en rouge.

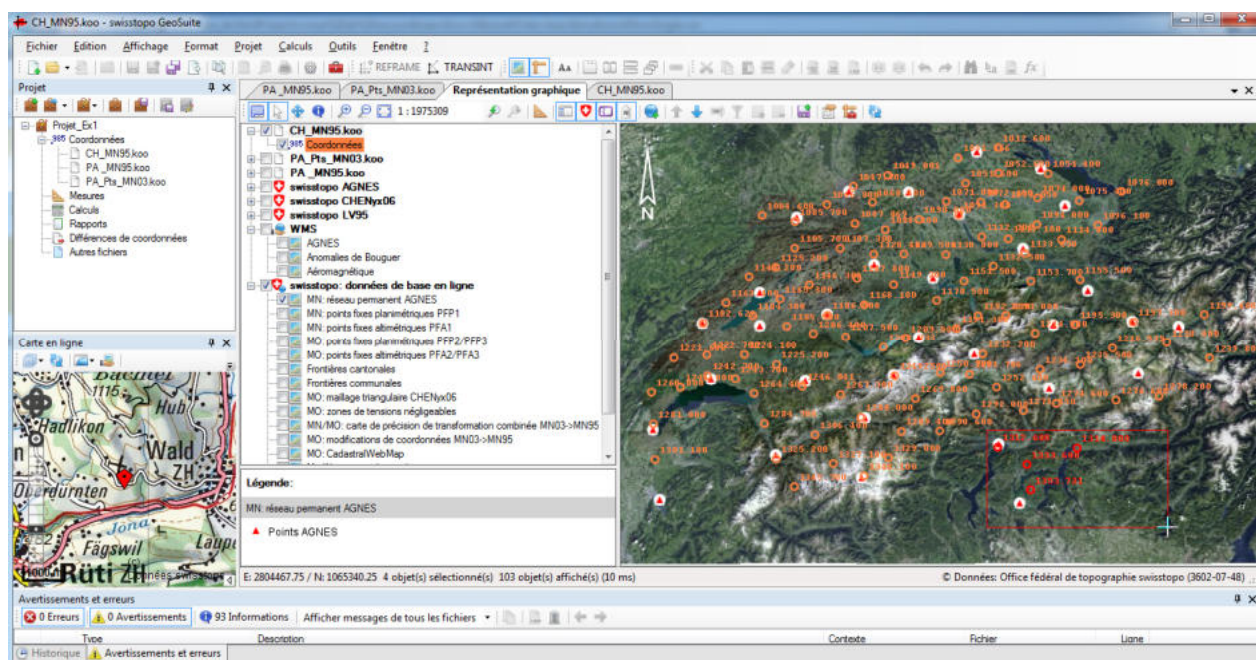


Figure 5 - 29: Exemple de représentation graphique avec les points MN03

Le gestionnaire de calque , les couches de swisstopo , le volet de légende des couches WMS ou des données en ligne , la flèche du nord  peuvent être en tout temps masqués ou affichés grâce à leur icônes respectifs.

Structure et ordre des couches

Les calques ainsi que les couches WMS se superposent les uns aux autres, selon l'ordre des onglets ou de l'ouverture des fichiers ou l'import des couches. L'ordre de superposition est modifiable avec les flèches  . Les calques sont composés de sous-ensembles (par ex: swisstopo LV95 est composé des points principaux en MN03 et MN95 ainsi que des points de densification en MN03 et MN95). La présence de la coche indique qu'un calque ou une sous-couche est affichée à l'écran.

Les opérations réalisables sur les calques (par ex : «masquer», «dupliquer», «renommer», «exporter»,

«uniformiser les échelles» ou «afficher les propriétés du calque») sont affichées avec un clic droit sur le calque à modifier, comme illustré sur la Figure 5 - 30.

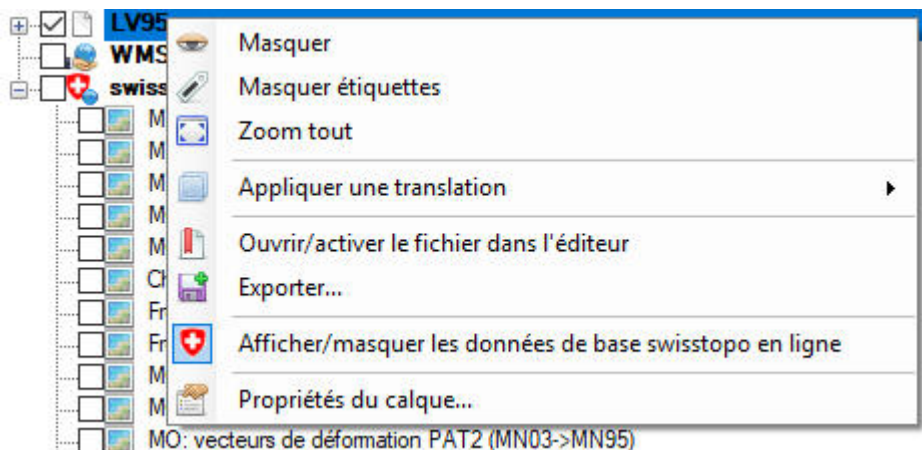


Figure 5 - 30: Arborescence et option de calque

En effectuant la même opération sur un sous-ensemble de calque des options plus spécifiques à la sous-couche apparaissent, comme par exemple les filtres de représentation ou l'uniformisation des échelles de calques (Figure 5 - 31).

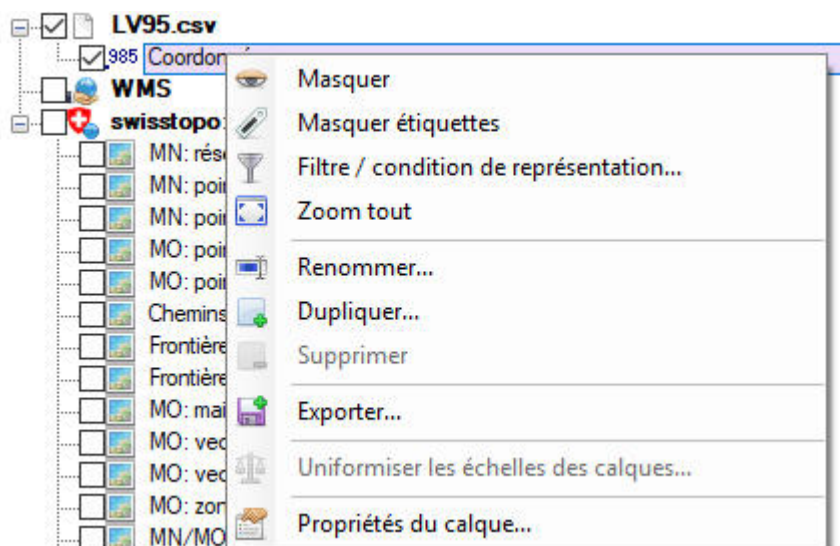


Figure 5 - 31: Arborescence et options de sous-ensemble de calque

L'option pour uniformiser les échelles  permet d'appliquer une échelle unique à tous les calques de même type ou de même géométrie.

Propriétés de la couche

La fenêtre comprenant les propriétés du calque  est divisée en un menu déroulant correspondant au fichier travaillé et en trois onglets : « Options générales », « Calques » et « Filtre d'affichage ». L'onglet « Options générales » définit l'affichage et une éventuelle translation du calque (voir Figure 5 - 32).

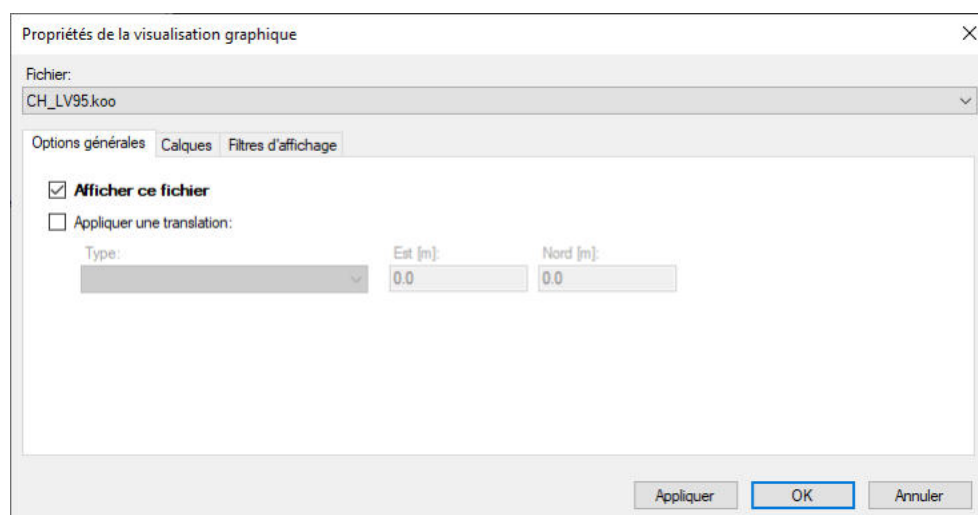


Figure 5 - 32: Propriétés de la représentation graphique - Options générales

L'onglet « Calques » permet de personnaliser les propriétés d'affichage du calque tel que la couleur, le facteur d'échelle, la police et la couleur des étiquettes, ainsi que leur couleur de fond (voir Figure 5 - 33). Les couleurs de la géométrie et des étiquettes sont par défaut liées, pour modifier indépendamment ces couleurs, il est nécessaire de décocher la case en bas à gauche de la fenêtre. Le facteur d'échelle est définie par rapport à l'échelle active (par ex : 1'000), mais peut être défini manuellement par rapport à une échelle absolue (par ex : 1 :25'000).

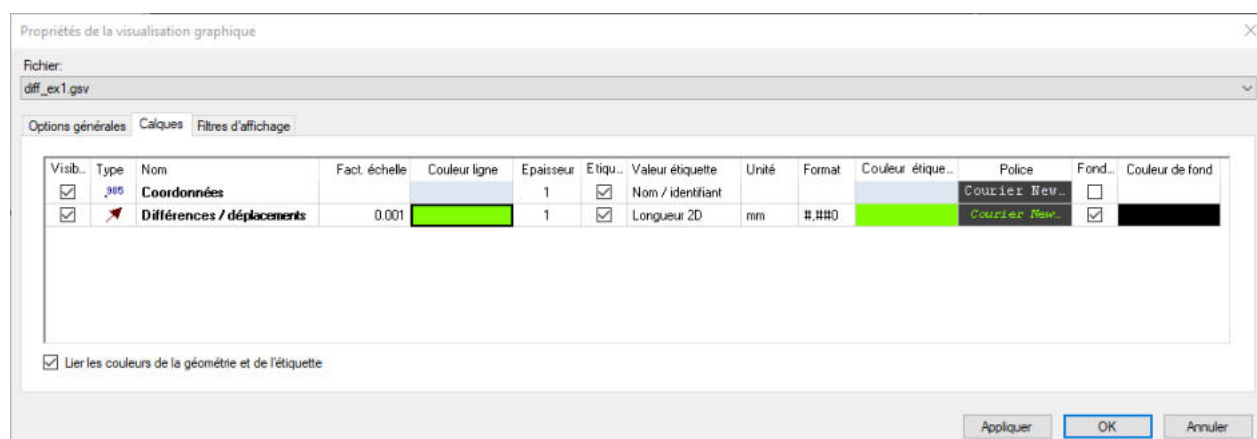


Figure 5 - 33: Propriété de la représentation graphique – Calques

L'onglet «Filtre d'affichage» (voir Figure 5 - 34) permet de définir des conditions d'affichage (coordonnées E, N, altitude H ou longueur d'un vecteur maximale ou minimale) des données de la représentation graphique. Les données s'affichent lorsque la condition du filtre est vérifiée. En combinant le filtre d'affiche avec l'option dupliquer les calques, il est possible de réaliser une carte thématique (voir aussi [Annexe - Réalisation d'une carte thématique dans GeoSuite](#)).

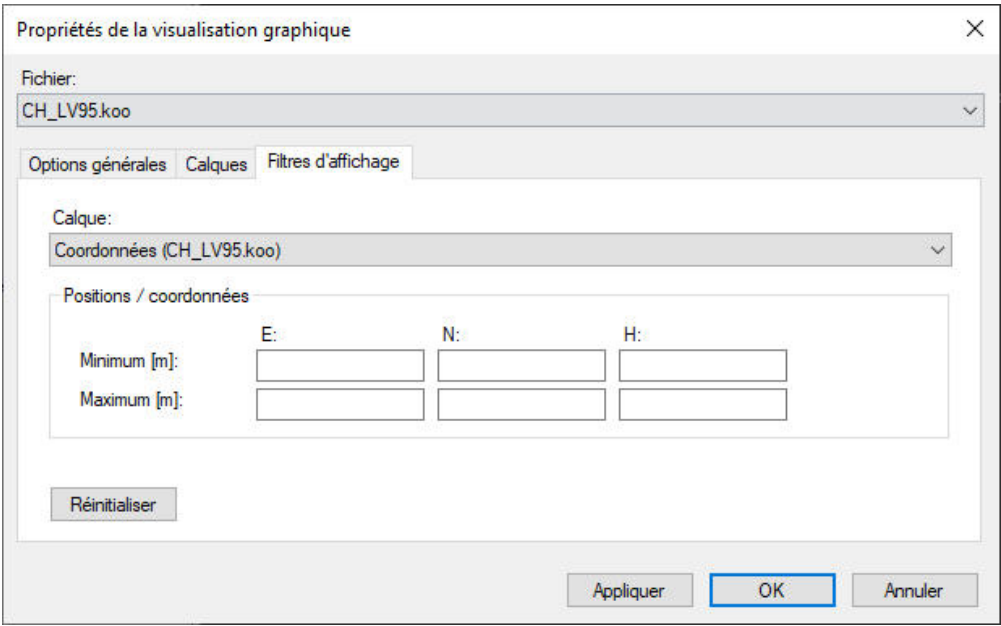


Figure 5 - 34: Options de la représentation graphique - Filtres d'affichage

Les couches WMS ou les données de base en ligne ne sont pas éditables, les propriétés de calque permettent cependant de changer leur transparence afin de mieux visualiser leur information lorsqu'elles sont superposées (Figure 5 - 35).

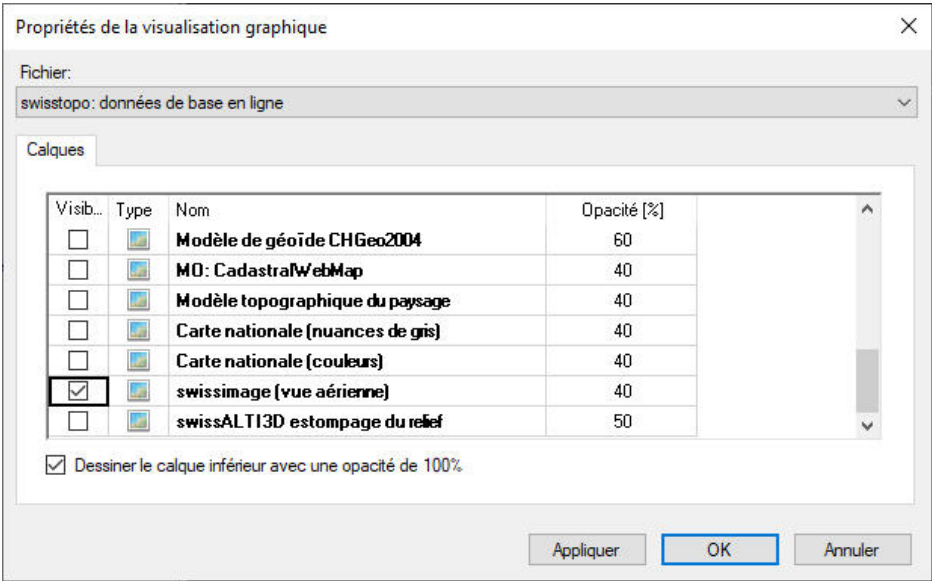


Figure 5 - 35: Options de la représentation graphique pour les couches WMS ou les données de base en ligne

Raccourci pour la visualisation graphique

Les raccourcis-clavier disponibles pour la représentation graphique sont regroupés dans le Tableau 5 - 3 ci-dessous.

Tableau 5 - 3: Raccourcis-clavier pour la représentation

Combinaison de touches	Résultats
Mollette de la souris ou touches « + » ou « - » du pavé numérique	Zoom avant ou arrière

Flèches	Déplace le plan
Double clic	Recentre et zoome
Clic gauche + Shift + déplacement du curseur ou bouton de la mollette enfoncé + déplacement du curseur	Déplace le plan

Exporter les couches

Les couches peuvent être exportées avec l'icône  au format AutoCAD DXF ou sous forme d'une image JPEG ou PNG. Lors de l'export, les options d'affichage restent valables : calques visibles, couleurs, échelle et zoom. Les options de couleur d'arrière-plan ou position de la flèche du Nord peuvent être modifiées en cliquant sur l'icône des options générales de la représentation graphique .

La mise en page (par ex. la couleur ou la taille des objets, la police d'écriture, le filtre d'affichage) des données effectuée dans la représentation graphique est mémorisée si les données sont enregistrées dans un projet.

5.12 Projets

Le système de projet facilite la gestion des calculs géodésiques, des fichiers qui leur sont associés, ainsi que de leur représentation. La barre d'outil « Projet » gère l'ensemble des fonctionnalités correspondant aux projets.

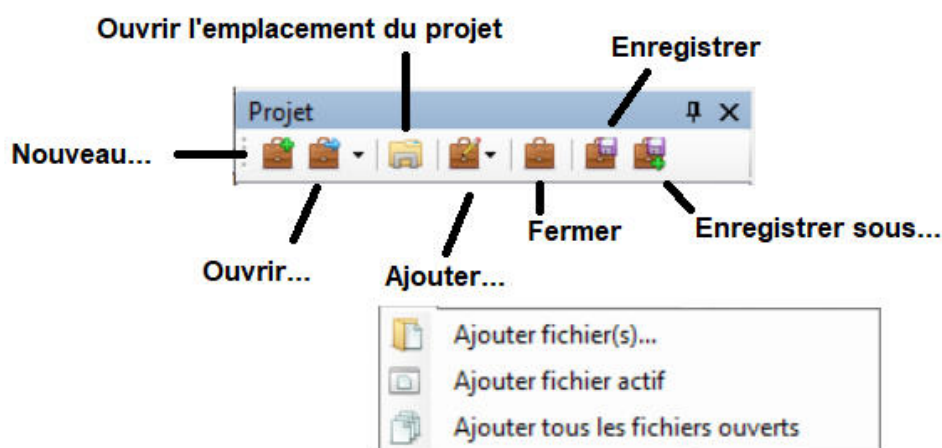


Figure 5 - 34: Barre d'outils «Projet»

Lors de l'ouverture d'un projet, l'arborescence du projet apparaît pour des fichiers de coordonnées, de mesures, de calculs, de rapports, de différences de coordonnées (Figure 5 - 35).

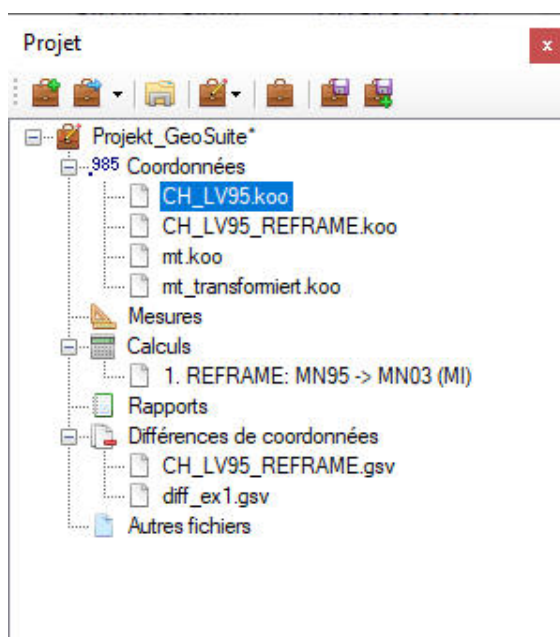


Figure 5 - 35: Arborescence automatique d'un projet

L'ajout de fichiers dans le projet se fait avec l'icône . L'arborescence du projet est mise à jour, les onglets des fichiers (et de la représentation graphique) apparaissent. Lorsqu'un astérisque (*) apparaît à côté du nom du projet, cela signifie qu'un élément du projet a été modifié et que le projet doit être enregistré. Les fichiers appartenant à un projet sont automatiquement mis à jour dans l'arborescence lorsqu'ils sont sauvegardés, renommés ou déplacés. L'emplacement des fichiers peut différer de celui du projet.

En tout temps, avec un clic droit sur le nom du fichier dans l'arborescence, un fichier peut être ouvert, supprimé du projet, remplacé ou renommé (voir Figure 5 - 36). Lorsqu'un fichier est supprimé du projet, il n'est ni supprimé de la mémoire de l'ordinateur, ni des onglets ouverts dans GeoSuite.

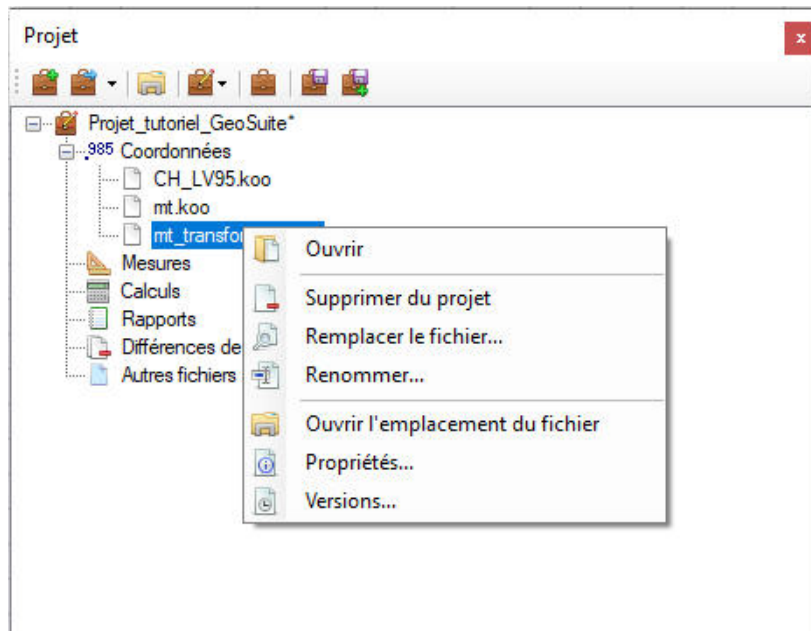


Figure 5 - 36: Options des fichiers dans un projet

Les options de création, de restauration, d'ouverture ou de sauvegarde automatique concernant les projets sont modifiables via le menu « Outils – Options générales... – Projet ». Il est également possible de redéfinir l'emplacement du projet.

Les raccourcis-clavier disponibles pour la gestion de projets sont regroupés dans le Tableau 5 - 4 ci-dessous.

Tableau 5 - 4: Raccourcis-clavier pour la gestion de projets

Combinaison de touches	Résultats
Alt+N	Crée un nouveau projet
Alt+O	Ouvre un projet existant
Atl+S	Enregistre le projet (ainsi que le fichier actif)
Atl+C	Ferme le projet

Les propriétés de calque de la représentation graphique (par ex. la couleur ou la taille des objets, la police d'écriture, le filtre d'affichage) pour les fichiers du projet sont sauvegardés.

5.13 Outils divers

Batch (voir chapitre [Traitements par lots](#))

- Vérifier la structure du fichier actif (automatique avant un calcul)
- Diviser/assembler fichiers ITF INTERLIS
- Editer en-tête Rinex
- Convertir Shapefile en KML

5.14 Aide et support

Le menu «?» (voir Figure 5 - 38) permet d'accéder à l'aide et au support technique, à des informations générales à propos de swisstopo et à des informations techniques liées aux mises à jour.

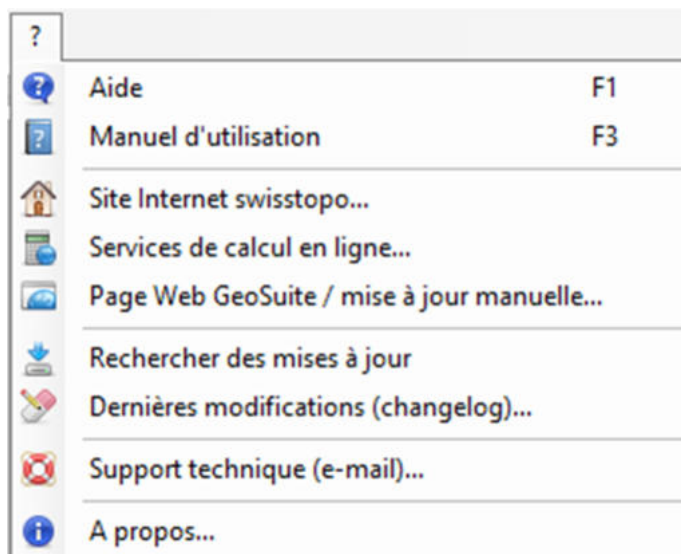


Figure 5 - 38: Sous-parties du menu «?»

La commande « A propos... » sert à afficher des informations générales à propos de l'application, en particulier le numéro et la date de la version installée. Ces informations sont utiles pour le support en cas de problème technique.

Lorsque la dernière mise à jour ne permet pas de résoudre un problème rencontré lors de l'utilisation de GeoSuite, utiliser le « Support technique » de swisstopo (geo.support@swisstopo.ch).

GeoSuite intègre une fonction de mise à jour en ligne automatique ou manuelle. Si le poste de travail bénéficie d'une connexion Internet permanente et que l'option de recherche automatique de mises à jour est laissée par défaut active (il est possible de désactiver cette option via le menu « Outils – Options générales... - Divers »), GeoSuite contrôle régulièrement les mises à jour disponibles (correctifs ou ajout de nouvelles fonctionnalités). La procédure d'installation d'une mise à jour est entièrement automatisée.

6 Utilisation de LTOP

6.1 Description générale et caractéristiques techniques

Le module de calcul géodésique LTOP permet la compensation d'observations non corrélées des types suivants:

- tours d'horizon
- gisements/azimuts
- distances (corrigées météo)
- coordonnées
- différences de coordonnées
- séries de coordonnées GPS
- angles verticaux
- dénivelées

La compensation peut aussi bien s'effectuer sur la base de coordonnées cartésiennes dans un système de projection quelconque (généralement le système de la mensuration nationale suisse) que sur la base de coordonnées géographiques sur un ellipsoïde quelconque.

On peut attribuer une erreur moyenne a priori individuelle à chaque observation. Il est possible de compenser des réseaux polygonométriques, des réseaux de triangulation, des réseaux combinant des observations GNSS et des mesures terrestres et, au besoin, des réseaux de nivellement.

Les observations peuvent être compensées soit selon le principe des moindres carrés (compensation d'observations médiates) soit selon le principe de la compensation robuste. Cette dernière permet non seulement de détecter les fautes grossières dont les données peuvent être entachées mais surtout de réduire fortement leur influence sur les résultats. Cette méthode conduit à des résultats utilisables même en présence de grosses fautes grossières, pour autant que leur nombre reste limité. Les bases théoriques sur lesquelles s'appuie la compensation robuste peuvent être trouvées dans les rapports 189 et 190 de l'Institut de géodésie et de photogrammétrie de l'EPF Zurich.

Les compensations planimétrique et altimétrique sont effectuées séparément. Les distances obliques sont réduites dans le plan de projection. Jusqu'à 9 groupes différents peuvent être définis aussi bien pour les inconnues d'orientation (directions et gisements/azimuts) que pour les inconnues d'échelle et d'addition (distances). Les points excentriques sont introduits dans la compensation comme points variables; des erreurs moyennes a priori réalistes sont à attribuer aux observations reliant centre et point excentrique. De mauvaises coordonnées provisoires peuvent être améliorées par itération.

Le registre de coordonnées initial doit contenir les points de rattachement et les points variables (coordonnées provisoires). Les résultats se composent d'une page-titre, du registre des coordonnées compensées - arrondies sur demande - avec leurs ellipses d'erreur moyenne et leurs erreurs moyennes altimétriques a posteriori, d'une récapitulation de toutes les valeurs intervenant dans la réduction des distances, des résumés de station (abris) planimétrique et altimétrique, de la fiabilité externe des coordonnées et, sur demande d'ellipses d'erreur relative et/ou de rectangles de fiabilité relative entre deux points variables quelconques, de la matrice des équations normales et de son inverse.

De nombreuses options particulières peuvent être sélectionnées à l'aide de masques. On peut par exemple exiger le calcul et l'impression des réductions à la corde des gisements. De même, lorsque les déviations de la verticale et/ou les cotes du géoïde sont connues, leur influence sur les observations peut être prise en compte. Pour chaque faute détectée, un message imprimé en décrit la nature de manière détaillée.

Le calcul d'une compensation nécessite la constitution préalable des fichiers suivants:

- un fichier des coordonnées, contenant les coordonnées de tous les points (coordonnées provisoires des points variables comprises).
- un fichier des observations, contenant la totalité des mesures effectuées dans le réseau à compenser.
- le fichier-commande, dans lequel les options de calcul sont mémorisées (factultatif, ce fichier peut être généré automatiquement par GeoSuite)

6.2 Fenêtres LTOP - ResMap

Le lancement d'un calcul LTOP peut s'effectuer de 2 façons différentes (voir Figure 6 - 1):

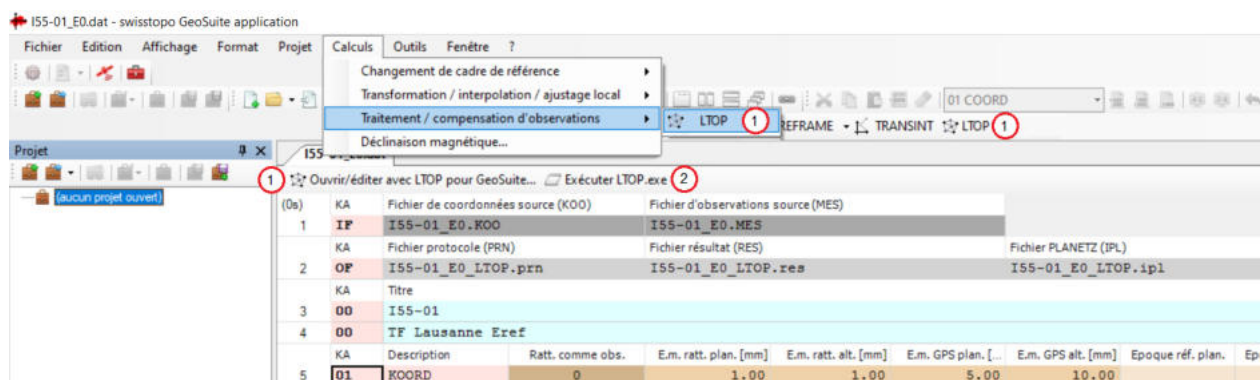


Figure 6 - 1: Lancement du calcul LTOP

① Utilisation de l'interface graphique.

Ouvrir la boîte de dialogue LTOP via le menu « Calculs – Traitement / compensation d'observations –

LTOP » ou avec l'icône  après avoir ouvert et rendu actif le fichier de paramètres de compensation LTOP (DAT).

Il est possible de se passer du fichier DAT. Il faut pour cela ouvrir un fichier KOO et un fichier MES.

Sinon, l'icône restera inactif.

Si un fichier DAT est ouvert, il est aussi possible d'utiliser l'interface graphique avec l'icône



Pour utiliser l'interface graphique, il est obligatoire de tout d'abord créer un projet GeoSuite (voir Figure 6 - 2).

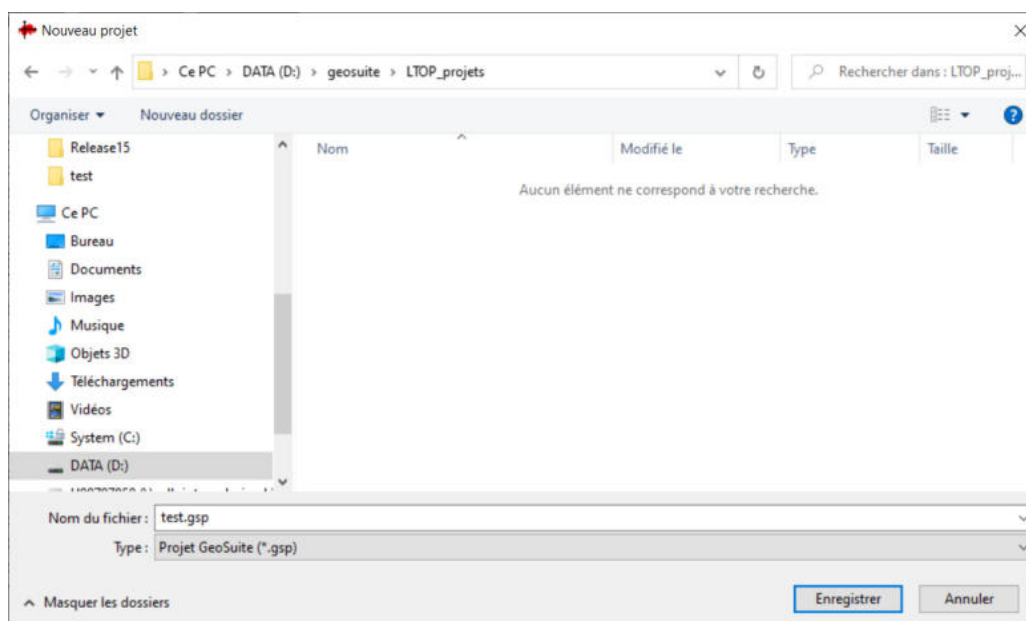


Figure 6 - 2: Créer un projet GeoSuite

Les fichiers DAT, KOO et MES sont alors importés dans un sous-répertoire du projet: \projet_geosuite\data\

Ce sont ces fichiers qui sont modifiés et utilisés pour le calcul. Les fichiers originaux ne sont jamais modifiés.

Les paramètres sont ensuite modifiés via l'interface graphique (voir Figure 6 - 3).

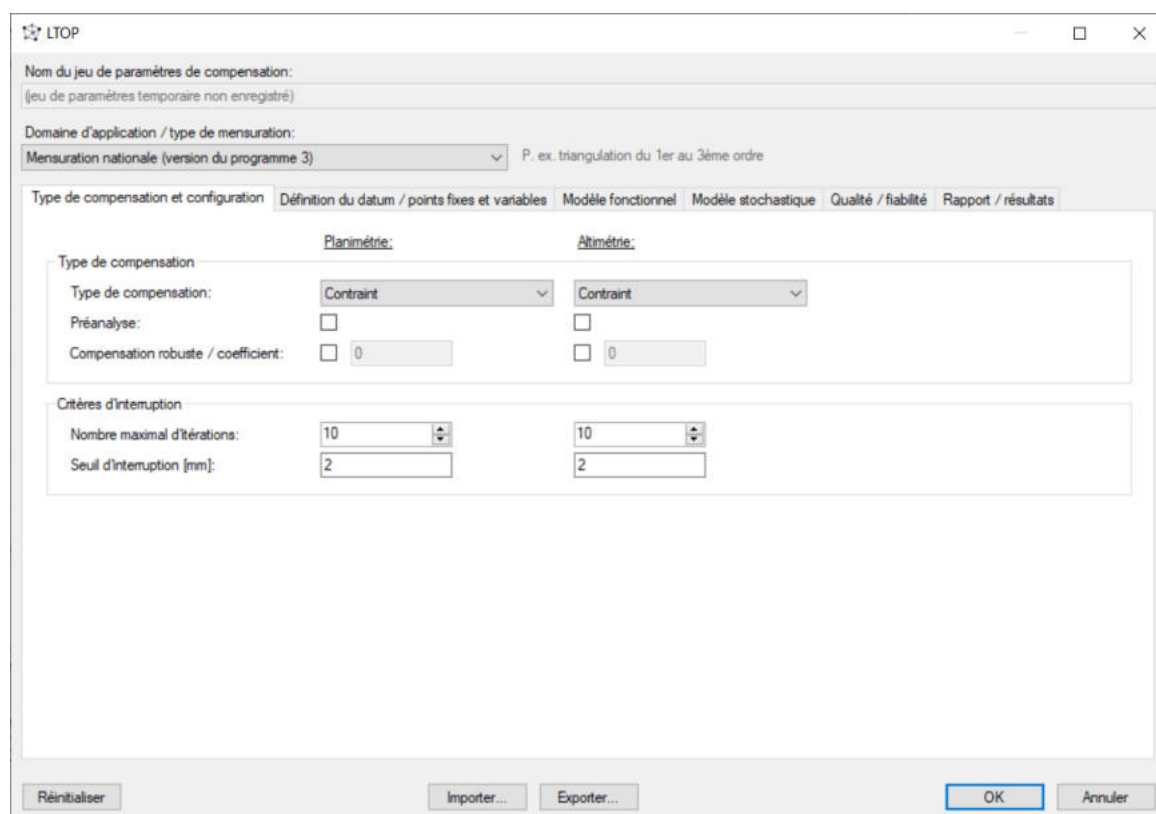


Figure 6 - 3: Interface graphique du module de calcul LTOP

Plusieurs "Domaine d'application / type de mensuration" peuvent être choisis. Selon le choix effectué, certains paramètres sont automatiquement définis.

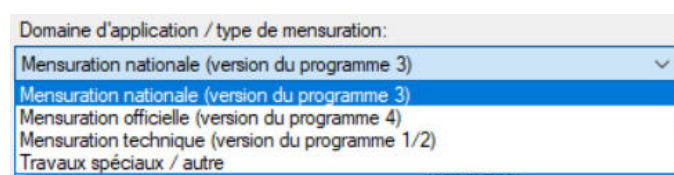


Figure 6 - 4: Domaine d'application / type de mensuration

L'interface graphique contient 6 onglets pour renseigner les différents paramètres:

- Type de compensation et configuration (voir Figure 6 - 5)

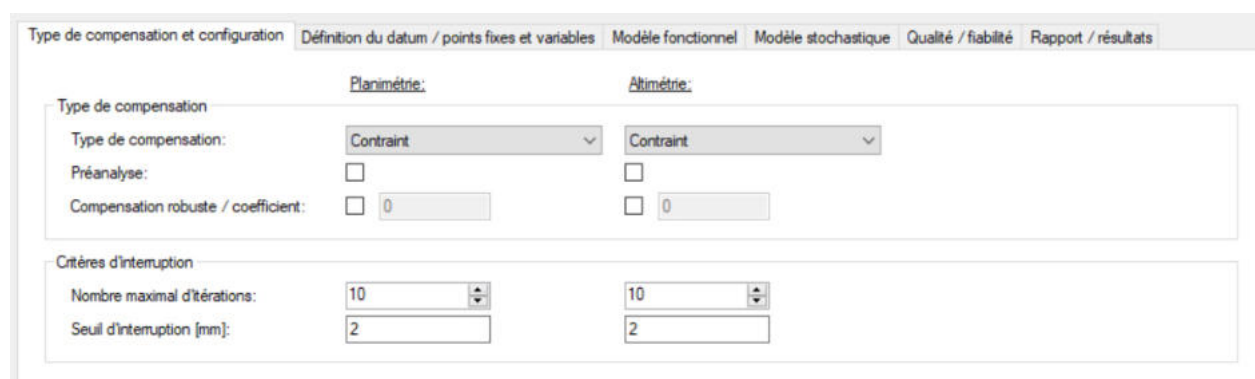


Figure 6 - 5: Type de compensation et configuration

Choisir le type de compensation (voir Figure 6 - 6)

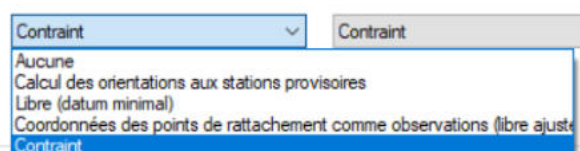


Figure 6 - 6: Type de compensation

Si le type de compensation est "Libre (datum minimal)", il faut définir les paramètres de la compensation libre (voir Figure 6 - 7) .

Afin de ne pas toucher au fichier original des observations, un nouveau fichier avec l'extension `_libre.MES` peut être créé. C'est ce fichier qui devra être utilisé pour le calcul LTOP (voir Figure 6 - 13).

Type de compensation et configuration	Définition du datum / points fixes et variables	Modèle fonctionnel	Modèle stochastique	Qualité / fiabilité	Rapport / résultats
Type de compensation Planimétrie: Altimétrie:					
Type de compensation: Libre (datum minimal) Libre (datum minimal)					
Préanalyse: ☐ ☐					
Compensation robuste / coefficient: ☐ 0 ☐ 0					
Définition de compensation libre					
☒ Fichier .MES séparé: D:\geosuite\Release15\test4\data\oberarth20_libre.mes					
☒ Générer le fichier .MES et définir les points fixes automatiquement:					
Mode de définition: 1 point fixe et 1 azimut fictif (distan) 1 point fixe					
Nom du point fixe: 11515249 11515249					
Azimut de référence fictif vers le point: 11516240					
Type / valeur [g]: AZ (astronomique) 0.00000					
Remarque: le fichier de coordonnées doit d'abord être défini sous l'onglet "Définition du datum / points fixes et variables"					
Critères d'interruption					
Nombre maximal d'itérations: 5 5					
Seuil d'interruption [mm]: 0.2 0.2					

Figure 6 - 7: Définition de compensation libre

- Définition du datum / points fixes et variables (voir Figure 6 - 8)

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 Modèles fonctionnel Modèles stochastique Qualité / fiabilité Rapport / résultats

Fichier de coordonnées
D:\GeoSuite\DATA\Input\test4\data\zemez.koo

Système de projection
☒ Système de projection
Système de référence: UTM N
Zone : 31
☐ Calcul sur l'ellipsoïde
Ellipsoïde de référence: GRS80
Demi-grand axe (a) [m]: 6378137
Carré de la 1ère excentricité: 0.006694380023

Origine
Nom: GRAVITY
Coordonnées:
☒ Centre de gravité (de tous les points fixes et variables)
☐ Valeurs fixes:
Est (E/y) [m]: 802848.5291
Nord (N/x) [m]: 174860.0019
Altitude (H/h) [m]: 1551.9039

	Nom	Point fixe planimétrique	Point fixe altimétrique
1	ZERNEZ	☒	☒
2	BRAIL 9	☐	☒
3	ZERNEZ 9	☐	☒
4	GPS	☐	☐
5	A	☐	☐
6	B	☐	☐
7	C	☐	☐
8	NF336	☒	☐
9	NF13	☒	☐

3 / 9 points fixes planimétriques
3 / 9 points fixes altimétriques

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

Figure 6 - 8: Définition du datum / points fixes et variables

- Modèle fonctionnel (voir Figure 6 - 9)

Type de compensation et configuration

Définition du datum / points fixes et variables

Modèle fonctionnel

Modèle stochastique

Qualité / fiabilité

Rapport / résultats

Paramètres optionnels

☒ Réduction des azimuts (réduction à cause de l'altitude du point visé et réduction à la corde dans le plan de projection)

☐ Prendre en compte les déviations de la verticale et les cotes du géoïde

Réduction des distances:

Avec les angles verticaux (avec altitudes a priori si non disponibles ▾)

Paramètres des sessions GNSS

Nom	dE	dN	rH	Echelle planim.	dH	rN	rE	Echelle altim.	Description / commentaire
-----	----	----	----	-----------------	----	----	----	----------------	---------------------------

Ajouter

Supprimer

Générer à partir du fichier .MES

Editer la liste des paramètres GNSS...

Figure 6 - 9: Modèle fonctionnel

- Modèle stochastique (voir Figure 6 - 10)

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) — 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]:	5.00
Centrage [mm]:	0.40		
Coordonnées GNSS [mm]:	5.00	Coordonnées des points fixes [mm]:	1.00
Distances:	Instrument: EDM ▼	A [mm]: 1.00	B [mm/km]: 2.00 C [mm/km²]: 0.00

Groupes d'observations

Directions et azimuts **Distances**

Groupes de directions:			Groupes d'azimuts:		
	Nom gr.	Instrument		Nom gr.	Inc. orient.
		Ecart-type [cc]			Ecart-type [cc]

Figure 6 - 10: Modèle stochastique

- Qualité / fiabilité (voir Figure 6 - 11)

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: $1\sigma = 39\%$ en planimétrie et 68% en altimétrie

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

Fiabilité interne
 Valeurs limites:

	Planimétrie:	Altimétrie:
Erreur résiduelle nommée (wi):	2.5	2.5
Test du chi carré (χ^2) [%]:	2	2
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 relative:
 1er point variable 2ème point varia...

Rectangles de fiabilité relative:
 1er point variable 2ème point varia...

Figure 6 - 11: Qualité / fiabilité

- Rapport / résultats (voir Figure 6 - 12)

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

Options de mise en page et de contenu
 Ligne titre 1:
 Ligne titre 2:

☐ Enregistrer la matrice des équations normales (AtA)
☐ Enregistrer les matrices de variance-covariance (Qxx)
☐ Enregistrer la matrice des coefficients (A)
☐ Utiliser les unités SI pour les directions/angles (mgon au lieu de cc)
☒ Générer un ancien rapport en format texte (.pm)

Langue de sortie:
 Lignes par page:

Figure 6 - 12: Rapport / résultats

Une fois les paramètres renseignés, cliquer sur OK.

Une nouvelle fenêtre s'ouvre (voir Figure 6 - 13).

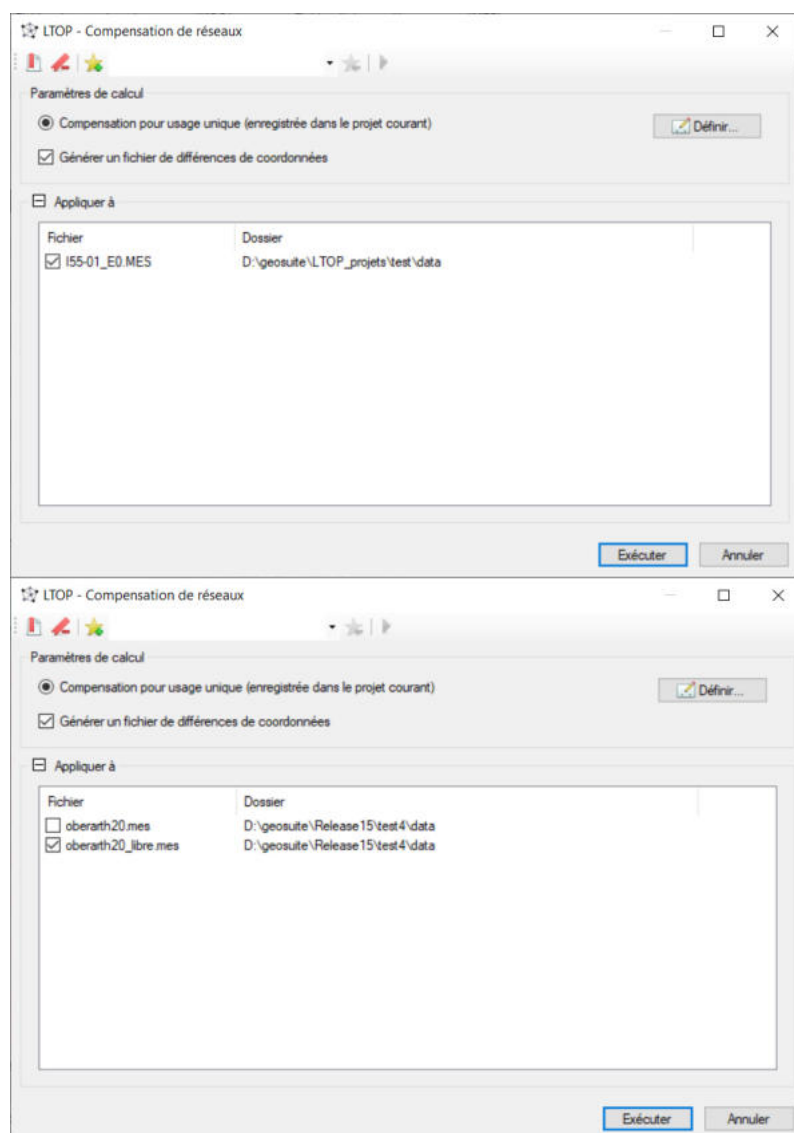
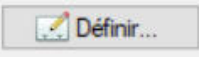
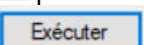


Figure 6 - 13: LTOP - Compensation de réseaux

Cliquer sur  pour revenir à l'interface graphique (voir Figure 6 - 3) et modifier les paramètres ou cliquer sur  pour lancer le calcul LTOP.

A la fin du calcul, une fenêtre s'ouvre avec les éventuelles remarques et / ou erreurs (voir Figure 6 - 14).



Figure 6 - 14: Calcul terminé

Les résultats sont enregistrés dans un sous-répertoire du projet: \projet_geosuite\calc\LTOP\0001
 Pour chaque calcul, tous les fichiers DAT, KOO et MES utilisés sont copiés dans ce répertoire.

On retrouve ainsi, pour chaque calcul, les fichiers utilisés.

Cliquer sur **Modifier/réexécuter le calcul...** pour modifier et refaire le même calcul.

Cliquer sur **Fermer** pour terminer le calcul.

Si on relance un calcul via l'interface graphique, GeoSuite considère qu'il s'agit d'un nouveau calcul.

Les résultats seront enregistrés dans le répertoire "libre" suivant (incrément de 1):
 \projet_geosuite\calc\LTOP\0002, 0003, etc.

2 Il est aussi possible de lancer directement un calcul LTOP sans passer par l'interface graphique.
 Ouvrir un fichier de paramètres de compensation LTOP (DAT).

Avec l'icône **Exécuter LTOP.exe** LTOP est directement exécuté pour autant que les fichiers KOO et MES soient renseignés dans le DAT. Les fichiers résultats se trouvent dans le même répertoire que le DAT.

Les résultats du calcul LTOP apparaissent dans un fichier HTML (voir Figure 6 - 15):

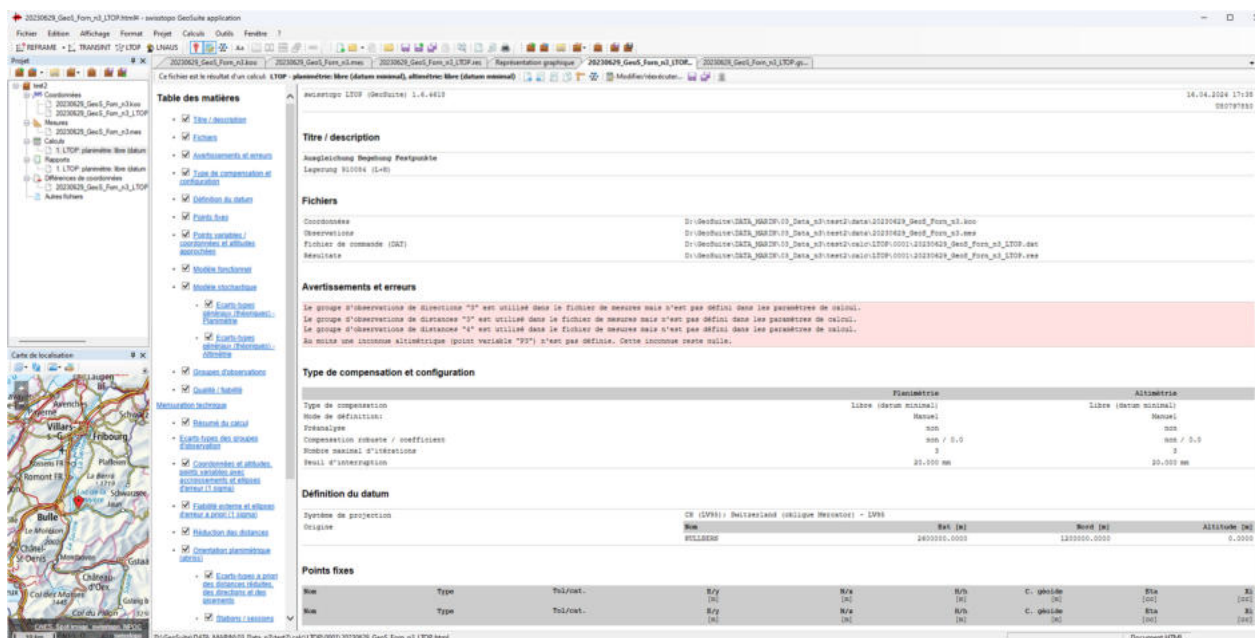


Figure 6 - 15: Fichier résultats au format HTML

Afin de créer la page HTML, LTOP utilise le fichier .PRNX dans le répertoire du calcul
 ..\nom_du_projet\calc\LTOP\000x\nom_du_projet_LTOP.PRNX

Le logiciel ResMap, qui permet de représenter graphiquement les fichiers .PRNX, a été intégré à GeoSuite.

Un onglet ResMap est automatiquement ouvert à chaque fois qu'un calcul LTOP est exécuté (voir Figure 6 - 16).

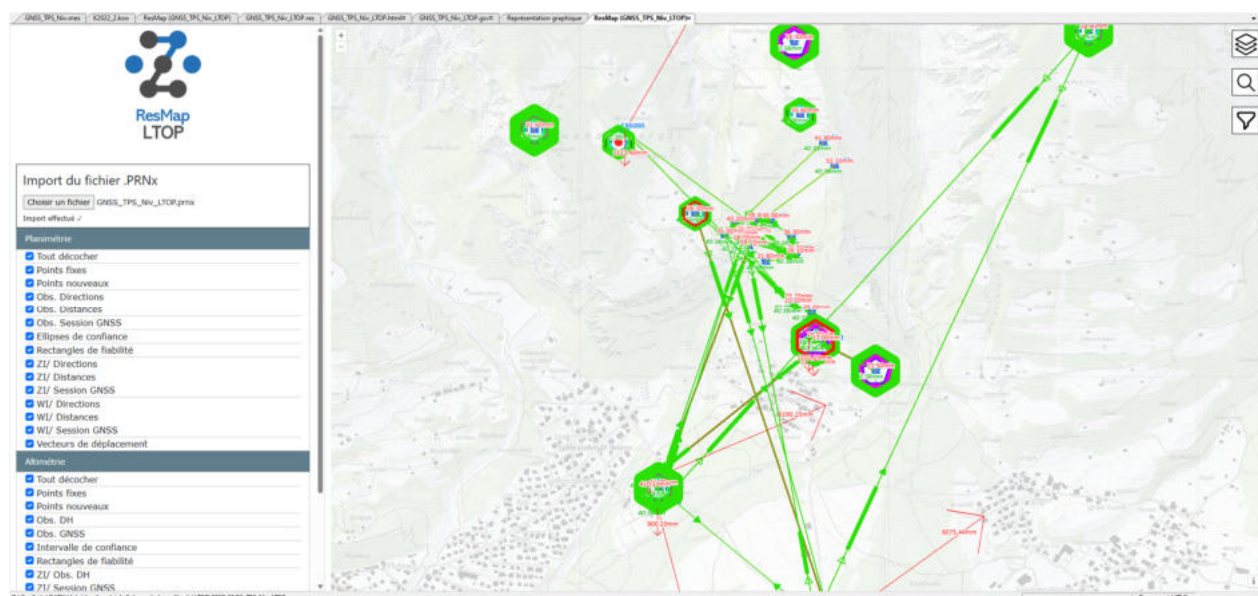


Figure 6 - 16: ResMap

L'utilisateur a également la possibilité d'ouvrir lui-même ResMap avec la commande Outils -> "Resmap - Visualisation des résultats de calculs de compensation" ou à l'aide du raccourci dans la barre d'outils "Affichage / fenêtre" (voir Figure 6 - 17).

L'utilisateur doit alors ouvrir lui-même le fichier PRNX de son choix à l'aide du bouton "Choisir un fichier".



Figure 6 - 17: Barre d'outils "Affichage / fenêtre"

Si l'utilisateur ouvre un rapport dans GeoSuite, il peut également ouvrir le PRNX correspondant dans ResMap en cliquant sur le raccourci en haute de la page HTML (voir Figure 6 - 18).

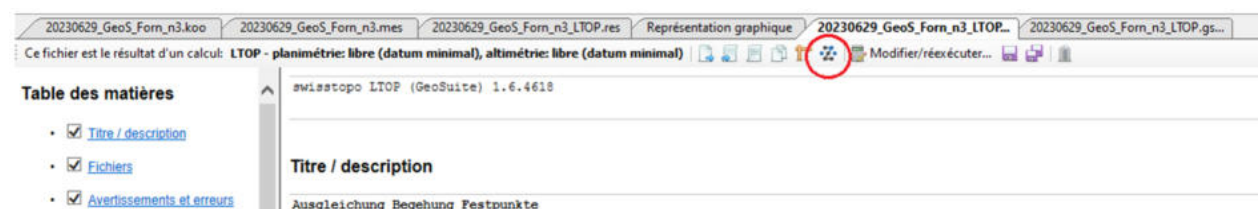


Figure 6 - 18: Ouvrir ResMap à partir du fichier HTML

La représentation graphique "classique" des résultats est toujours intégrée à GeoSuite et apparaît également automatiquement sous l'onglet "Représentation graphique" (voir Figure 6 - 19) après l'exécution d'un calcul LTOP.

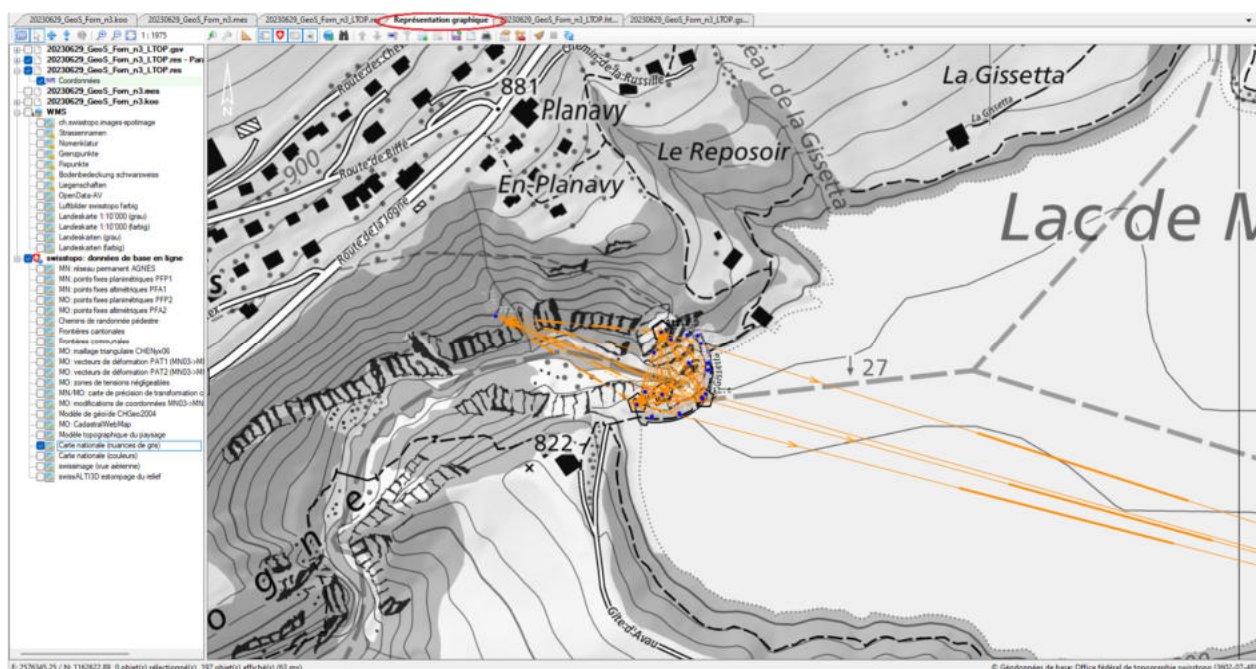


Figure 6 - 19: Représentation graphique

La page HTML ainsi que ResMap peuvent s'ouvrir soit dans un onglet interne à GeoSuite comme décrit ci-dessus, soit dans un navigateur externe.

Cela dépend de l'option "Rapports" choisie dans les Options générales -> Calculs (voir Figure 6 - 20).

On choisit "Editeur interne" pour ouvrir les onglets dans GeoSuite ou alors, avec l'option "Application externe", on peut choisir le navigateur Web de son choix si on veut ouvrir la page HTML et Resmap en dehors de GeoSuite.

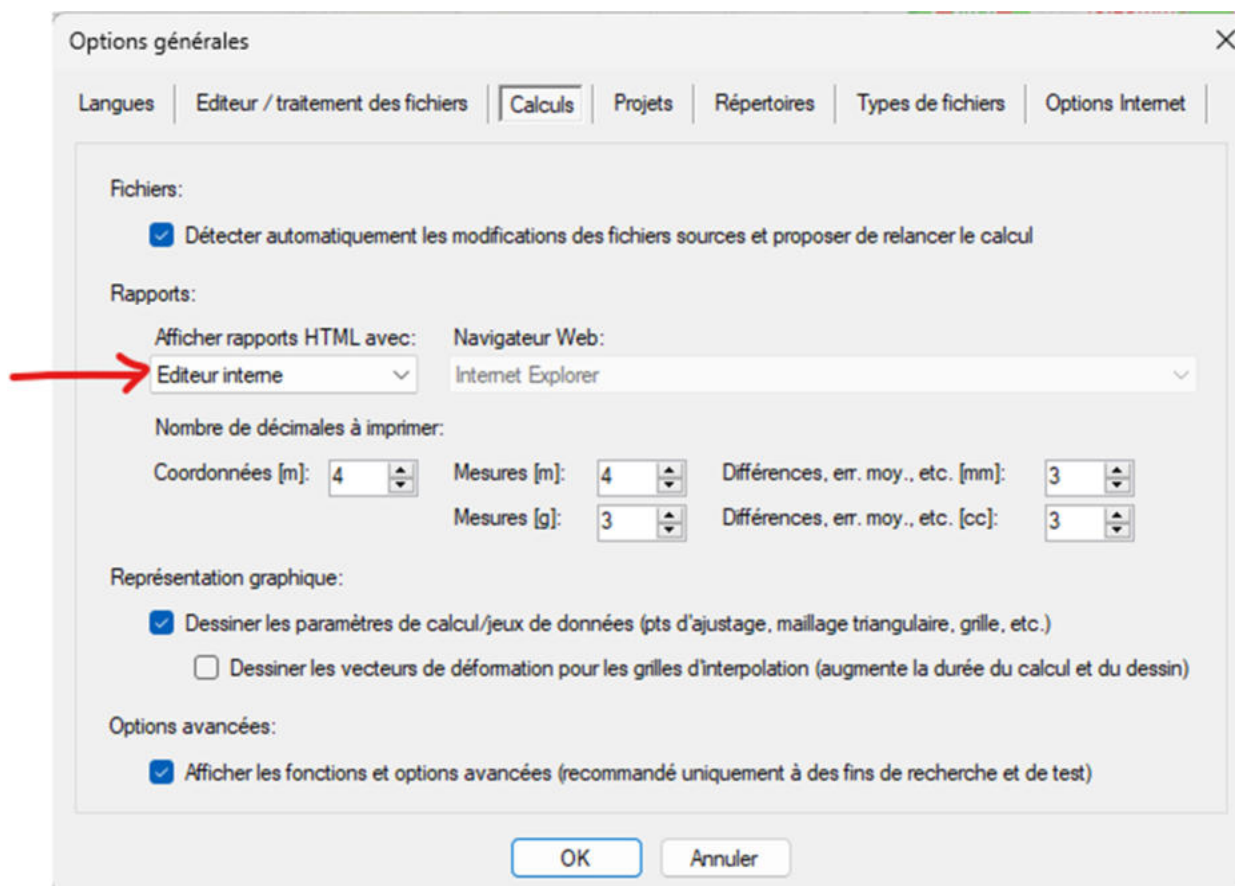


Figure 6 - 20: Navigateur interne ou externe

6.3 Structure du fichier de paramètres LTOP

Description du contenu du fichier DAT

KA : "type de carte", identification pour les paramètres d'une ligne du fichier-commande DAT.

Liste des cartes:

[IF – Fichiers input](#)

[OF – Fichiers output](#)

[00 – Titres](#)

[01 – KOOR](#)

[01 – \(RUNDUNG\)](#)

[01 – KAT](#)

[02 – \(LAGEITER\)](#)

[03 – \(HOEHEITE\)](#)

[04 – \(LAGE ABB\)](#)

[05 – \(HOEHEABB\)](#)

[06 – RI](#)

[06 – AZI](#)

[06 – GPS](#)

[06 – \(DIST.GR.\)](#)

[06 – \(MASSSTAB\) ou 06 – \(ADDITION\)](#)

[07 – \(MF RI+AZ\)](#)

[08 – \(DIST.RED\)](#)

[09 – \(MF H.DIS\)](#)

[10 – \(MF HW\)](#)

[11 – \(MF IH-SH\)](#)

[12 – \(REFRAKT\)](#)

[13 – Dénivelées réciproques](#)

[14 – \(KOO.VERZ\)](#)

[14 – PLOT](#)

[15 – \(MATRIZEN\)](#)

[16 – \(PRAEANA.\)](#)

[17 – \(PROGVERS\)](#)

[17 – ELLIPSOI](#)

[17 – ROBUST](#)

[18 – \(I.ZUVERL\)](#)

[18 – FIAB](#)

[20 – \(ORIGIN\)](#)

[21 – PLOT \(première occurrence\)](#)

[21 – PLOT \(seconde occurrence\)](#)

[25 – Epoque](#)

[30 – Point variable en planimétrie](#)

[35 – Point variable en altimétrie](#)

[50 – Ellipse d'erreur relative en planimétrie](#)

[55 – Ellipse d'erreur relative en altimétrie](#)

[60 – Rectangle de fiabilité relatif en planimétrie](#)

[65 – Rectangle de fiabilité relatif en altimétrie](#)

[97 – \(ENDE\)](#)

IF – Fichiers input

Fichiers source séparés par un espace (KOO MES)

Ne pas mettre d'espace dans les noms de fichier pour éviter une mauvaise interprétation.

type	KA	space	string	space	string
valeur	IF		FileName.KOO		FileName.MES

Ex. texte:

IF FileName.KOO FileName.MES

Ex. GeoSuite:

KA	Fichier de coordonnées source (KOO)	Fichier d'observations source (MES)
IF	FileName.KOO	FileName.MES

OF – Fichiers output

Nom des fichiers destination séparés par un espace (PRN RES IPL)

La carte KA = OF n'est pas gérée par le GUI LTOP de GeoSuite.

Cette carte est utilisée uniquement lors de l'exécution directe de LTOP.exe



Le GUI LTOP prend le même nom que le fichier DAT pour les 3 fichiers output (PRN RES IPL).

Ne pas mettre d'espace dans les noms de fichier pour éviter une mauvaise interprétation.

type	KA	space	string	space	string	space	string
valeur	OF		FileName.PRN		FileName.RES		FileName.IPL

Ex. texte:

OF FileName.PRN FileName.RES FileName.IPL

Ex. GeoSuite:

KA	Fichier protocole (PRN)	Fichier résultat (RES)	Fichier PLANETZ (IPL)
OF	FileName.PRN	FileName.RES	FileName.IPL

00 – Titres

2 lignes de titre

type	KA	string
valeur	00	Ligne titre 1
valeur	00	Ligne titre 2
longueur	2	83
colonnes	1-2	3-85

Ex. texte:

00Formation module LTOP - GeoSuite

00Calcul nivellement

Ex. GeoSuite :

KA	Titre
00	Formation module LTOP - GeoSuite
00	Calcul nivellement

01 – KOORD

attribut		a	b	c	d	e	f	g	h
type	KA	string	int	float (4d)	float (4d)	float (4d)	float (4d)	string	string

valeur par défaut	01	KOORD	0	30.0	30.0	5.0	10.0		
longueur	2	5	1	11	11	6	6	4	4
colonnes	1-2	3-7	17	23-33	35-45	58-63	64-69	71-74	76-79
décimales				30-33	42-45	60-63	66-69		

- a. KOORD
- b. Points de rattachement comme observations
 - 0 : non (planimétrie) / non (altimétrie)
 - 1 : oui / non
 - 2 : non / oui
 - 3 : oui / oui
- c. Erreur moyenne a priori des points de rattachement [mm] - planimétrie
- d. Erreur moyenne a priori des points de rattachement [mm] - altimétrie
- e. Erreur moyenne a priori des coordonnées GNSS [mm] – planimétrie
- f. Erreur moyenne a priori des coordonnées GNSS [mm] – altimétrie
- g. Epoque de référence pour la planimétrie (points de rattachement comme observations)
- h. Epoque de référence pour l'altimétrie (points de rattachement comme observations)

Ex. texte :

01KOORD 0 30 30 5 10

Ex. GeoSuite :

KA	Description	Ratt. comme obs.	E.m. ratt. plan. [mm]	E.m. ratt. alt. [mm]	E.m. GPS plan. [...]	E.m. GPS alt. [mm]	Epoque réf. plan.	Epoque réf. altim.
01	KOORD	0	30.00	30.00	5.00	10.00		

01 – (RUNDUNG)

attribut		a	b	c
type	KA	string	int	float (4d)
valeur par défaut	01	RUNDUNG	4	3.0
longueur	2	7	1	11
colonnes	1-2	3-9	17	29-39
décimales				36-39

- a. RUNDUNG ou « vide »
- b. Arrondi dans l'output RES (nombre de décimales en [m])
 - 0 - 4
- c. Erreur de centrage au point de station [mm]

Ex. texte :

01RUNDUNG 4 3

Ex. GeoSuite :

Description	Arrondi output (RES)	Err. centr. st. [mm]
RUNDUNG	4	3.00

01 – KAT

attribut		a	b	c
type	KA	string	int	int
valeur par défaut	01	KAT	0	0
longueur	2	3	1	1
colonnes	1-2	3-5	17	29

- a. KAT

- b. Fiabilité REMO – niveau de tolérance
 - 0 : (aucune)
 - 1 - 5
- c. Fiabilité REMO – catégorie de point
 - 0 (aucune)
 - 1 : PFP1
 - 2 : PFP2
 - 3 : PFP3
 - 6 : PFA2
 - 7 : PFA3

Ex. texte :

01KAT 0 0

Ex. GeoSuite :

KA	Description	Fiabilité: NT	Fiabilité: cat. pt
01	KAT	0	0

02 – (LAGEITER)

attribut		<i>a</i>	<i>b</i>
type	KA	string	int
valeur par défaut	02	LAGEITER	1
longueur	2	8	2
colonnes	1-2	3-10	16-17

- a. LAGEITER ou « vide »
- b. Nombre d'itérations pour l'amélioration des coordonnées provisoires – planimétrie

Ex. texte :

02LAGEITER 10

Ex. GeoSuite :

KA	Description	Nb itérations planim.
02	LAGEITER	10

03 – (HOEHEITE)

attribut		<i>a</i>	<i>b</i>
type	KA	string	int
valeur par défaut	03	HOEHEITE	1
longueur	2	8	2
colonnes	1-2	3-10	16-17

- a. HOEHEITE ou « vide »
- b. Nombre d'itérations pour l'amélioration des coordonnées provisoires - altimétrie

Ex. texte:

03HOEHEITE 10

Ex. GeoSuite :

KA	Description	Nb itérations altim.
03	HOEHEITE	10

04 – (LAGE ABB)

attribut		<i>a</i>	<i>b</i>
type	KA	string	float (4d)
valeur par défaut	04	LAGE ABB	20.0
longueur	2	8	11
colonnes	1-2	3-10	11-21
décimales			18-21

- LAGE_ABB ou « vide »
- Critère d'interruption pour l'amélioration itérative des coordonnées provisoires [mm] – planimétrie

Ex. texte:

04LAGE ABB 01

Ex. GeoSuite :

KA	Description	Crit. inter. plan. [mm]
04	LAGE ABB	0.10

05 – (HOEHEABB)

attribut		<i>a</i>	<i>b</i>
type	KA	string	float (4d)
valeur par défaut	05	HOEHEABB	20
longueur	2	8	11
colonnes	1-2	3-10	11-21
décimales			18-21

- HOEHEABB ou « vide »
- Critère d'interruption pour l'amélioration itérative des coordonnées provisoires [mm] – altimétrie

Ex. texte:

05HOEHEABB 01

Ex. GeoSuite :

KA	Description	Crit. inter. alt. [mm]
05	HOEHEABB	0.10

06 – RI

attribut		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
type	KA	string	string	float (2d)
valeur par défaut	06	RI		2
longueur	2	2	1	9
colonnes	1-2	3-4	17	23-31
décimales				30-31

- RI
- Nom de groupe de directions.
80 caractères possibles :
• **a-z A-Z 0-9 ! # \$ % & * : ; < = > ? @ _ | ~ + -**

c. Erreur moyenne générale des directions [cc]

Ex. texte :

06RI M 15

06RI N 2

Ex. GeoSuite :

KA	Description	Nom groupe dir...	Err. moy. dir. [cc]
06	RI	M	1.50
06	RI	N	2.00

06 – AZI

attribut		a	b	c	d
type	KA	string	string	string	float (2d)
valeur	06	AZI			
longueur	2	3	1	1	9
colonnes	1-2	3-5	17	29	35-43
décimales					42-43

- AZI
- Nom du groupe de gisements/azimuts
80 caractères possibles :
• a-z A-Z 0-9 ! # \$ % & * ; , < = > ? @ _ | ~ + -
- Nom d'inconnue d'orientation du groupe
80 caractères possibles :
• a-z A-Z 0-9 ! # \$ % & * ; , < = > ? @ _ | ~ + -
- Erreur moyenne des gisements/azimuts du groupe [cc]

Ex. texte:

06AZI a 1 25

06AZI b 1 15

Ex. GeoSuite :

KA	Description	Nom groupe gi...	Inc. orient.	Err. moy. gis. [cc]
06	AZI	a	1	2.50
06	AZI	b	1	1.50

06 – GPS

attribut		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
type	KA	string	string	string	string	string	string	string	string	string	string
valeur par défaut	06	GPS									
longueur	2	3	7	2	2	2	2	1	2	2	1
colonnes	1-2	3-5	14-20	28-29	40-41	58-59	64-65	70	73-74	78-79	80

- GPS
- Nom de combinaison de paramètres
- Numéro de la translation selon l'axe Y (Est)
 - 1-99 : numéro du paramètre de transformation correspondant
 - « 0 », « - », « / » : le paramètre n'est pas calculé
 - « = » : le paramètre de même numéro dans la session précédente sera appliqué à la session

- courante (si défini / non nul)
- « + » : le numéro du paramètre correspondant dans la session précédente est incrémenté de 1 (si défini / non nul)
- Numéro de la translation selon l'axe X (Nord)
Valeurs identiques à c)
 - Numéro de la rotation autour d'un axe vertical
Valeurs identiques à c)
 - Numéro du facteur d'échelle planimétrique
Valeurs identiques à c)
 - Numéro de la translation selon l'axe H (élévation)
Valeurs identiques à c) sauf numéro du paramètre : **1-9**
 - Numéro du basculement autour de l'axe X (Nord)
Valeurs identiques à c)
 - Numéro du basculement autour de l'axe Y (Est)
Valeurs identiques à c)
 - Numéro du facteur d'échelle altimétrique
Valeurs identiques à c) sauf numéro du paramètre : **1-9**

Ex. texte:

```
06GPS    ANF.      1      1      1  1  1  1  1
06GPS    FORT      +      +      =  =  +  =  =
```

Ex. GeoSuite :

KA	Description	Nom	N° translation Y	N° translation X	N° rot. axe vertical	N° échelle planim.	N° translation H	N° rotation Y	N° rotation X	N° échelle altim.
06	GPS	ANF.	1	1	1	1	1	1	1	
06	GPS	FORT	+	+	=	=	+	=	=	

06 – (DIST.GR.)

attribut		a	b	c	d	e	f	g	h
type	KA	string	string	string	string	float (4d)	string	float (4d)	float (4d)
valeur par défaut	06	DIST.GR.		vide	vide				
longueur	2	8	1	1	1	11	8	6	6
colonnes	1-2	3-10	17	28	29	35-45	50-57	58-63	64-69
décimales						42-45		60-63	66-69

- DIST.GR. ou « vide »
- Nom du groupe de distances
80 caractères possibles :
• **a-z A-Z 0-9 ! # \$ % & * : ; < = > ? @ _ | ~ + -**
- Nom de la constante d'addition
80 caractères possibles :
• **a-z A-Z 0-9 ! # \$ % & * : ; < = > ? @ _ | ~ + -**
- Nom de la constante de correction d'échelle
80 caractères possibles :
• **a-z A-Z 0-9 ! # \$ % & * : ; < = > ? @ _ | ~ + -**
- Coefficient A [mm]
- Brève description de l'instrument ou de la méthode de mesure
Pos. 50, longueur 8, string
- Coefficient B [mm/km]
- Coefficient C [mm/km²]

Ex. texte:

```
06DIST.GR.  1      2      MESSBAND300.00 0
06DIST.GR.  2      1      2M-BASIS10  2500.0
```

Ex. GeoSuite :

KA	Description	Nom groupe distances	Nom cste addition	Nom corr. échelle	Coeff. A [mm]	Descr. instrument	B [mm/km]	C [mm/km²]
06	DIST.GR.	1			2.00	MESSBAND	300.00	0.00
06	DIST.GR.	2			1.00	2M-BASIS	10.00	2500.00

06 – (MASSSTAB) ou 06 – (ADDITION)

Il existe 3 possibilités:

Correction d'échelle et constante d'addition:

attribut		a	b	c	d	e	f
type	KA	string	int	string	string	float (2d)	float (2d)
valeur par défaut	06		100				
longueur	2	8	3	1	1	9	4
colonnes	1-2	3-10	15-17	28	29	35-43	58-61
décimales						42-43	60-61

Uniquement la constante d'addition:

attribut		a	b	c	f
type	KA	string	int	string	float (2d)
valeur par défaut	06	ADDITION	100		
longueur	2	8	3	1	4
colonnes	1-2	3-10	15-17	28	58-61
décimales					60-61

Uniquement la correction d'échelle:

attribut		a	b	d	e
type	KA	string	int	string	float (2d)
valeur par défaut	06	MASSSTAB	100		
longueur	2	8	3	1	9
colonnes	1-2	3-10	15-17	29	35-43
décimales					42-43

- MASSSTAB ou ADDITION ou « vide »
- 100
- Nom de la constante d'addition
80 caractères possibles :
• a-z A-Z 0-9 ! # \$ % & * ; ; < = > ? @ _ | ~ + -
- Nom de la correction d'échelle
80 caractères possibles :
• a-z A-Z 0-9 ! # \$ % & * ; ; < = > ? @ _ | ~ + -
- Correction d'échelle [mm/km]
- Constante d'addition [mm]

Ex. texte:

06 100 ab 10 25

Ex. GeoSuite :

KA	Description	Nom cste add.	Nom corr. éch.	C. éch. [mm/km]	Cste add. [mm]
06		100	a	b	10.00 2.5000

07 – (MF RI+AZ)

attribut		a	b	c
type	KA	string	float (4d)	float (4d)

valeur par défaut	07	MF RI+AZ	7	2
longueur	2	8	11	11
colonnes	1-2	3-10	11-21	23-33
décimales			18-21	30-33

- MF_RI+AZ ou « vide »
- Erreur moyenne générale des directions [cc]
- Erreur moyenne générale des gisements/azimuts [cc]

Ex. texte:

07MF RI+AZ 7 2

Ex. GeoSuite :

KA	Description	Err. moy. gén. dir. [cc]	E.m. gis./azi. [cc]
07	MF RI+AZ	7.0000	2.0000

08 – (DIST.RED)

attribut		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
type	KA	string	float (2d)	string	float (2d)	string	float (2d)
valeur par défaut	08	DIST.RED	5	0	5		0
longueur	2	8	9	1	9	8	4
colonnes	1-2	3-10	11-19	29	35-43	50-57	58-61
décimales			18-19		42-43		60-61

- DIST.RED ou « vide »
- Erreur moyenne générale des distances – coefficient A [mm]
- Réduction des distances à l'aide des altitudes uniquement
 - 0 ou « vide » : non
 - 1 : oui
- Erreur moyenne générale des distances – coefficient B [mm/km]
- Erreur moyenne générale des distances – brève description de la méthode de mesure
- Erreur moyenne générale des distances – coefficient C [mm/km²]

Ex. texte:

08DIST.RED 5 0 5 0

Ex. GeoSuite :

KA	Description	Coefficient A	Réd. avec alt.	Coeff. B	Instrument	Coeff. C
08	DIST.RED	5.00	0	5.00		0.00

09 – (MF H.DIS)

attribut		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
type	KA	string	float (4d)	float (4d)
valeur par défaut	09	MF H.DIS	14	28
longueur	2	8	11	11
colonnes	1-2	3-10	11-21	23-33
décimales			18-21	30-33

- MF_H.DIS ou « vide »
- Erreur moyenne pour la distance vers les points normalement signalés [mm]
- Erreur moyenne pour la distance vers des points inaccessibles [mm]

Ex. texte:

09MF H.DIS 14 28

Ex. GeoSuite :

KA	Description	E.m. dist. pt signalé [...]	E.m. dist. pt inac. [...]
09	MF H.DIS	14.00	28.00

10 – (MF HW)

attribut		a	b
type	KA	string	float (4d)
valeur par défaut	10	MF HW	10
longueur	2	5	11
colonnes	1-2	3-7	11-21
décimales			18-21

- MF_HW ou « vide »
- Erreur moyenne a priori sur l'angle vertical [cc]

Ex. texte:

10MF HW 10

Ex. GeoSuite :

KA	Description	E. m. angle vert. [cc]
10	MF HW	10.00

11 – (MF IH-SH)

attribut		a	b	c
type	KA	string	float (4d)	float (4d)
valeur par défaut	11	MF IH-SH	3.2	10
longueur	2	8	11	11
colonnes	1-2	3-10	11-21	23-33
décimales			18-21	30-33

- MF_IH-SH ou « vide »
- Erreur moyenne sur la différence HI-HS vers des points normalement signalés [mm]
- Erreur moyenne sur la différence HI-HS vers des points inaccessibles [mm]

Ex. texte:

11MF IH-SH 32 10

Ex. GeoSuite :

KA	Description	E.m. HI-HS pt signalé...	E.m. HI-HS pt inac...
11	MF IH-SH	3.20	10.00

12 – (REFRAKT)

attribut		a	b	c
type	KA	string	float (4d)	float (4d)
valeur par défaut	12	REFRAKT	0.13	0.06
longueur	2	7	11	11
colonnes	1-2	3-9	11-21	23-33
décimales			18-21	30-33

- REFRAKT ou « vide »
- Coefficient de réfraction
- Erreur moyenne du coefficient de réfraction

Ex. texte:

12REFRAKT 013 006

Ex. GeoSuite :

KA	Description	Coeff. refraction	E.m. coeff. réfraction
12	REFRAKT	0.130	0.060

13 – Dénivelées réciproques

attribut		a	b	c	d
type	KA		float (4d)	float (4d)	string
valeur par défaut	13		1.732	0.0	2
longueur	2		11	11	1
colonnes	1-2		11-21	23-33	41
décimales			18-21	30-33	

- « vide »
- Facteur pour une détermination altimétrique non réciproque
- Erreur moyenne de groupe pour des dénivelées obtenues par nivellement [mm]
- Traitement des dénivelées réciproques
 - 0 (m) : les dénivelées réciproques sont moyennées (puis traitées comme dans les premières versions de LTOP).
 - 1 (e) : Toutes les observations altimétriques sont traitées comme des observations non réciproques. Les erreurs moyennes sont alors toutes à multiplier par le facteur prévu pour les observations non réciproques.
 - 2 (g) : les observations réciproques sont traitées séparément, mais présentées sur des lignes consécutives.

Ex. texte:

13 1732 0 2

Ex. GeoSuite :

KA	Description	Fact. dét. alt. non réc.	E.m. gr. nivell. [mm]	Trait. déniv. récitr.
13		1.7320	0.00	2

14 – (KOO.VERZ)

attribut		a	b	c	d	e	f	g
type	KA	string	string	string	string	string	string	string
valeur par défaut	14	KOO.VERZ	0	0	0	« vide »	0	0
longueur	2	8	1	1	1	8	1	1
colonnes	1-2	3-10	17	29	41	50-57	59	65
* GUI GeoSuite	14	KOO.VERZ	2	2	1	« vide »	1	1

* La carte **14KOO.VERZ** n'est pas lue par la nouvelle interface LTOP de GeoSuite.

Quelles que soient les valeurs en entrée, les valeurs enregistrées dans le DAT utilisé pour le calcul sont les valeurs suivantes :

KA	Description	Fichier résultats	Reg. coord.	Reg. c. approch.	Note	Impr. param.	Impr. q. GNSS
14	KOO.VERZ	2	2	1		1	1

- a. KOO.VERZ ou « vide »
- b. Sauvegarde du fichier des résultats
 - 0 (N) : le fichier résultats (RES) n'est pas sauvegardé
 - 1 (af) : fichier créé dans l'ancien format
 - 2 (nf) : fichier créé dans le nouveau format
- c. Registre des coordonnées
 - 0 : pas de registre supplémentaire
 - 1 : le registre ne contient que les points vers lesquels des observations ont été effectuées
 - 2 : le registre contient tous les points
- d. Registre des coordonnées approchées
 - 0 (non) : les coordonnées provisoires ne sont pas imprimées
 - 1 (oui) : les coordonnées provisoires sont imprimées dans le fichier protocole
- e. Note à propos des coordonnées
Ce champ n'est utilisé/imprimé nulle part
- f. Impression des paramètres de commande utilisés
 - 0 (non) : les paramètres de commande ne sont imprimés qu'en présence de messages d'erreur
 - 1 (oui) : les paramètres de commande sont toujours imprimés
- g. Impression des quotients d'erreurs moyennes des sessions GNSS
 - 0 (non) : les quotients d'erreurs moyennes ne sont pas imprimés
 - 1 (oui) : le quotient d'erreur moyenne est calculé pour chaque session GNSS et imprimé dans l'abris

14 – PLOT

La carte KA = 14PLOT n'est pas gérée par le GUI LTOP.

En utilisant le GUI LTOP, GeoSuite gère lui-même la représentation graphique.

Cette carte est utilisée uniquement lors de l'exécution directe de LTOP.exe



attribut		a	b	c	d	e	f	g	h
type	KA	string	string	string	float (4d)	string	float (4d)	float (1d)	float (1d)
valeur par défaut	14	PLOT	0	« vide »	0	0	0	0	0
longueur	2	4	1	7	11	1	6	5	5
colonnes	1-2	3-6	17	23-29	35-45	59	64-69	71-75	76-80
décimales			18-21		42-45		66-69	75	80

- a. PLOT
- b. Dessin de canevas
 - 0 : non (dessin du canevas planimétrique) / non (dessin du canevas altimétrique)
 - 1 : oui / non
 - 2 : non / oui
 - 3 : oui / oui
- c. Echelle du dessin
 - Vide = automatique
 - Valeur désirée de l'échelle (dénominateur, par. ex. « 25000 » pour « 1 : 25000 »)
- d. Direction du Nord du dessin
 - 0 : Nord vers le haut
 - -1 : sélection automatique de l'orientation la plus favorable du dessin
 - angle de rotation [g], dans le sens des aiguilles d'une montre
- e. Dessin des visées
 - 0 : les visées ne sont pas représentées sur le dessin
 - 1 : représentation des visées
- f. Echelle des vecteurs de déplacement
 - 0 ou vide : les vecteurs de déplacement ne sont pas représentés
 - Echelle pour la représentation des vecteurs de déplacement (dénominateur, par. ex. « 10 » pour « 1 : 10 », « 0.1 » pour « 10 : 1 »)
- g. Echelle pour les ellipses d'erreur

- 0 ou vide : les ellipses d'erreur ne sont pas représentées
 - Echelle pour la représentation des vecteurs de déplacement (dénominateur, par. ex. « 10 » pour « 1 : 10 », « 0.1 » pour « 10 : 1 »)
- h. Distance entre points du dessin
- 0 : tous les points sont représentés
 - Distance minimale entre points représentés [mm]

15 – (MATRIZEN)

attribut		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
type	KA	string	string	string
valeur par défaut	15	MATRIZEN	0	0
longueur	2	8	1	1
colonnes	1-2	3-10	17	29

- a. MATRIZEN ou « vide »
- b. Impression des matrices de variance/covariance (Qxx) et d'équations normales (N) dans le protocole
- 0 : non (matrices de variance/covariance Qxx) / non (matrices d'équations normales N)
 - 1 : oui / non
 - 2 : non / oui
 - 3 : oui / oui
- c. Création d'un fichier contenant la matrice des équations aux erreurs (coefficients, A)
- 0 : non (pas de création de fichier pour la matrice des équations aux erreurs)
 - 1 : oui (la matrice des coefficients (A) est stockée dans le fichier « A_MATR »)

Ex. texte:

15MATRIZEN 0 0

Ex. GeoSuite :

KA	Description	Impr. Qxx et N	Fichier mat. A
15	MATRIZEN	0	0

16 – (PRAEANA.)

attribut		<i>a</i>	<i>b</i>
type	KA	string	string
valeur par défaut	16	PRAEANA.	0
longueur	2	8	1
colonnes	1-2	3-10	17

- a. PRAEANA. ou « vide »
- b. Calcul de préanalyse
- 0 : non (préanalyse pour la compensation planimétrique) / non (préanalyse pour la compensation altimétrique)
 - 1 : oui / non
 - 2 : non / oui
 - 3 : oui / oui

Ex. texte:

16PRAEANA. 0

Ex. GeoSuite :

KA	Description	Préanalyse
16	PRAEANA.	0

17 – (PROGVERS)

attribut		a	b	c	d	e
type	KA	string	string	string	string	string
valeur par défaut	17	PROGVERS	4	0	0	62
longueur	2	8	1	1	1	2
colonnes	1-2	3-10	17	29	41	58-59

- a. (PROGVERS) ou « vide »
- b. Version du programme
 - 1 : mesures de déformation, sans réduction à la corde des gisements, impression des observations planimétriques et altimétriques en cc/10 et mm/10, impression des coordonnées en mm/10. Ellipses de confiance à 95%.
 - 2 : mesures de déformation, sans réduction à la corde des gisements, impression des observations planimétriques et altimétriques en cc/10 et mm/10, impression des coordonnées en mm/10. Ellipses d'erreur moyenne (68%).
 - 3 : PFP1, avec réduction à la corde des gisements, impression des observations planimétriques en cc/10 et mm et altimétriques en cc et mm, impression des coordonnées en mm. Ellipses d'erreur moyenne (68%).
 - 4 : PFP2 et PFP3 : sans réduction à la corde des gisements, impression des observations planimétriques et altimétriques en cc et mm, impression des coordonnées en mm. Ellipses d'erreur moyenne (68%).
 - 5 : mesures de déformation : avec réduction à la corde des gisements, impression des observations planimétriques et altimétriques en cc/10 et mm/10, impression des coordonnées en mm/10. Ellipses d'erreur moyenne (68%).
- c. Utilisation de la déviation de la verticale et des cotes du géoïde
 - 0 : non (prise en compte de la déviation de la verticale et de la cote du géoïde dans la compensation planimétrique) / non (prise en compte dans la compensation altimétrique)
 - 1 : oui / non
 - 2 : non / oui
 - 3 : oui / oui
- d. Langue des textes des fichiers output
 - 0 (d) : allemand
 - 1 (f) : français
 - 2 (i) : italien
 - 3 (e) : anglais
- e. Nombre de lignes par page dans le fichier protocole

Ex. texte:

17PROGVERS 4 0 0 62

Ex. GeoSuite :

KA	Description	Version programme	Dév. vert./géoïde	Langue output	Lignes/page prot.
17	PROGVERS	4	0	0	62

17 – ELLIPSOI

attribut		a	b	c	d	e
type	KA	string	string	float (4d)	int - float	string
valeur par défaut	17	ELLIPSOI	0	6377397.1550	6674372231	CH
longueur	2	8	1	11	11	10
colonnes	1-2	3-10	17	23-32	35-45	49-58
décimales				29-32		

- a. ELLIPSOI
- b. Choix du système de projection ou calcul sur l'ellipsoïde
 - 0 : compensation dans un système de projection (défini en e)
 - 1 : compensation sur l'ellipsoïde (défini en c/d)
- c. Demi grand-axe de l'ellipsoïde de référence (a) [m]
- d. Carré de la première excentricité de l'ellipsoïde de référence (e^2) multiplié par 100
- e. Système de projection de la compensation
Valeur par défaut : CH
 - CH : système de projection suisse
 - C1 : comme CH, calculé avec les nouvelles routines (version test)
 - AL : système de projection albanais
 - D2, D3, D4, D5, D6 : système de projection allemand, zones 2 à 6
 - F1, F2, F2E, F3, F4 : système de projection français (Lambert), zones 1 à 4 et 2 étendu
 - HR5, HR6, HR7 : système de projection croate
 - LUX : système de projection du Luxembourg
 - RGF93 : système de projection français
 - UTM30, UTM31, UTM32 : système de projection UTM, zones 30 à 32

Ex. texte:

17ELLIPSOI 0 6377397155 66743722310 CH

Ex. GeoSuite :

KA	Description	Projection ou ellips.	1/2 gd-axe ell. a [m]	1e exc. ellips. e^2	Système proj.
17	ELLIPSOI	0	6377397.1550	0.0066743722310	CH

17 – ROBUST

attribut		a	b	c
type	KA	string	float (2d)	float (2d)
valeur par défaut	17	ROBUST	2.5	2.5
longueur	2	6	9	9
colonnes	1-2	3-8	11-19	23-31
décimales			18-19	30-31

- a. ROBUST
- b. Valeur limite de la compensation robuste en planimétrie
 - 0 : compensation médiante (non robuste)
 - Valeur limite (C_{rob}) pour la planimétrie
- c. Valeur limite de la compensation robuste en altimétrie
 - 0 : compensation médiante (non robuste)
 - Valeur limite (C_{rob}) pour l'altimétrie

Ex. texte:

17ROBUST 25 25

Ex. GeoSuite :

KA	Description	Val. lim. robuste plani.	Val. lim. robuste alti.
17	ROBUST	2.50	2.50

18 – (I.ZUVERL)

attribut		a	b	c	d	e	f
type	KA	string	float (4d)	float (4d)	float (4d)	float (1d)	float (1d)
valeur par défaut	18	I.ZUVERL	3.5	5.0	3.5	5.0	20
longueur	2	8	11	11	6	5	5
colonnes	1-2	3-10	23-33	35-45	64-69	71-75	76-80

décimales			30-33	42-45	66-69	75	80
-----------	--	--	-------	-------	-------	----	----

- I.ZUVERL ou « vide »
- Valeur limite de l'écart résiduel normé w_i pour la compensation planimétrique
- Probabilité d'une erreur de 2^{ème} type β pour la compensation planimétrique [%]
 - 0-100** : taux de probabilité d'une erreur de 2^{ème} type pour la planimétrie
- Valeur limite de l'écart résiduel normé w_i pour la compensation altimétrique
- Probabilité d'une erreur de 2^{ème} type β pour la compensation altimétrique [%]
 - 0-100** : taux de probabilité d'une erreur de 2^{ème} type pour l'altimétrie
- Valeur limite du test global du modèle Chi carré [%], pour la planimétrie et l'altimétrie
 - 0-100** : valeur limite du test global du modèle χ^2

Ex. texte:

18I.ZUVERL 35 5 35 5 20

Ex. GeoSuite :

KA	Description	Limite w_i planimétrie	Err. 2e type plani. [...]	Limite w_i altim.	Err. 2e type alti. [...]	Limite χ^2 [%]
18	I.ZUVERL	3.50	5.0	3.50	5.0	20.0

18 – FIAB

attribut		a	b	c
type	KA	string	string	float (4d)
valeur par défaut	18	FIAB	2	0
longueur	2	4	1	11
colonnes	1-2	3-6	17	23-33
décimales				30-33

- FIAB
- Calcul de la fiabilité externe
 - 0 (n) : pas de calcul
 - 1 (g) : seule la plus grande influence NA et le gisement de NA sont calculés pour chaque point variable
 - 2 (A) : tous les éléments du rectangle de fiabilité sont déterminés pour chaque point variable
- Dessin des rectangles de fiabilité
 - 0 : les rectangles de fiabilité ne sont pas représentés
 - Echelle pour la représentation des rectangles de fiabilité (dénominateur, par. ex. « 10 » pour « 1 : 10 », « 0.1 » pour « 10 : 1 »)

Ex. texte:

18FIAB 2 0

Ex. GeoSuite :

KA	Description	Calcul fiabilité externe	Dessin rect. fiabilité
18	FIAB	2	0.0

20 – (ORIGIN)

attribut		a	b	c	D
type	KA	string	float (4d)	float (4d)	float (4d)
valeur par défaut	20	ORIGIN	2600000	1200000	0
longueur	2	8	11	11	11
colonnes	1-2	3-10	11-21	23-33	35-45
décimales			18-21	30-33	42-45

- a. Nom du point fondamental
 - NULLBERN : ancien observatoire astronomique de Berne
 - Nom du point fondamental
 - « vide »
- b. Coordonnée Y (Est) du point fondamental [m]
- c. Coordonnée X (Nord) du point fondamental [m]
- d. Altitude de référence [m]

Ex. texte:

20NULLBERN2600000 1200000 0

Ex. GeoSuite :

KA	Nom pt fond.	Coord. Y pt fond. [m]	Coord. X pt fond. [m]	Altitude réf. [m]
20	NULLBERN	2600000.0000	1200000.0000	0.0000

21 – PLOT (première occurrence)

La carte KA 21 n'est pas gérée par le GUI LTOP de GeoSuite.

En utilisant le GUI LTOP, GeoSuite gère lui-même la représentation graphique.

Cette carte est utilisée uniquement lors de l'exécution directe de LTOP.exe



attribut		a	b	C
type	KA	string	float (4d)	float (4d)
valeur par défaut	21	PLOT	« vide »	« vide »
longueur	2	4	11	11
colonnes	1-2	3-6	11-21	24-34
décimales			18-21	31-34

Extrait de canevas : coordonnées du 1^{er} coin de la fenêtre

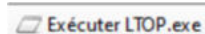
- a. PLOT
- b. Coordonnée [m] suivant l'axe Y (Est) du 1^{er} coin de la fenêtre
 - Vide : pas d'extrait
 - Coordonnée Y [m]
- c. Coordonnée [m] suivant l'axe X (Nord) du 1^{er} coin de la fenêtre
 - Vide : pas d'extrait
 - Coordonnée X [m]

21 – PLOT (seconde occurrence)

La carte KA 21 n'est pas gérée par le GUI LTOP de GeoSuite.

En utilisant le GUI LTOP de GeoSuite, GeoSuite gère lui-même la représentation graphique.

Cette carte est utilisée uniquement lors de l'exécution directe de LTOP.exe



attribut		a	b	c
type	KA	string	float (4d)	float (4d)
valeur par défaut	21	PLOT	« vide »	« vide »
longueur	2	4	11	11
colonnes	1-2	3-6	11-21	24-34
décimales			18-21	31-34

Extrait de canevas : coordonnées du 2^{ème} coin de la fenêtre

- a. PLOT
- b. Coordonnée [m] suivant l'axe Y (Est) du 2^{ème} coin de la fenêtre

- Vide : pas d'extrait
 - Coordonnée Y [m]
- c. Coordonnée [m] suivant l'axe X (Nord) du 2^{ème} coin de la fenêtre
- Vide : pas d'extrait
 - Coordonnée X [m]

25 – Epoque

attribut		a
type	KA	string
valeur par défaut	25	
longueur	2	4
colonnes	1-2	3-6

- a. Nom de l'époque de mesure

Ex. texte:

252016

Ex. GeoSuite :

KA	Epoque
25	2016

30 – Point variable en planimétrie

Soit vide, soit nom de point:

- **(Vide)**

Calculer des abris provisoires au lieu d'une compensation planimétrique

attribut	
type	KA
valeur par défaut	30
longueur	2
colonnes	1-2

Ex. texte:

30

Ex. GeoSuite :

KA	Nom pt variable plan.	Type/époque pt var. p.
30		

- **Nom de point**

attribut		a	b
type	KA	string	string
valeur par défaut	30		
longueur	2	10	4
colonnes	1-2	3-12	13-16

- a. Nom de point variable en planimétrie
b. Type/époque du point variable en planimétrie

Ex. texte:

304020

304030

Ex. GeoSuite :

KA	Nom pt variable plan.	Type/époque pt var. p.
30	4020	
30	4030	

35 – Point variable en altimétrie

Soit vide, soit nom de point:

- (Vide)**

Calculer des abriss provisoires au lieu d'une compensation altimétrique

attribut	
type	KA
valeur par défaut	35
longueur	2
colonnes	1-2

Ex. texte:

35

Ex. GeoSuite :

KA	Nom pt variable alt.	Type/époque pt var. a.
35		

- Nom de point**

attribut		a	b
type	KA	string	string
valeur par défaut	35		
longueur	2	10	4
colonnes	1-2	3-12	13-16

- Nom de point variable en altimétrie
- Type/époque du point variable en altimétrie

Ex. texte:

354020

354030

Ex. GeoSuite :

KA	Nom pt variable alt.	Type/époque pt var. a.
35	4020	
35	4030	

50 – Ellipse d'erreur relative en planimétrie

attribut		a	b	c	d
type	KA	string	string	string	string
valeur par défaut	50				
longueur	2	10	4	10	4
colonnes	1-2	3-12	13-16	17-26	27-30

- Ellipse d'erreur relative en planimétrie- nom du premier point

- b. Type/époque du premier point
- c. Ellipse d'erreur relative en planimétrie - nom du second point
- d. Type/époque du second point

Ex. texte:

504020 4030

504020 4040

Ex. GeoSuite :

KA	Nom 1er pt ell. rel.	Type/époque 1er pt	Nom 2e pt ell. rel.	Type/époque 2e pt
50	4020		4030	
50	4020		4040	

55 – Ellipse d'erreur relative en altimétrie

attribut		a	b	c	d
type	KA	string	string	string	string
valeur par défaut	55				
longueur	2	10	4	10	4
colonnes	1-2	3-12	13-16	17-26	27-30

- a. Ellipse d'erreur relative en altimétrie- nom du premier point
- b. Type/époque du premier point
- c. Ellipse d'erreur relative en altimétrie - nom du second point
- d. Type/époque du second point

Ex. texte:

554020 4030

554020 4040

Ex. GeoSuite :

KA	Nom 1er pt ell. rel.	Type/époque 1er pt	Nom 2e pt ell. rel.	Type/époque 2e pt
55	4020		4030	
55	4020		4040	

60 – Rectangle de fiabilité relatif en planimétrie

attribut		a	b	c	d
type	KA	string	string	string	string
valeur par défaut	60				
longueur	2	10	4	10	4
colonnes	1-2	3-12	13-16	17-26	27-30

- a. Rectangle de fiabilité relative en planimétrie - nom du premier point
- b. Type/époque du premier point
- c. Rectangle de fiabilité relative en planimétrie - nom du second point
- d. Type/époque du second point

Ex. texte:

604020 4030

604020 4040

Ex. GeoSuite :

KA	Nom 1er pt rect. rel.	Type/époque 1er pt	Nom 2e pt rect. rel.	Type/époque 2e pt
60	4020		4030	
60	4020		4040	

65 – Rectangle de fiabilité relatif en altimétrie

attribut		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>
type	KA	string	string	string	string
valeur par défaut	65				
longueur	2	10	4	10	4
colonnes	1-2	3-12	13-16	17-26	27-30

- e. Rectangle de fiabilité relative en altimétrie - nom du premier point
- f. Type/époque du premier point
- g. Rectangle de fiabilité relative en altimétrie - nom du second point
- h. Type/époque du second point

Ex. texte:

654020 4030

654020 4040

Ex. GeoSuite :

KA	Nom 1er pt rect. rel.	Type/époque 1er pt	Nom 2e pt rect. rel.	Type/époque 2e pt
65	4020		4030	
65	4020		4040	

97 – (ENDE)

attribut		<i>a</i>
type	KA	string
valeur par défaut	97	ENDE
longueur	2	4
colonnes	1-2	3-6

Fin du fichier

- a. ENDE ou « vide »

Ex. :

97ENDE

KA	Description
97	ENDE

6.4 Les messages d'erreur

La plupart des messages d'erreur du programme sont imprimés dans le fichier des résultats (et à l'écran, dans

le cas d'un traitement interactif) sous la forme suivante :

***** xxxx ***** XXX

Le champ xxxx donne un code qui précise le type d'erreur. Le champ XXXX.....XXXXX fournit des précisions supplémentaires.

Fautes à la lecture

Un code à 3 chiffres annonce une faute découverte lors de la lecture du fichier. Le contenu de la ligne incriminée est donné dans le champ XXXXX.... et est, dans la plupart des cas, aussitôt perdu.

Le chiffre des centaines indique dans quel type de ligne la faute a été trouvée:

- 1.. titre ou ligne de commande, KA = 00 à 18
- 2.. liste des coordonnées, KA = 20, 21
- 3.. listes des points variables, KA = 30, 31, 35, 36
- 4.. observations, KA = 40, 41, 43 à 47
- 5.. ellipses d'erreur relatives, KA = 50, 51
- 6.. rectangles de fiabilité relative, KA = 60
- 8.. codes non utilisés, KA = 61 à 89
- 9.. ligne de fin de séquence, KA = 94, 97

Les deux chiffres suivants indiquent le type de faute commise:

- .01 dépassement du nombre autorisé
- .02 code-ligne KA incorrect
- .03 ligne de variante dans un nouveau travail
- .04 la ligne contient un nom qui n'existe pas dans la liste des coordonnées (nom de la station sur les lignes-observations)
- .05 la ligne-observation contient un nom de point visé qui n'existe pas dans la liste des coordonnées
- .06 station sans lignes-observations
- .07 pas de liste des coordonnées
- .08 avec une ligne de variante, on essaie de modifier des valeurs inexistantes
- .09 dans une variante, les coordonnées du point fondamental doivent être changées
- .10 sur une ligne KA = 06, on a défini un groupe de distances non autorisé
- .11 une ligne KA = 01 à 18 n'est pas à la bonne place
- .12 il manque au moins une ligne de titre
- .20 les coordonnées introduites avec une ligne KA = 20 s'écartent de plus de 429.496 km de celles de la première ligne de coordonnées. Les valeurs de l'origine sont alors tirées de la première ligne de coordonnées (système local)
- .21 les coordonnées d'une des lignes suivantes s'écartent de plus de 214.748 km des valeurs moyennes calculées sur la base du point fondamental et de la première ligne de coordonnées. Le nom du point concerné sera changé en ***** et les coordonnées Y et X remplacées par celles de NULLBERN.
- 443 les corrections azimutales ne peuvent pas être calculées pour le type AZ, la convergence des méridiens n'ayant pas été définie pour le système de projection choisi
- 444 le pays et le système de projection choisis n'ont pas été définis
- 451 une station compte plus de 45 lignes
- 452 un nombre de lignes-observations supérieur au maximum autorisé pour cette version du programme a été introduit
- 453 un nombre de stations supérieur au maximum autorisé pour cette version du programme a été introduit
- 454 un nombre de sessions GPS supérieur au maximum autorisé pour cette version du programme a été introduit
- 455 un nombre de groupes GPS supérieur au maximum autorisé pour cette version du programme a été introduit
- 456 un nombre de mesures supérieur au maximum autorisé pour cette version du programme a été introduit pour une session GPS
- 460 A partir de la version 89, l'introduction des hauteurs de signal sur les lignes-coordonnées n'est plus

possible

960 A partir de la version 89, le calcul des variantes n'est plus possible

970 la ligne fin de séquence manque ou comporte un KA incorrect

999 un caractère illégal apparaît, par exemple une lettre dans un champ numérique, etc. Il est donc possible que les données n'aient pas toutes été lues

Fautes constatées pendant le calcul

Elles sont caractérisées par un code à 4 chiffres.

Préparation

1001 il n'existe aucune observation pour le groupe de gisements ou de distances indiqué, pour lequel on a demandé une orientation, une échelle ou une constante d'addition.. Le groupe incriminé apparaît dans le champ XXXX...L'inconnue n'est pas déterminée.

1002 une ligne KA=06 contient un numéro d'inconnue d'échelle non autorisé; elle est écartée

1003 le nombre d'inconnues est supérieur à celui que le programme peut traiter. L'inconnue d'échelle du groupe de distances indiqué est écartée

1004 une valeur préexistante doit être attribuée à une correction d'échelle. Le numéro de la correction manque

1005 une distance déduite des coordonnées est supérieure à 214 km

1006 le fichier-texte demandé n'existe pas

1007 il a été demandé de tenir compte de la cote du géoïde et de la déviation de la verticale, mais ces données manquent dans la liste des coordonnées

1008 un point avec une altitude 0 est utilisé pour la réduction des distances. Le numéro de la ligne-observation concernée est imprimé

1009 lors d'une compensation sur l'ellipsoïde, les azimuts des sections normales depuis la station et depuis le point visé divergent de plus de 0.05rad

1010 avertissement: l'arrondi demandé pour les coordonnées peut fausser les tests statistiques (KA = 01)

1011 pour une compensation sur l'ellipsoïde, les coordonnées selon l'ancien format ne sont pas autorisées

1012 dans le fichier des coordonnées, le nom du point manque sur une ligne (la dernière ligne est éventuellement vide)

1013 le nombre de stations est trop élevé, raison pour laquelle les coordonnées des points fixes ne peuvent pas être introduites comme observations

1014 le nombre de mesures est trop élevé, raison pour laquelle les coordonnées des points fixes ne peuvent pas être introduites comme observations

1015 le fichier des coordonnées ne peut pas être ouvert

1016 le fichier des observations ne peut pas être ouvert

1017 la première ligne du fichier des coordonnées ne peut pas être lue

1018 la première ligne du fichier des observations ne peut pas être lue

1019 la première ligne du fichier des coordonnées est fausse

1020 la première ligne du fichier des observations est fausse

1021 le nombre de points variables planimétriques a été dépassé. Le point dont le numéro est indiqué ne peut pas être calculé comme point variable

1022 le nombre d'inconnues planimétriques a été dépassé. Le point dont le numéro est indiqué ne peut pas être calculé comme point variable

- 1023 le nombre de points variables altimétriques a été dépassé. Le point dont le numéro est indiqué ne peut pas être calculé comme point variable
- 1024 le numéro des groupes de distances doit être compris entre 1 et 9
- 1025 ce type d'observations n'est pas autorisé
- 1026 le nom de groupe d'une session GPS du fichier observations n'a pas été défini. Le groupe standard '++00+00' est utilisé pour elle
- 1027 le nombre de groupes GPS est trop élevé
- 1028 Le fichier de coordonnées dans le nouveau format ne doit pas contenir de description de point 'PLOT'. Les indications concernant l'extrait du canevas à dessiner sont à placer dans le fichier de commande.
- 1029 Fiabilité pour MO93: les valeurs indiquées sont inconsistantes, l'une est zéro, l'autre pas. Les deux valeurs sont mises à zéro

Compensation planimétrique

- 1100 soit les coordonnées soit les observations manquent
- 1101 aucun point variable, ni en planimétrie ni en altimétrie n'a été introduit
- 1102 au moins une des inconnues planimétriques n'est pas déterminée. Le même nom apparaît éventuellement plusieurs fois dans la liste des points variables. Dans le champ XXXX...figure le numéro de l'inconnue qui n'a pas pu être déterminée (cf. chap. 4.9). Cette inconnue reste nulle
- 1103 le calcul d'une ellipse d'erreur relative vers un point fixe a été demandé. Le numéro de l'ellipse d'erreur relative concernée apparaît dans le champ XXXX...
- 1104 le calcul d'un rectangle de fiabilité relative vers un point fixe a été demandé. Le numéro du rectangle de fiabilité relative concerné apparaît dans le champ XXXX...
- 1105 dans cette variante, la compensation planimétrique n'est pas poursuivie, le quotient des erreurs moyennes du précédent calcul ayant dépassé la valeur-limite indiquée dans le champ XXXX... Seul l'abris planimétrique calculé avec les coordonnées provisoires est imprimé
- 1106 une distance doit être réduite au moyen des altitudes, mais la dénivelée est plus grande que la distance oblique. La distance ne peut donc pas être réduite correctement
- 1107 la précision numérique était insuffisante pour permettre d'obtenir les résultats finaux, donc aussi le quotient des erreurs moyennes. Le calcul doit donc être répété avec de meilleures coordonnées provisoires ou le nombre d'itérations augmenté
- 1108 le nombre d'inconnues planimétriques autorisées est dépassé du nombre indiqué. Les derniers points variables sont considérés comme fixes
- 1110 compensation robuste: le nombre maximal d'itérations permis (valeur indiquée) pour l'attribution des observations aux intervalles corrects est atteint. Le calcul ne converge pas. La compensation doit être réitérée avec une valeur critique Crob plus élevée.
- 1111 compensation robuste: Le nombre maximal d'itérations permis (valeur indiquée) ne suffit pas à obtenir une convergence suffisante du calcul. La compensation doit être réitérée avec un nombre d'itérations plus élevé (KA = 02). Lorsque même un nombre d'itérations plus élevé ne permet pas d'obtenir la convergence, soit les coordonnées provisoires sont trop imprécises, soit les observations contiennent trop de fautes. Dans ce cas il faut d'abord contrôler soit les coordonnées, soit les observations.
- 1112 compensation robuste: l'algorithme ne converge pas. Il y a probablement trop de fautes dans les observations ou les coordonnées provisoires sont trop imprécises. Dans ce cas il faut d'abord contrôler soit les coordonnées, soit les observations.
- 1113 préanalyse: la compensation robuste n'a pas de sens pour une préanalyse
- 1114 préanalyse: les abris provisoires n'ont pas de sens pour une préanalyse

Compensation altimétrique

- 1200 les observations pour le calcul des altitudes manquent
- 1201 la ligne d'observation dont le numéro est donné dans le champ XXXX.... contient une dénivelée mesurée, mais pas d'erreur moyenne a priori. Celle-ci est fixée par défaut à 9999 mm
- 1202 au moins une inconnue altimétrique n'est pas définie; le même nom apparaît éventuellement plusieurs fois dans la liste des points variables. Dans le champ XXXX.... figure le numéro de l'inconnue qui n'a pas pu être déterminée (cf chap. 4.9). Cette inconnue reste nulle
- 1205 dans cette variante, la compensation altimétrique n'est pas poursuivie le quotient des erreurs moyennes du précédent calcul ayant dépassé la valeur-limite indiquée dans le champ XXXX..... Seul l'abris altimétrique calculé avec les coordonnées provisoires est imprimé
- 1207 la précision numérique était insuffisante pour permettre d'obtenir les résultats finaux, donc aussi le quotient des erreurs moyennes. Le calcul doit donc être répété avec de meilleures coordonnées provisoires ou le nombre d'itérations augmenté
- 1210 compensation robuste: le nombre maximal d'itérations permis (valeur indiquée) pour l'attribution des observations aux intervalles corrects est atteint. Le calcul ne converge pas. La compensation doit être réitérée avec une valeur critique Crob plus élevée.
- 1211 compensation robuste: Le nombre maximal d'itérations permis (valeur indiquée) ne suffit pas à obtenir une convergence suffisante du calcul. La compensation doit être réitérée avec un nombre d'itérations plus élevé (KA = 03). Lorsque même un nombre d'itérations plus élevé ne permet pas d'obtenir la convergence, soit les coordonnées provisoires sont trop imprécises, soit les observations contiennent trop de fautes. Dans ce cas il faut d'abord contrôler soit les coordonnées, soit les observations.
- 1212 compensation robuste: l'algorithme ne converge pas. Il y a probablement trop de fautes dans les observations ou les coordonnées provisoires sont trop imprécises. Dans ce cas il faut d'abord contrôler soit les coordonnées, soit les observations.
- 1213 compensation robuste: puisque la compensation robuste en planimétrie a été interrompue, la compensation altimétrique n'est pas exécutée.
- 1214 rotation autour l'axe des X > 300cc, c.-à-d. influence sur la planimétrie supérieur à 10-7
- 1215 rotation autour l'axe des Y > 300cc, c.-à-d. influence sur la planimétrie supérieur à 10-7
- 1216 préanalyse: la compensation robuste n'a pas de sens pour une préanalyse
- 1217 préanalyse: les abris provisoires n'ont pas de sens pour une préanalyse

6.5 Tests de plausibilité

Lorsqu'un calcul LTOP est exécuté à l'aide de l'interface graphique (voir Figure 6 - 20), toute une série de tests de consistance et de vérifications de plausibilité des paramètres sont effectuées.

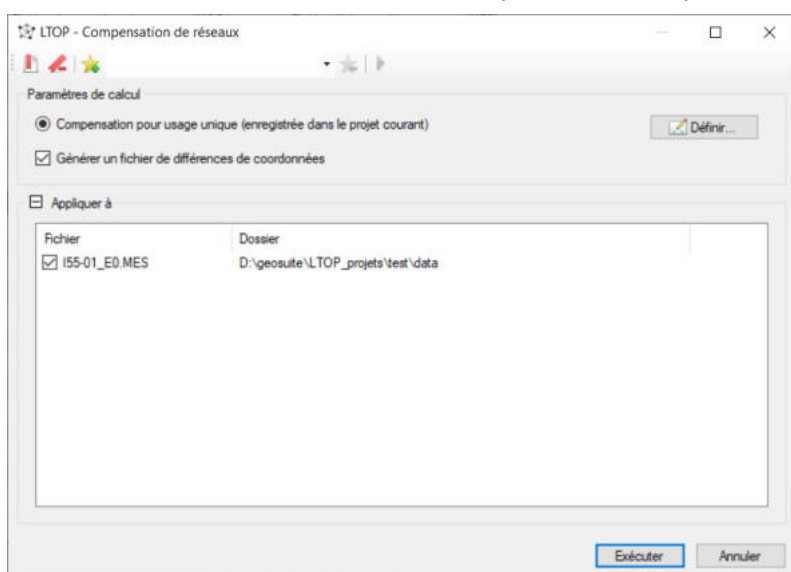


Figure 6 - 20: Lancement du calcul LTOP

Il y a la possibilité de désactiver ces contrôles effectués par GeoSuite afin de pouvoir malgré tout lancer le

calcul LTOP avec la configuration voulue.

Cette option est réservée aux utilisatrices et utilisateurs avertis. Le risque est élevé que le calcul ne s'effectue pas correctement si un calcul est lancé malgré les avertissements.

Cette option peut être activée de la façon suivante. L'option "Afficher les fonctions et options avancées" (voir Figure 6 - 21) sous « Outils – Options générales... – Calculs » doit être activée:

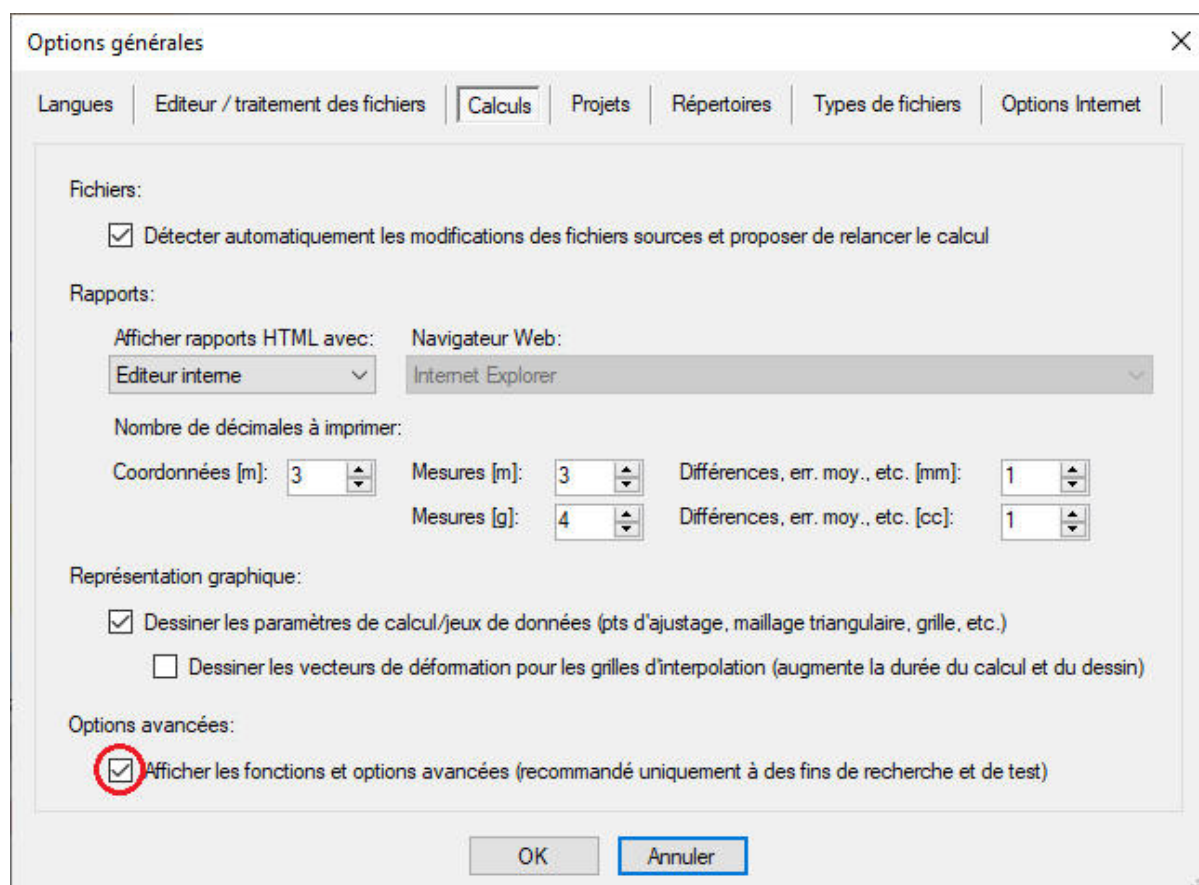


Figure 6 - 21: Afficher les fonctions et options avancées

L'activation de cette option provoque l'affichage dans l'interface graphique de LTOP (sous l'onglet "Type de compensation et configuration") de l'option "Désactiver la vérification avancée de plausibilité des paramètres (coordonnées, observations, groupes, GNSS, etc.)" (voir Figure 6 - 22):

The screenshot shows the LTOP software window. At the top, there's a title bar with 'LTOP' and standard window controls. Below it, a text field for 'Nom du jeu de paramètres de compensation:' contains '(jeu de paramètres temporaire non enregistré)'. A dropdown menu for 'Domaine d'application / type de mensuration:' is set to 'Mensuration technique (version du programme 1/2)'. A row of tabs includes 'Type de compensation et configuration', 'Définition du datum / points fixes et variables', 'Modèle fonctionnel', 'Modèle stochastique', 'Qualité / fiabilité', and 'Rapport / résultats'. The 'Type de compensation et configuration' tab is active, showing two columns: 'Planimétrie:' and 'Altimétrie:'. Under 'Type de compensation', both columns have 'Libre (datum minimal)' selected. 'Préanalyse:' is checked in both. 'Compensation robuste / coefficient:' is set to 0. The 'Définition de compensation libre' section has 'Fichier .MES séparé:' set to 'D:\LTOP\LENS\test7\data\LENS_libre.mes'. 'Générer le fichier .MES et définir les points fixes automatiquement:' is unchecked. 'Mode de définition:' is '1 point fixe et 1 azimuth fictif (distan)' for Planimétrie and '1 point fixe' for Altimétrie. 'Nom du point fixe:' and 'Azimut de référence fictif vers le point:' are empty. 'Type / valeur [g]:' is set to 0.0. The 'Critères d'interruption' section has 'Nombre maximal d'itérations:' set to 3 and 'Seuil d'interruption [mm]:' set to 0.5 for both columns. The 'Options avancées' section at the bottom has a checkbox 'Désactiver la vérification avancée de plausibilité des paramètres (coordonnées, observations, groupes, GNSS, etc.)' which is circled in red and currently unchecked. At the bottom of the window are buttons for 'Réinitialiser', 'Importer...', 'Exporter...', 'OK', and 'Annuler'.

Figure 6 - 22: Désactiver la vérification avancée de plausibilité des paramètres

En cas d'avertissement de GeoSuite lors de l'exécution d'un calcul LTOP, il est fortement recommandé de corriger le problème plutôt que de désactiver les tests de plausibilité.

Dans le cas contraire, le bon déroulement du calcul LTOP n'est pas garanti.

6.6 Utilisation pratique du programme, étapes de calcul et analyse des résultats

6.6.1 Déroulement d'une compensation trigonométrique

Une compensation trigonométrique suppose les étapes suivantes:

- Préanalyse. Pour l'analyse d'un projet de réseau, surtout s'il est grand, la préanalyse – c'est-à-dire une compensation sans que les observations proprement dites aient été effectuées – constitue un excellent outil.
- Lorsque les observations sont déjà stockées sur un support informatique, c.-à-d. si les moyennes des séries et les distances corrigées de la météo sont disponibles, on procède aux phases suivantes:
 - Calcul des coordonnées provisoires
 - Abriss provisoires sur la base des coordonnées provisoires
 - Contrôle des données
 - Compensation avec les coordonnées des points de rattachement (PR) considérées comme des observations ou compensation libre
 - Choix définitif des points fixes
 - Compensation définitive

L'analyse des résultats et l'épuration des données après chaque étape est indispensable. Il est souvent nécessaire de répéter chacune de ces phases plusieurs fois.

6.6.2 Description des différentes phases de calcul

Préanalyse

Il est conseillé d'effectuer une préanalyse dans le cadre de travaux de grande ampleur ou complexes, pour lesquels la qualité de la configuration du réseau en ce qui concerne la précision et surtout la fiabilité est difficile à évaluer de prime abord. Cela peut se faire facilement et rapidement après la reconnaissance. Il est plus facile d'améliorer un réseau en rajoutant des observations que de réduire un réseau fortement surdéterminé. C'est pourquoi on part généralement d'un réseau minimal.

Les paramètres de commande, ainsi que la liste des points variables, peuvent en général être réutilisés tels quels pour la compensation effective ultérieure. Il faut veiller à choisir des erreurs moyennes a priori réalistes car il est admis dans la préanalyse que ces valeurs reflètent la précision obtenue lors des observations. Les coordonnées provisoires peuvent être tirées de la carte à 10 ou 20 m près, excepté pour les relations centre-excentrique.

Les données suivantes peuvent tenir lieu d'observations: pour les directions, une valeur > -10 gon, zéro y compris, est considérée comme observation. Pour les distances et les angles verticaux, n'importe quel nombre positif indique qu'une observation sera effectuée. Pour les dénivelées, il suffit d'indiquer le groupe 2. Les ellipses d'erreur relatives ainsi que les rectangles de fiabilité relative peuvent également être calculés.

Les résultats peuvent ensuite être interprétés de la manière suivante: les ellipses d'erreur donnent des indications sur la précision qu'on peut atteindre en fonction des points fixes choisis. Les ellipses d'erreur relatives donnent directement des indications sur la précision relative entre deux points variables qui ne sont pas reliés par des observations. Les indicateurs z_i , NA et NB donnent des renseignements sur la manière dont les observations se contrôlent mutuellement et sur l'influence qu'aurait une faute non détectée sur les coordonnées (respectivement sur leur différence de coordonnées dans le cas de rectangles de fiabilité relative). On peut donc d'ores et déjà optimiser le canevas par de légères modifications. Des observations avec un $z_i > 50\%$ peuvent, à titre d'essai, être laissées de côté. En outre, des observations supplémentaires sont à prévoir si certaines observations sont insuffisamment contrôlées, ce qui se traduit par un NA hors tolérance. Dans de nombreuses situations, le coût de la préanalyse est contrebalancé par une économie de temps et d'argent lors de la campagne de mesure.

Dans une préanalyse, certaines valeurs n'ont pas de signification, raison pour laquelle les écarts résiduels et les indicateurs w_i et g_i ne sont pas imprimés. Dans le cas des directions et des gisements/azimuts, les écarts latéraux sont calculés sur la base des erreurs moyennes a priori. Il est très utile de se référer à la représentation graphique.

Calcul des coordonnées provisoires

Une fois les observations exécutées et saisies, les coordonnées provisoires sont calculées. Puis les abris sont calculés avec LTOP sur la base des coordonnées provisoires.

Abriss avec les coordonnées provisoires

Après le calcul des coordonnées provisoires, on devrait commencer par un calcul des abris provisoires, c.-à-d. avec toutes les coordonnées maintenues fixes, points variables y compris. Toutes les données introduites peuvent être contrôlées quant à leur correction formelle par un tel calcul. Lorsque les coordonnées provisoires ne sont pas de trop mauvaise qualité, il est également possible de déceler les fautes que les données introduites sont encore susceptibles de receler. Des observations apparemment fausses ne doivent en aucun cas être supprimées. On leur attribuera une erreur moyenne de 9999, qui les fera apparaître comme éliminées dans les abris. Elles n'auront plus aucun effet.

Dans le cas de séries de directions, le calcul de l'orientation sur la base de la médiane pondérée présente l'avantage de très fortement réduire l'influence de directions fausses sur les autres directions et par suite de permettre une meilleure localisation des fautes. La recherche de fautes doit être ainsi poursuivie jusqu'à disparition des messages d'erreur et des écarts résiduels anormalement élevés.

Contrôle des données introduites

Lors du dernier calcul d'abris provisoire où tous les points étaient maintenus fixes, tous les éléments introduits à la main, noms, observations et paramètres de commande devraient être contrôlés: ces contrôles systématiques ne devraient être effectués que lorsqu'il n'apparaît plus de messages d'erreur car des corrections ultérieures pourraient introduire de nouvelles fautes.

a) Contrôles généraux

- Toutes les valeurs introduites à la main devraient être comparées aux valeurs originales (issues du carnet de terrain, d'une liste de coordonnées, etc.); c'est le cas des D OBS, HG, HP, OBS, D-

GR, D RED, VERT, HI, HS, des coordonnées des points de rattachement et éventuellement de celles des points variables.

- Il faut également contrôler que toutes les relations entre centre et excentrique ont été bien entrées.

b) Tableau de la réduction des distances

Il faut contrôler que:

- Toutes les distances ont été introduites avec la bonne option. Il peut facilement arriver que des mesures de distance soient introduites avec une mauvaise option.
- Les valeurs HG et HP introduites sont correctes ou qu'on a à juste titre renoncé aux valeurs HI et HS.
- Les dénivelées calculées à partir d'angles verticaux réciproques concordent. Cela transparaît immédiatement dans la colonne CONTR.
- Les coordonnées et surtout les altitudes provisoires sont de qualité suffisante pour la réduction des distances. La dernière colonne montre l'effet sur la distance réduite d'une faute commise sur la dénivelée. En outre, une faute de 6m sur l'altitude provisoire provoque une faute de 1 ppm lors de la réduction sur l'ellipsoïde.

c) Tableau des abris planimétriques

Il faut vérifier si:

- Des écarts résiduels très élevés apparaissent. Ils peuvent indiquer la présence de fautes (les indicateurs de fiabilité ne sont pas calculés dans les abris provisoires).
- Les erreurs moyennes a priori sont bien choisies.

d) Tableau des abris altimétriques

Il faut contrôler si:

- Les dénivelées calculées à partir d'angles verticaux réciproques concordent, ce qui est mis en évidence dans la colonne «Contrôle».
- Des écarts résiduels très élevés apparaissent. Ils peuvent indiquer la présence de fautes (les indicateurs de fiabilité ne sont pas calculés dans les abris provisoires).
- Les erreurs moyennes a priori ont été bien choisies.
- Les hauteurs d'instrument et de signal ont été correctement introduites.

e) Tableau des coordonnées

- Toutes les altitudes nécessaires à la réduction des distances ont-elles été introduites?
- Les points variables sont-ils tous suffisamment bien déterminés? (vérifier le nombre d'observations participant à la détermination de la position ou de l'altitude).

f) Page-titre

- Toutes les données sont-elles plausibles?
- Tous les points souhaités - et seulement ceux-ci - figurent-ils dans la liste des points variables?

Amélioration itérative des coordonnées provisoires

Après cette phase de contrôle et d'épuration, on peut procéder à une première compensation. Il faut y maintenir fixes toutes les coordonnées et altitudes que l'on peut considérer comme bonnes. On peut alors découvrir d'autres fautes plus petites, les écarter et relancer le calcul. Dans cette phase, il est important d'améliorer au fur et à mesure les coordonnées provisoires, ce qui peut se faire simplement en changeant de fichier des coordonnées. Il faut en effet tenir compte du fait que les coefficients des équations aux erreurs planimétriques sont calculés d'après les coordonnées provisoires. De mauvaises coordonnées provisoires ont donc prioritairement un effet néfaste sur les visées courtes. La réduction des distances est également effectuée sur la base des altitudes provisoires. Là également, changer de fichier des coordonnées est nécessaire si l'on veut éviter des inexactitudes.

La compensation robuste présente l'avantage que les paramètres inconnus peuvent être déterminés de façon relativement précise et les coordonnées provisoires améliorées, même en présence d'observations entachées d'erreur. Les avantages en sont que:

- dans la grande majorité des cas, des coordonnées provisoires raisonnablement bonnes sont obtenues dès le premier calcul
- d'éventuelles fautes sont repérées, caractérisées par des écarts résiduels normés élevés

Effectuer une compensation robuste permet d'éviter le recours au processus itératif décrit plus haut.

Si les altitudes provisoires sont de qualité insuffisante, il est recommandé de procéder à la réduction des distances à l'aide des angles verticaux. Dans le cas contraire, les observations de distances seraient fortement altérées.

Les fautes évidentes devraient être éliminées avant de passer à l'étape suivante, celle de la compensation libre. Changer de fichier des coordonnées signifie utiliser les coordonnées compensées résultant de ce calcul comme coordonnées provisoires du calcul suivant. Ceci conduit à une réduction du temps de calcul, car un nombre inférieur d'itérations est alors nécessaire à l'amélioration des coefficients des équations aux erreurs. Il en résulte par ailleurs un gain de précision, puisque la réduction des distances, si elle est effectuée à l'aide des altitudes provisoires introduites au départ du calcul, ne profite pas de l'amélioration itérative des coordonnées provisoires.

Il n'est pas nécessaire de procéder ainsi si les coordonnées provisoires proviennent d'un programme de calcul automatique.

6.6.3 Compensation avec les coordonnées des points de rattachement (PR) comme observations (obs.)

Lors des premières compensations, on voudrait pouvoir s'assurer de la qualité des observations. Pour que celles-ci ne soient pas influencées par d'éventuelles contraintes provenant des points de rattachement, il ne seront pas considérés comme fixes dans un premier temps. Il existe pour ce faire une possibilité simple d'introduire provisoirement tous les points de rattachement comme des points variables. Ainsi les coordonnées de tous les points fixes seront introduites dans la compensation comme des observations supplémentaires. Leur erreur moyenne est également fixée par un paramètre de commande. Cette manière de procéder présente l'avantage de pouvoir facilement mettre des fautes en évidence, que ce soit sur les coordonnées des points de rattachement ou sur le déplacement de ces points. Elle ne convient cependant pas pour le calcul définitif.

Comme erreur moyenne à craindre, on peut donner 10 à 20 mm, ou lorsque les PR sont de mauvaise qualité 30 à 40 mm. Après la première compensation, on analyse les observations, on recherche et on corrige les éventuelles fautes.

Pour l'analyse, on utilisera principalement les indicateurs de fiabilité des observations w_i et g_i (voir chapitre [Les indicateurs de fiabilité](#)), aussi bien lors de la compensation avec les coordonnées des PR comme observations que lors d'une compensation libre. On commencera par rechercher les fautes, grâce aux colonnes w_i et g_i des abris. Des valeurs de w_i supérieures à $w_{\max}$ sont probablement à imputer à une faute sur l'observation correspondante, en fonction des hypothèses admises dans le programme, et doivent donc être examinées. L'observation est d'autant plus suspecte que la valeur de w_i est élevée. Une faute sur une mesure induit souvent des valeurs de w_i élevées sur les mesures voisines. La faute se trouve probablement sur l'observation qui a la valeur de w_i la plus élevée. On cherchera donc d'abord la faute sur cette observation. Dans le cas de grands réseaux, il est recommandé de reporter les w_i sur une représentation graphique du canevas afin d'obtenir une vision plus globale des connexions. La colonne g_i donne une indication de l'ordre de grandeur d'une faute probable. Elle indique la taille que doit avoir une faute sur l'observation pour provoquer l'écart résiduel existant. Des valeurs n'apparaissent dans cette colonne que lorsqu'une faute est suspectée, c'est-à-dire lorsque $w_i > w_{\max}$.

Si une faute est trouvée, elle peut être corrigée et l'affaire est ainsi réglée. Si elle n'est pas détectée, on écartera par une erreur moyenne 9999. la (ou les mesures) pour laquelle w_i présente la valeur la plus élevée. Le principe de base selon lequel aucune observation ne doit être effacée reste valable dans ce cas également: les mesures signalées par une erreur moyenne de 9999. apparaîtront dans les abris avec la mention "ELIM", et n'auront aucune influence sur la compensation. Des observations d'abord traitées comme fausses mais dont les écarts résiduels ne confirment pas cet état de fait devraient être réintégrés dans le calcul de compensation avec leur véritable erreur moyenne.

Les points de rattachement dont les coordonnées ou l'altitudes présentent une valeur de w_i supérieure à celle de $w_{\max}$ devraient être intégrés au calcul suivant (localement un point à la fois) en tant que points variables. L'onglet de définition des points fixes et variables sera utilisé à cet effet. On répète cette analyse lors de chaque passage.

Si l'on procède ainsi, les tiraillements entre points de rattachement peuvent encore légèrement influencer les observations. La «compensation libre» est une autre possibilité.

Il peut aussi être avantageux de procéder à une compensation robuste. D'éventuelles fautes sur les points de rattachement peuvent également être très bien mises en évidence par ce biais.

6.6.4 Compensation libre

C'est lors d'une 'compensation libre', considérée comme alternative au procédé décrit ci-dessus, que les indicateurs de fiabilité des observations atteignent leur efficacité maximale. Le positionnement minimal du réseau peut être obtenu de deux manières différentes: soit en maintenant un seul point fixe et en introduisant un gisement pour orienter le réseau, soit en maintenant deux points fixes et en introduisant le facteur d'échelle des distances comme inconnue. Dans le premier cas, ce sont les distances observées qui déterminent l'échelle du réseau. Il existe souvent des observations isolées vers des points de rattachement éloignés qui ne suffisent pas à déterminer ces points dans une compensation libre. Ils peuvent être maintenus fixes s'ils n'exercent aucune contrainte sur le réseau. Sinon, on peut remplacer l'erreur moyenne a priori de ces observations par la valeur 9999., ou retirer provisoirement l'ensemble des points concernés de la liste des coordonnées pour la compensation libre. Dans les deux cas, toutes les observations vers ces points seront sans effet, et dans le deuxième cas, un message d'erreur supplémentaire apparaîtra. On vérifiera que des messages d'erreur importants ne se sont pas glissés au milieu de ceux-ci. Pour l'analyse, on procédera comme expliqué précédemment.

On peut aussi ne rien faire du tout, et les inconnues non-déterminables subsisteront. Mais la singularité de la solution sera signalée par un ou plusieurs messages d'erreur.

Le choix d'une compensation robuste permet d'utiliser un procédé plus simple. L'influence d'une observation fautive sur les observations qui l'entourent est très fortement atténuée, ce qui facilite d'autant la détection des fautes. Les fautes décelées sont marquées dans les abris par un R dans la colonne suivant les R-ZI. Leur ordre de grandeur est fourni dans la colonne des R-GI. Une valeur n'est imprimée dans cette colonne que lorsqu'une faute a effectivement été décelée. L'influence maximale (y compris une certaine incertitude τ_w) exercée par une faute sur les coordonnées des points peut être évaluée à l'aide des indicateurs NA et NB. Il faut être conscient du fait que des observations grossièrement fausses contrôlent mal d'autres observations, car elles perdent de leur poids suite à la faute. L'indicateur R-ZI renseigne sur la distribution de la surdétermination dans le réseau, après découverte d'une faute.

Remarque quant au positionnement du réseau à l'aide d'un gisement: Si le positionnement du réseau est réalisé à l'aide d'un point fixe et d'un gisement, ce dernier est à introduire comme observation fictive dans la compensation (désignée par 'F' dans la première colonne du champ de l'erreur moyenne). Cette manière de procéder est justifiée par l'influence de ce gisement sur la fiabilité externe: une erreur dans l'orientation ne pouvant pas être décelée, elle causerait sans qu'on s'en rende compte une rotation de tout le réseau autour du point fixe, avec pour conséquence une fiabilité nulle pour le réseau. En introduisant par contre le gisement comme observation fictive dans la compensation, cette observation n'est pas prise en compte dans le calcul de la fiabilité externe. Signalons toutefois que les observations fictives ne sont en aucun cas exclues de la compensation et qu'elles doivent de ce fait être pourvues d'une erreur moyenne!

6.6.5 Compensation de séries de coordonnées GNSS

Préparatifs

Les séries (sessions) de coordonnées GNSS sont intégrées au système national par une transformation de Helmert dans le plan (translations suivant les axes Y (y) et X (x), rotation (R), facteur d'échelle (E)). La translation doit toujours être calculée individuellement pour chaque série, tandis que pour les paramètres de rotation et d'échelle on peut choisir librement de les calculer simultanément pour plusieurs séries ou individuellement, voire de les garder fixes. En pratique, on aura souvent recours à l'une des 3 possibilités suivantes:

- calcul de tous les paramètres nom, YXRE
- calcul des translations uniquement nom, YX--
- calcul de séries avec un R et un E commun nom, YX!!

On conseille de définir chacune de ces possibilités sous « Modèle fonctionnel ». Le caractère « ! » sera remplacé par un chiffre, identique pour toutes les séries définies en commun. Le nom correspondant doit alors figurer dans le fichier des observations sur la ligne-station SL de chaque série de coordonnées concernée.

Première compensation libre

Lors de la combinaison d'observations trigonométriques et GNSS dans un même réseau, on conseille de compenser d'abord les observations GNSS pour elles-mêmes, et de les épurer avant d'intégrer les observations trigonométriques.

Il est conseillé de même de calculer d'abord des abris provisoires en considérant tous les points comme fixes afin de détecter et d'éliminer les fautes (identification, etc.)

Pour la première compensation, on procèdera comme suit:

- a) Choisir un point fixe; en général un point de triangulation bien intégré au réseau et dont les coordonnées sont fiables et précises.
- b) Définir une série de coordonnées avec les paramètres YX—, c.-à-d. dont la rotation et l'échelle sont maintenues fixes. On choisira de préférence une série contenant de longues lignes de base, car c'est elle qui fixe l'orientation et l'échelle de tout le réseau.
- c) Définir toutes les autres séries avec les paramètres YXRE, c'est-à-dire calculer un paramètre de rotation et d'échelle pour chaque série ainsi définie.

Cette manière de procéder correspond à la compensation libre d'observations GNSS. On choisira σ 5 mm comme erreur moyenne à craindre pour les coordonnées. On analysera comme d'habitude les w_i et les g_i , les éléments des ellipses d'erreur et la fiabilité externe NA. Si tous ces indicateurs sont satisfaisants (c'est-à-dire dans les tolérances), la première compensation GNSS est terminée.

Deuxième compensation avec réduction du nombre de paramètres R et E

Lors de la première compensation, il peut arriver que certains NA excèdent la tolérance (10 cm pour NT 2 et 3), parfois de beaucoup, surtout pour les sessions comprenant moins de 5 points.

On peut pallier cette faiblesse en réduisant le nombre de paramètres inconnus R et E, c.-à-d. en calculant des paramètres communs à plusieurs séries. Cela concerne surtout les séries qui ont obtenu des résultats similaires lors de la première compensation.

En pratique on procèdera ainsi: lors de la première compensation on comparera les paramètres R et E (ainsi que les erreurs moyennes s'y rapportant) résultant des différentes séries de coordonnées. Si ces paramètres sont inférieurs à 1 ou 2 fois l'erreur moyenne, ils ne sont pas significatifs et on peut renoncer à ces inconnues lors des calculs ultérieurs. S'ils sont significatifs, on peut chercher à regrouper plusieurs séries de coordonnées dont les valeurs des paramètres sont proches. Auquel cas, toutes ces séries peuvent être affectées des mêmes paramètres R et/ou E. Des sessions mesurées dans la même plage horaire mais à des jours différents sont prioritairement susceptibles d'être traitées ainsi.

Dans les réseaux PFP2, des distorsions relatives de ± 3 à 5cc pour la rotation et de ± 5 ppm pour l'échelle (et même plus lorsque la valeur n'est pas significative) sont parfaitement tolérables. Une fois cette décision prise, on procède à une compensation des séries concernées avec le nouveau choix de paramètres, puis on en analyse les résultats. Si le choix était judicieux, le quotient des erreurs moyennes, les indicateurs w_i et les écarts résiduels ne devraient pas dépasser significativement les valeurs atteintes lors de la première compensation. Les valeurs des indicateurs de fiabilité externe NA devraient être nettement plus faibles et respecter la tolérance prescrite. On analysera par ailleurs les modifications de coordonnées par rapport à la première compensation; elle devraient se limiter à quelques mm. S'il n'en est pas ainsi, on jugera de ce qui est ou non acceptable en fonction de la situation particulière de chaque point.

La compensation est alors réitérée jusqu'à obtention de résultats pleinement satisfaisants. La dernière compensation constitue alors la compensation libre définitive.

Compensation combinée d'observations GNSS et trigonométriques

Le fichier d'observations GNSS est complété par les observations trigonométriques. Tous les points dont les coordonnées sont issues de la compensation libre définitive GNSS sont considérés comme des points fixes. Puis on analyse et épure les observations trigonométriques. On procède finalement à une compensation libre définitive du réseau combiné.

Compensation d'altitudes GNSS

Des séries d'altitudes devraient être utilisées pour la compensation altimétrique, de la même manière que les séries de coordonnées de la compensation planimétrique. Pour l'instant, ce sont les dénivelées, calculées à partir d'altitudes orthométriques, ou usuelles qui sont compensées. Les cotes du géoïde seront calculées à l'aide du programme GEOLOT ou d'un programme équivalent.

6.6.6 Choix des points fixes définitifs

Ce problème ne relève en fait pas de LTOP; il est toutefois abordé ici dans un souci d'exhaustivité. En règle générale, les coordonnées nouvellement calculées sont intégrées dans un système préexistant, c'est pourquoi les coordonnées issues de la compensation avec les points de rattachement (PR) considérés comme points variables ou de la compensation libre, ne peuvent pas être utilisées directement. Les

coordonnées définitives peuvent être calculées de deux manières différentes: soit par une compensation contrainte, soit par une interpolation. Ces deux possibilités supposent la définition préalable de points fixes.

Dans le cas de la compensation avec PR comme observations, on reportera les écarts résiduels des coordonnées des PR et le cas échéant les accroissements des coordonnées des PR nouvellement calculés sous forme de vecteurs sur le canevas ou sur la carte des points. Dans le cas de la compensation libre, on calcule d'abord une transformation de Helmert, puis on dresse un plan des vecteurs. Grâce à celui-ci, on peut procéder au choix définitif des points fixes (voir [Référence \[24\]](#)).

6.6.7 Compensation définitive

Le but de la compensation définitive est d'obtenir les coordonnées et altitudes officielles des points et de fournir la preuve que les exigences de précision et de fiabilité ont été respectées pour ces coordonnées et altitudes.

Tous les indicateurs EMA et EMH pour la précision, respectivement NA et NH pour la fiabilité, doivent respecter les tolérances prescrites.

Si les points fixes sont connus, on peut calculer les coordonnées et altitudes définitives, soit par une compensation contrainte, soit par une interpolation.

La compensation contrainte ne convient pas systématiquement. Lorsque des tiraillements importants existent entre les PR ou dans le cas de réseaux à configuration non homogène, les contraintes se répartissent inégalement. Dans la plupart des cas, le quotient des erreurs moyennes sera supérieur à celui de la compensation libre. De même, les valeurs des écarts résiduels v_i et des écarts résiduels normés w_i seront plus élevées. C'est pour cette compensation contrainte qu'il faut prouver que les niveaux de tolérance de la fiabilité (NA, NH) ont été respectés pour les coordonnées et les altitudes.

L'interpolation permet une répartition homogène des contraintes entre les points de rattachement. Comme points d'ajustage, on utilisera les points fixes choisis selon les prescriptions du chapitre [Choix de points fixes définitifs](#). Une répartition homogène des points d'ajustage est essentielle (voir [Interpolation selon la moyenne pondérée «TRANSINT»](#)). Il faut cependant recalculer des abris provisoires (de façon analogue au chapitre [Description des différentes phases de calcul](#)) avec les coordonnées interpolées, afin de 'visualiser' l'effet de la contrainte sur les observations. Tous les points sont ici des points fixes, de telle sorte que LTOP ne fournit aucune information de précision ni de fiabilité pour les coordonnées. C'est pourquoi cette preuve doit être apportée par la compensation avec PR comme observations. Il est avantageux de procéder à une représentation graphique regroupant à la fois les vecteurs relatifs au réseau libre et ceux relatifs au calcul définitif (resp. à l'interpolation). Cette représentation permettra de mieux 'visualiser' les contraintes..

Il n'existe pas de règle absolue pour décider si la compensation définitive doit être effectuée selon le principe des moindres carrés ou par un calcul robuste. La décision doit être prise de cas en cas en considérant d'une part les exigences de précision et d'autre part la qualité des données et la connaissance des paramètres du modèle. Si la surdétermination est suffisante pour pouvoir éliminer toutes les fautes sans dommages excessifs pour la fiabilité et si les observations suivent (presque) une loi normale, une compensation selon le principe des moindres carrés est préférable. Il est plus prudent d'y renoncer en cas de doute. Il faut toutefois veiller à choisir le seuil de tolérance Crob pour la compensation robuste de façon raisonnable ($2.0 \leq \text{Crob} \leq 3.0$).

Il est conseillé, pour la Mensuration Officielle, d'effectuer le calcul définitif selon le principe des moindres carrés, de manière que les mesures éliminées le soient en toute connaissance de cause.

7 Utilisation de REFRAME

7.1 Description générale et caractéristiques techniques

Le module de calcul géodésique REFRAME permet d'appliquer des changements de cadres de référence locaux (suisses) ou globaux, tant en planimétrie qu'en altimétrie, à des fichiers de coordonnées, dessins DAO ou données SIG. Pour plus de renseignements concernant les cadres de références, voir [Eléments de base et spécification techniques](#).

REFRAME permet la transformation de points de et vers les cadres de référence globaux et locaux suivants :

- Mensuration nationale MN03 (coordonnées planes en projection suisse, formats militaire et civil)
- Mensuration nationale MN95 (coordonnées planes en projection suisse)
- Cadre de référence terrestre suisse/européen CHTRF95/ETRF93 (coordonnées planes en projection UTM, zones 31 et 32)
- Cadre de référence terrestre suisse/européen CHTRF95/ETRF93 (coordonnées globales géographiques ou géocentriques et hauteurs ellipsoïdales)
- Nivellement fédéral NF02 (altitudes usuelles suisses)
- Réseau altimétrique national RAN95 (altitudes orthométriques selon CHGeo2004) et altitudes orthométriques provisoires (CHGeo98)

Tableau 7 - 1: Récapitulatif des systèmes et cadres de référence utilisés en Suisse

Bezugssystem	Bezugsrahmen	Ellipsoid	Kartenprojektion
ETRS89	ETRF93	GRS80	UTM
CHTRS95	CHTRF95	GRS80	UTM
CH1903	MN03	Bessel 1841	Conforme cylindrique à axe oblique
CH1903+	MN95	Bessel 1841	Conforme cylindrique à axe oblique

Pour plus d'informations concernant les paramètres de transformation pour passer d'un système et d'un cadre de référence à autre, voir le chapitre [Paramètres de transformation REFRAME](#)

Les données d'entrée correspondent au(x) fichier(s) de coordonnées source(s) contenant les points à transformer. Les formats supportés par GeoSuite sont énumérés au chapitre [Édition de fichiers](#).

Lorsque le calcul est exécuté, les données de sortie sont :

- Un fichier des points transformés
- Un fichier de différences entre la source et la destination sans décalage E0/N0 (optionnel)

Les noms des fichiers de sortie sont générés automatiquement d'après les noms des fichiers d'entrée.

La version actuelle de REFRAME n' a pas de limitations au niveau du nombre de points à transformer.

Des options générales liées aux calculs, comme la mise en page du rapport (le nombre de décimales) ou l'affichage des paramètres de calculs dans la représentation graphique, sont modifiables sous « Outils – Options générales – Calculs » ou en cliquant sur l'icône .

7.2 Fenêtre REFRAME

Ouvrir la boîte de dialogue REFRAME via le menu « Calculs – Changement de cadre de référence –

REFRAME » ou avec l'icône  après avoir ouvert et rendu actif le(s) fichier(s) de coordonnées à transformer. Si aucun fichier de coordonnée n'est actif, l'icône restera également inactif.

Le lancement d'un calcul REFRAME s'effectue en trois étapes (voir Figure 7 - 1):

- 1 Sélection des paramètres de calcul (changement en planimétrie et/ou altimétrie et génération optionnelle d'un fichier de différences de coordonnées)

- ② Sélection du ou des fichier(s) de coordonnées source(s)
- ③ Exécution du calcul

Figure 7 - 1: Fenêtre REFRAME

7.3 Paramètres de calcul

Les paramètres de calcul sont définis dans la partie centrale de la fenêtre REFRAME. Il s'agit du choix d'un ou des changements de cadre de référence (planimétrique et/ou altimétrique) et de la génération optionnelle d'un fichier de différences.

Les paramètres peuvent être enregistrés en tant que favori en cliquant sur l'icône  puis exécutés avec l'icône  ou supprimés de la liste des favoris avec l'icône .

7.3.1 Changement du cadre de référence planimétrique

Pour définir un cadre de référence planimétrique, il est nécessaire de cocher la case « Changer la planimétrie », puis de sélectionner les cadres de référence source et destination. Dans certains cas, il faut également préciser le format concerné (unité ou origine).

Les possibilités de sélection, pour la source ou la destination, sont les suivantes :

- Coordonnées planes MN03 (CH1903), formats militaire « 600/200 » ou civil « 0/0 » (utilisé notamment pour le Liechtenstein)
- Coordonnées planes MN95 (CH1903+)
- Coordonnées planes UTM (ETRS89/CHTRS95/~WGS84), zone 31 ou 32 (standard pour la Suisse)
- Coordonnées globales ETRF93/CHTRF95 (ETRS89/CHTRS95/~WGS84), géocentriques (X/Y/Z) ou géographiques (longitude/latitude/altitude, formats « ° ' '' », « ° ' », « ° » ou « gons »)

Par défaut, REFRAME propose comme source le cadre de référence correspondant aux données du fichier actif.

Attention: REFRAME ne peut pas contrôler les paramètres spécifiés pour le cadre de référence du fichier source pour tous les formats. Veuillez vérifier scrupuleusement, avant la transformation, que le cadre de référence source sélectionné est correct, afin de ne pas obtenir des résultats erronés !

7.3.2 Changement du cadre de référence altimétrique

Pour définir un cadre de référence altimétrique, il est nécessaire de cocher la case « Changer l'altimétrie » pour activer cette opération, puis de sélectionner les cadres de référence source et destination.

Les possibilités de sélection, pour la source ou la destination, sont les suivantes :

- Nivellement fédéral NF02 (altitudes usuelles)
- Réseau altimétrique national RAN95 (altitudes orthométriques, CHGeo2004)
- Altitudes orthométriques provisoires (CHGeo98)
- Hauteurs ellipsoïdales MN95 (Bessel pour les systèmes planimétriques locaux, GRS80 pour les systèmes globaux)

Attention: REFRAME ne peut pas contrôler les paramètres spécifiés pour le cadre de référence du fichier source pour tous les formats. Veuillez vérifier scrupuleusement, avant la transformation, que le cadre de référence source sélectionné est correct, afin de ne pas obtenir des résultats erronés !

Lors d'un changement de cadre de référence planimétrique de/vers des coordonnées globales ETRF93/CHTRF95, seules les hauteurs ellipsoïdales sont autorisées.

7.4 Appliquer et exécuter les calculs

Une fois les paramètres de calculs définis, la zone inférieure de la fenêtre REFRAME « Appliquer à » permet de lancer le même calcul sur plusieurs fichiers préalablement ouverts dans GeoSuite*. Un fichier est sélectionné pour un calcul lorsque sa case est cochée. Il est possible de sélectionner ou désélectionner tous les fichiers de la liste en effectuant un clic droit sur l'un des fichiers et en choisissant cette option dans le menu contextuel. L'exécution des calculs est lancée avec le bouton « Exécuter ».

Le calcul s'effectue en arrière-plan, ce qui permet de continuer à travailler avec GeoSuite pendant le temps d'exécution et de lancer d'autres calculs en parallèle. Un message d'avertissement apparaît à la fin d'un calcul.

* Pour effectuer le même calcul sur plusieurs fichiers à la fois sans avoir à les ouvrir préalablement dans l'éditeur, il faut utiliser l'outil de traitements par lots.

7.5 Particularités de la transformation de données raster (géoréférencement)

7.5.1 Introduction

Il est possible de transformer des géodonnées raster avec le module de calcul REFRAME (par ex. orthophotos de MN03 vers MN95), ceci uniquement par l'intermédiaire de l'outil de traitement par lots (voir chapitre [Traitements par lots](#)). Cette fonctionnalité est limitée à la transformation du géoréférencement (métadonnées) de l'image. Le contenu de l'image est conservé et aucun pixel n'est modifié, il ne s'agit pas d'un rééchantillonnage. Une telle transformation n'est judicieuse que si les distorsions provoquées par la transformation sont relativement faibles par rapport aux dimensions et la résolution de l'image. Par conséquent, aucune autre transformation (par ex. vers UTM ou ETRS89) n'est actuellement supportée par GeoSuite.

La liste des formats de fichiers supportés se trouve au chapitre [Édition de fichiers](#).

7.5.2 Choix du ou des fichiers à transformer et définition du ou des fichiers résultats à créer

La définition des images à transformer se fait de la même manière que pour des fichiers de coordonnées (LTOP, Shape, etc.). Il suffit d'ajouter les fichiers concernés à la liste par glisser-déposer ou grâce au

bouton « Ajouter fichier... ».

Il convient tout de même de différencier deux cas :

- La géoréférence est incluse dans le fichier image (entête)

Cette option n'est supportée que pour les images GeoTIFF et ECW. Dans ce cas, il suffit de sélectionner la ou les images à transformer à la liste de manière conventionnelle.

- La géoréférence est sous la forme d'un fichier World file accompagnant l'image brute

Dans ce cas, c'est le fichier de calage World file (*.tfw, *.jgw, ...) qu'il faut sélectionner comme source et non l'image originale (ce qui produirait une erreur « format de fichier non supporté »). GeoSuite vérifiera automatiquement la présence de l'image originale (*.tif, *.jpg, ...) et en extraira les informations nécessaires (voir plus loin).

La définition du ou des fichiers destination à créer s'effectue exactement de la même manière que pour les fichiers de coordonnées.

7.5.3 Options de transformation

Seule la transformation de coordonnées planes MN03 en MN95 et réciproquement est possible. Aucune transformation altimétrique ne peut être effectuée, puisque les informations géographiques liées aux formats supportés ne sont définies qu'en deux dimensions.

Il faut donc cocher uniquement « Changer la planimétrie » et sélectionner impérativement, comme source ou comme destination, « Coordonnées planes MN03 » et « Coordonnées planes MN95 ». Toute autre sélection entraînera un message d'erreur.

7.5.4 Options raster

Lorsqu'un ou plusieurs fichiers image ont été spécifiés comme source et que le calcul est démarré, une boîte de dialogue « Paramètres de transformation de métadonnées raster » est affichée.

La boîte de dialogue est divisée en 3 parties :

- Informations à propos du ou des fichiers sélectionnés
Un récapitulatif des images sélectionnées et de leurs propriétés (dimensions en pixels, résolution et coordonnées) est affiché. S'il y a plusieurs images, les coordonnées du centre de gravité sont également affichées.

Remarque: Dans les fichiers World file, les coordonnées enregistrées sont celles du coin supérieur gauche de l'image et seule la résolution est définie dans le fichier. Afin de pouvoir calculer le centre de gravité de chaque image, GeoSuite analyse l'image brute (TIF, JPG, etc.) pour en connaître les dimensions. Si ce fichier n'est pas accessible ou n'existe pas, les coordonnées affichées et prises en compte seront celles du coin supérieur gauche.

Cette information est indiquée dans la colonne « Dimensions » (« Inconnues ! ») ainsi que dans la légende des différents modes de transformation (« par rapport au centre » ou « par rapport à l'angle supérieur gauche »). Dans ce cas, il est possible de spécifier manuellement les dimensions des images inconnues en cliquant sur le bouton « Définir dimensions inconnues... ». Les coordonnées sont alors calculées et les informations affichées sont mises à jour.

Paramètres de transformation de métadonnées raster

Informations à propos des images à traiter

	Nom	Dimensions [pixels]	Résolution [m/pixel]	Coordonnées [m]
1	DOP10_LV95_2584_1242_2020_1.tifw	10000 x 10000	0.1	2'584'500.0 / 1'242'500.0
2	DOP10_LV95_2584_1243_2020_1.tifw	10000 x 10000	0.1	2'584'500.0 / 1'243'500.0
3	DOP10_LV95_2585_1242_2020_1.tifw	Inconnues !	0.1	2'585'000.0 / 1'243'000.0
4	DOP10_LV95_2585_1243_2020_1.tifw	10000 x 10000	0.1	2'585'500.0 / 1'243'500.0

4 images, centre de gravité de la mosaïque: 1'938'625.0 m / 932'375.0 m

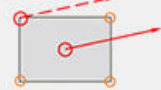
 Définir les dimensions inconnues...

Mode de transformation des métadonnées (géoréférencement)

☐ Individuel

Transformation par rapport à l'angle supérieur gauche d'une image (le fichier image n'a pas pu être lu et ses dimensions sont inconnues !).

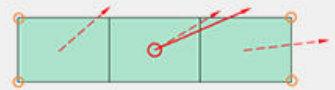
Erreur à attendre aux extrémités: < 1 dm



☒ Mosaïque locale (haute résolution)

Transformation par rapport à la moyenne des angles supérieurs gauche des images (un ou plusieurs fichiers image n'ont pas pu être lus et leurs dimensions sont inconnues !).

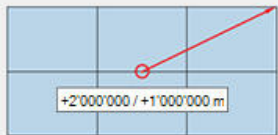
Erreur à attendre aux extrémités de l'image:



☐ Mosaïque globale (basse résolution)

Exécution d'une translation constante de 2'000'000 m Est et 1'000'000 m Nord.

Erreur maximale: 1 à 2 m en Engadine, à Poschiavo, au Tessin, à Schaffhouse et à Genève.



Options

☐ Pour les fichiers World file (TFW, JGW, EWW, ...), copier également les images originales (TIF, JPG, ECW, ...) dans le dossier destination

☐ Arrondir les coordonnées transformées (géoréférencement) à la taille du pixel

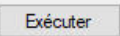
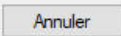
 

Figure 7 - 2: Boîte de dialogue pour la transformation de fichier(s) raster

- Mode de transformation à appliquer
REFRAME offre trois modes de transformation du géoréférencement d'images raster :
 - Individuel
Pour chaque image sélectionnée, les coordonnées du centre de gravité (ou de l'angle haut gauche pour les fichiers World file non accompagnés de l'image brute) sont transformées grâce au maillage des triangles CHENyx06 (algorithme FINELTRA).

Il s'agit de la méthode la plus précise : l'erreur à attendre aux extrémités (différence entre les coordonnées obtenues par translation de l'image et celle par transformation rigoureuse des 4 angles avec FINELTRA) est en principe inférieure à 1 dm (pour une image de dimension jusqu'à 25 km environ).

Cette méthode a en revanche un défaut majeur : la transformation de l'image n'est basée que sur son centre de gravité et ne dépend d'aucune relation de voisinage. Ainsi, si l'on transforme 3 images adjacentes de manière individuelle avec cette option, les images transformées risquent de se chevaucher ou de laisser apparaître des vides entre elles. Même si ces artefacts ne dépassent généralement pas 1 voire 2 pixels, cela pose un problème cosmétique lors de la réalisation automatisée de mosaïques.

C'est pour cela que deux options supplémentaires particulièrement adaptées aux mosaïques sont aussi proposées (voir ci-après).

GeoSuite propose cette option par défaut lorsqu'un seul fichier a été sélectionné comme source et que la taille du pixel est inférieure à 2 mètres.

- Mosaïque (locale, haute résolution)
Dans ce cas, pour un lot d'images sélectionnées, GeoSuite calcule le centre de gravité du lot ainsi que la transformation FINELTRA pour ce point, puis l'applique de manière constante à toutes les images du lot. Ainsi, tous les fichiers sont déplacés de manière uniforme, mais tout de même en prenant compte des conditions locales (au niveau du lot).

L'erreur maximale aux extrémités des images transformées est de l'ordre de quelques centimètres à quelques décimètres, en fonction de la situation géographique et des dimensions de la mosaïque.

Le problème est par contre le même que pour la transformation individuelle lorsque l'on veut regrouper différents lots : chevauchements et vides selon les endroits et le sens de la transformation.

GeoSuite propose cette option par défaut lorsque plusieurs fichiers ont été sélectionnés comme source et que la taille du pixel est inférieure à 2 mètres.

- Mosaïque (grande échelle, basse résolution)
Cette dernière méthode est la plus simple et la plus pratique, puisqu'il s'agit de n'appliquer qu'une translation constante de $\pm 2'000'000 / \pm 1'000'000$ m. Elle offre l'avantage d'être flexible (transformation en plusieurs fois) et d'être totalement réversible (indépendante des images sélectionnées, qu'elles soient transformées simultanément ou non).

Par contre, la précision est la moins bonne : les différences par rapport à une transformation rigoureuse avec FINELTRA atteignent 1.5 à 2 mètres à Genève, au Sud des Alpes et à Schaffhouse.

GeoSuite propose cette option par défaut le ou les fichier(s) sélectionné(s) comme source ont une taille de pixel supérieure ou égale à 2 mètres.

- Options

En bas de la boîte de dialogue, deux options supplémentaires peuvent être sélectionnées:

- La première permet d'obtenir automatiquement une copie de l'image brute originale (*.tif, *.jpg, *.ecw, etc.) lorsque l'on transforme un fichier World file (fichier de calage *.tfw, *.jgw, *.eww, etc.). Cela permet de pouvoir ouvrir automatiquement l'image transformée dans un logiciel SIG en étant certains que la structure du système de fichiers est respectée (le fichier image et le fichier World doivent impérativement avoir le même nom et se trouver dans le même répertoire). L'inconvénient est que l'image sera ainsi dupliquée et occupera de l'espace de stockage supplémentaire, pour une information redondante.
- La seconde permet d'arrondir les coordonnées à la taille de pixel et ainsi toujours avoir des coordonnées étant des multiples de la résolution. Cela a plus une utilité cosmétique que technique mais, certains logiciels effectuant l'arrondi automatiquement, il est préférable de le faire directement par l'intermédiaire de GeoSuite pour éviter une imprécision supplémentaire et pour que les détails du fichier journal soient concordants.
Remarque: Lorsque cette option n'est pas activée, le nombre de décimales original (dans le fichier World file source) sera conservé.

Lorsque tous les paramètres ont été définis et que les éventuelles dimensions inconnues ont été indiquées manuellement, cliquer sur le bouton « Exécuter » pour démarrer la transformation.

Un avertissement sera affiché si vous tenter d'effectuer une transformation de type « mosaïque » et que les images sélectionnées possèdent des dimensions et/ou des résolutions différentes. Même si cela n'est pas recommandé, il est possible de l'ignorer, par exemple lors de la réalisation d'une mosaïque avec des images de résolutions différentes (plus haute en milieu bâti, par exemple).

Attention: GeoSuite ne vérifie par contre pas la topologie et la zone de couverture (adjacence, vides, îlots) des images sélectionnées dans un lot. L'utilisateur devra s'assurer lui-même de la justesse sa saisie et de sa configuration pour ne pas obtenir des résultats imprécis ou incohérents.

7.5.5 Détails de la transformation / protocole

Lors de la transformation d'image(s) raster, le fichier journal (log) est complété par certaines informations spécifiques :

- Le nom du fichier de l'image brute (lorsqu'un world file a été sélectionné), ses dimensions en pixels ainsi que sa résolution.
- Le mode de transformation utilisée (individuelle, mosaïque locale ou translation $2'000'000 / 1'000'000$) ainsi que les coordonnées du centre de gravité (sauf en cas de translation seule).
- Les écarts aux angles de l'image entre la transformation calculée et une transformation rigoureuse point à point par FINELTRA : écarts X/Est, Y/Nord et résultante aux quatre coins de l'image. Ces valeurs ne sont pas indiquées si l'écart maximal (« vS ») ne dépasse pas la moitié de la résolution de l'image (1/2 pixel, soit 12.5 cm pour une image de 25 cm de résolution).
- L'écart maximal (Est ou Nord) constaté parmi les quatre coins, en mètres et en pixels.

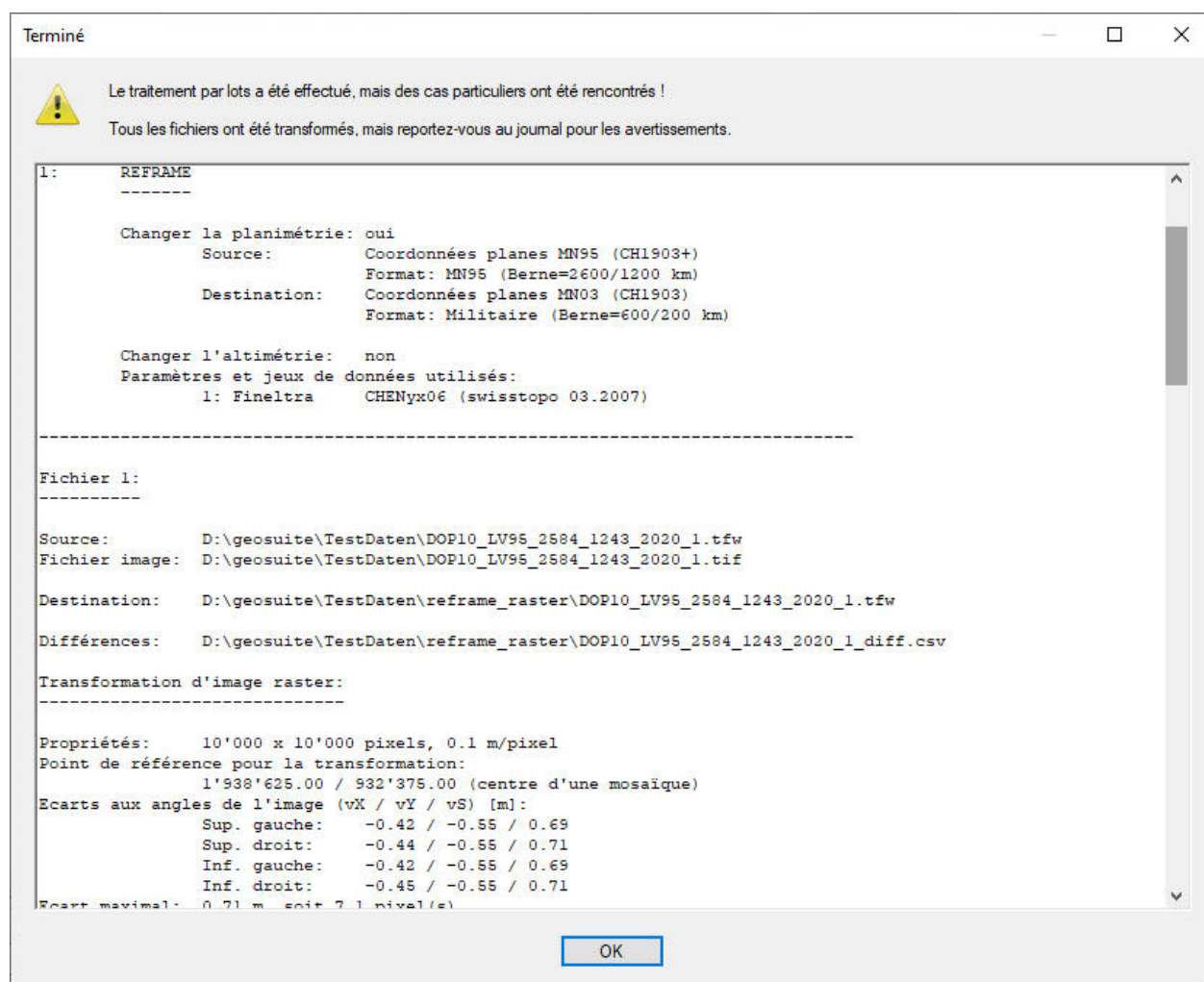


Figure 7 - 3: Détails de la transformation d'un fichier image

Remarque: Le nombre de décimales des différentes valeurs affichées dépend de la résolution de l'image brute :

- Valeurs centimétriques pour les images d'une résolution supérieure ou égale à 25 cm
- Valeurs décimétriques pour les images d'une résolution supérieure ou égale à 1 m
- Valeurs métriques pour les images d'une résolution inférieure à 1m

7.6 Fichiers résultats

Le module de calcul REFRAME retourne en général deux fichiers de sortie : le fichier de résultat avec les nouvelles coordonnées des points interpolés et le fichier de différences entre le fichier source et le fichier résultat (optionnel). Ces fichiers sont automatiquement intégrés dans l'arborescence du projet et peuvent être enregistrés manuellement avec un nouveau nom.

Les éventuels avertissements et erreurs sont visibles dans la zone de message de la partie inférieure de GeoSuite. Cette fenêtre peut afficher les erreurs sur le fichier actif ou sur tous les fichiers. Il faut effacer manuellement les messages lorsqu'un problème est résolu, sinon ils restent jusqu'à ce que le fichier ait été fermé (ou restent indéfiniment dans le cas d'un projet).

8 Utilisation de TRANSINT

8.1 Description générale et caractéristiques techniques

Le module de calcul géodésique TRANSINT (TRANSformation-INTERpolation) permet l'exécution de transformations et/ou d'interpolations géométriques de systèmes de plans de points. Ces transformations n'ont pas d'incidence sur l'altitude des points.

TRANSINT propose plusieurs méthodes de transformation déterminées par le nombre de paramètres:

- 2 translations
- 2 translations et 1 rotation
- Transformation de Helmert (2 translations, 1 rotation, 1 facteur d'échelle)
- Transformation affine (2 translations, 2 rotations, 2 facteurs d'échelle)

TRANSINT propose plusieurs méthodes d'interpolation :

- Interpolation TRANSINT (moyenne pondérée à l'inverse de la distance avec ou sans corrélation entre les points d'ajustage)
- Interpolation à partir d'une grille régulière
- Interpolation de Shepard «Modifié» – uniquement à des fins de test
- Interpolation par maillage triangulaire (transformation affine par éléments finis FINELTRA)

Les données d'entrée générales sont:

- Le fichier des coordonnées source (entrée) : fichier de points à transformer
- Les fichiers des points d'ajustage dans les systèmes source* et destination ou le fichier de maillage triangulaire ou le fichier de grille d'interpolation, selon le type de calcul choisi.
* Les points d'ajustage source peuvent éventuellement être intégrés au fichier des points à transformer (comme dans l'ancienne version de TRANSINT), cependant cela n'est pas recommandé pour des raisons pratiques (mode batch / format non-éditable) et de clarté

Les formats supportés par GeoSuite sont énumérés au chapitre [Édition de fichiers](#).

Les transformations géométriques et les interpolations sont, du point de vue de l'organisation, des procédés très semblables. Il est ainsi possible de réaliser une transformation, une interpolation, ou les deux calculs l'un après l'autre en une seule exécution grâce à la configuration du programme. La transformation est toujours réalisée avant l'interpolation.

Lorsque le calcul est exécuté, les données de sortie sont :

- Un fichier des points transformés et/ou interpolés
- Un fichier de différences entre la source et la destination sans décalage E0/N0 (optionnel)
- Un fichier de protocole de calcul (html)

Les noms des fichiers de sortie sont générés automatiquement d'après les noms des fichiers d'entrée.

Le module de calcul TRANSINT permet également de générer des grilles régulières d'interpolation (via le menu « Calculs – Transformation / interpolation / ajustage local – Générer une grille d'interpolation ») pouvant être utilisées a posteriori pour des calculs d'interpolation par TRANSINT.

Des options générales liées aux calculs, comme la mise en page du rapport (le nombre de décimales) ou l'affichage des paramètres de calculs dans la représentation graphique, sont modifiables sous « Outils – Options générales – Calculs » ou en cliquant sur l'icône .

La version actuelle de TRANSINT n'a pas de limitation au niveau du nombre de points d'ajustage ou du nombre de points à transformer ou interpoler. Cependant, plus le nombre de points d'ajustage est élevé plus les calculs de corrélation sont lents, à cause de la taille des matrices à inverser (particulièrement la matrice de corrélation avec la méthode d'interpolation TRANSINT).

Plus d'informations sur TRANSINT se trouvent au chapitre [TRANSINT](#).

8.2 Fenêtre TRANSINT

Ouvrir la boîte de dialogue TRANSINT via le menu « Calculs – Transformation / interpolation / ajustage

local – TRANSINT») ou avec l'icône  après avoir ouvert et rendu actif le fichier de coordonnées à transformer. Si aucun fichier n'est actif, la boîte de dialogue ne comprendra que l'accès aux paramètres de calcul.

Le lancement d'un calcul TRANSINT s'effectue en trois étapes (voir Figure 8 - 1):

- ① Sélection des paramètres de calcul (définir une transformation pour usage unique ou éditer une transformation précédemment enregistrée et génération optionnel d'un fichier de différence de coordonnées)
- ② Sélection du ou des fichier(s) de coordonnées source(s)
- ③ Exécution du calcul

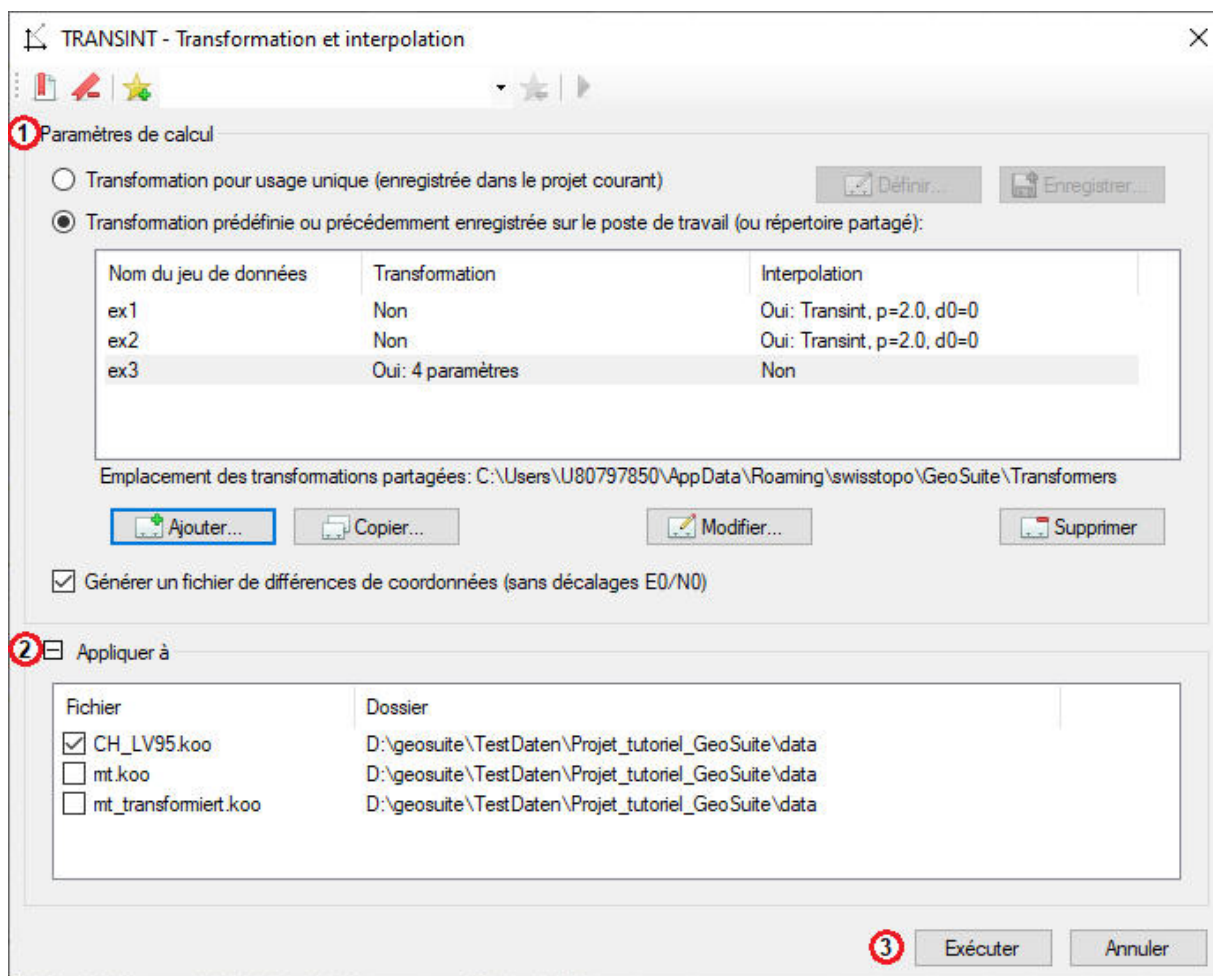


Figure 8 - 1: Fenêtre TRANSINT

8.3 Paramètres de calcul

Les paramètres de calcul sont définis pour un seul calcul ou sont enregistrés pour une réutilisation ultérieure. En cochant « Transformation pour usage unique (temporaire) » et en cliquant sur « Définir », les paramètres pour un seul calcul sont définis, tandis qu'en cochant « Transformation prédéfinie ou précédemment enregistrée » puis en cliquant sur « Ajouter », « Copier » ou « Modifier » et en nommant le jeu de données, les paramètres peuvent être définis pour une réutilisation ultérieurement. Les transformations sont enregistrées dans le profil de l'utilisateur*. Les paramètres d'un calcul TRANSINT ou REFRAME sont également enregistrés dans le projet suite à son exécution. Ces paramètres sont facilement modifiables avant de relancer un calcul en cliquant sur « Modifier ». Si un paramètre de calcul est modifié et qu'un projet contenant son ancienne version est ouvert, GeoSuite remarquera la différence et demandera quelle version du jeu de données utiliser.

Un fichier de différence de coordonnées (sans décalage E0/N0) peut être généré en cochant la case

correspondante. Cette génération est utile pour la représentation graphique des résultats en représentant automatiquement les différences entre les données sources et sorties sous forme de vecteur.

Une fenêtre analogue s'ouvre quel que soit le type de transformation (temporaire ou prédéfinie) pour définir les paramètres de calcul. Cette fenêtre est composée de trois onglets ([Transformation](#) , [Interpolation](#) et suivant si le calcul choisi le requiert [Points d'ajustage](#)). Il est possible de combiner dans un calcul TRANSINT une transformation et une interpolation.

* Une fonction d'échange de paramètres de calcul entre profils d'utilisateur sera ajoutée ultérieurement

8.3.1 Transformation

Dans l'onglet « Transformation » lorsque l'option « Exécuter une transformation » est cochée, il est possible de choisir parmi plusieurs paramètres de transformation (voir Figure 8 - 2):

- Le nombre de paramètres de transformation (afin de choisir entre la translation, la translation et rotation, la transformation d'Helmert ou la transformation affine)
- Valeur limite de tolérance: la valeur du coefficient de tolérance n'influence pas les résultats. Le dépassement de cette tolérance est mis en évidence dans le protocole de calcul et fait apparaître un message d'avertissement à l'écran.
- le coefficient robuste k pour la compensation robuste et le coefficient de tolérance
- les paramètres de transformation définis manuellement (par défaut les paramètres sont calculés par compensation grâce aux points d'ajustage)
- L'origine de la rotation

Remarque: lors d'un calcul de compensation robuste, la valeur de k usuelle est comprise entre 2 et 3. Lorsqu'une erreur concernant une matrice singulière est renvoyée par GeoSuite, il est nécessaire de vérifier que l'ordre de grandeur des erreurs moyennes correspond à celui de la transformation. Pour plus d'information voir le chapitre [La transformation conforme robuste](#).

TRANSINT

Nom du jeu de données de transformation et/ou interpolation:
ex3

Transformation Interpolation Points d'ajustage

☒ Exécuter une transformation (avant une éventuelle interpolation)

Nombre de paramètres / inconnues: 4 (Helmert) (dropdown menu open showing: 4 (Helmert), 2 (translations), 3 (translations et rotation), 4 (Helmert), 6 (affine))

Tolérance: 2.5

☐ Transformation robuste

Echelle(s) [mm/km]:

Coefficient (k):

Origine / centre de rotation:

Source (entrée): Est (E) [m]: 600000 Nord (N) [m]: 200000

Destination (sortie): Est (E) [m]: 2600000 Nord (N) [m]: 1200000

☒ Automatique (centre de gravité)

☒ Automatique (centre de gravité)

Erreurs moyennes

Source (entrée) [mm]: 10.0 Destination (sortie): 0.0

Réinitialiser OK Annuler

Figure 8 - 2: Fenêtre TRANSINT – transformation

Lorsque les paramètres de transformation de la méthode choisie sont définis manuellement, il est possible de valider directement la transformation. Lorsque les paramètres de transformation sont déterminés par compensation, il faut définir les points d'ajustage de l'onglet « Points d'ajustage » (voir explications chapitre [Points d'ajustage](#)).

8.3.2 Interpolation

Dans l'onglet « Interpolation » lorsque l'option « Exécuter une interpolation » est cochée, il est possible de choisir parmi plusieurs méthodes (voir Figure 8 - 3):

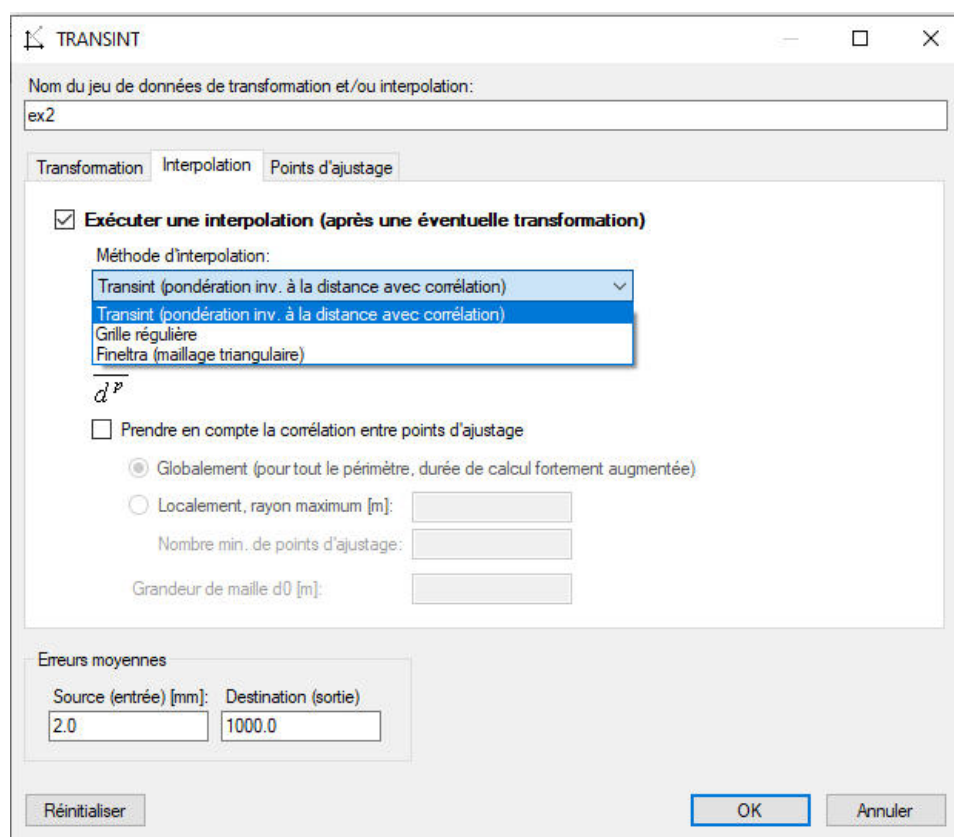


Figure 8 - 3: Fenêtre TRANSINT - méthodes d'interpolation

Chaque méthode d'interpolation nécessite des paramètres qui lui sont propres :

- Transint (pondération inverse à la distance avec corrélation):
 - Le paramètre de puissance est actuellement fixé à 2.0
 - la corrélation entre les points d'ajustage peut être globale ou locale et nécessite une grandeur de maille d0 [m] pour effectuer la formation de la matrice de corrélation. La grandeur de maille d0 correspond à la distance moyenne entre deux points d'ajustage. Lors d'une corrélation locale entre les points d'ajustage, le rayon maximal du périmètre autour du nouveau point à interpoler et le nombre minimum de points d'ajustage à l'intérieur de ce rayon (par défaut 1) doivent être définis.

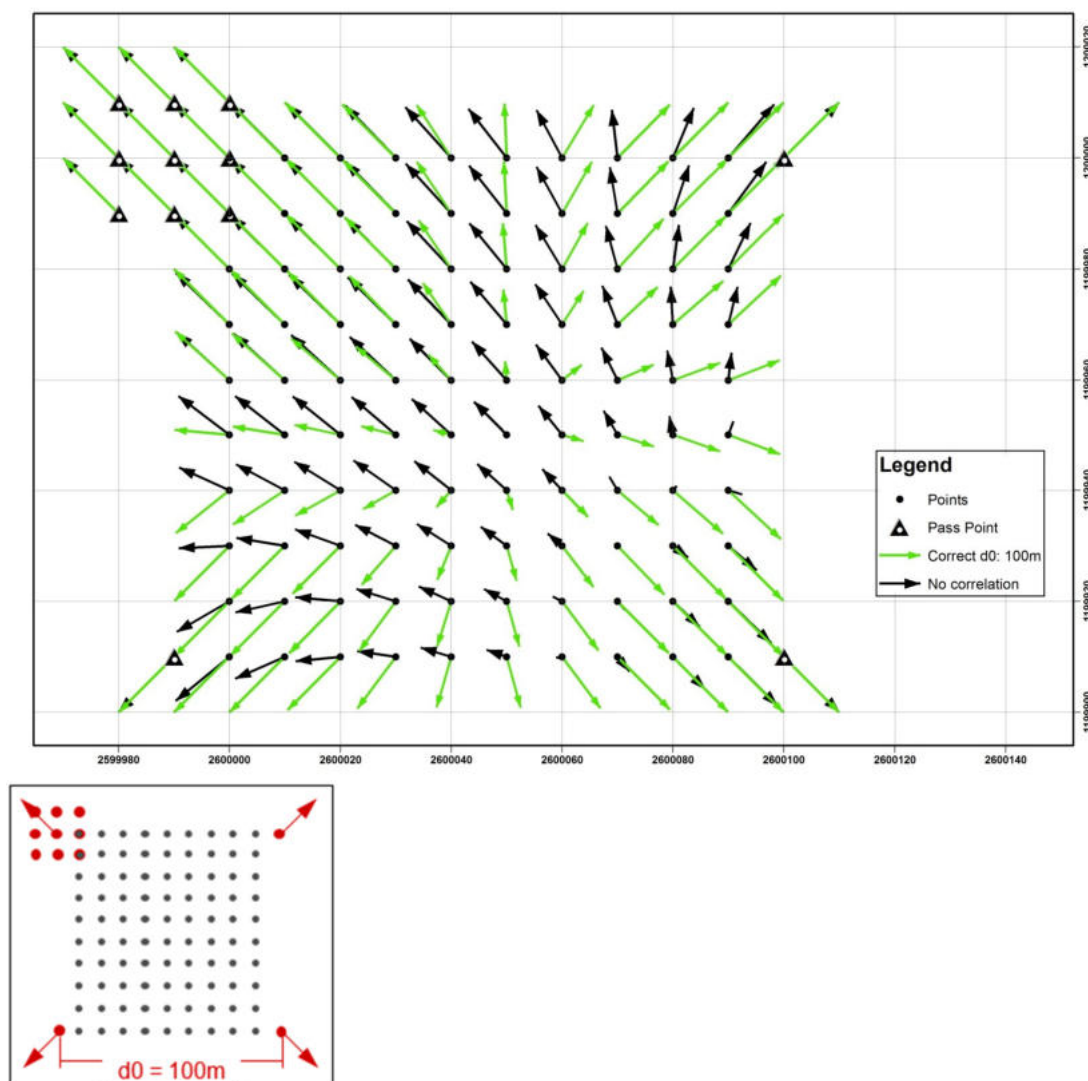


Figure 8 - 4 - Interpolation avec ou sans corrélation

Remarque: la grandeur de maille d_0 doit être choisie de manière adéquate. Si nécessaire, fragmenter les calculs en plusieurs opérations comprenant des maillages plus réguliers. Pour plus d'information voir le chapitre [Interpolation selon la moyenne pondérée «TRANSINT»](#).

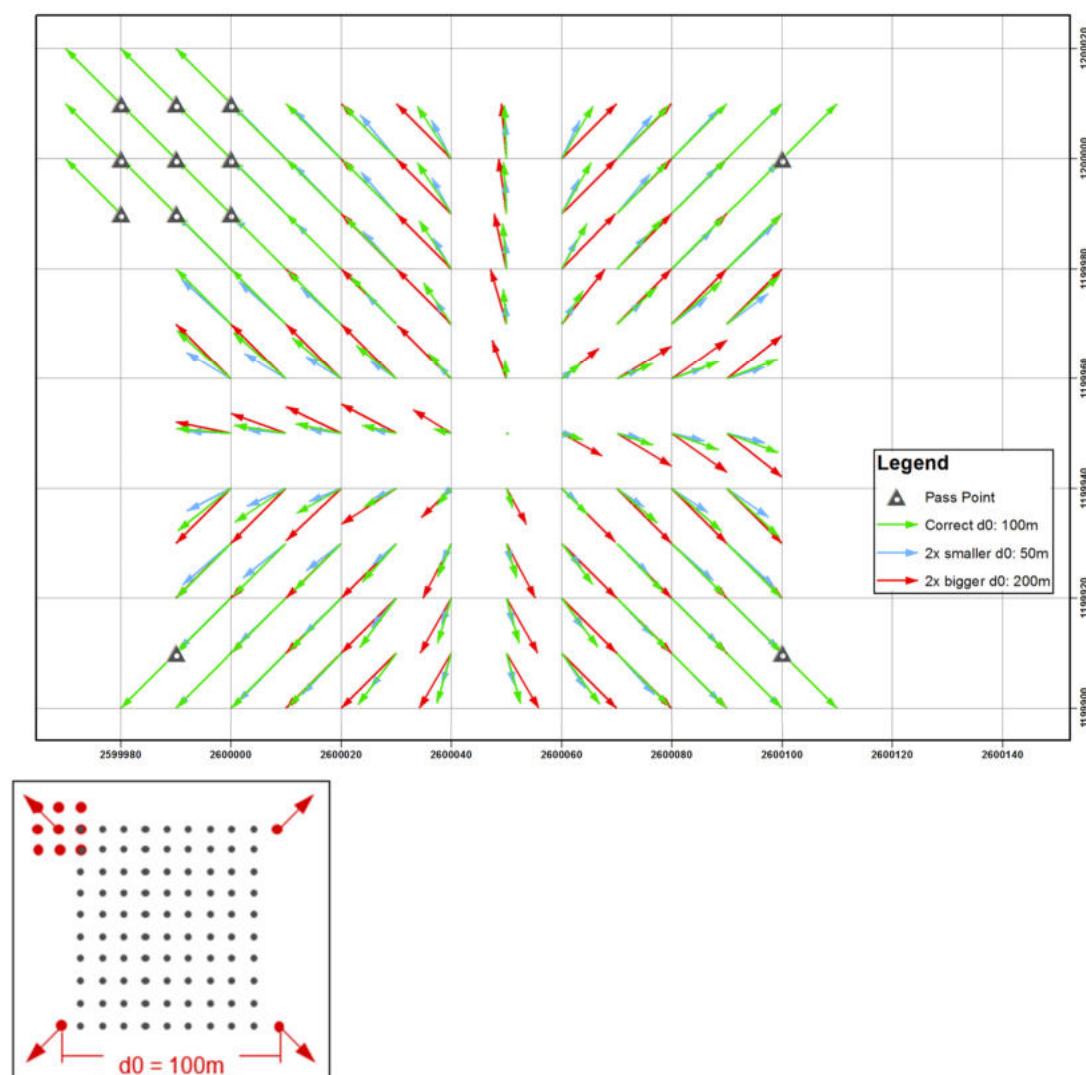


Figure 8 - 5 - Influence de la valeur grandeur de maille (d0)

- Pondération inverse à la distance (Modified Shepard):
 - La zone d'influence (nombre de nœuds ou rayon d'action)
 - La fonction nodale avec la méthode utilisée (constante, linéaire ou quadratique) et le nombre de voisins (Nq) et le nombre de voisins de pondération (Nw) à utiliser

Remarque: Pour la documentation détaillée de cette méthode d'interpolation voir le chapitre [Interpolation de Shepard](#). Il s'agit d'une méthode d'interpolation très performante, et par conséquent rapide, basée sur la pondération inverse de la distance. L'algorithme de Shepard provient de la bibliothèque logicielle multiplateforme d'analyse numérique et de traitement de données ALGLIB (voir <http://www.alglib.net> et [Référence](#) [3]) et a été incorporé à GeoSuite à des fins de test. Il n'a pas encore été utilisé en géomatique. Par conséquent, l'expérience concernant la qualité de ses résultats fait encore largement défaut. L'algorithme ne devrait être pour l'instant qu'utilisé à titre de comparaison et de test lors de travaux d'ingénierie ou de mensuration officielle.

- Grille régulière :
 - Le fichier de grille
 - La fonction d'interpolation (bilinéaire, biquadratique ou bicubique)
 - Une éventuelle translation (par ex : 2'000'000/1'000'000 lors du changement de cadre de référence MN03 vers MN95) à appliquer aux points hors de la grille

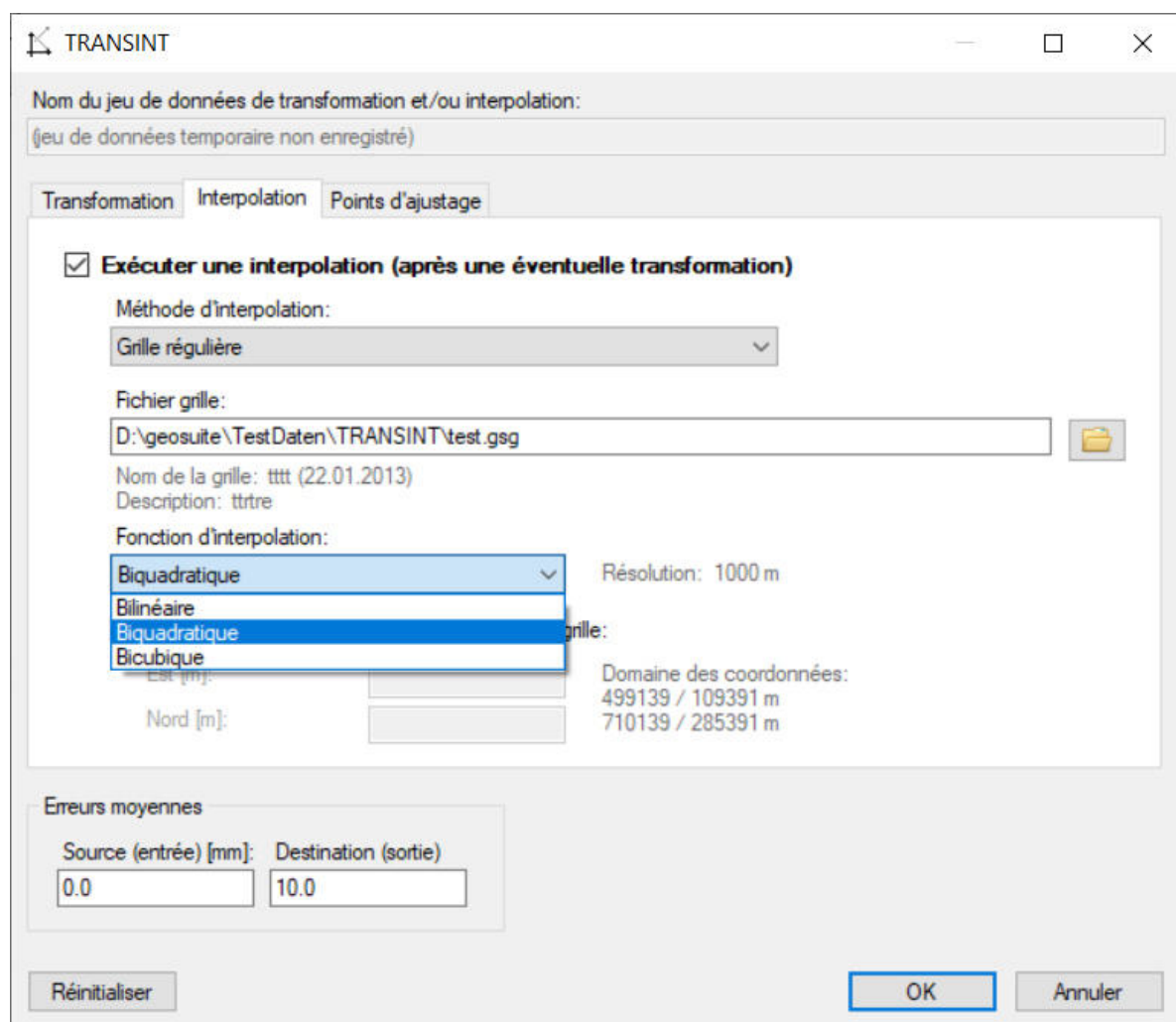


Figure 8 - 6 - Interpolation grille régulière

Avantages:

- Interpolation rapide pour des gros jeux de données
- Procédure standardisée
- Les points d'ajustage ne sont plus nécessaires ensuite
- Simple à fournir aux clients et aux collaborateurs

Inconvénients:

- La grille doit être générée au préalable
- «Plis» dans la surface d'interpolation
- Les points d'ajustage ne sont pas interpolés à l'identique
- Problèmes de bord
- Extrapolation impossible
- Pas nécessairement réversible (2 grilles nécessaires: une pour chaque sens de transformation)
- Fineltra (maillage triangulaire) :
 - Le fichier de maillage triangulaire (format .txt ou bin)
 - Le sens de la transformation (aller ou retour)
 - Époque (si définie dans les données)
 - Une éventuelle translation à appliquer aux points hors de la grille

Remarque: Il est conseillé de travailler avec des maillages personnels pour les adaptations locales. Pour l'instant, des maillages triangulaires ne peuvent pas être générés par GeoSuite. Pour plus d'information voir le chapitre [FINELTRA](#).

Figure 8 - 7 - Interpolation FINELTRA (maillage triangulaire)

Avantages:

- explicite
- réversible
- rapide
- les points d'ajustage sont strictement transformés

Inconvénients:

- Effort pour construire un maillage triangulaire
- Le maillage triangulaire ne peut pas être généré dans GeoSuite

8.3.3 Points d'ajustage

L'onglet « Points d'ajustage » permet de générer la liste de points d'ajustage servant à l'interpolation et/ou à la transformation (voir Figure 7 - 4). Il faut introduire le fichier de coordonnées source (entrée) ainsi que le fichier de coordonnées destination (sortie) : les fichiers déjà ouverts dans GeoSuite sont disponibles dans les listes déroulantes, d'autres fichiers peuvent être sélectionnés manuellement grâce aux boutons « ouvrir ».

Il est alors possible de « Générer la liste à partir des points communs aux 2 fichiers » (option disponible en cliquant sur le bouton « Editer la liste de points d'ajustage »). La relation sera établie sur la base des noms de points. Alternativement, il est possible d'« Importer la liste à partir d'un fichier de points d'ajustage (PP) » ou d'introduire les points manuellement.

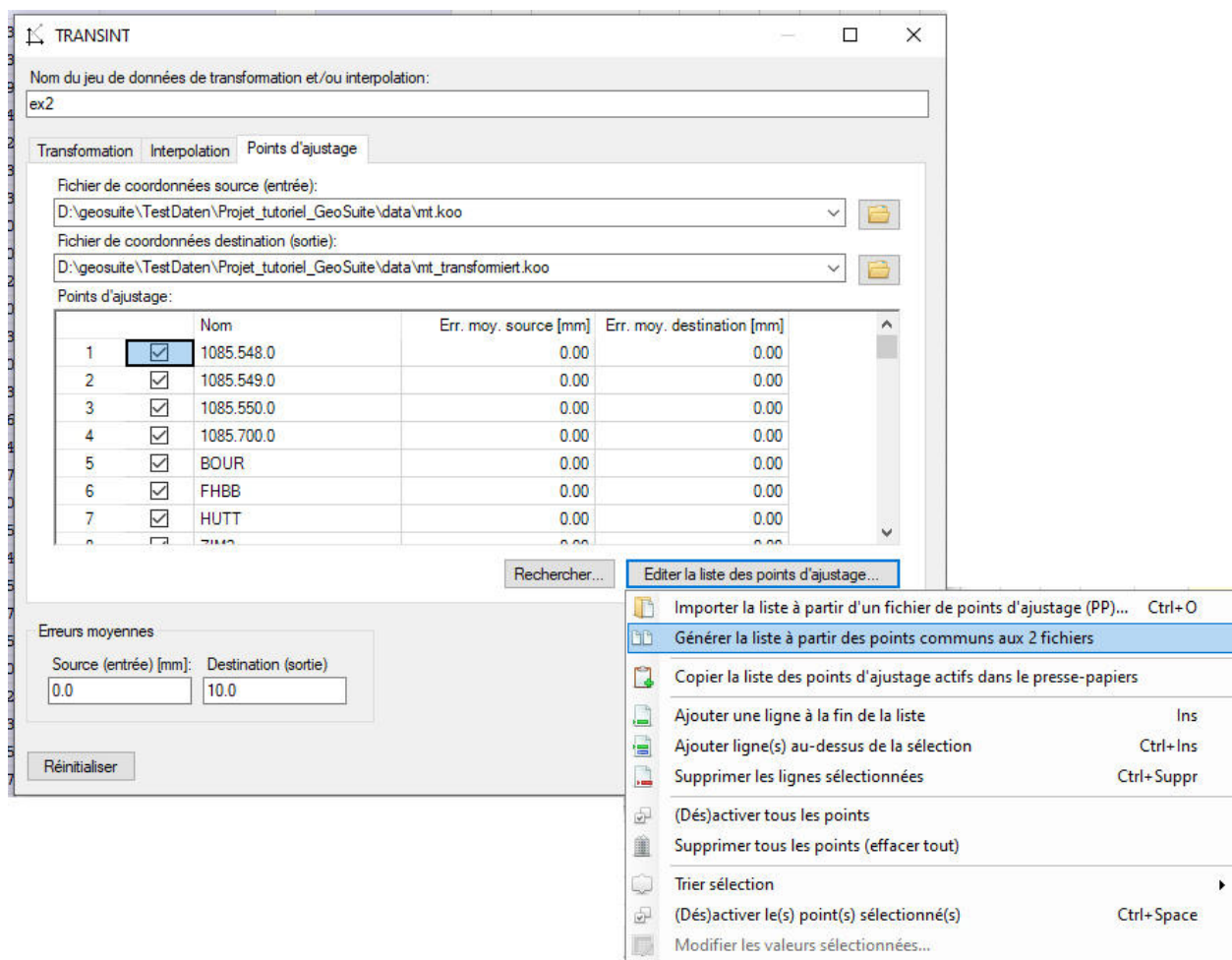


Figure 8 - 8: Fenêtre TRANSINT - Points d'ajustage

La liste est ensuite mise à jour. Pour tout calcul TRANSINT, les erreurs moyennes globales sur les données de source ou de destination sont définies en bas de la fenêtre. Il est possible définir manuellement à chaque point d'ajustage une erreur moyenne à la source ou à la destination.

Remarque: Une erreur moyenne globale a uniquement une influence sur le calcul de compensation robuste. Alors qu'une erreur moyenne sur un point d'ajustage en particulier a une influence sur tous les calculs.

Il peut être utile de vouloir exporter la liste des points d'ajustages, par exemple pour la documentation de calculs : cliquer sur « Editer la liste des points d'ajustage... », puis sélectionner « Copier la liste des points d'ajustage actifs dans le presse-papiers ». Cette liste peut ensuite être récupérée avec « Coller » dans un autre programme (par exemple Microsoft Word ou Excel).

8.4 Appliquer et exécuter les calculs

Une fois les paramètres de calcul définis, la zone inférieure de la fenêtre TRANSINT « Appliquer à » permet de lancer le même calcul sur plusieurs fichiers préalablement ouverts dans GeoSuite*. Un fichier est sélectionné pour un calcul lorsque sa case est cochée. Il est possible de sélectionner ou désélectionner tous les fichiers de la liste en effectuant un clic droit sur un des fichiers et en choisissant cette option dans le menu déroulant apparaissant. L'exécution des calculs est lancée avec le bouton « Exécuter ».

Le calcul s'effectue en arrière-plan, ce qui permet de continuer à travailler sur GeoSuite pendant le temps d'exécution et de lancer d'autres calculs en parallèle. Un message d'avertissement apparaît à la fin d'une exécution de calcul.

* Pour effectuer le même calcul sur plusieurs fichiers à la fois sans avoir à les ouvrir préalablement dans l'éditeur, il faut utiliser l'outil de traitements par lots.

8.5 Fichiers résultat

Le module de calcul TRANSINT retourne en général trois fichiers résultats : le fichier de résultat avec les nouvelles coordonnées des points interpolés, le rapport de calcul (protocole) et le fichier de différence entre le fichier source et le fichier résultat (optionnel). Ces fichiers sont automatiquement intégrés dans l'arborescence du projet et peuvent être enregistrés manuellement avec un nouveau nom.

Les éventuels avertissements et erreurs sont visibles dans la zone de message de la partie inférieure de GeoSuite. Cette fenêtre peut afficher les erreurs sur le fichier actif ou sur tous les fichiers. Il faut effacer manuellement les messages lorsqu'un problème est résolu, sinon ils restent jusqu'à ce que le fichier ait été fermé (ou reste indéfiniment dans le cas d'un projet).

8.6 Génération de grilles d'interpolation

Pour les modules de calcul TRANSINT ou REFRAME, GeoSuite permet la génération et l'assemblage de grilles d'interpolation. Ces grilles peuvent ensuite être utilisées comme jeu de donnée pour l'interpolation avec TRANSINT.

La génération d'une grille d'interpolation se fait via le menu « Calculs – Transformation / interpolation / ajustage local – Générer une grille d'interpolation... » à travers la fenêtre de dialogue ci-dessous (voir Figure 8 - 9).

Figure 8 - 9: Création d'une grille d'interpolation

La génération d'une grille s'effectue en quatre étapes :

- ① Sélection du type de transformation (TRANSINT ou REFRAME suivant les modules installés) et du jeu de données (CHENyx06 vers ou de MN03 militaire, de ou vers MN95 pour REFRAME) ou des paramètres associés (paramètres prédéfinis de TRANSINT)
- ② Sélection des paramètres de la grille (périmètre d'interpolation, dimension de maille et fonction d'interpolation)

- ③ La définition de la grille (nom et description de la grille et emplacement du fichier résultat)
- ④ La validation de la génération de la grille.

Le périmètre d'interpolation peut être calculé par rapport aux points d'ajustage, défini automatiquement par rapport au périmètre du jeu de données swissTLM, ou défini manuellement avec les valeurs minimales et maximales à l'Est et au Nord.

Si la fonction d'interpolation est activée (bilinéaire, biquadratique ou bicubique), l'utilisation de cette grille pour une interpolation TRANSINT sera obligatoirement suivant cette option. Si la fonction d'interpolation est non définie, alors elle pourra être choisie pour chaque calcul TRANSINT réalisé avec la grille.

Il est possible de créer des grilles au format binaire (extension *.gsg) propre à GeoSuite et de grilles au format ESRI ArcInfo Grid (extension *.asc) lisibles par d'autres logiciels notamment SIG. Si on veut utiliser une grille pour un calcul TRANSINT, il faut l'avoir générée au format GeoSuite

Un assemblage de grilles permet d'affiner l'interpolation sur certaines zones à travers des grilles plus denses (par ex : une ville), voir illustration (voir Figure 8 - 6). L'interpolation sur l'ensemble de la zone est ainsi fortement accélérée.

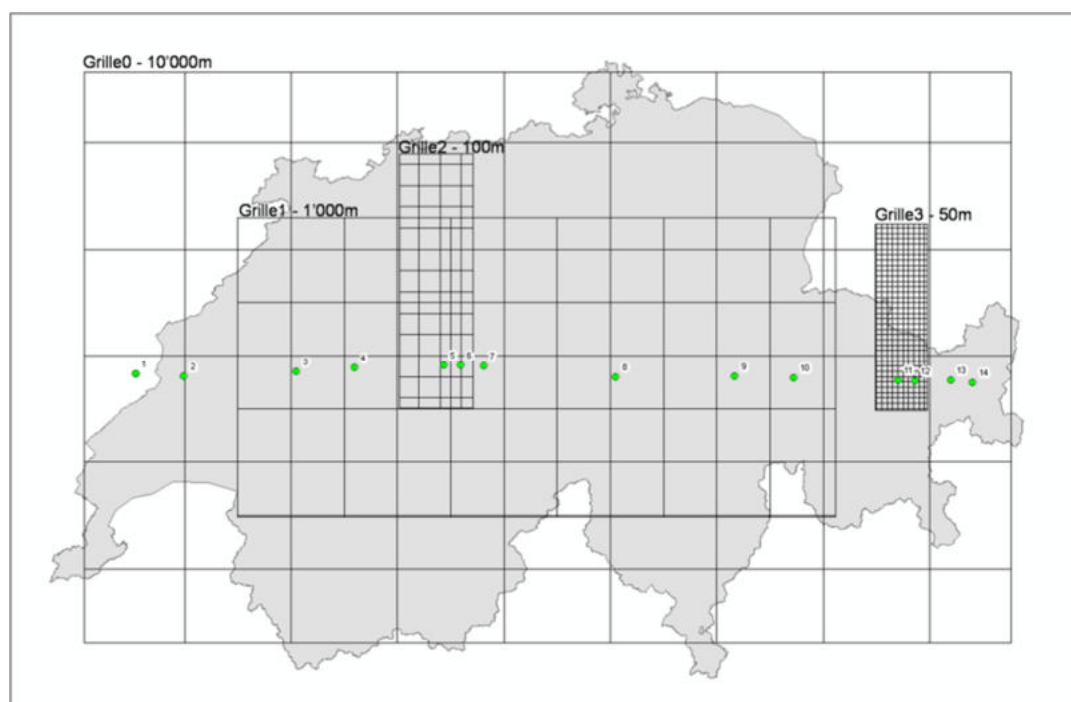


Figure 8 - 10: Illustration d'un assemblage de grilles d'interpolation avec des densités/résolutions variables

Pour créer un assemblage de grilles, cliquer sur l'option « Assembler grilles existantes... » située en bas à gauche de la fenêtre de génération de grille (Figure 8 - 5). La fenêtre « Assemblage de grilles d'interpolation » (voir Figure 8 - 7) définit les grilles sources et leur priorité lors de l'interpolation (les priorités les plus hautes sont données par défaut aux grilles les plus denses), ainsi que les propriétés de la grille fusionnée.

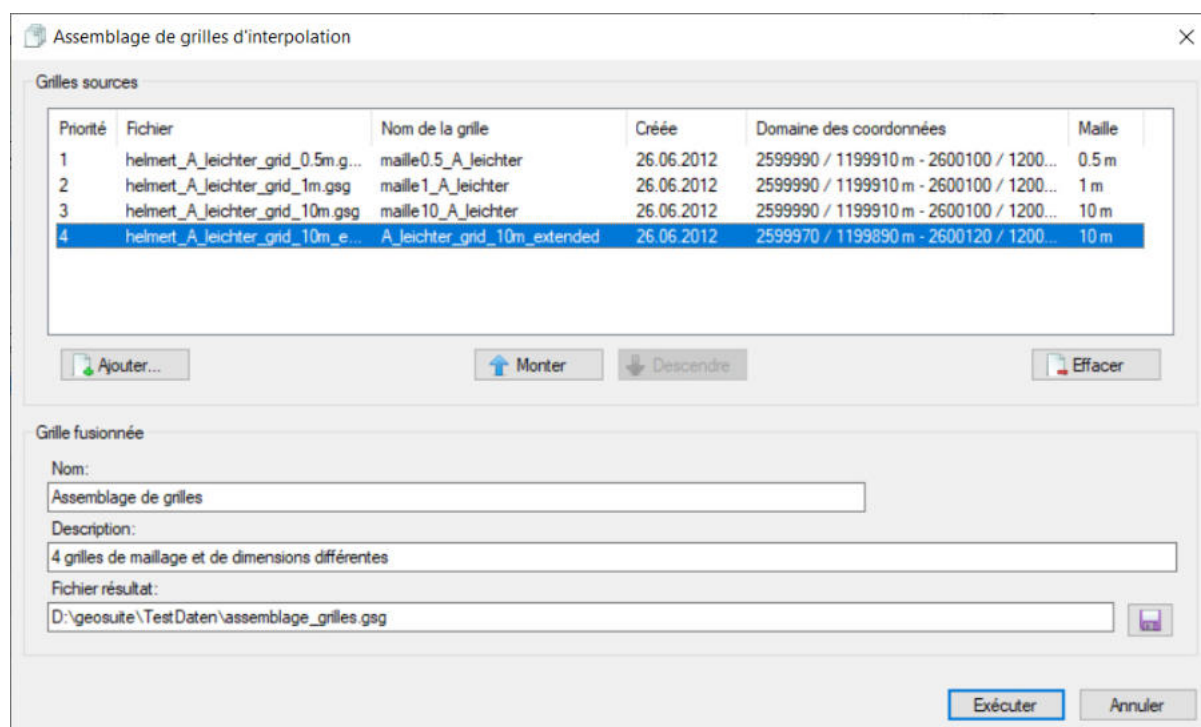


Figure 8 - 11: Définition d'un assemblage de grilles d'interpolation

Remarque: l'option « Ajouter » est utilisée pour ajouter une nouvelle grille d'interpolation, alors que l'option « Importer » est utilisée pour ajouter ou modifier un assemblage de grilles préexistant.

Lors d'un calcul TRANSINT sur la base d'un assemblage de grilles, l'interpolation sera calculée avec la grille comprenant le point concerné ayant la priorité la plus haute (la priorité maximale correspondant à « 1 »).

9 Traitements par lots

9.1 Version normale (interface utilisateur)

Les traitements par lots permettent d'effectuer le même calcul géodésique sur plusieurs fichiers à la fois (sans avoir à les ouvrir préalablement dans l'éditeur). Cet outil est nécessaire pour réaliser des calculs sur des formats de fichiers non visualisables dans l'interface de GeoSuite (par ex : DXF, Interlis ou Shapefile).

La fenêtre de traitement par lots peut être ouverte soit via le menu « Outils - Transformation par lots (batch)... », soit en cliquant sur l'icône , soit avec le raccourci « Ctrl+B ». La fenêtre de transformation par lots est divisée en plusieurs onglets (voir Figures 9 - 1 à 9 - 4).

Sur la partie supérieure de la fenêtre, une tâche peut être enregistrée avec l'icône  sous format .gsj puis ouverte avec l'icône  et exécutée avec l'icône . Sur sa partie inférieure, il est possible de cocher l'option d'éteindre l'ordinateur une fois l'opération terminée.

La liste des fichiers à transformer s'affiche sous l'onglet « Fichier(s) à transformer » (voir Abbildung 9 - 1). Un fichier est supprimé de la liste avec le bouton « Supprimer ». Lors de l'ajout d'un fichier AutoCAD DXF, Adalin One ou INTERLIS 1, un nouvel onglet d'option spécifique au format apparaît.

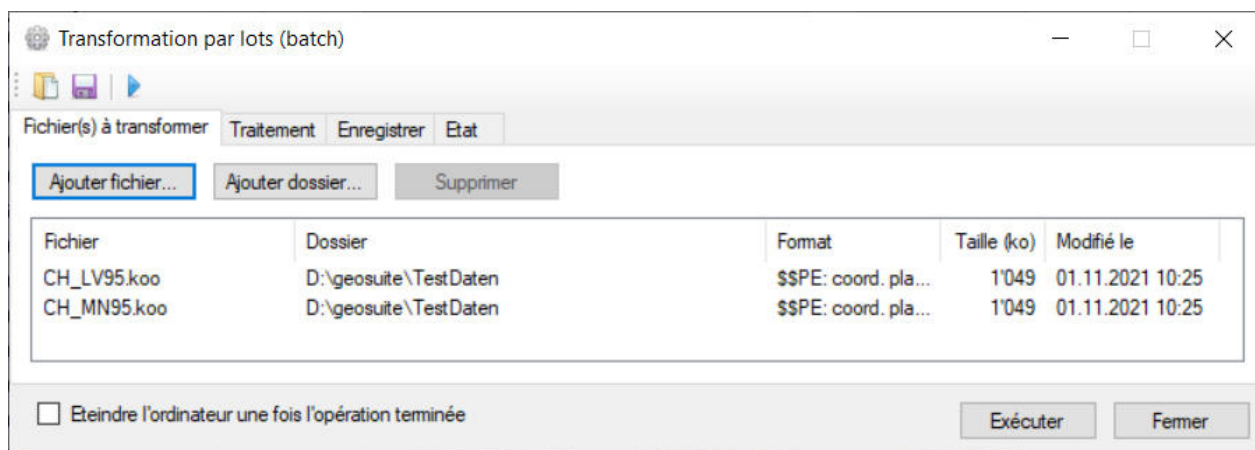


Figure 9 - 1: Transformation par lots – Fichier(s) à transformer

Différents modules de calculs peuvent être ajoutés et sélectionnés sous l'onglet « Traitement » (voir Figure 9 - 2). Actuellement seul un module de calcul à la fois peut être sélectionné. Le traitement par lots successifs sera développé dans le futur.

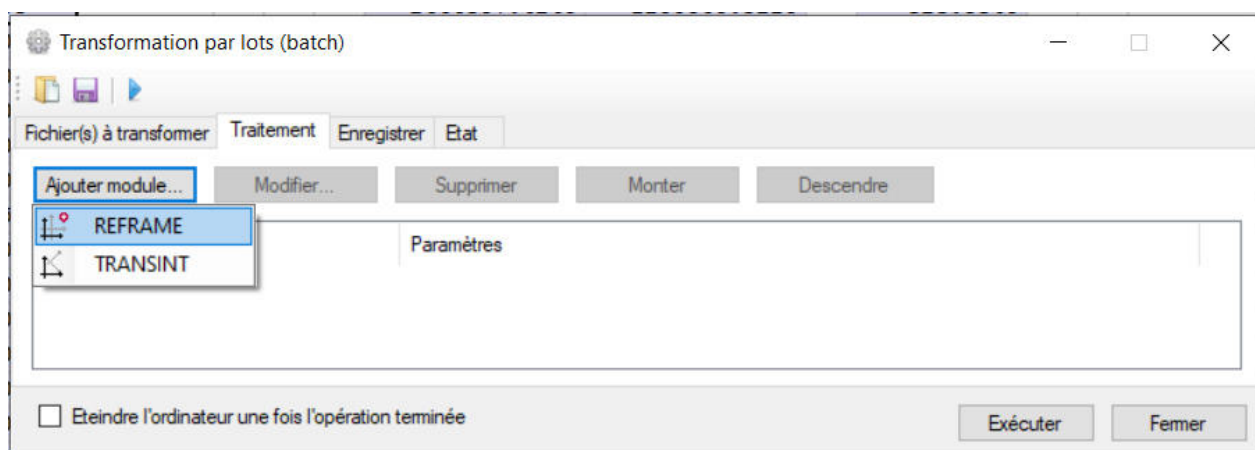


Figure 9 - 2: Transformation par lots - Traitement

L'onglet « Enregistrer » (Figure 9 - 3) décrit l'emplacement et l'ajout d'un suffixe au nom des fichiers de sortie. Il est possible de créer un fichier journal de calcul pour chaque fichier transformé.

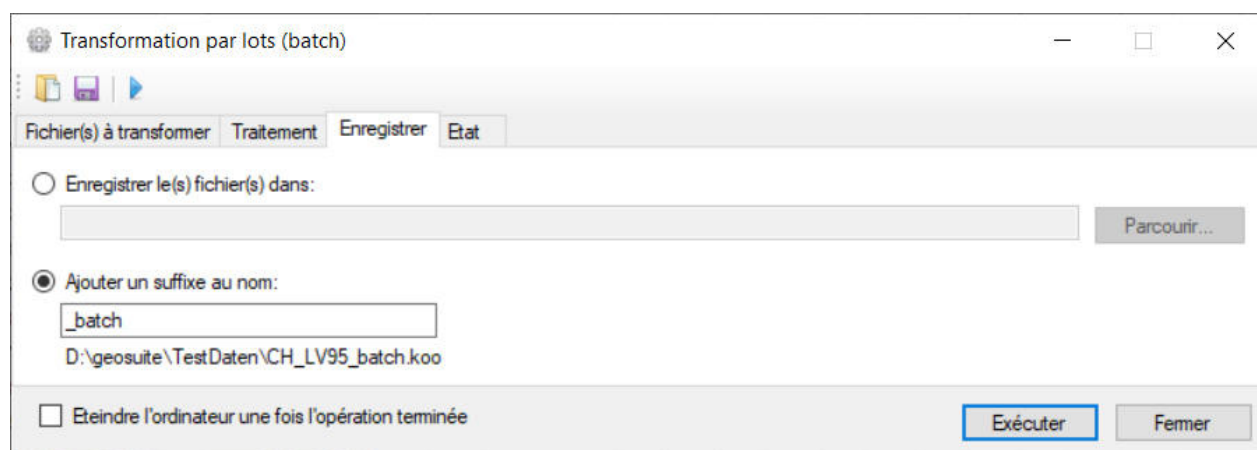


Figure 9 - 3: Transformation par lots - Enregistrer

L'onglet « Etat » affiche l'avancement du traitement de chaque fichier (voir Figure 9 - 4). Un traitement peut à tout moment être arrêté avec le bouton « Pause » ou annuler avec le bouton « Annuler ».

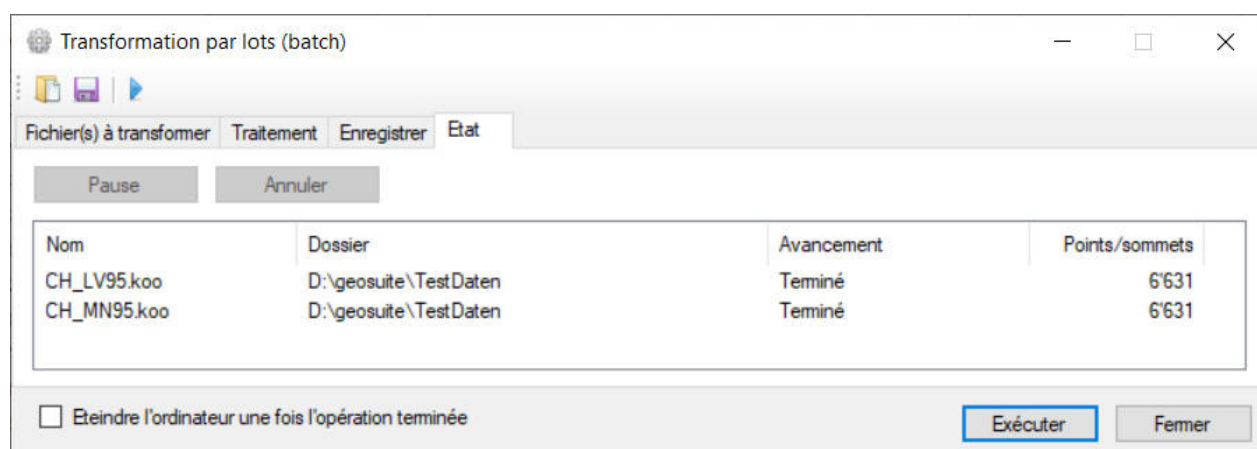


Figure 9 - 4: Transformation par lots - Etat

Remarque: Il est possible de créer un raccourci vers la fenêtre de transformation par lots. Pour cela, il faut tout d'abord créer un raccourci vers le programme GeoSuite, puis sélectionner l'onglet « Raccourci » de sa fenêtre de propriétés (clic droit sur le raccourci puis « Propriétés »), puis ajouter à la fin du champs « Cible » l'extension : "-batch" séparée par un espace (par ex : GeoSuite.exe -batch) et finalement cliquer sur « Appliquer » puis « OK ».

9.2 Version console

9.2.1 Généralités

« GeoSuiteCmd.exe » est la version console de GeoSuite permettant d'effectuer des calculs « REFRAME » ou « TRANSINT ». Elle est disponible exclusivement en version 64 bits avec GeoSuite 1.7.

Pour utiliser GeoSuite console, il faut appeler l'exécutable GeoSuiteCmd.exe en indiquant les arguments requis.

GeoSuiteCmd.exe peut également être exécuté sous Linux. Pour cela, la plateforme logicielle « Mono » (<http://www.mono-project.com/>) doit être installée. GeoSuite console peut ensuite être exécuté avec la commande « mono GeoSuiteCmd.exe », suivie des arguments requis.

9.2.2 REFRAME

Les paramètres requis (ou optionnels) sont les suivants :

Tableau 9 - 1: Paramètres possibles

Commande	Requis	Description
-calc reframe	oui	Indique que le module de calcul REFRAME doit être utilisé.
-in fichier	oui	Chemin complet du fichier source à traiter. Les formats supportés sont les mêmes que pour la version classique.
-out fichier	oui	Chemin complet du fichier destination à créer ou remplacer (format identique au fichier source).
-overwrite	non	Force le remplacement d'un fichier cible existant. Sinon un message d'erreur interrompt la transformation lorsqu'un fichier portant le même nom que celui à créer existe déjà.
-pframes cadre1,cadre2	non	Cadres de référence planimétriques (et formats) source et destination, séparés par une virgule. Aucun changement planimétrique si cet argument n'est pas spécifié. Noms de cadres reconnus (non sensibles à la casse) : • mn03-mi : mensuration nationale MN03, format militaire • mn03-ci : mensuration nationale MN03, format civil • mn95: mensuration nationale MN95 • utm31: coordonnées planes UTM dans la zone 31 (ETRF93/CHTRF95) [m] • utm32: coordonnées planes UTM dans la zone 32 (ETRF93/CHTRF95) [m] • etrf93-3d: coordonnées géocentriques ETRF93/CHTRF95 [m] • etrf93-el: coordonnées géocentriques ETRF93/CHTRF95 [° ' ''] • etrf93-em: coordonnées géocentriques ETRF93/CHTRF95 [° '] • etrf93-ed: coordonnées géocentriques ETRF93/CHTRF95 [°] • etrf93-en: coordonnées géocentriques ETRF93/CHTRF95 [gon]
-aframes cadre1,cadre2	non	Cadres de référence altimétriques source et destination, séparés par une virgule. Aucun changement altimétrique si cet argument n'est pas spécifié. Noms de cadres reconnus (non sensibles à la casse) : • nf02: altitudes usuelles (nivellement fédéral 1902) • ran95: altitudes orthométriques (niv. féd. 1995, géoïde 2004) • chgeo98: altitudes orthométriques provisoires (géoïde 1998) • ellipsoid: hauteurs ellipsoïdales (Bessel ou GRS80)
-decimals nb_decimales_ dxf	non	Nombre de décimales pour les coordonnées destination, lors de la transformation de dessins DXF. Par défaut : 3 décimales.
-ili fichier	non	Chemin complet du fichier modèle Interlis (ILI) si le fichier source est un fichier de transfert Interlis 1 (ITF) ou Adalin ONE. Si des règles de transformation ont été définies avec l'application GeoSuite, il est possible d'utiliser ces règles en indiquant ici non pas le chemin du fichier ILI, mais celui du fichier des règles. Il s'agit du fichier « ilimodelnames.xml » qui se trouve par défaut dans C:\Users\[Nomutilisateur]\AppData\Roaming\swisstopo\GeoSuite\Transformers\ilimodelnames.xml. Les règles standard sont fournies dans l'archive originale, dans le même dossier que « GeoSuiteCmd.exe » (le dossier « ili » contient les modèles correspondants).
-imgmode	non	Lors de la transformation d'image raster, spécifie la méthode de transformation

mode		1: transformation individuelle (par défaut si non spécifié) 2: mosaïque locale (haute précision) 3: translation 2'000'000 / 1'000'000 (mosaïque basse résolution)
-imganchor point_ref	non	Requis uniquement lors de la transformation d'image raster avec la méthode « 2 » : permet de spécifier le point de référence par rapport auquel la transformation FINELTRA sera calculée (en principe le centre de gravité). Format : coordonnées est/X et nord/Y séparées par une virgule (ex. : « 600000,200000 »).
-imgroundpix arrondir?	non	Lors de la transformation d'image raster, précise si les coordonnées transformées doivent être arrondies à la résolution (taille du pixel) de l'image (« 1 » = oui, « 0 » = non). Par défaut : non.
-log fichier	non	Chemin complet du fichier journal global (un seul pour toutes les transformations) à créer. Ce fichier contient une description de la transformation effectuée ainsi que les éventuels avertissements, dans la langue spécifiée avec « -lang » (voir ci-après).
-logs	non	Créer un fichier journal pour chaque fichier source transformé. Le chemin du fichier créé sera identique au fichier résultat (« -out »), avec l'extension « .log ». La langue des textes peut être spécifiée avec « -lang » (voir ci-après).
-err fichier	non	Fichier des avertissements et erreurs. Ce fichier n'est écrit que si une erreur d'exécution se produit. Il contient alors le message d'erreur dans la langue spécifiée avec « -lang » (voir ci-après). L'existence de ce fichier après une transformation indique que la transformation ne s'est pas déroulée entièrement avec succès. Son absence permet de conclure que la transformation a été réalisée sans problème.
-lang langue	non	Langue à utiliser pour les messages d'erreur affichés dans la console et enregistrés dans le fichier journal (si « -log » spécifié). Langue du profil utilisateur si cet argument n'est pas spécifié (si la langue est supportée par GeoSuite, sinon anglais). Noms de langues reconnus (non sensibles à la casse) : - de: allemand - en: anglais - fr: français

Attention:

Les paramètres doivent être écrits entre "guillemets" en cas d'utilisation d'espaces, par exemple pour le chemin d'un fichier.

9.2.3 TRANSINT

Les paramètres requis (ou optionnels) sont les suivants :

Tableau 9 - 2: Paramètres possibles

Commande	Requis	Description
-calc transint	oui	Indique que le module de calcul TRANSINT doit être utilisé.
-in fichier	oui	Chemin complet du fichier source à traiter. Les formats supportés sont les mêmes que pour la version classique.

-out fichier	oui	Chemin complet du fichier destination à créer ou remplacer (format identique au fichier source).
-overwrite	non	Force le remplacement d'un fichier cible existant. Sinon un message d'erreur interrompt la transformation lorsqu'un fichier portant le même nom que celui à créer existe déjà.
-decimals nb_decimales_ dxf	non	Nombre de décimales pour les coordonnées destination, lors de la transformation de dessins DXF. Par défaut : 3 décimales.
-ili fichier	non	Chemin complet du fichier modèle Interlis (ILI) si le fichier source est un fichier de transfert Interlis 1 (ITF) ou Adalin ONE. Si des règles de transformation ont été définies avec l'application GeoSuite, il est possible d'utiliser ces règles en indiquant ici non pas le chemin du fichier ILI, mais celui du fichier des règles. Il s'agit du fichier « ilimodelnames.xml » qui se trouve par défaut dans C:\Users\[Nomutilisateur]\AppData\Roaming\swisstopo\GeoSuite\Transformers\ilimodelnames.xml. Les règles standard sont fournies dans l'archive originale, dans le même dossier que « GeoSuiteCmd.exe » (le dossier « ili » contient les modèles correspondants).
-dataset fichier	oui	Chemin complet du fichier de paramètres (jeu de données de transformation) TRANSINT. Ce fichier doit avoir été créé avec la version standard de GeoSuite, dans le module TRANSINT. Ce fichier est enregistré par défaut dans le répertoire des paramètres d'applications de l'utilisateur (C:\Users\#NOMUTILISATEUR#\AppData\Roaming\swisstopo\GeoSuite\Transformers), avec pour nom celui donné au jeu de données de transformation et pour extension « .dat ». Le répertoire est différent s'il a été modifié dans les options générales (« Répertoires » - « Répertoires des paramètres de calcul... »).
-log fichier	non	Chemin complet du fichier journal global (un seul pour toutes les transformations) à créer. Ce fichier contient une description de la transformation effectuée ainsi que les éventuels avertissements, dans la langue spécifiée avec « -lang » (voir ci-après).
-logs	non	Créer un fichier journal pour chaque fichier source transformé. Le chemin du fichier créé sera identique au fichier résultat (« -out »), avec l'extension « .log ». La langue des textes peut être spécifiée avec « -lang » (voir ci-après).
-err fichier	non	Fichier des avertissements et erreurs. Ce fichier n'est écrit que si une erreur d'exécution se produit. Il contient alors le message d'erreur dans la langue spécifiée avec « -lang » (voir ci-après). L'existence de ce fichier après une transformation indique que la transformation ne s'est pas déroulée entièrement avec succès. Son absence permet de conclure que la transformation a été réalisée sans problème.
-lang langue	non	Langue à utiliser pour les messages d'erreur affichés dans la console et enregistrés dans le fichier journal (si « -log » spécifié). Langue du profil utilisateur si cet argument n'est pas spécifié (si la langue est supportée par GeoSuite, sinon anglais). Noms de langues reconnus (non sensibles à la casse) : • de: allemand • en: anglais • fr: français

Attention:

Les paramètres doivent être écrits entre "guillemets" en cas d'utilisation d'espaces, par exemple pour le chemin d'un fichier.

9.3 Particularités pour certains formats de fichiers supportés uniquement dans le traitement par lots

9.3.1 Fichiers de données spatiales vectorielles ESRI Shapefile / QGIS

Les fichiers « Shape » (ESRI Shapefile) peuvent être directement transformés, quel que soit leur type de contenu (points 2D/3D, polygones, polygones ou mixtes).

Seul le fichier contenant la géométrie (*.shp, peu importe la version de ArcGIS avec laquelle il a été créé) est utile, mais si un fichier de définition du système de coordonnées (*.prj) existe, GeoSuite contrôlera qu'il correspond bien aux paramètres saisis par l'utilisateur. Si un changement de cadre de référence planimétrique est effectué, un nouveau fichier *.prj sera généré automatiquement afin de pouvoir ouvrir directement les données dans ArcView sans devoir définir le système de coordonnées à utiliser.

Remarque : les coordonnées géocentriques ne sont pas autorisées au format Shape.

Les autres fichiers liés au *.shp (*.dbf et *.shx) ne sont pas modifiés et copiés tels quels vers le dossier/nom de fichier destination.

Attention :

Les fichiers d'index spatiaux (*.sbn, *.sbx, *.fbn ou *.fbx) ne sont par contre pas copiés (les éventuels fichiers existants sont même supprimés), car il provoqueraient des erreurs d'affichage ou d'intégrité des données. Après un changement de coordonnées, les index doivent être réinitialisés. Cela se fait automatiquement si besoin, mais peut également être réalisé manuellement dans l'application ESRI ArcCatalog.

La plupart des logiciels SIG actuels (ArcGIS, Geomedia, MapInfo, etc.) permettent de créer et lire des fichiers Shape.

Problème avec QGIS :

Un fichier transformé avec GeoSuite peut parfois ne pas s'afficher correctement dans QGIS: il n'y a pas de message d'erreur, mais aucune géométrie n'est visible à l'écran. Dans ce cas, il s'agit généralement d'un problème d'index spatial. Si ArcMap régénère automatiquement cet index, ce n'est pas le cas pour QGIS. Dans ce cas, il suffit de réenregistrer le fichier Shape depuis QGIS: dans l'arborescence des couches, sélectionner l'élément concerné et l'enregistrer sous (bouton droit) un nouveau fichier Shape (ou enregistrer par-dessus l'ancien).

9.3.2 Dessins AutoCAD DXF

GeoSuite traite les objets géométriques indépendamment de leur type, de leurs attributs et de leur représentation. Ainsi, toutes les versions de fichiers DXF, y compris celles antérieures à AutoCAD 14, ainsi que tous les types de géométries (points, lignes, polygones, courbes, solides, etc.) sont supportés.

Les différents attributs d'en-tête (fenêtres de coordonnées, domaines de définition) sont également transformés.

Les coordonnées sources peuvent être des coordonnées planes ou des coordonnées géographiques (format décimal, en degrés ou gons). Les coordonnées géocentriques et les formats en degrés, minutes et secondes ne sont pas autorisés au format DXF.

L'extension du fichier n'est pas significative, mais il s'agit en principe de *.dxf.

La plupart des logiciels DAO et SIG actuels (AutoCAD, MicroStation, ArcGIS, Geomedia, MapInfo, etc.) permettent de créer et lire des fichiers DXF.

9.3.3 Fichiers de transfert Interlis 1

Les fichiers de transfert Interlis 1 (ITF) peuvent être directement transformés, quel que soit le modèle de données utilisé.

Pour cela, il est nécessaire d'avoir non seulement le fichier de données géographiques *.itf, mais également le modèle de données *.ili correspondant (par exemple le modèle MO de la confédération ou d'un canton).

Après la transformation, un nouveau modèle est créé, car les domaines de définition des objets (fenêtres de coordonnées) sont également modifiés lors d'un changement de cadre de référence.

En cas de problème lors d'une transformation, il est recommandé de vérifier l'intégrité des fichiers ILI et ITF avec le compilateur Interlis.

Les fichiers au format Adalin OneOne, basés sur Interlis 1, sont traités de la même manière que les fichiers ITF. Un modèle de données ILI est également requis.

10 Bases théoriques

10.1 LTOP

10.1.1 Les indicateurs de fiabilité

Le calcul des éléments de la diagonale de la matrice Qvv pour la planimétrie et l'altimétrie peut être considéré comme la nouveauté la plus intéressante de la dernière version du programme. Les indicateurs qui vont à présent être décrits se déduisent de ces éléments et ce-là, pour chaque observation. Ces indicateurs présentent l'avantage, par rapport aux tests globaux, d'être beaucoup plus sensibles aux comportements locaux et de permettre ainsi, dans le même calcul, la mise en évidence de fautes, même petites, ou de faiblesses dans le réseau. Cette méthode repose toutefois sur l'hypothèse de base que localement, une seule mesure est entachée d'une faute. Si cette hypothèse n'est pas vérifiée, il peut arriver que des fautes se superposent de manière qu'elles ne peuvent pas être mises en évidence.

Dans le cadre de la REforme de la Mensuration Officielle (REMO), quatre indicateurs de fiabilité ont été proposés; leur emploi doit se généraliser à l'ensemble de la Mensuration Officielle.

- L'indicateur de fiabilité locale z_i est un nombre sans dimension, dont la valeur peut varier de 0 à 1, respectivement de 0 à 100%. La somme de tous les z_i correspond exactement au nombre de degrés de liberté (ou au nombre d'observations surabondantes) du réseau. Les valeurs prises séparément nous indiquent donc de quelle manière la surabondance se répartit sur les observations.
- L'indicateur de fiabilité locale robuste R-ZI est semblable à z_i à la différence près que les observations présumées fausses se voient attribuer un poids plus faible dans la détermination de R-ZI. Les indicateurs R-ZI ne sont calculés que dans le cadre d'une compensation robuste et uniquement a posteriori.

L'indicateur z_i dépend essentiellement de la géométrie du réseau, du choix des points fixes et de la pondération des observations. Ils peut donc être calculé avant l'exécution des mesures, sur la base du réseau projeté et des erreurs moyennes a priori des observations.

- La plus petite faute détectable NABLA, en cc ou mm, est indiquée pour chaque observation.
- L'écart résiduel normé w_i est un nombre sans dimension. On considère en général la valeur 2.5 comme valeur-limite pour des observations "sans faute", ce qui correspond, pour le degré de liberté 1, à une probabilité de 1% pour le risque d'erreur de premier type.
- L'indicateur de fiabilité g_i indique la taille probable d'une faute sur l'observation qui pourrait être la cause de l'écart résiduelle normée constatée. Cet indicateur est donné en mm pour les distances et les dénivelées, en cc pour les directions.
- Après une compensation robuste, l'indicateur R-GI est calculé de manière analogue à g_i et fournit l'ordre de grandeur de la faute dont l'observation est entachée.

Les trois derniers indicateurs de fiabilité renseignent sur la qualité des observations et ne peuvent être calculés qu'a posteriori.

- Les indicateurs de fiabilité externe NA, NB, GIS(NA), NH en mm sont fournis pour chaque point variable.
- Les rectangles de fiabilité relative entre à chaque fois deux points variables peuvent également être calculés, si la nécessité s'en fait sentir. Les indicateurs NA, NB et GIS(NA) se rapportent à la différence de coordonnées des deux points concernés.

Interprétation des indicateurs et choix des tolérances

L'indicateur de fiabilité locale z_i donne une bonne information sur la fiabilité du réseau. Il peut être interprété comme suit:

$z_i = 0\%$ l'observation n'est pas contrôlée

$z_i = 25\%$ l'observation est suffisamment contrôlée

$z_i = 100\%$ l'observation est parfaitement contrôlée. C'est le cas par exemple d'une observation faite entre deux points fixes

Dans un bon réseau de triangulation, les z_i devraient être compris entre 25 et 60%. De fréquentes valeurs au-dessus de 70-80% peuvent signifier que le réseau est trop fortement surdéterminé et qu'il pourrait être

optimisé. Des valeurs inférieures à 25% peuvent être acceptées si les indicateurs de fiabilité externe (NA, NB) restent dans les tolérances prescrites.

Les mêmes règles d'interprétation s'appliquent à l'indicateur de fiabilité locale robuste R-ZI

L'écart résiduel normé w_i peut être interprété comme suit:

$w_i < 3.5$ l'observation est bonne

$w_i > 3.5$ une faute sur l'observation est possible (la probabilité augmente avec la valeur de w_i)

La taille probable d'une faute g_i ne renseigne que sur l'ordre de grandeur et le signe d'une faute possible.

En cas de compensation robuste, la taille probable d'une faute se trouve dans la colonne réservée à R-GI.

Les indicateurs ne fournissent une information utilisable que si le modèle stochastique envisagé est réaliste, c.-à-d. si le choix des erreurs moyennes a priori des observations correspond à la situation effective. Des erreurs moyennes mal choisies sur une observation ou un groupe d'observations peuvent fausser l'analyse. Si l'on introduit, par exemple, pour une mesure de distance aller une erreur moyenne plus grande que pour la mesure retour, la distance retour peut être peu, voire pas du tout contrôlée.

La base théorique des indicateurs

La théorie sur laquelle reposent ces tests est due au professeur hollandais W. Baarda et peut, entre autres, être trouvée dans [Référence](#) [21]. Le présent paragraphe décrit plus en détail les indicateurs implémentés dans LTOP.

a) L'indicateur de fiabilité locale z_i

$$z_i = \frac{q_{v_i} v_i}{q_{l_i} l_i}$$

Pour l'observation i , cet indicateur est formé au numérateur par l'élément diagonal i de la matrice de variance-covariance des écarts résiduels et au dénominateur, par celui de la matrice de variance-covariance des observations.

La somme de tous les z_i correspond exactement au nombre de degrés de liberté (nombre d'observations surabondantes) du réseau. De là vient le nom souvent employé de « redondance partielle ». Cet indicateur montre de quelle manière se répartit la surabondance sur les observations. La valeur $z_i = 0\%$ signifie que l'observation correspondante n'est pas contrôlée par le réseau. Pour éviter que des fautes sur cette observation restent non détectées et faussent les résultats, d'autres mesures sont nécessaires. Plus la valeur se rapproche de 100%, plus l'observation est contrôlée par le réseau.

L'indicateur dépend surtout de la géométrie du réseau. Par exemple, deux répétitions indépendantes d'une même observation, introduites séparément, auront selon l'influence d'éventuelles inconnues d'orientation ou d'échelle, des z_i de 50%, ou moins. Dans un triangle équilatéral isolé dans lequel les deux directions ont été mesurées en chaque sommet, les 6 observations ont un z_i de 16.7% (1/6). De même, dans un cheminement polygonal tendu de 6 côtés sans inconnue d'échelle, les 6 distances recevront chacune un z_i de 16.7% car elles se partagent 1 degré de liberté.

Si les observations ont des poids différents, la redondance ne sera plus distribuée sur les observations de manière égale. Des observations avec un grand poids (ou avec une erreur moyenne petite) sont plus faiblement contrôlées par les observations moins précises; le z_i obtenu est donc petit. A l'opposé, des observations moins précises sont mieux contrôlées par des observations plus précises et obtiendront des valeurs z_i plus grandes. Si les valeurs z_i sont très élevées, le réseau peut être simplifié et ainsi coûter moins cher; si elles sont trop basses, il faut prévoir des observations supplémentaires pour que la fiabilité des résultats soit garantie. C'est pourquoi il est fortement recommandé de procéder à une préanalyse avant l'exécution des mesures. Sur la base de la configuration du réseau et d'estimations réalistes pour les erreurs moyennes, les indicateurs de fiabilité fournissent des indications très utiles à l'optimisation du réseau. Il est à noter qu'en cas de compensation altimétrique, ce sont les dénivelées qui font l'objet de la compensation. Pour que les indicateurs de fiabilité soient aussi efficaces en altimétrie qu'en planimétrie, il faut éviter de moyenner des observations réciproques.

L'indicateur de fiabilité local robuste R-ZI est défini comme suit:

$$R-ZI = \frac{\sum_i q_{v_i} v_i}{\sum_i q_{l_i} l_i}$$

Les i ièmes éléments diagonaux de la matrice des variances-covariances des écarts résiduels ou des observations sont calculés avec les poids p_i^* où:

p_i^* = poids initial si l'observation est sans erreur grossière ($|w_i| < Crob$)
 p_i^* = poids réduit si l'observation est entachée d'une erreur grossière ($|w_i| \geq Crob$)

L'indicateur dépend d'une part de la géométrie du réseau et d'autre part du nombre de fautes, donc aussi de la valeur limite Crob. Il n'est calculable qu'a posteriori. Sinon R-ZI est analogue à zi et les remarques faites à propos de zi s'appliquent ici également.

b) L'écart résiduel normé w_i

On a longtemps évalué la qualité d'une compensation par l'analyse des écarts résiduels; des valeurs numériques élevées indiquaient de possibles fautes. En procédant ainsi, on se heurtait à la difficulté suivante: l'écart résiduel d'une observation peu contrôlée ne pouvait restituer qu'une petite partie de la faute réelle commise. Le troisième indicateur w_i tient compte de ce phénomène:

$$w_i = \frac{v_i}{\sigma \sqrt{Q_{v_i} v_i}} = \frac{v_i}{m_{v_i}}$$

On trouve au numérateur l'écart résiduel et au dénominateur son écart-type. Des valeurs numériques élevées indiquent toujours un mauvais accord avec les autres observations et/ou avec les coordonnées des points de rattachement.

Si, jusqu'ici, il était courant d'examiner plus particulièrement les observations dont les écarts résiduels dépassaient deux fois l'erreur moyenne à craindre, on peut maintenant examiner toutes les observations dont l'écart résiduel normé excède une valeur $w_{\max}$. Elles sont faciles à trouver car le quatrième indicateur de fiabilité n'est imprimé que dans ce cas. De tels w_i sont comptabilisés et apparaissent à la fin des abris comme les z_i . Par défaut, on admet $w_{\max} = 2.5$, ce qui correspond, pour 1 degré de liberté, à une erreur du premier type de 1%.

La raison pour laquelle $w_{\max}$ est fixé directement, au lieu du risque d'erreur du premier type, est la suivante: les écarts résiduels sont corrélés; si le test est fait pour chaque observation, le calcul devrait tenir compte de cette corrélation. L'expérience a montré que le choix d'un $w_{\max}$ correspond bien aux exigences pratiques, aussi bien pour de petits que pour de grands réseaux.

Lorsque une faute signalée par le logiciel est retrouvée dans les observations originales, on peut la corriger et le problème est réglé. Si elle demeure inexplicable, la situation est plus complexe. On ne peut pas simplement supprimer l'observation, car une possibilité existe que des fautes sur d'autres observations aient influencé celle-ci. En pratique, on réduit momentanément l'influence de cette observation en lui attribuant une erreur moyenne a priori élevée (9999.). L'observation apparaîtra néanmoins dans les abris avec la mention « Éliminé ». Cette manière de procéder a pour avantage de permettre, dans la compensation finale, de se rendre compte de l'ordre de grandeur qu'atteint effectivement la faute sur cette observation. Il n'est pas rare qu'une observation apparemment fautive s'insère à nouveau parfaitement dans la compensation après l'élimination d'autres fautes. Dans un réseau contraint, c'est à dire avec plusieurs points fixes, il faut prendre en compte le fait que les points de rattachement sont aussi à l'origine d'une partie des écarts résiduels. Si un doute subsiste à ce sujet, on procédera avec profit à une compensation libre pour analyser la qualité des observations.

Cet indicateur ne peut pas être calculé lors d'une préanalyse puisqu'il dépend d'observations effectives. Dans ce cas, le champ correspondant reste vide dans l'imprimé des résultats.

c) La taille probable g_i d'une faute

Le quatrième indicateur n'est imprimé que si l'écart résiduel normé dépasse la tolérance $w_{\max}$. La formule suivante permet de le calculer:

$$g_i = \frac{v_i}{z_i}$$

Le quotient de l'écart résiduel par l'indicateur de fiabilité locale indique la taille que devrait atteindre une faute sur la i -ème observation pour que l'écart résiduel normé atteigne la valeur constatée. C'est une manière très simple d'indiquer l'ordre de grandeur de la faute à retrouver. Son signe est opposé à celui de l'écart résiduel, car l'écart a été déduit de la valeur correcte.

En cas de compensation robuste, cet indicateur n'est calculé que lorsque la valeur absolue de l'écart résiduel dépasse la valeur limite de la compensation robuste Crob. Il est calculé de manière analogue à g_i selon

$$R-GI = g_i^* = \frac{v_i^*}{z_i^*}$$

Le quotient de l'écart résiduel par l'indicateur de fiabilité robuste fournit la taille probable d'une faute sur

l'observation correspondante. L'ordre de grandeur de R-GI est celui de v_i , mais son signe est opposé.

Cet indicateur ne peut pas être calculé lors d'une préanalyse, c'est pourquoi le champ correspondant reste vide. Dans le cas d'une compensation altimétrique, il indique l'ordre de grandeur de la faute sur la dénivelée.

d) Valeur-limite ∇_{li} pour les fautes non détectables

Sous l'hypothèse que les erreurs d'observation suivent une distribution normale et qu'il n'existe localement qu'une faute, on peut calculer, pour un niveau de risque donné, une valeur-limite ∇_{li} en-dessous de laquelle une faute ne peut pas être détectée. La figure ci-dessous représente la fonction de probabilité des écarts résiduels normés w . Si une valeur w_i se trouve dans un domaine compris entre $-w_{\max}$ et $+w_{\max}$, on admet qu'il n'y a pas de faute; en dehors de ce domaine, on admet qu'il y en a une. En plus, on a reporté la fonction de probabilité de w_i en cas de présence d'une faute ∇_{li} . Les erreurs aléatoires ont pour effet que w_i est - avec une probabilité β - plus petit que $w_{\max}$. On peut ainsi écrire l'équation (voir Figure 10 - 1):

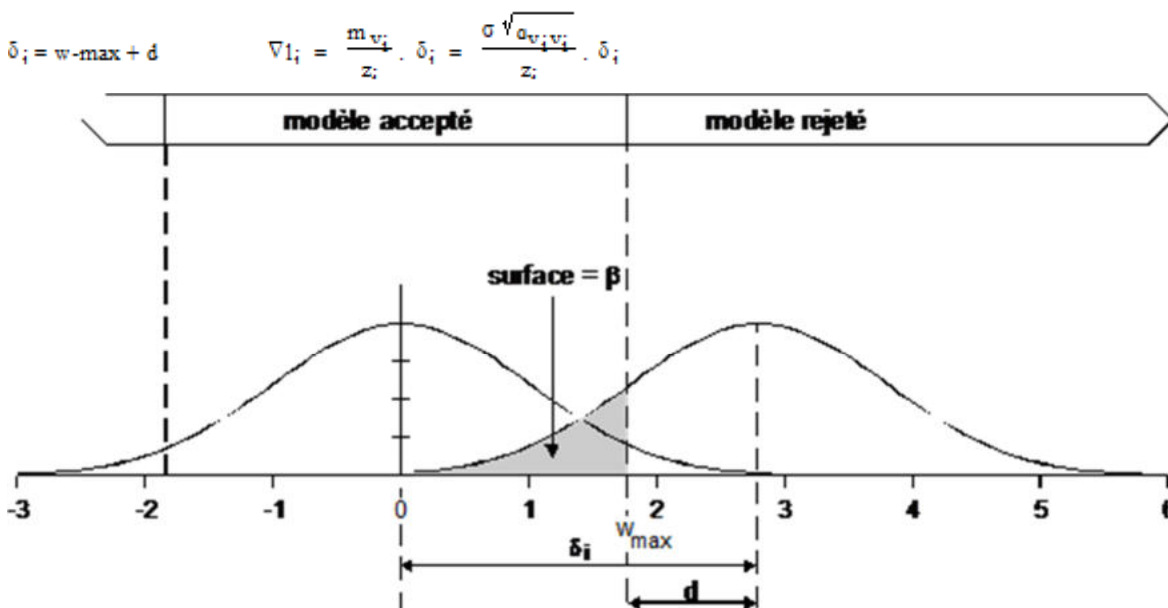


Figure 10 - 1 - La valeur-limite ∇_{li}

Plus la limite $w_{\max}$ est grande et plus l'erreur de deuxième type β est choisie petite, plus sont les valeurs d , δ_i et ∇_{li} grands. Par défaut, le logiciel admet 5% pour β et 2.5 pour $w_{\max}$ aussi bien en planimétrie qu'en altimétrie, d'où une valeur de 4.1 pour δ_i . On peut choisir d'autres valeurs pour β , séparément pour la planimétrie et l'altimétrie.

La valeur δ_i - appelée paramètre de non-centralité - et le niveau choisi pour l'erreur de deuxième type sont également imprimés dans les statistiques à la fin des abriss.

Lorsqu'on introduit dans la formule, à la place de $w_{\max}$, l'écart résiduel normé effectif, on obtient:

$$\delta_w = w_i + d \quad \nabla_{lw} = \frac{m_{v_i}}{z_i} \cdot \delta_w = \frac{\sigma \sqrt{a_{v_i v_i}}}{z_i} \cdot \delta_w$$

Puisque, dans le cas d'une compensation robuste, il n'y a pas de test statistique pour la recherche de fautes, la plus petite faute détectable NABLA ou ∇_{li} n'existe pas. ∇_{li} correspond alors à la plus petite faute qui aurait sur les paramètres inconnus (par ex. les coordonnées) la même influence qu'une faute infinie. Ce paramètre ∇_{li} est calculé de manière suivante:

$$\nabla_{li}^* = \frac{m_{v_i}}{z_i} \cdot \delta_i^* = \frac{\sigma \sqrt{a_{v_i v_i}}}{z_i} \cdot \delta_i^*$$

La signification de la grandeur δ_i^* est fondamentalement différente de celle du paramètre de non-centralité δ_i . Pour cette raison, δ_i^* est appelé facteur de déplacement. Dans le but d'intégrer aussi des erreurs aléatoires, le facteur d'insécurité τ_w lui a été ajouté à la valeur-limite Crob.

$$\delta_i^* = C_{rob} + \tau_w$$

e) La fiabilité externe

Pour les développements théoriques, voir l'article de T. Burnand « Le modèle de fiabilité de la mensuration nationale suisse » dans le document en [Référence](#) [7].

Pour les rectangles de fiabilité relative, voir [Référence](#) [8].

f) Test global du modèle

Outre les tests locaux, il est habituel de procéder à un test global pour juger de la validité des hypothèses du modèle. A cette fin, on teste si le carré du quotient des erreurs moyennes, qui suit la distribution χ^2 (chi-carré), est significativement différent de 1:

$$\hat{Q}^2 = \frac{\hat{\sigma}_z^2}{\sigma^2} = \frac{v^T P v}{n \cdot u} = \frac{\chi^2}{n \cdot u}$$

Pour l'analyse, le programme différencie deux cas: si Q est supérieur ou égal à 1, il calcule la probabilité d'obtenir un quotient égal ou supérieur à Q compte tenu des différentes hypothèses du modèle. De même, si Q est inférieur à 1, le programme calcule la probabilité d'obtenir un quotient inférieur ou égal à Q . Les probabilités de ces deux cas ont été représentées sur les deux figures ci-dessous. Dans la page-titre ces probabilités apparaissent après le texte « Probabilité que $Q > / < Q^{\wedge}$: ». Le symbole ($>$ ou $<$) situé avant la barre de fraction indique comment le test a été effectué pour la planimétrie; le symbole situé après fournit la même indication pour l'altimétrie. Si la probabilité est inférieure à une valeur-limite, qui peut être fixée par l'intermédiaire des masques à options, des astérisques (**) le signalent. Par défaut, la limite est fixée à 20%. Cette manière de traiter le test global présente l'avantage d'obtenir un maximum de flexibilité dans l'analyse.



Figure 10 - 2 - Test global du modèle

g) Calculs des composantes de la variante

Les erreurs moyennes de groupe étaient calculées par une formule approchée dans les versions précédentes du programme. On peut désormais calculer, pour chaque groupe d'observations, la redondance partielle du groupe par la somme des z_i correspondants. Elle est imprimée à l'extrême droite de la page-titre. Les erreurs moyennes de groupe se calculent alors facilement par la formule:

$$\sigma_g = \sqrt{\frac{v^T P v}{r_g}} \quad r_g = \sum z_{ig}$$

Il va de soi que ces valeurs ne concordent pas avec celles calculées auparavant. L'avantage de ces nouvelles valeurs est qu'on peut « en meilleure connaissance de cause », réajuster les erreurs moyennes a priori lorsqu'il ressort du calcul qu'elles sont mal choisies. Il est à remarquer que si un groupe entier d'observations n'est pas surdéterminé, cela apparaît clairement à l'impression. La redondance sera alors nulle et l'erreur moyenne de groupe sera indéterminée, ce qui apparaîtra également dans la page-titre.

10.1.2 Modèle mathématique de LTOP

Déviations de la verticale et des cotes du géoïde

Voir [Référence](#) [12] et [Référence](#) [26], pages 35 et suiv.

Réduction des distances

Corrections atmosphériques (non incluses au programme) voir bulletin no.4, pages 30 et suiv.

La correction eb -> es a été écartée après coup, car dépendante de la fréquence de l'onde porteuse. Cette correction doit se faire avec les corrections atmosphériques (2e correction de vitesse).

Lors de différences d'altitudes réciproques, β_s et ΔH sont calculés 2 fois indépendamment, puis moyennés.

Sans angles de hauteur, ou si la réduction est expressément demandée avec les altitudes disponibles, β_s se calcule avec la formule:

$$\beta_s = \arcsin \frac{\Delta H - (GH - PH)}{e_s} \cos \varepsilon$$

Si la réduction se fait sur l'ellipsoïde avec déviations de la verticale et les cotes du géoïde, ajouter:

$$HE = HG + \text{ondulation du géoïde}$$

$$\beta E = \beta - \xi \cos A - \eta \sin A$$

Réduction azimutale et réduction des déviations de la verticale

Réduction azimutale selon annexe de la [Référence](#) [4], p.10, paragr. 2, où le 3e membre de C et D est écarté, mais pas le 4e de D.

Déviations de la verticale selon [Référence](#) [33], p.158, formule 5.8b.

Compensation planimétrique dans le plan de projection

Compensation médiate d'après [Référence](#) [36], pages 80 et suiv.

Modèle fonctionnel de la compensation médiate:

$$v = Ax - l$$

Modèle stochastique: $P_{ii} = Q_{ii}^{-1}$ (matrice diagonale)

$$p_{q_{ii}} = \frac{1}{q_{ii}} = \frac{\sigma^2}{m_{ii}^2} \quad (\sigma = 1)$$

ou bien:

Vecteur des écarts résiduels: v

Matrice des coefficients: A

Vecteur des inconnues: $x = (ATPA)^{-1} ATPI$

Vecteur des membres absolus: l

Nombre de mesures: n

Nombre d'inconnues: u

Redondance, surdétermination: $r = n - u$

$$s = \sqrt{\frac{v^T P v}{n - u}} = \sqrt{\frac{v^T P v}{r}}$$

Ecart-type: (avec erreur d'unité)

Matrice variance-covariance des inconnues: $Q_{xx} = (ATPA)^{-1}$

Variance des écarts résiduels: $Q_{vv} = Q_{II} - A Q_{xx} AT$

$$m_{v_{ij}} = \sigma \sqrt{q_{v_{ij}v_{ij}}}$$

Erreur moyenne des écarts rés.: $m_{v_{ij}}$

Ellipses d'erreurs absolues d'après [Référence](#) [36], page 228.

Ellipses d'erreurs relatives d'après [Référence](#) [2], pages 384 et suiv.

Inversion des matrices d'après [Référence](#) [10], pages 22 et suiv., 58 et suiv.

Compensation des altitudes

Calcul des différences d'altitudes selon [Référence](#) [19], page 9.9, modèle stochastique:

$$m_{\Delta H}^2 = m_d^2 \tan^2 \beta + m_\beta^2 \frac{d^2}{\cos^4 \beta} + \left(\frac{d_o^2}{2r} \right)^2 m_\varepsilon^2 + m_{r-s}^2$$

Pour le reste, identique à la planimétrie.

10.2 REFRAME

10.2.1 Eléments de base et spécifications techniques

Cadres de référence globaux

- ETRFyy

Cadre de référence tridimensionnel basé sur le réseau de référence GNSS européen (EPN, EUREF) dans le système de référence ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989). Contrairement aux systèmes globaux (ITRS, WGS84), le système européen ETRS89 suit les mouvements tectoniques de la plaque eurasienne.

- CHTRFyy

Réalisation suisse de ETRS89, ce cadre de référence est basé sur le réseau GPS national MN95 et sur le réseau GNSS permanent AGNES. Les jeux de coordonnées sont exprimés dans le système CHTRS95, qui est identique à ETRS89 à l'instant 1993.0.

Cadres de référence locaux (suisse)

- MN95 (mensuration nationale 1995)

Cadre de référence tridimensionnel se fondant sur les mêmes points de réseau que CHTRFyy. Il servira de base aux mensurations nationales et officielles dans le futur. La transformation CHTRF98 <-> MN95 exacte est garantie par une simple translation géocentrique. Le système de référence de MN95 est CH1903+ (système de référence suisse de 1903 rénové), pour lequel les paramètres originaux de CH1903 ont été conservés (dans la mesure du possible).

- MN03 (mensuration nationale 1903)

Ancien cadre de référence officiel pour la mensuration nationale et officielle se basant sur la triangulation 1er-3e ordres (PFP1) depuis 1903. Les jeux de coordonnées contiennent des altitudes usuelles, déterminées à partir du cadre de référence NF02 (voir plus loin). La densification par les réseaux de triangulation de 4e ordre (PFP2) et d'autres points fixes de la mensuration officielle constitue aujourd'hui encore la base sur laquelle s'appuient la plupart des travaux de mensuration, des cartes, des plans et des SIG.

MN03 dispose en règle générale d'une bonne précision locale (de niveau centimétrique). En revanche, sur de grandes distances, il présente des déformations pouvant atteindre 1.6 m. La transformation directe de coordonnées MN03 en MN95 n'est possible que de manière approchée, par des transformations affines (maillage des triangles CHENyx06/FINELTRA). Le système de référence de MN03 est désigné CH1903 et est basé sur les paramètres définis par l'ancien observatoire de Berne.



Figure 10 - 3 - Différences MN95 et MN03 (max = 1.6 m)

- RAN95 (réseau altimétrique national 1995)

Système d'altitudes rigoureux (au sens de la théorie du potentiel) de la nouvelle mensuration nationale MN95. Il s'appuie sur les données du nivellement fédéral de 1902 à aujourd'hui, les altitudes orthométriques issues du réseau GPS national MN95, et le modèle de géoïde CHGeo2004. L'altitude orthométrique du point fondamental de Zimmerwald sert d'horizon de référence.

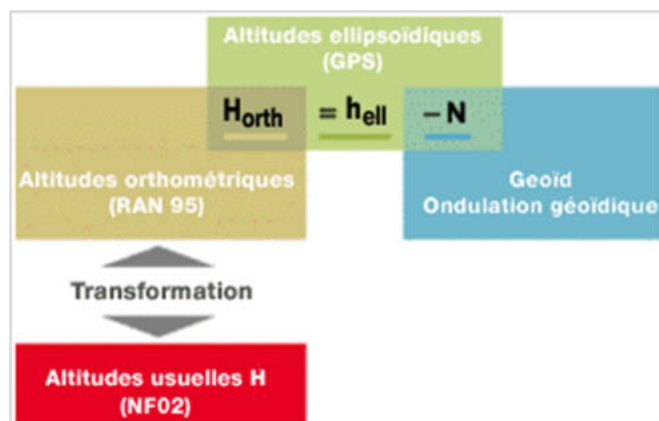


Figure 10 - 4 - Référentiels altimétriques et transformation RAN95 <-> NF02

Pour des raisons pratiques et pour éviter un risque de confusion, le RAN95 ne sera pas utilisé en mensuration officielle dans un proche avenir. La transformation altimétrique CHTRF2004 <-> RAN95 exacte est garantie.

- NF02 (nivellement fédéral 1902)

Cadre de référence altimétrique de la mensuration officielle basé sur le nivellement de précision de la Commission géodésique suisse (1864-1887) ainsi que sur les nouvelles mesures et mises à jour du nivellement fédéral depuis 1902, sans prise en compte de la gravimétrie.

En raison de la prise en considération variable du champ de pesanteur, des mouvements verticaux et des distorsions locales de NF02, une transformation altimétrique RAN95 <-> NF02 directe n'est possible que de manière approchée.

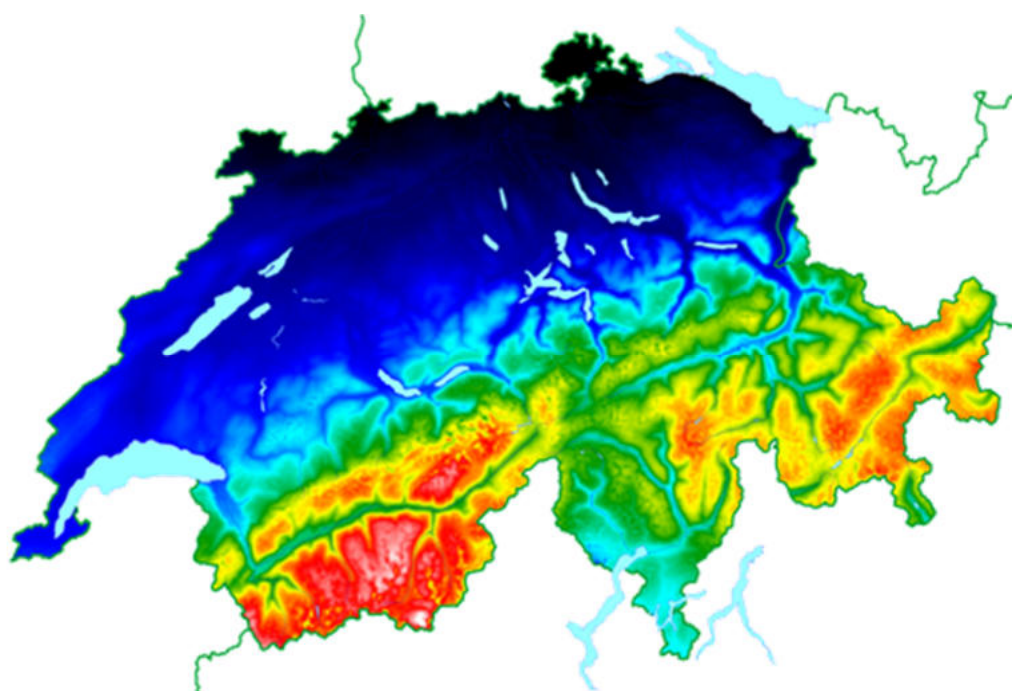


Figure 10 - 5 - Différences RAN95 et NF02 (max = 60 cm)

Le géoïde

Le géoïde est une surface équipotentielle particulière du champ de pesanteur terrestre et sert de référence pour la détermination des altitudes. On peut se représenter le géoïde comme étant le niveau moyen de la mer prolongé sous les continents. Considéré globalement, le géoïde s'écarte d'une surface de référence mathématique (un ellipsoïde de rotation) de ± 100 mètres au plus. Au niveau suisse, les écarts par rapport à l'ellipsoïde de référence local atteignent des valeurs de ± 5 mètres.

Le modèle du géoïde actuel de la Suisse est basé sur un calcul combiné de mesures astro-géodésiques de déviation de la verticale, de mesures gravimétriques ainsi que de mesures GNSS et de nivellement. La haute résolution altimétrique du modèle de géoïde est atteinte par la prise en compte d'un modèle numérique d'altitudes et d'un modèle simple de densité de la croûte terrestre.

Un modèle de géoïde est aujourd'hui indispensable pour les utilisateurs du GPS puisqu'il permet la conversion des hauteurs ellipsoïdales déterminées par GPS en altitudes orthométriques (« par rapport au niveau de la mer ») d'usage courant. Le modèle actuel de la Suisse (CHGeo2004) présente une précision de l'ordre de 1 à 3 cm sur l'ensemble de la Suisse.

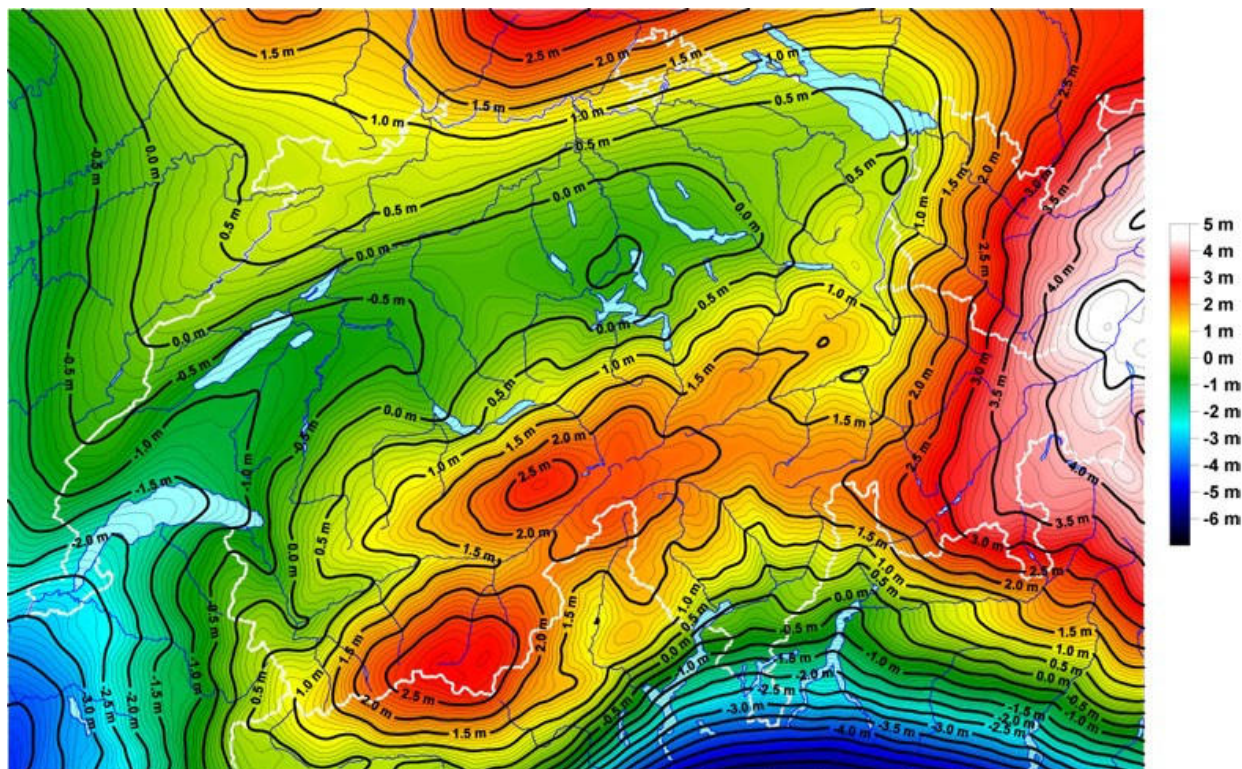


Figure 10 - 6 - Le géoïde en Suisse (CHGeo2004) par rapport à l'ellipsoïde de référence local (cote maximale de ± 5 m)

REFRAME inclut la définition du géoïde 2004, mais également l'ancien modèle de 1998. Ainsi, il est possible de transformer des altitudes orthométriques provisoires (CHGeo98) en altitudes orthométriques « définitives » RAN95 (CHGeo2004).

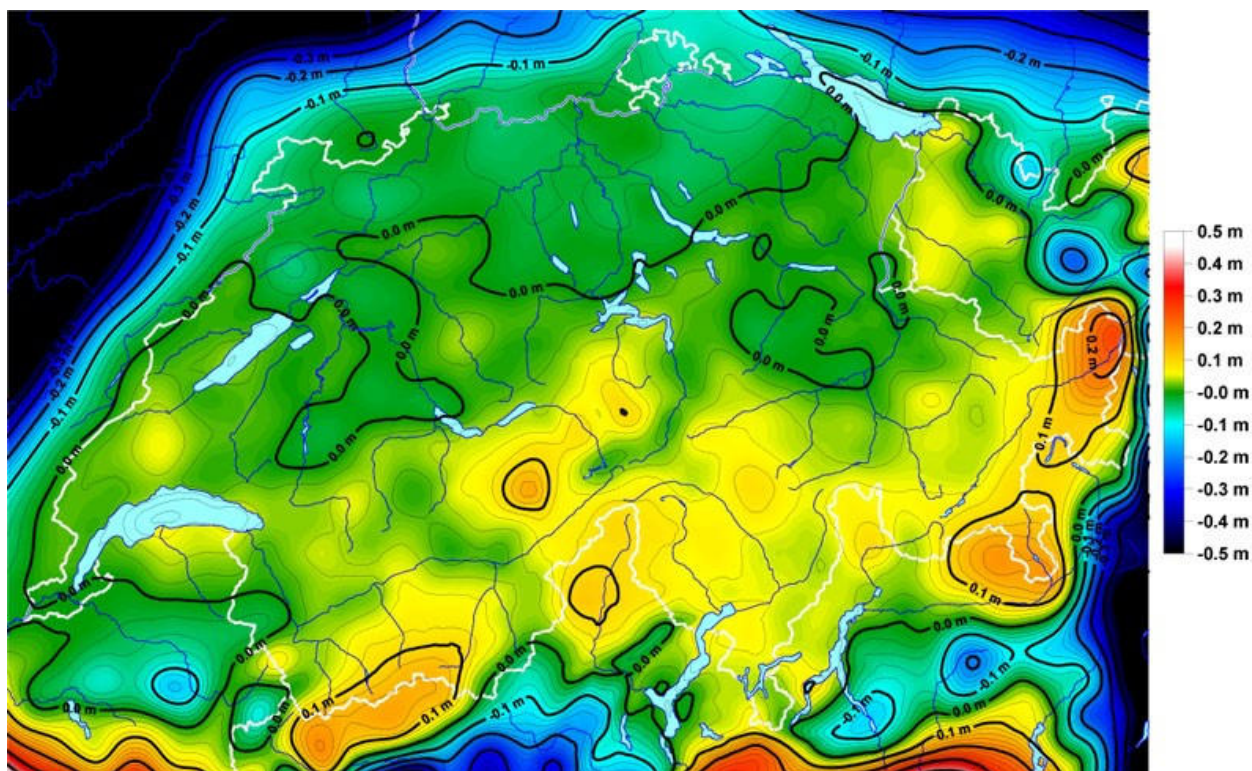


Figure 10 - 7 - Différences entre les modèles du géoïde de 1998 et 2004 (max = 0.2 m)

10.2.2 Paramètres de transformation REFRAME

Transformation de coordonnées globales en coordonnées locales

Le calcul de la transformation de coordonnées globales ETRS89 en coordonnées nationales suisses est basé sur les formules rigoureuses du changement de datum et de la projection suisse cylindrique à axe oblique. Les formules détaillées sont disponibles sur le site Internet de swisstopo <https://www.swisstopo.admin.ch/fr>. Les coordonnées ainsi obtenues sont des coordonnées MN95 exactes. Pour obtenir ensuite des coordonnées nationales MN03, on utilise la transformation par éléments finis (FINELTRA, voir ci-après).

Les ellipsoïdes de référence utilisés dans les transformations de coordonnées géocentriques en coordonnées géographiques ainsi que pour la projection suisse sont les suivants :

Ellipsoïde	½ grand axe a [m]	Inverse aplatissement 1/f	1ère excentricité num. e ²
Bessel 1841	6377397.155	299.15281285	0.006674372230614
GRS80	6378137.000	298.257222101	0.006694380023011

Pour la transition du datum ETRS89 vers CH1903+, les paramètres de transformation suivants sont implémentés :

$X_{CH1903+} = X_{ETRS89} - 674.374 \text{ m}$

$Y_{CH1903+} = Y_{ETRS89} - 15.056 \text{ m}$

$Z_{CH1903+} = Z_{ETRS89} - 405.346 \text{ m}$

Ainsi, les paramètres GRANIT87 ne sont plus utilisés avec REFRAME. Cette fonctionnalité remplace l'ancien programme GPSREF.

Transformation de coordonnées MN03 en MN95

La transformation directe de coordonnées MN03 en MN95 (et réciproquement) n'est possible que de manière approchée. Elle s'effectue par transformations affines basées sur le maillage national des triangles « niveau mensuration officielle » CHENyx06 (FINELTRA). La précision moyenne de l'opération est de $2.2 \pm 1.1 \text{ cm}$. Toutefois, dans certains secteurs, on doit s'attendre à de fortes distorsions locales en MN03 et

ainsi à une précision moindre

Cette fonctionnalité de REFRAME remplace la partie de transformation brute du logiciel FINELTRA.

Transformation de hauteurs ellipsoïdales en altitudes orthométriques

L'altitude orthométrique (RAN95) équivaut à la hauteur ellipsoïdale (brute GNSS, aussi appelée MN95) moins l'ondulation géoïdique. REFRAME intègre les définitions du modèle du géoïde 2004 (CHGeo2004, actuellement utilisée) et 1998 (CHGeo98, altitudes orthométriques provisoires). Les modèles de géoïde sont intégrés sous la forme d'une grille avec une résolution de 1x1 km, dans laquelle le programme effectue une interpolation par une méthode biquadratique.

Cette fonctionnalité de REFRAME remplace les programmes CHGeo98R et CHGeo2004R.

Transformation d'altitudes usuelles en altitudes orthométriques

Une transformation d'altitudes usuelles (NF02) en altitudes orthométriques (RAN95) n'est possible que de manière approchée, en raison des distorsions locales en NF02 ainsi que des différences dans la correction de l'influence du champ de pesanteur. Elle s'effectue sur la base d'une interpolation planimétrique pondérée d'une part, d'un facteur d'échelle altimétrique obtenu par interpolation biquadratique dans une grille de 1x1 km d'autre part. La précision moyenne de cette transformation est meilleure que le cm sur le plateau et le long des lignes de nivellement national, mais peut être supérieure à 10 cm dans les Alpes.

Cette fonctionnalité de REFRAME remplace le programme HTRANS.

10.3 TRANSINT

10.3.1 Introduction

En géodésie appliquée, on se trouve très souvent confronté à des problèmes pouvant être résolus de façon mathématique par des transformations de coordonnées. Deux cas se présentent fréquemment: la comparaison de réseaux indépendants et l'ajustage d'un nouveau réseau dans le système de points fixes existant. L'Office fédéral de topographie a développé le programme TRANSINT qui contient une solution pour la transformation conforme (dans le sens de similitude) par compensation robuste et un procédé pour l'interpolation selon la moyenne arithmétique. Pour corriger des contraintes orientées systématiquement on utilise dans quelques cas peu fréquents une transformation affine. Le programme TRANSINT peut également calculer une telle transformation comme cas généralisé de la transformation conforme. Ce chapitre décrit les modèles mathématiques et donne des indications pour l'utilisation du logiciel.

La présente version de TRANSINT ne traite que les coordonnées; les altitudes ne sont pas concernées.

La comparaison des réseaux géodésiques

Dans deux systèmes de coordonnées différents les coordonnées de points identiques (y , x et y' , x') sont déterminées de façon indépendante. On voudrait maintenant contrôler si les valeurs des points identiques correspondent effectivement dans les deux systèmes et quelle est la grandeur des écarts éventuels.

Dans la plupart des cas, pour résoudre le problème on transforme les coordonnées d'un système de façon conforme (par exemple à l'aide de la transformation d'Helmert) dans l'autre système:

$$\begin{aligned} y' &= y_0 + m \cos \omega y + m \sin \omega x \\ x' &= x_0 - m \sin \omega y + m \cos \omega x \end{aligned} \quad (1)$$

Les paramètres de transformation inconnus sont déterminés à l'aide d'une compensation selon la méthode des moindres carrés, de manière à obtenir la plus petite somme possible des carrés des différences de coordonnées. Les corrections de coordonnées

$$\begin{aligned} dy &= y'(\text{transformé}) - y'(\text{observé}) \\ dx &= x'(\text{transformé}) - x'(\text{observé}) \end{aligned} \quad (2)$$

indiquent les écarts entre les coordonnées des deux systèmes.

L'ajustage d'un réseau sur les points fixes existants

Deux systèmes contenant des points identiques sont donnés: dans le premier système (le système de départ, dans les vieilles versions de TRANSINT aussi nommé 'système local') les coordonnées de tous les points sont données alors que dans le deuxième système (le système de but, ailleurs: 'système global') sont connues uniquement les coordonnées de quelques points (les points d'ajustage). Le but est d'obtenir

les coordonnées de tous les points dans le système de but.

Afin de résoudre ce problème, on cherche une fonction mathématique appropriée (la fonction d'interpolation) qui transforme les coordonnées du système de départ dans celles du système de but. Il arrive rarement qu'une telle fonction soit une simple transformation géométrique (translation, rotation) étant donné que dans la plupart des cas les coordonnées dans les deux systèmes présentent diverses imprécisions aléatoires et systématiques.

Pour le choix d'une fonction d'interpolation appropriée, il est nécessaire que les propriétés fonctionnelles et statistiques des coordonnées existantes (le modèle mathématique) soient suffisamment connues. Selon le modèle apparaît alors l'une ou l'autre, voire même aucune fonction d'interpolation appropriée.

Par conséquent ce problème n'a pas une solution générale pour toutes les applications géodésiques. Dans chaque cas, il faut vérifier quel procédé d'interpolation est le plus indiqué.

L'application la plus fréquente dans le domaine de la mensuration est l'intégration de réseaux calculés sans contraintes, dans un système de points fixes existant d'ordre supérieur. Caractéristique dans cette application est la précision du système local qui est souvent meilleure que celle du système de but.

La solution pratique

Pour la résolution de ces deux problèmes, à savoir celui de la transformation conforme et celui de l'interpolation de nouveaux réseaux géodésiques dans des systèmes de points fixes existants, l'Office fédéral de topographie a développé le programme TRANSINT qui conduit aisément au résultat désiré. Les pages suivantes décrivent le modèle mathématique et les applications possibles dans la pratique.

10.3.2 Transformation conforme robuste

La comparaison de réseaux géodésiques à l'aide de la transformation conforme est un procédé classique très souvent employé en géodésie.

Les applications possibles suivantes serviront d'illustration:

Exemple 1

Après la mesure d'un nouveau réseau de PFP2, les observations ont été compensées sans contraintes, afin d'examiner la précision interne. On désire ensuite, par une transformation conforme, contrôler la concordance entre la nouvelle triangulation et le système de points fixes d'ordre supérieur.

Exemple 2

Lors de mesures de déformations, on désire comparer les coordonnées des points fixes de la mesure de référence avec celles d'une nouvelle mesure. Le réseau des points fixes est compensé sans contraintes pour les deux époques puis le nouveau réseau est transformé dans l'ancien.

Pour les deux applications, la transformation a les caractéristiques suivantes:

- La transformation conforme à 2, 3 ou 4 paramètres (translation, translation ET rotation, transformation d'Helmert).
- Les paramètres de transformation doivent être déterminés de telle sorte que les coordonnées locales transformées conviennent le mieux possible au système des coordonnées de but (principe des moindres carrés).
- Les observations sont les coordonnées de but (anciennes coordonnées) des points qui se présentent dans les deux réseaux (pour chaque point y et x, c'est-à-dire deux observations). En règle générale les points d'ajustage sont nombreux (10 à 100, voire même plus) donc il y a un grand nombre d'observations surabondantes.
- Dans les grands réseaux, on suppose que les coordonnées de départ (les nouvelles coordonnées) d'un nombre limité de points s'écartent considérablement pour une raison quelconque des coordonnées de but (anciennes coordonnées). Le but de cette analyse consiste dans ces cas à identifier de tels points.

Le modèle mathématique

a) La transformation conforme

La transformation peut être calculée selon les formules suivantes bien connues:

$$\begin{aligned} y' &= y_0 + m \cos \omega y + m \sin \omega x \\ x' &= x_0 - m \sin \omega y + m \cos \omega x \end{aligned} \quad (3)$$

et par conséquent, lorsqu'on détermine les paramètres de transformation avec la méthode des moindres carrés, alors les relations d'observations sont:

$$\begin{aligned} y' + v_y &= y_0 + m \cos \omega y + m \sin \omega x & (4) \\ x' + v_x &= x_0 - m \sin \omega y + m \cos \omega x \end{aligned}$$

Lorsque tous les 4 paramètres (y_0 , x_0 , m , ω) sont inconnus (transformation d'Helmert) ou lorsque seuls y_0 et x_0 sont à déterminer (c'est-à-dire que $m = 1$ et $\omega = 0$, translation), les relations d'observation peuvent alors, grâce à des substitutions appropriées, être exprimées sous forme linéaire. Toutefois, si $m = 1$ est donné et y_0 , x_0 et ω sont inconnus, les relations d'observation ne sont plus des fonctions linéaires; il est possible de les linéariser uniquement dans un petit intervalle proche de la solution recherchée.

Etant donné que pour la pratique toutes les variantes ont leur importance, on a choisi pour la programmation les solutions générales tenant compte des relations d'observation non linéaires: les relations d'observation sont linéarisées avant chaque itération par différentiation numérique autour d'une valeur approximative. De cette manière, l'utilisateur du programme peut choisir une variante quelconque avec 2, 3 ou 4 paramètres.

b) La transformation conforme robuste

Comme l'un ou l'autre point d'ajustage possède peut-être de fausses coordonnées dans l'un des deux systèmes, il a été jugé utile de rechercher les paramètres de transformation à l'aide d'une 'compensation robuste' fournissant des résultats proches de la réalité, même s'il existe encore quelques fautes grossières parmi les mesures. Les bases théoriques à cet effet ont été élaborées par P.J. Huber et éditées dans diverses publications ([Références](#) [15], [16] et [17]). Une méthode de solution pour les applications géodésiques du modèle Gauss-Markov (compensation médiate) est décrite dans [Référence](#) [5].

Ici seul le principe de base de la compensation robuste est répété: soit

$$v_i = a_i x_0 + b_i y_0 + \dots + L_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

les équations aux erreurs résultant de la linéarisation des relations d'observation.

Les inconnues (x , y , z , ...) sont déterminées de telle sorte que

$$\sum p(v) = \min \quad (6)$$

La fonction $p(v)$ est alors bien connue, c'est-à-dire

$$p(v) = v^2 \quad (7)$$

Les inconnues sont choisies de manière à obtenir une somme minimale des carrés des écarts résiduels. Lors de fautes grossières (dans le cas présent, fautes de coordonnées), la compensation classique conduit très rapidement à des inconnues inutilisables.

Pour la compensation robuste la fonction $p(v)$ de la condition

$$\sum p(v) = \min \quad (8)$$

est choisie de façon à ce que les inconnues soient moins influencées par d'éventuelles fautes grossières. Conformément à la proposition de P.J. Huber, on a utilisé pour le programme TRANSINT la fonction suivante:

$$\begin{aligned} p(v) &= \frac{v^2}{2} \quad \text{pour} \quad |v_i| < k \cdot m_i & (9) \\ &= k \cdot m_i \cdot |v_i| - \frac{(k \cdot m_i)^2}{2} \quad \text{pour} \quad |v_i| > k \cdot m_i \end{aligned}$$

où k est une constante et m_i l'erreur moyenne de l'observation correspondante. La constante k peut être choisie librement dans le programme; pour les applications habituelles, des valeurs de k entre 2 et 3 sont appropriées. Pour $k \rightarrow \infty$ on obtient la compensation ordinaire selon la méthode des moindres carrés (le programme calcule cette variante lorsque $k = 0$ est introduite).

Plusieurs applications géodésiques de la compensation robuste sont décrites dans la [Référence](#) [34].

c) Fiabilité

La compensation selon la méthode des moindres carrés utilisée lors de la détermination des paramètres de transformation, est, en règle générale, très simple et le jugement empirique de la configuration des points d'ajustage ne devrait normalement poser aucun problème. On a tout de même considéré utile de

prévoir un critère numérique de fiabilité. Lors de l'utilisation de la compensation robuste, les analyses de fiabilité deviennent moins simples et un procédé numérique se révèle indiqué.

La méthode choisie est la détermination des coefficients de 'fiabilité géométrique' pour chaque observation de la compensation, c'est-à-dire que pour chaque coordonnée de but on calcule

$$Z_i = \frac{q_{vv}^{(ii)}}{q_{ll}^{(ii)}}$$

où $q_{vv}^{(ii)}$ et $q_{ll}^{(ii)}$ sont respectivement le i ie élément diagonal des matrices des cofacteurs des résidus et des observations (pour les calculs voir par exemple la [Référence](#) [20]). Z_i est un indicateur pour la surdétermination des grandeurs mesurées et permet une comparaison avec les configurations simples connues. Voici quelques exemples.

Zi	Exemple
0.00	Mesure sans surdétermination
0.33	Trois angles mesurés dans un triangle (1 degré de liberté)
0.50	Double mesure (2 déterminations indépendantes de la même grandeur)
0.67	Triple mesure (3 déterminations indépendantes de la même grandeur)
1.00	Surdétermination totale du réseau (mesure d'une grandeur connue avec précision infinie)

La valeur de Z_i est calculée de manière approchée selon la proposition de [Référence](#) [34]. Les valeurs de Z sont alors à considérer comme des valeurs limites, c'est-à-dire que la surdétermination de l'observation correspondante est meilleure ou égale à la valeur indiquée par le coefficient de fiabilité géométrique.

d) La transformation affine

Si l'on peut admettre que les différences entre les coordonnées sont dépendantes de la direction, par ex. si elles proviennent d'une distorsion du papier, d'un glissement etc., alors une transformation affine peut être mieux adaptée qu'une simple transformation de Helmert.

L'affinité est la transformation linéaire la plus générale dans le plan

$$y' = y_0 + B_x x + A_y y$$

$$x' = x_0 + A_x x + B_y y$$

où

y', x' sont les coordonnées transformées dans le système de but

x, y sont les coordonnées de départ à transformer

$y_0, x_0, B_x, B_y, A_x, A_y$ sont les 6 paramètres inconnus de la transformation.

Les 6 paramètres inconnus sont déterminés par une compensation selon la méthode des moindres carrés. Il est aussi possible de calculer une compensation robuste selon Huber. Mais elle n'est raisonnable que si la surdétermination est suffisante et si la configuration est fiable.

Les paramètres calculés sont imprimés comme résultats. Mais ils ne sont pas faciles à interpréter. C'est pourquoi le programme calcule également d'autres fonctions des paramètres qui, elles, ont une signification géométrique.

Le programme calcule l'indicatrice de Tissot (ellipse de déformation) qui, dans l'affinité, est identique pour tous les points. On calcule les éléments de construction (demi grand-axe a , demi petit-axe b et la direction du demi grand-axe ϕ). Ce sont les déformations maximales, respectivement minimales, calculées de la manière suivante:

$$a = \frac{1}{2} \left(\sqrt{(A_x + A_y)^2 + (B_x - B_y)^2} + \sqrt{(A_x - A_y)^2 + (B_x + B_y)^2} \right)$$

$$b = \frac{1}{2} \left(\sqrt{(A_x + A_y)^2 + (B_x - B_y)^2} - \sqrt{(A_x - A_y)^2 + (B_x + B_y)^2} \right)$$

$$\varphi = \frac{1}{2} \left(\arctan \frac{B_x - B_y}{A_x + A_y} + \arctan \frac{B_x + B_y}{A_x - A_y} \right)$$

En plus sont données les déformations des distances dans les directions X et Y, les déformations maximales des directions ainsi que les déformations des directions en X et Y.

Le modèle mathématique pour la transformation affine ainsi que la programmation sont tirés des travaux de E. Schaub à l'Institut de géodésie et photogrammétrie de l'EPF de Zurich ([Référence](#) [23]).

Emploi de la transformation conforme robuste

La transformation conforme robuste est à utiliser lorsqu'on suppose qu'il existe encore parmi les points d'ajustage certaines fautes et qu'on désire avoir des résultats utilisables rapidement. Pour les applications géodésiques, les valeurs du paramètre k de la compensation robuste devraient être choisies entre 2.0 et 3.0. De petites valeurs de k diminuent l'influence des fautes grossières dans la compensation, mais augmentent le danger d'obtenir une matrice singulière lorsque trop d'observations s'écartent des valeurs compensées.

L'exemple suivant, tiré des mesures des déformations du barrage de Rempen montre une application possible de transformation robuste. En comparant les résultats avec ceux obtenus par la transformation d'Helmert ordinaire, on peut se convaincre des avantages de la méthode robuste.

Le petit barrage de Rempen appartient à un bassin de compensation de la centrale de Wägital. Cet ancien barrage est contrôlé périodiquement par méthode géodésique afin de détecter des déformations éventuelles. L'instabilité des flancs de la vallée présente un problème. Une comparaison des coordonnées des piliers des années 1973 et 1979 montre par exemple des tiraillements évidents.

a) La transformation d'Helmert ordinaire

L'ajustage des coordonnées de 1979 sur celles de 1973, grâce à une transformation d'Helmert (4 paramètres) conduit aux erreurs résiduelles suivantes lorsque tous les 4 piliers sont utilisés comme points d'ajustage:

TRANSFORMATION D'HELMERT

POINTS D'AJUSTAGE ET CORRECTIONS

POINT D'AJUSTAGE	VY [mm]	VX [mm]
PF.1	1.1	2.7
PF.2	3.0	-1.0
PF.3	-0.2	-0.8
PF.4	-3.9	-0.9

Les erreurs résiduelles représentées graphiquement peuvent être interprétées à l'aide d'un simple intervalle de confiance (2 em):

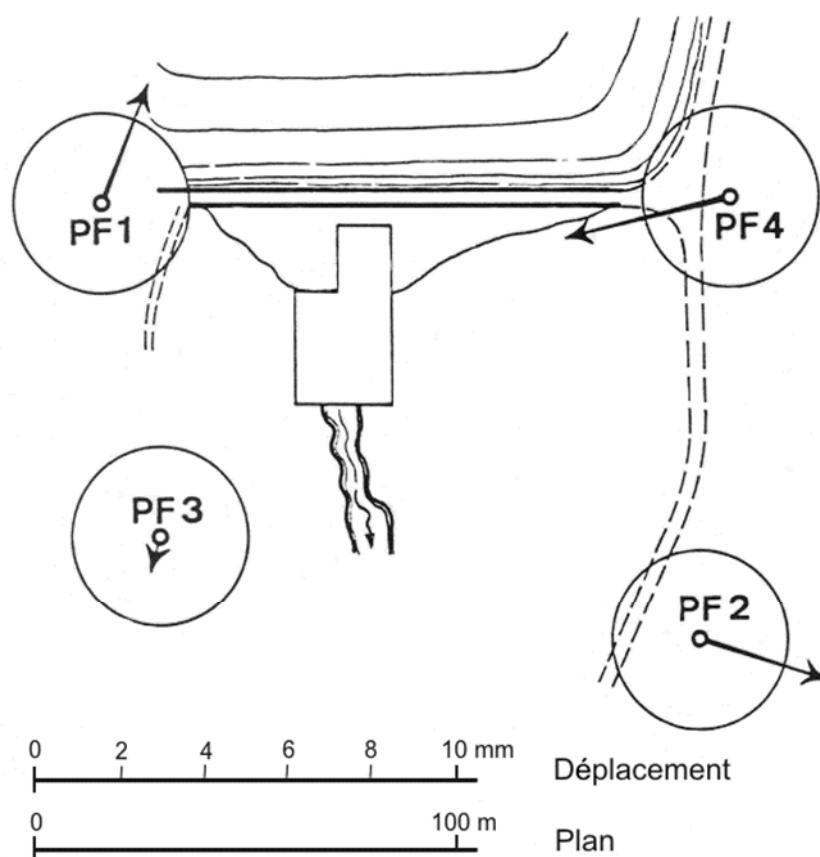


Figure 10 -8 - Erreurs résiduelles lors de transformations d'Helmert usuelles

On peut facilement constater que les deux réseaux (celui de 1973 et celui de 1979) ne vont pas bien ensemble. On ne voit toutefois pas immédiatement si un seul point présente un grand écart ou si plusieurs points ont changé leur position.

b) La transformation robuste

La même transformation avec 4 paramètres a ensuite été exécutée de manière robuste avec $k = 2.0$, afin de montrer son influence sur les résultats. La transformation robuste conduit en une seule étape aux erreurs résiduelles suivantes:

TRANSFORMATION D'HELMERT

TRANSFORMATION ROBUSTE (AVEC $K = 2.0$)

POINTS D'AJUSTAGE ET CORRECTIONS

POINT D'AJUSTAGE	VY [mm]	VX [mm]
PF.1	0.6	1.8
PF.2	1.7	-0.0
PF.3	-0.3	-0.9
PF.4	-5.9	-0.9

L'image graphique montre que le changement de position du pilier 4 était très probablement la cause des tiraillements.

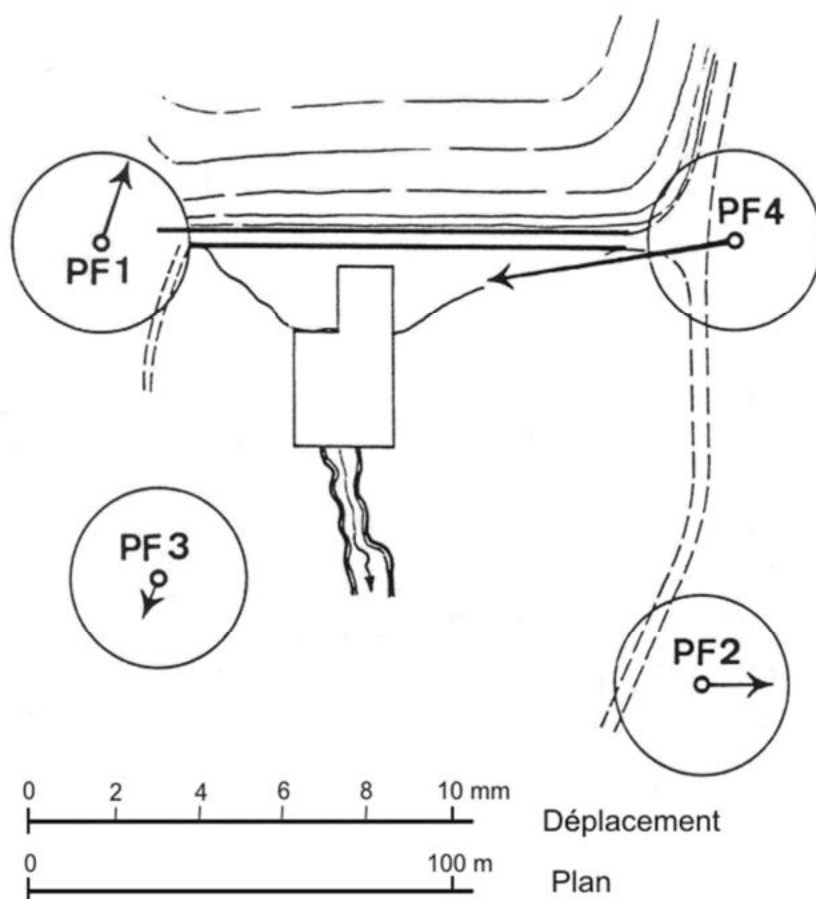


Figure 10 - 9 - Erreurs résiduelles lors de la transformation robuste ($k = 2$)

L'emploi dans des réseaux plus grands avec un grand nombre de points d'ajustage conduit à de meilleurs résultats et facilite l'interprétation, surtout si les fautes sont relativement peu fréquentes (par exemple 10% de fautes dans les points d'ajustage).

10.3.3 Interpolation selon la moyenne pondérée

La mensuration nationale est réalisée par étapes, de nouveaux réseaux sont intégrés dans des réseaux existants d'ordre supérieurs et doivent être reliés aux secteurs voisins plus anciens. Le problème de l'ajustage était résolu jusqu'à maintenant par une compensation contrainte du nouveau réseau, les coordonnées des points de rattachement étant considérées comme fixes. Cette solution s'est imposée dans la pratique car elle exige moins de temps de calcul que toute autre méthode. Avec TRANSINT il existe une alternative à cette méthode.

La compensation contrainte des réseaux conduit à des résultats satisfaisants si les points considérés comme fixes correspondent effectivement aux mesures utilisées dans la compensation ou si, en présence de certains tiraillements, le réseau à adapter est très homogène et que dès lors il en résulte une répartition régulière de ceux-ci. Comme il n'est guère facile de réunir ces conditions en pratique, des méthodes d'interpolation explicites ont gagné en importance parce qu'elles répartissent les tiraillements régulièrement et indépendamment de la disposition du réseau ([Référence](#) [6]).

Applications à la mensuration nationale

L'application la plus fréquente est l'ajustage de nouveaux réseaux géodésiques dans le système de points fixes existant. Le nouveau réseau est mesuré avec les appareils de précision disponibles de nos jours et compensé sans contraintes. Les imprécisions ne sont alors que de quelques cm. Les points fixes du système d'ordre supérieur sont en revanche un héritage du passé et présentent souvent des erreurs systématiques locales de l'ordre de grandeur du décimètre. Mais pour des raisons d'organisation et d'économie ils ne peuvent souvent pas être modifiés.

Les discordances entre les points fixes peuvent être déterminées pratiquement sans erreurs à l'aide du réseau local. Elles sont alors fixes et connues et on ne peut donc pas les considérer comme des grandeurs

stochastiques.

Pour l'adaptation du réseau local dans le réseau supérieur, seules les propriétés mathématiques de la méthode d'interpolation jouent encore un rôle. Celle-ci devrait respecter les conditions suivantes:

- les points d'ajustage interpolés doivent conserver les coordonnées de départ (coordonnées du réseau supérieur)
- les points intermédiaires doivent être interpolés dans la mesure du possible de manière homogène et sans surcorrection
- le calcul doit être effectué aussi rapidement que possible et de manière économique
- les paramètres du modèle devraient avoir une signification aussi évidente que possible

La plupart des programmes d'interpolation actuels ne respectent pas les conditions ci-dessus car ils procèdent plutôt d'une conception statistique du modèle.

Le programme TRANSINT contient un procédé simple, appelé interpolation selon la moyenne arithmétique, qui possède les propriétés souhaitées.

Le modèle mathématique

a) Le problème

Lorsqu'un nouveau réseau est compensé sans contraintes, de nouvelles coordonnées dans le système de coordonnées du calcul sont attribuées à tous les points. Pour ajuster un nouveau réseau dans un réseau existant, on choisit quelques points appropriés dont on connaît déjà les coordonnées dans le réseau existant (supérieur) et que l'on veut conserver sans changement pour des raisons économiques. Ces points sont appelés points d'ajustage. Ceux-ci possèdent des coordonnées dans les deux systèmes, les corrections appropriées sont dy et dx pour lesquels

$$\begin{array}{rclcl} y & + & dy & = & y' & (10) \\ x & + & dx & = & x' \end{array}$$

que l'on calcule directement à l'aide des formules suivantes:

$$\begin{array}{rclcl} dy & = & y' & - & y & (11) \\ dx & = & x' & - & x \end{array}$$

A partir des corrections sur les points d'ajustage, la fonction d'interpolation calcule ensuite des corrections dy et dx convenant également aux autres points du réseau local puis fournit leurs coordonnées globales.

b) Le choix de la fonction d'interpolation

Pour les applications prévues, on peut assez librement construire la fonction d'interpolation, comme cela a été dit plus haut en prenant garde que les quatre conditions mentionnées soient respectées. Pour cela il est opportun de commencer avec des fonctions très simples pour parvenir par la suite, à l'aide d'améliorations successives, à une fonction d'interpolation parfaitement satisfaisante.

En introduisant des poids convenables, par exemple

$$p_i = \frac{1}{d_i^2} \quad (13)$$

où d_i est la distance entre le nouveau point et le i ème point d'ajustage, la moyenne pondérée

$$dy_p = \frac{\sum p_i \cdot dy_i}{\sum p_i} \quad (12)$$

$$dx_p = \frac{\sum p_i \cdot dx_i}{\sum p_i}$$

fournit déjà de bonnes coordonnées pour les points interpolés et satisfait aux conditions posées, si la répartition des points d'ajustage est à peu près régulière et si les coordonnées dans les deux systèmes ont à peu près les mêmes valeurs. Quand les systèmes de coordonnées sont différents, on peut facilement les transformer en deux systèmes presque superposables à l'aide d'une transformation d'Helmert.

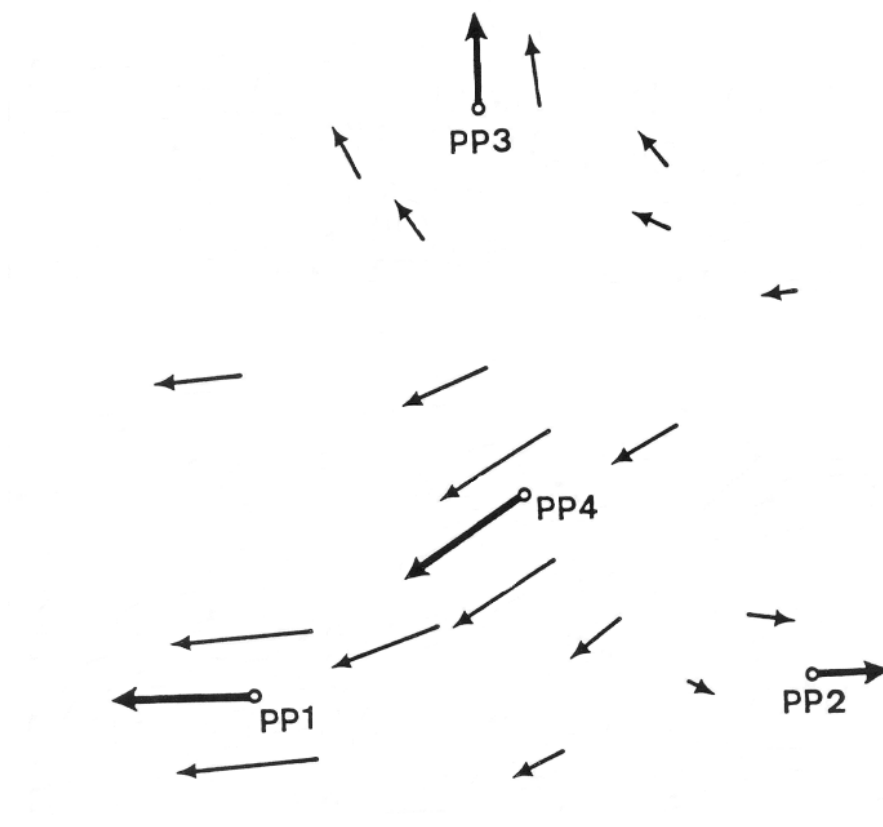


Figure 10 - 10 - Corrections données pour les points d'ajustage et valeurs interpolées pour les points intermédiaires

La moyenne pondérée peut s'exprimer sous forme matricielle comme une compensation par les observations médiates:

$$dy_p = (A^T P A)^{-1} \cdot A^T P \cdot DY \quad (14)$$

$$dx_p = (A^T P A)^{-1} \cdot A^T P \cdot DX$$

où: $A = (1, 1, \dots, 1)$ est un vecteur avec des composantes unitaires,

P est la matrice diagonale des poids

DY et DX sont les vecteurs des corrections de tous les points d'ajustage.

Une inélégance apparaît lorsque plusieurs points d'ajustage sont proches (par exemple plusieurs points excentriques subordonnés à un même point central). Une prépondérance serait alors attribuée à ces points multiples qui perturberait l'homogénéité de l'interpolation. Pour en tenir compte, on peut introduire une matrice de corrélation R entre les points d'ajustage:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nn} \end{bmatrix} \quad (15)$$

De nombreux réseaux ont été examinés pour trouver une fonction de corrélation convenable pour le calcul de chaque coefficient de corrélation r_{ij} . La formule suivante s'est révélée être une bonne approximation pour les applications usuelles:

$$r_{ij} = 0.9 \cdot e^{-\frac{(\ln 1.8) \cdot d_{ij}^2}{d_0^2}} \quad (16)$$

où d_{ij} est la distance entre les i me et j me points d'ajustage et la constante d_0 la distance entre deux points d'ajustage pour lesquels la corrélation a été fixée à $r = 0.5$. Cette formule permet de calculer les valeurs du tableau suivant qui donne la variation de la corrélation en fonction de la distance:

d_{ij} / d_0	r
0	0.90
0.5	0.78
1	0.50
2	0.09
3	0.005
4	0.0001

Dans les réseaux de PFP2 avec une grandeur de maille d_0 l'expérience a montré que les valeurs du tableau constituaient une très bonne approximation pour la corrélation entre les coordonnées compensées. Dès lors le paramètre d_0 prend une signification évidente: On peut le considérer comme la grandeur de maille moyenne des réseaux dans lesquels les points d'ajustage ont été déterminés à l'origine.

Il va de soi que cette signification n'est valable qu'à la condition que les réseaux utilisés ne présentent aucune erreur systématique importante, ce qui est le cas, par exemple, dans les nouveaux réseaux. Lors d'interpolations de nouveaux réseaux dans des réseaux de points fixes anciens et présentant des erreurs systématiques, d_0 doit représenter simplement la distance entre les points d'ajustage pour lesquels la corrélation est de 0.5. Il doit être déterminé empiriquement en examinant la représentation graphique des modifications aux coordonnées des points d'ajustage. d_0 sera choisi aussi petit que nécessaire pour que des points d'ajustage éloignés d'une distance d_0 ou inférieure présentent effectivement des vecteurs très semblables. Des vecteurs très divergents ne doivent apparaître qu'entre des points d'ajustage distants de plus de $2d_0$.

Après fixation de d_0 , la matrice de corrélation est déterminée et on calculera selon [Référence](#) [36] la totalité de la matrice des poids appropriée:

$$P = \sqrt{P_d} \cdot R^{-1} \cdot \sqrt{P_d} \quad (17)$$

P_d est la matrice diagonale des poids qui a été utilisée pour la moyenne pondérée.

Les formules matricielles de la moyenne arithmétique (14) peuvent être reprises sans changements pour cette résolution:

$$dy_p = (A^T P A)^{-1} \cdot A^T P \cdot DY \quad (18)$$

$$dx_p = (A^T P A)^{-1} \cdot A^T P \cdot DX$$

La matrice P ci-dessus n'est plus une matrice diagonale.

Les corrections recherchées pour les points interpolés sont des fonctions linéaires des corrections des coordonnées des points d'ajustage, comme on peut le voir dans les formules (18), à savoir:

$$dy = c_1 dy_1 + c_2 dy_2 + \dots + c_n dy_n \quad (19)$$

$$dx = c_1 dx_1 + c_2 dx_2 + \dots + c_n dx_n$$

avec dans chaque cas $\sum c_i = 1$

En règle générale, les coefficients c_i sont positifs, ce qui est judicieux, et n'occasionne par conséquent aucune surcorrection. Quelques c_i peuvent être négatifs dans des cas particuliers lorsque l'on pondère de manière très différente des points d'ajustage fortement corrélés. Pour éviter ceci on ne tient pas compte des points d'ajustage correspondants lors de l'interpolation. Les autres c_i prennent les valeurs positives souhaitées ($c_i \geq 0$) après une nouvelle formation de la matrice inverse de corrélation et un nouveau calcul consécutif. Même dans les cas extrêmes, les qualités mathématiques requises pour l'interpolation sont ainsi conservées.

La solution numérique

La solution numérique choisie pour la programmation de TRANSINT est relativement simple, de sorte qu'il suffit ici d'indiquer la suite des opérations de manière sommaire.

a) Opérations à n'exécuter qu'une fois pour toute l'interpolation:

- formation de la matrice de corrélation selon la formule (16)
- inversion de la matrice de corrélation
- formation des vecteurs des corrections des points d'ajustage (dy et dx) pour y et x séparément selon la formule (10)

b) Opérations à répéter pour chaque point à interpoler

- formation du vecteur de poids P_d selon la formule (13)
- calcul du vecteur C selon

$$P = \sqrt{P_d} \cdot R^{-1} \cdot \sqrt{P_d} \quad \text{et} \quad C = (A^T P A)^{-1} \cdot A^T P$$

- recherche des c_i négatifs. Si au moins un c_i est négatif, on donnera un poids nul au point d'ajustage dont le c_i est minimum et l'inverse de la matrice de corrélation sera réduite de manière appropriée (voir [Référence \[25\]](#)). La procédure est répétée jusqu'à ce que tous les c_i satisfassent à la condition $c_i \geq 0$. Vient ensuite le calcul de

$$dy_p = C^T \cdot dy \quad \text{et} \quad dx_p = C^T \cdot dx$$

10.3.4 Interpolation selon la méthode Shepard modifiée

L'interpolation de Shepard est une méthode d'interpolation par la moyenne pondérée. Elle consiste à pondérer les observations faites sur les points de calage, les poids étant directement fonction de la distance séparant le point où doit s'effectuer l'interpolation des points de calage. Dans le langage spécialisé, le terme d>IDW (Inverse Distance Weighting) est utilisé.

C'est Donald Shepard ([Référence \[24\]](#)) qui a décrit cette méthode d'interpolation en 1968. Les explications sont tirées de [Référence \[22\]](#) et [Référence \[3\]](#). Elles ont été traduites et parfois complétées.

L'algorithme de Shepard modifié est le suivant :

$$f(x) = \frac{\sum_{i=1}^{N_w} W_i(x) \cdot Q_i(x)}{\sum_{i=1}^{N_w} W_i(x)} \quad ; \quad N_w < N$$

Le nombre total de points de calage est N . Cependant, seuls les N_w points de calage les plus proches sont utilisés pour le calcul au niveau des points nouveaux x .

Quel doit être la taille de N_w ? (recommandations de ALGLIB)

« N_w contrôle le caractère local de l'algorithme (remarque : c'est-à-dire jusqu'à quelle distance la pondération doit avoir des effets, voir le paragraphe traitant de la fonction de pondération). De trop grandes valeurs rendent l'interpolation trop globale (le calcul devient long et l'interpolation ne permet pas de prendre en compte des caractéristiques locales). A l'opposé, de trop petites valeurs pour N_w conduisent à des interpolations imprécises et contenant des pointes (par exemple si $N_w = 1$ il s'agit d'une interpolation selon le principe du plus proche voisin qui est décrit de manière plus détaillée dans [Référence \[14\]](#) et [Référence \[1\]](#).

Une bonne valeur pour N_w se situe normalement légèrement au-dessus de $\max(1.5 \cdot N_q, 2D + 1)$ »

D donne la dimension de l'espace. En géodésie cette dimension n'étant que de 2 ou 3, N_w sera toujours égal à $1.5 \cdot N_q$. Renka ([Référence \[22\]](#)) a obtenu de bons résultats avec une valeur de $N_w = 19$ pour des données en deux dimensions.

GeoSuite fixe N_w selon $N_w \geq 2D + 1$ et recommande $N_w \approx 2 \cdot N_q$

Paramètre	Dimension de l'espace
-----------	-----------------------

	1	2	3
Nw	3	5	9

La fonction de pondération $W_i(x)$

$$W_i(x) = \left(\frac{R_x - \|x - x_i\|}{R_x \cdot \|x - x_i\|} \right)^2 = \frac{1}{\|x - x_i\|^2} - \frac{1}{R_x^2}, \quad R_x = \max_{N_w} \|x - x_i\|$$

Le rayon d'influence R_x est ainsi la distance maximale séparant le point nouveau x des N_w plus proches points de calage x_i . Au-delà de ce rayon, la valeur de W_i est nulle.

La fonction nodale $Q_i(x)$

La fonction nodale (en anglais : nodal function) Q_i remplace le résidu z_i . C'est une approximation locale z_i au niveau de point de calage x_i . $Q_i(x)$ est une fonction bivariable* et, à choix, quadratique, linéaire ou constante. Les coefficients de la fonction $Q_i(x)$ résultent d'un calcul selon le principe des moindres carrés basé sur un jeu de N_q points de calage les plus proches de x_i et sous la condition que $Q_i(x) = z_i$.

*Une fonction est dite bivariable si elle contient exactement deux variables inconnues (par exemple $f(x,y) = 3x^3 + y + y^3$. La fonction f dépend de deux («bi») variables x et y).

Mathématiquement: $Q_i(x) = x^T A x + b^T x + g$

$$A \in \mathbb{R}^{D \times D}, b \in \mathbb{R}^D, g \in \mathbb{R}$$

Exemple de calcul de cette fonction nodale $Q(x)$ (cas bidimensionnel) :

Point $x = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$ coefficients $A = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}$; $b = \begin{bmatrix} e \\ f \end{bmatrix}$ et g

Après multiplication : $Q_i = ax^2 + bxy + cxy + dy^2 + ex + fy + g$

Comme il n'est pas possible d'avoir deux coefficients indépendants b et c pour xy , on pose $c = b$ et l'on obtient : $Q_i = ax^2 + 2bxy + dy^2 + ex + fy + g$

Pour le i -ème point de calage il faut encore introduire la condition : $Q_i(x_i) - z_i = 0$.

Les six coefficients inconnus $[a \ b \ d \ e \ f \ g]^T$ sont à déterminer à l'aide d'au minimum 3 points de calage. Tout cela conduit à un « modèle de compensation médiale avec conditions entre les inconnues » (également appelé modèle de GAUSS-MARKOV).

Quelle doit être la taille de N_q ?

N_q contrôle un autre aspect du voisinage, en fait le nombre de noeuds qui vont être utilisés pour former la fonction nodale $Q_i(x)$. Une bonne fonction nodale doit passer par (x_i, y_i) et donner une bonne approximation de la fonction dans son voisinage.

Une trop petite valeur de N_q rendra impossible une bonne approximation.

Une trop grande valeur pour N_q conduira à un $Q_i(x)$ avec un comportement trop global, ce qui n'est évidemment pas très bon aux endroits où il serait précisément nécessaire de sentir l'influence de x_i .

Une bonne valeur pour N_q est celle de 1.5 fois plus grande que le nombre de paramètres de la fonction nodale : $1+D$ pour une fonction nodale linéaire, $(D+2) \cdot (D+1)/2$ pour une fonction nodale quadratique.

Renka ([Référence](#) [22]) a obtenu de bons résultats pour des données bidimensionnelles avec une valeur de $N_q = 13$.

Si l'on ne donne pas de valeurs, GeoSuite donne les valeurs suivantes à N_q :

Fonction nodale	Paramètre	Dimension de l'espace D		
		1	2	3
constante	N_q est ignoré	--	--	--
linéaire	$N_q \geq \text{maximum de } (1.5 \cdot (D+1)) ; 2D + 1)$	3	5	9

quadratique	$N_q \geq \text{maximum de } (3/4 \cdot (D+2) \cdot (D+1) ; 2D + 1)$	5	9	15
-------------	--	---	---	----

Il faut cependant également mentionner plusieurs inconvénients :

- La méthode de Shepard modifiée n'est véritablement plus rapide que l'algorithme de pondération par l'inverse du carré de la distance que pour de gros jeux de données (avec des centaines de points) et que pour des espaces de faibles dimensions (2 à 5).
- Même si l'algorithme peut travailler dans n'importe quel système de coordonnées, il perd de son intérêt si les points se situent dans un sous-espace de faible dimension. Dans ce cas, les algorithmes SVD (Décomposition en valeur propre, décomposition spectrale) basés sur des traitements appliquant les moindres carrés remplacent peu à peu les algorithmes basés les méthodes de décomposition LU*.
- Dans quelques rares cas, $f(x)$ peut montrer des discontinuités. Une discontinuité peut apparaître si plus de N_w prochains voisins de x sont à la même distance de x . Dans de tels cas, il faudrait choisir l'algorithme de recherche de voisins au hasard de type k -NN (i.e. un algorithme de recherche du plus proche voisin - Nearest Neighbour - de dimension k). Ceci peut dépendre d'erreurs d'arrondis ou de l'ordre dans les points voisins résultant de la structure du programme de recherche. Malgré tout, $f(x)$ reste limité et si l'on augmente N_w , la probabilité de telles situations diminue. Pour éviter ce genre de problèmes, dans des systèmes de coordonnées cartésiens, on peut limiter N_w vers le bas.

*Décomposition LU : voir par exemple https://fr.wikipedia.org/wiki/Décomposition_LU

10.4 FINELTRA

10.4.1 Introduction

Le système de référence (CH1903) et le cadre de référence (MN03) utilisés pour la quasi-totalité des travaux de mensuration effectués en Suisse sont tous deux basés sur les fondements plus que centenaires de la mensuration nationale, ce qui explique que le cadre de référence MN03 présente des déformations d'ordre métrique. Les méthodes modernes par satellites permettent désormais d'utiliser un nouveau cadre de référence pour la mensuration nationale (MN95) d'une précision bien supérieure à l'ancien, puisque les déformations ne sont ici que de l'ordre du centimètre.

Il n'est cependant pas envisageable d'introduire le nouveau système de référence du jour au lendemain en mensuration officielle, raison pour laquelle des outils mathématiques sont requis pour la période de transition, afin que les deux cadres MN03 et MN95 puissent coexister et que la transformation de l'un vers l'autre soit possible.

Le programme FINELTRA constitue un tel outil, développé à l'IGP de l'EPF Zurich pour le compte de l'Office fédéral de topographie, basé sur une transformation (linéaire) affine à l'aide d'éléments finis.

Cette méthode repose sur un découpage de la Suisse en mailles triangulaires dont les sommets sont en règle générale des points connus aussi bien en coordonnées MN03 que MN95.

Pour chacun des triangles, la transformation linéaire est définie de telle façon qu'elle permette de passer exactement, pour les sommets, des coordonnées dans l'un des systèmes aux coordonnées dans l'autre système.

La transformation affine ainsi définie est ensuite appliquée à tous les points du triangle (à l'intérieur comme sur son périmètre).

Le programme permet d'améliorer localement la transformation par l'intermédiaire d'une densification des points d'appui partout où le nouveau système national est densifié par des mesures géodésiques.

Les altitudes des points transformés par FINELTRA restent inchangées.

10.4.2 Le modèle mathématique

L'idée sur laquelle repose FINELTRA consiste à décomposer la totalité du territoire national en surfaces élémentaires triangulaires (finies) au sein desquelles des transformations de coordonnées affines sont effectuées. Tout chevauchement ou toute lacune dans le maillage triangulaire est à proscrire.

Dans sa première version, ce réseau de triangles s'appuie sur les points de triangulation de 1er et de 2ème ordre intégrés dans la compensation de diagnostic de la triangulation nationale. Les coordonnées officielles MN03 existent pour ces points, de même que des coordonnées MN95 déduites de mesures de rattachement aux points principaux de la MN95. Ils peuvent par conséquent servir de points de calage dans le cadre de la transformation de coordonnées. Une attention toute particulière doit être portée à la définition du réseau des triangles. Il doit être garanti que les points de triangulations d'ordres inférieurs (3ème et 4ème ordre), les points de la mensuration officielle et l'ensemble des autres points de détail ne sont influencés, dans le cadre de la transformation, que par les points de calage (1er et 2ème ordre) auxquels ils sont reliés par des mesures. Ces points forment également la base directe ou indirecte du calcul de coordonnées dans le système national en cours de validité.

Afin que l'ensemble du territoire de la Suisse et de la principauté du Liechtenstein soit couvert par un réseau de triangles, il a fallu, en certaines occasions, introduire des points d'appui de transformation artificiels, obtenus par calcul, situés en territoire étranger mais à proximité de la frontière. Leurs coordonnées MN03 et MN95 ont été déterminées à partir des 'véritables' points d'appui de transformation en extrapolant les déformations.

Afin d'accroître encore la précision de la transformation, le maillage triangulaire existant devra être densifié par des points d'appui supplémentaires.

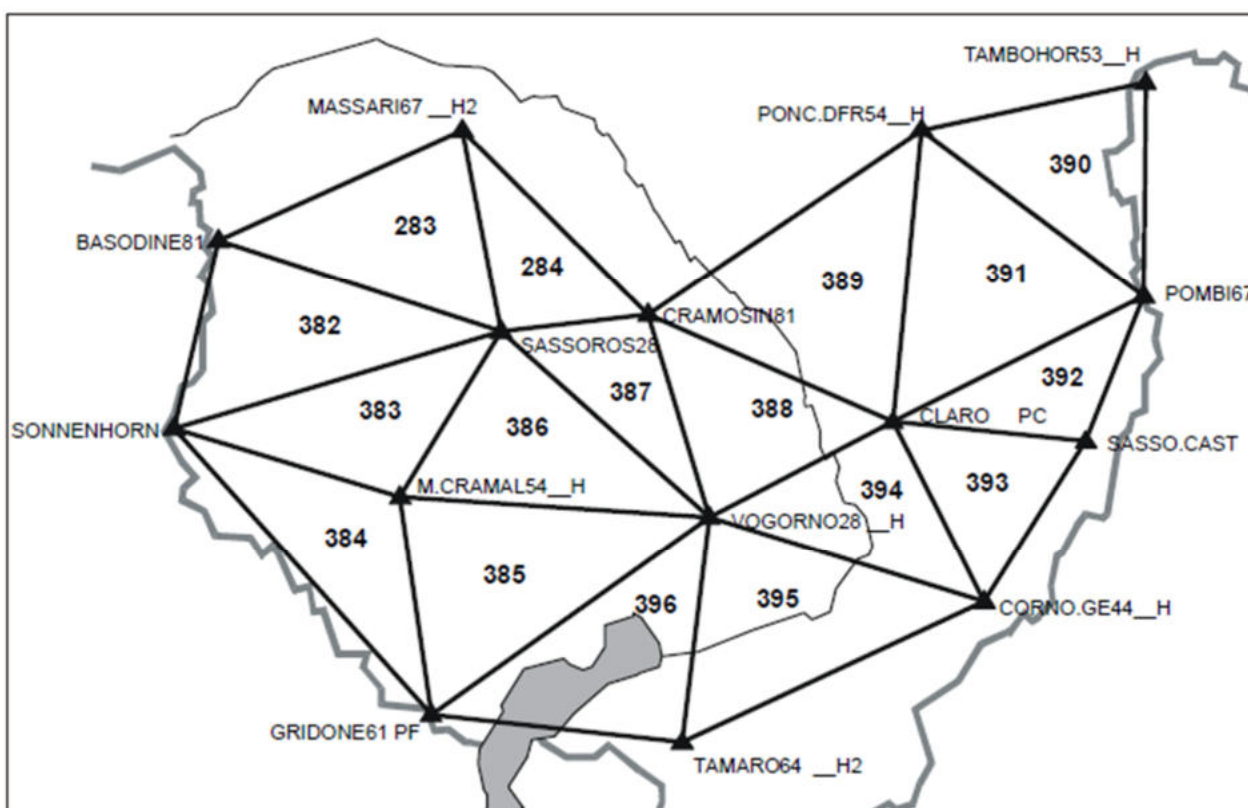


Figure 10 - 11 - Exemple de maillage triangulaire dans le sud de la Suisse.

La transformation de coordonnées s'effectue point par point. Il convient donc, en premier lieu, de déterminer le triangle dans lequel se situe le point à convertir.

Les coordonnées transformées dans le système final (Y' et X') sont définies comme des fonctions linéaires des coordonnées dans le système initial (Y et X) :

$$X' = a_0 + a_1 X + a_2 Y$$

$$Y' = b_0 + b_1 X + b_2 Y$$

Cette forme générale de transformation linéaire est également appelée une transformation affine. Les six paramètres (a_0 , a_1 , a_2 , b_0 , b_1 et b_2) sont déterminés à partir des coordonnées des points de calage pour chacun des triangles du maillage.

10.4.3 La solution numérique

Le programme lit les informations relatives à un point contenues dans le fichier d'entrée et contrôle, en

utilisant la méthode décrite ci-dessous, s'il se trouve au sein d'un triangle donné du maillage. En combinaison avec les sommets T1, T2 et T3 du triangle ci-dessous, le point courant T forme trois nouveaux triangles pour lesquels une surface P est à chaque fois calculée :

Surface P du triangle (T1,T2,T3) :

$$P = 0.5 [X1(Y2 - Y3) + X2(Y3 - Y1) + X3(Y1 - Y2)]$$

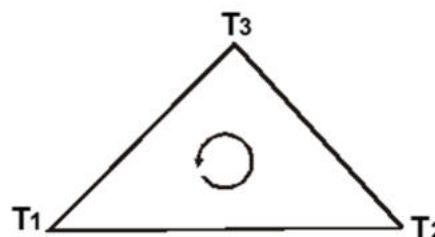


Figure 10 - 12 - Sens de rotation positif

Le sens de rotation est très important pour le calcul de la surface. Dans le cas d'un sens de rotation positif (sens anti-horaire, cf. Fig. 2), la surface obtenue est dite positive. Le choix du premier point est sans influence, le choix du deuxième point est en revanche déterminant.

Les cas suivants peuvent être distingués :

A) Le point T se situe hors des limites du triangle du maillage :

L'une au moins des trois surfaces partielles P1(T,T2,T3), P2(T1,T,T3) ou P3(T1,T2,T) sera négative. Le programme passera alors au triangle suivant du maillage.

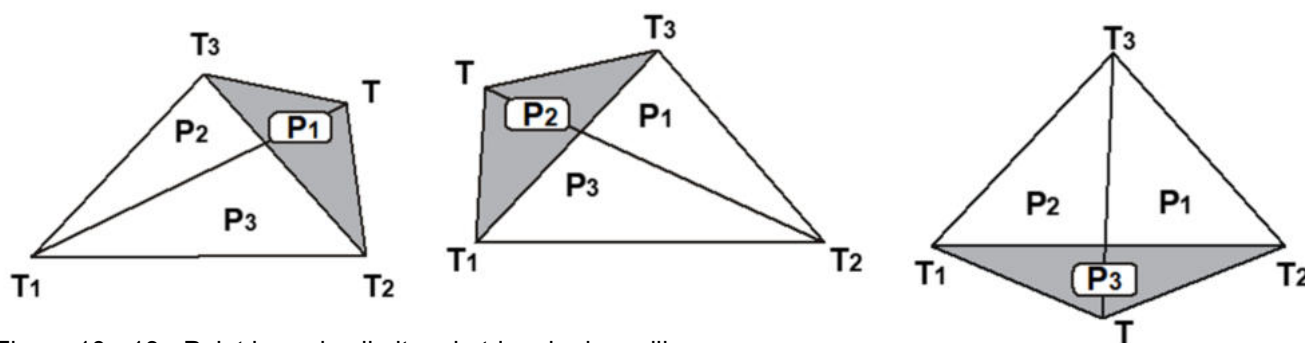


Figure 10 - 13 - Point hors des limites du triangle du maillage

B) Le point se situe dans les limites du triangle du maillage :

Les trois surfaces partielles sont positives dans ce cas et le triangle du maillage dans lequel doit s'effectuer l'interpolation est donc trouvé. Un triangle est également retenu lorsque 1 (arête) ou 2 (sommets) surfaces partielles sont nulles, les autres étant positives.

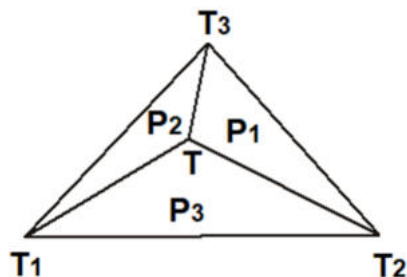


Figure 10 - 14 - Point dans les limites du triangle du maillage

Les résidus de l'interpolation (DY et DX) sont alors calculés à l'aide des formules suivantes :

$$DY = \frac{v_{y1}P_1 + v_{y2}P_2 + v_{y3}P_3}{P_1 + P_2 + P_3} \quad \text{où} \quad v_{yi} = Y'_i - Y_i$$

$$DX = \frac{v_{x1}P_1 + v_{x2}P_2 + v_{x3}P_3}{P_1 + P_2 + P_3} \quad \text{où} \quad v_{xi} = X'_i - X_i$$

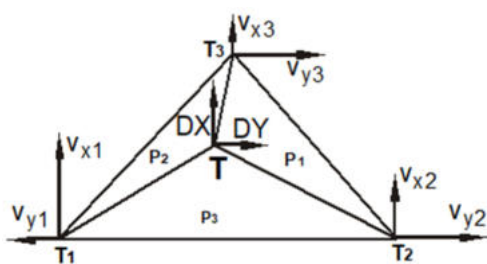


Figure 10 - 15 - Calcul des résidus sur les coordonnées

L'influence la plus forte sur les valeurs des résidus sur les coordonnées est exercée par le point de calage auquel le triangle partiel le plus étendu fait face.

Les coordonnées transformées définitives sont calculées à l'aide des formules suivantes :

$$Y' = Y + DY$$

$$X' = X + DX$$

10.4.4 Caractéristiques principales de la transformation La transformation est univoque et réversible, de sorte qu'il est toujours possible de revenir à l'identique aux coordonnées initiales par l'intermédiaire d'une transformation inverse.

- La transformation des points de calage fournit exactement les coordonnées finales connues.
- Les points intermédiaires sont transformés de façon homogène et sans aucune "sur-correction".
- Une densification des points de calage dans un triangle est sans influence sur les autres triangles. Une amélioration progressive est par conséquent possible.
- Le calcul ne nécessite pas de capacités excessives et peut donc être effectué par tous les utilisateurs.
- La transformation à l'aide d'éléments finis peut être combinée à toute autre prétransformation, éventuellement plus complexe.

10.4.5 Le fichier du maillage triangulaire

Une fois élaboré, le fichier du maillage triangulaire s'applique à la totalité du territoire national et ne peut subir de modifications qu'avec l'autorisation des services compétents. Des modifications locales peuvent être entreprises dans la définition des triangles ou dans les coordonnées des points de calage. Les utilisateurs doivent en être informés et le fichier du maillage triangulaire modifié doit leur être fourni le cas échéant (principe de la gestion centralisée).

Le fichier du maillage triangulaire se compose de trois parties distinctes : 1. la définition des triangles, 2. les coordonnées initiales (MN03 par exemple) et 3. les coordonnées finales (MN95 par exemple). Les différentes parties sont séparées les unes des autres par une ligne débutant par '-999'.

1ère partie: la définition du maillage triangulaire

La définition du maillage triangulaire est précédée par trois lignes de titre. Cette partie est structurée comme suit :

Pos.	Type	Signification	Remarques
1-7	Entier	Numéro du triangle	Numérotation en continu
8-21	Texte	Nom du 1er point du triangle	Point quelconque du triangle
23-36	Texte	Nom du 2ème point du triangle	Dans le sens anti-horaire
38-51	Texte	Nom du 3ème point du triangle	Dans le sens anti-horaire
53-56	Entier	Année de définition	Année d'introduction du triangle

58-61	Entier	Année d'élimination	Année de suppression du triangle
63-67	Entier	Code de contrôle	Dénué de signification pour l'instant

L+T - BERN, Uebersetzung 28. November 2001

TITEL: ARBEITSDATEI FÜR DIE KOORDINATENTRANSFORMATION ÜBER FINITE ELEMENTE

DREIECKSVERMASCHUNGSDEFINITION : STAND DER NACHFÜHRUNG: 1996

1 HASPEL78 KALTWANGEN H.RANDEN78ZPH 1993
 2 KALTWANGEN B.RANDEN H.RANDEN78ZPH 1993
 3 B.RANDEN HOHENTWIELBPPF H.RANDEN78ZPH 1993
 4 B.RANDEN STAMMHEIM N HOHENTWIELBPPF 1993
 5 B.RANDEN ANDELFINGEPF STAMMHEIM N 1993

...

...

548 POUILLER71__H FAUX.ENS64BPH TSP19 1993
 549 TSP19 FAUX.ENS64BPH TSP20 1993
 550 FAUX.ENS64BPH GLASERBERGTP TSP20 1993
 551 SCESAPLANA TSP2 H.FRESCH26ZPH 1993
 552 TSP9 CAMPO.FI29 GRIDONE61 PF 1993
 -999

2ème partie: les coordonnées initiales

Les coordonnées des points des triangles exprimées dans le système initial font suite à une ligne de titre devant obligatoirement débiter par « \$\$PK ». Les coordonnées en MN03 figurent d'ordinaire dans cette partie. Les significations suivantes sont attachées aux différentes colonnes :

Pos.	Type	Signification	Remarques
1-14	Texte	Nom du point	Doit être identique au nom de la 1ère partie
16-27	Nombre réel	Coordonnée Y en [m]	Valeur Est
28-39	Nombre réel	Coordonnée X en [m]	Valeur Nord
41-44	Entier	Année d'introduction	Date à partir de laquelle ces coordonnées s'appliquent
46-53	Nombre réel	Altitude	Non utilisée dans FINELTRA
63-67	Entier	Code de contrôle	Dénué de signification pour l'instant

\$\$PKCOORD.FILE OFFIZIELLE KOORDINATEN DER REFERENZPUNKTE, ERGÄNZT AM 5.4.93/CH

AERMIGHO47 621081.7100 154516.6700 1993 2742.4300

ALBIS PF 682732.7400 235616.0300 1993 878.9900

ALTELS21 618433.6900 141982.0900 1993 3629.4000

ANDELFINGEPF 693682.7400 272191.0700 1993 445.9200

B.RANDEN 685740.5800 284456.8100 1993 649.5000

```

...
...
WEISSFLUH PF  779675.0100 189818.9600 1993 2844.3300
WILIBERG61ZPH 644396.2700 235298.1100 1993 684.9800
WISENBER80ZPH2 633458.4900 250274.4500 1993 1001.5300
YENS77      521209.8700 153382.6600 1993 655.4600
ZIMMERWALDSW 602062.2800 191792.9000 1993 897.8400
-999

```

Il est possible qu'un point apparaisse à plusieurs reprises dans la liste, avec des coordonnées différentes et avec une année d'introduction différente.

3ème partie: les coordonnées finales

Les coordonnées des points des triangles exprimées dans le système final font suite à une ligne de titre devant obligatoirement débiter par « \$\$PK ». Les coordonnées en MN95 figurent d'ordinaire dans cette partie. Les significations attachées aux différentes colonnes sont identiques à celles de la 2ème partie.

```

$$PKDef. Berechnung DIA95 27.2.96 11:24 (1 Identitaet pro Pkt fuer FINELTRA)
AERMIGHO47  2621081.54 1154516.58 1993
ALBIS  PF  2682733.56 1235615.90 1993
ALTELS21    2618433.31 1141982.10 1993
ANDELFINGE PF 2693683.80 1272190.87 1993
B.RANDEN    2685741.75 1284456.54 1993
.
.
.WEISSFLUH PF 2779675.78 1189818.85 1993
WILIBERG61ZPH 2644396.89 1235298.23 1993
WISENBER80ZPH2 2633458.99 1250274.69 1993
YENS77      2521209.41 1153383.27 1993

```

Le format binaire du fichier du maillage triangulaire

Le format « classique » du fichier du maillage triangulaire décrit dans les paragraphes précédents est parfaitement adapté au nombre relativement réduit des triangles actuellement définis. Il est toutefois apparu qu'en présence d'un nombre élevé de triangles, l'affectation des coordonnées aux points des triangles nécessitait un temps de calcul totalement disproportionné.

C'est pourquoi il existe, à partir de la version 2002 de FINELTRA, une forme binaire du fichier du maillage triangulaire réduisant fortement le temps de calcul requis par une transformation. Ce fichier contient pour l'essentiel les mêmes informations que le fichier en format «classique» et peut être généré par le programme FINELTRA lui-même à partir d'un fichier 'classique'. Le format binaire présente par ailleurs l'avantage d'offrir une protection plus efficace contre toute modification involontaire du contenu du fichier.

10.4.6 Les composantes de déformation de l'application affine

Au chapitre [Le modèle mathématique](#), il a été mentionné que le modèle mathématique de FINELTRA reposait sur la définition d'une application affine plane (linéaire) pour chacun des triangles du maillage. Dans sa forme la plus générale, cette application peut être exprimée comme suit (correspondant à la formulation matricielle des équations du paragraphe 2.1) :

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_0 \\ b_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} \quad (6.1)$$

Les 6 paramètres de cette application sont déterminés au moyen de trois points d'appui, à condition que

ceux-ci ne définissent pas une droite. La matrice regroupant les éléments a_1 , a_2 , b_1 et b_2 est appelée la matrice de déformation F .

Les caractéristiques principales de l'application affine sont les suivantes :

- Les droites sont transformées en droites (linéarité de l'application)
- Le parallélisme est conservé
- Les rapports de longueurs et de surfaces sont conservés
- Les cercles sont transformés en ellipses
- Elle n'est ni équivalente ni conforme

Les paramètres a_0 et b_0 peuvent être considérés comme les translations entre les deux systèmes. Les deux coefficients a_1 et b_1 , proches de l'unité en cas de réseaux peu déformés, représentent les facteurs d'échelle dans les directions nord-sud et est-ouest. Les coefficients a_2 et b_2 sont proches de 0 si les réseaux restent peu déformés. Du point de vue géométrique, ils peuvent être interprétés comme les tangentes des angles de rotation affectant chacun des deux axes de coordonnées. Ainsi, $a_2 = \tan(\beta)$ définit l'amplitude de la rotation de l'axe Y tandis que $b_1 = \tan(\alpha)$ définit l'amplitude de la rotation de l'axe X . Ces deux angles sont également appelés les angles de cisaillement.

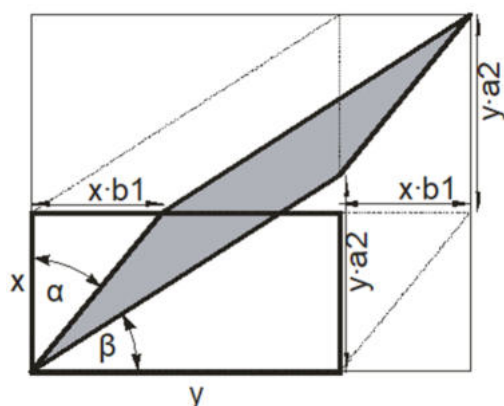


Figure 10 - 16 - Exemple de cisaillement

Les paramètres a_0 , a_1 , a_2 , b_0 , b_1 et b_2 sont fortement liés aux directions des axes de coordonnées. D'autres représentations des applications affines permettent une analyse plus poussée des déformations, la signification géométrique attachée aux différents coefficients y étant plus facile à percevoir. La matrice de déformation F peut par exemple être décomposée en une matrice de rotation D et une matrice de contrainte symétrique E (tenseur des contraintes, Strain Tensor) :

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} dy \\ dx \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos \omega & \sin \omega \\ -\sin \omega & \cos \omega \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} r & s \\ s & t \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} \quad (6.2)$$

Le déplacement du triangle (translation et rotation) est de la sorte séparé de sa déformation (échelle et cisaillement).

L'équivalence entre les éléments des équations (6.1) et (6.2) permet de déduire les relations liant les coefficients de la matrice F à ceux des matrices D et E , selon :

$$\omega = \arctan \frac{a_2 - b_1}{a_1 + b_2} \quad \text{et par suite}$$

$$r = a_1 \cdot \cos \omega - b_1 \cdot \sin \omega$$

$$s = a_1 \cdot \sin \omega + b_1 \cdot \cos \omega = a_2 \cdot \cos \omega - b_2 \cdot \sin \omega$$

$$t = a_2 \cdot \sin \omega + b_2 \cdot \cos \omega$$

L'angle ω correspond à la rotation moyenne. Les deux termes r et t peuvent également être interprétés ici comme les facteurs d'échelle dans les directions des axes de coordonnées pivotés. Ils sont quasiment identiques aux paramètres a_1 et b_2 du fait de la très faible ampleur des rotations dans les réseaux géodésiques. L'angle de cisaillement $\sigma = \arctan(s)$ dans le système pivoté est le même dans les directions des deux axes.

Les échelles et les angles de cisaillement sont donc différents suivant le système de coordonnées retenu. Il est possible de définir un système de coordonnées dans lequel les échelles soient maximales et les

cisaillements inexistant. Il s'agit de ce que l'on appelle le système des axes principaux :

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} dy \\ dx \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} \quad (6.3)$$

Il est donc procédé à une première rotation dans le système des axes principaux, suivie de l'application des deux facteurs d'échelle puis de la rotation inverse de façon à revenir dans le système initial (angle de rotation $-\theta$).

La résolution du système (par équivalence entre 6.3 et 6.2) fournit alors :

$$m_1 = \frac{1}{2} \left(r + t + \sqrt{(r-t)^2 + 4s^2} \right)$$

$$m_2 = \frac{1}{2} \left(r + t - \sqrt{(r-t)^2 + 4s^2} \right)$$

$$\theta = \frac{1}{2} \arctan \frac{2s}{r-t}$$

Il s'agit là du demi-grand et du demi-petit axe de l'ellipse de déformation ainsi que du gisement du demi-grand axe. Ces 3 grandeurs suffisent à décrire complètement les rapports de déformations et correspondent aux éléments de l'indicatrice de Tissot utilisée pour les projections cartographiques.

Le terme $\rho = \frac{1}{2} \sqrt{(r-t)^2 + 4s^2}$ correspond à la déformation en direction la plus forte.

Le produit de m_1 et de m_2 fournit la déformation surfacique (dilatation) d'une application affine et sa racine constitue le facteur d'échelle moyen k . Dans le cas de déformations minimales telles que celles rencontrées dans les réseaux géodésiques, il est également possible de remplacer ce terme par la moyenne arithmétique :

$$k = \sqrt{m_1 \cdot m_2} = \sqrt{r \cdot t - s^2} = \sqrt{a_1 \cdot b_2 - a_2 \cdot b_1} \approx \frac{m_1 + m_2}{2} \approx \frac{r+t}{2} \approx \frac{a_1 + b_2}{2}$$

La déformation surfacique (et par suite la dilatation) peut donc être calculée par le déterminant de la matrice de déformation F ou de la matrice de contrainte E et est donc indépendante du système de coordonnées sélectionné.

En séparant le facteur d'échelle moyen k de la matrice de contrainte E , une représentation supplémentaire est obtenue, décomposant la transformation affine en une similitude (translation, rotation, facteur d'échelle) et un cisaillement (déformation angulaire) :

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} dy \\ dx \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos \omega & \sin \omega \\ -\sin \omega & \cos \omega \end{bmatrix} \cdot k \cdot \begin{bmatrix} r/k & s/k \\ s/k & t/k \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} \quad (6.4)$$

Une représentation linéaire simplifiée peut en être déduite en cas de faibles déformations :

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} dy \\ dx \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1+\sigma & \omega \\ -\omega & 1+\sigma \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1+\tau & v \\ v & 1-\tau \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} \quad (6.5)$$

Les significations suivantes sont alors attachées aux 4 paramètres :

$$\sigma : \text{extension (facteur d'échelle moyen)} \approx \frac{r+t}{2} - 1$$

$$\omega : \text{rotation moyenne (en radians)} \approx \frac{a_2 - b_1}{2}$$

$$\tau : (\text{tau, première composante de cisaillement, facteur d'échelle différentiel}) \approx \frac{r-t}{2}$$

$$v : (\text{ni, deuxième composante de cisaillement, modification différentielle en direction}) \approx s$$

Ces 4 valeurs (σ , ω , τ , v) sont des grandeurs sans dimension proches de zéro dans le cas de réseaux

faiblement déformés. Elles sont donc fréquemment exprimées dans une unité particulière, en μstrain (microstrain ou microcontrainte), équivalente aux ppm (parties par million).

Le terme $\gamma = \sqrt{t^2 + v^2}$ est appelé le cisaillement total (total shear) et correspond à la déformation en direction la plus forte. Elle est indépendante du système de coordonnées sélectionné et s'exprime, dans des réseaux peu déformés, par un angle proche de 45° par rapport aux axes principaux.

D'autres valeurs déductibles de ces grandeurs, telles que des facteurs d'échelle dans une direction donnée, des déformations dans des directions quelconques ou des déformations angulaires ne sont pas déterminées par FINELTRA, raison pour laquelle nous nous bornerons à indiquer ici les formules d'intérêt dans le cadre des calculs effectués :

Facteur d'échelle m selon le gisement α :

$$m = r \cdot \cos^2 \alpha + s \cdot \sin 2\alpha + t \cdot \sin^2 \alpha$$

Déformation en direction p selon le gisement α (approximation, sans prise en compte de la rotation moyenne) :

$$p = s \cdot \cos 2\alpha + \frac{1}{2}(t - r) \cdot \sin 2\alpha$$

Déformation angulaire g d'un angle (α_1 et α_2 étant les directions de ses côtés) :

$$g = p_2 - p_1 = s \cdot (\cos 2\alpha_2 - \cos 2\alpha_1) + \frac{1}{2}(t - r) \cdot (\sin 2\alpha_2 - \sin 2\alpha_1)$$

Remarque relative aux déformations angulaires : si nous introduisons des valeurs de 0° pour α_1 et de 90° pour α_2 , nous obtenons $g = -2s$, soit le double du cisaillement total, valeur également appelée "cisaillement d'ingénieur". Nous avons, ce faisant, trouvé une signification géométrique supplémentaire du cisaillement total : les lignes de coordonnées à angle droit dans le système initial se coupent selon un angle égal au double du cisaillement total au terme de la transformation affine.

11 Références

- [1] Ahrens, B.: Ein Algorithmus zur Restklaffenverteilung mit der Natural Neighbour Interpolation - Der Vermessungsingenieur. Wiesbaden 55 (4), S. 286–290, 2004.
- [2] Ansermet A.: Application de la théorie de l'équivalence en géodésie et en statique - Revue technique suisse des mensurations, du génie rural et de la photogrammétrie, Volume 61, Buchdruckerei Winterthur AG, 1963.
- [3] Bochkhanov S. A.: ALGLIB Reference Manual - Interpolation and fitting, Nizhny Novgorod, 1999.
- [4] Bolliger J.: Die Projektionen der Schweizerischen Plan- und Kartenwerke, Druckerei Winterthur AG, Winterthur, 1967.
- [5] Carosio A.: Robuste Ausgleichung. VPK 11-1979.
- [6] Carosio A.: Anwendung von Interpolationsverfahren in der Landestriangulation. VPK 10-1980.
- [7] Carosio A., Burnand T., Vogel B., Meier W., Dorfschmid, J.: Fiabilité dans la mensuration. Institut de géodésie et photogrammétrie, ETH Zürich, Rapport no. 169, 1990
- [8] Carosio A. et Reis O.: Méthodes géodésiques et modèles mathématiques pour l'implantation des nouvelles transversales alpines, ETHZ, Actes du 3ème CITOP Paris, Londres, 1994.
- [9] Konzett R.: Fehlertheorie und Ausgleichungsrechnung. Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH Zürich, 1976 (Vorlesung).
- [10] Ehler, D.: Rechenprogramme zur Ausgleichung grosser Dreiecksnetze, DGK, Reihe C, Heft 140, 1969.
- [11] Grossmann W.: Grundzüge der Ausgleichungsrechnung. Springer, Berlin, 1969
- [12] Gurtner, W.: Das Geoid in der Schweiz - Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz, SGK, Zweiunddreissigster Band, 1978.
- [13] Hein G.W. et K. Lenze: Zur Genauigkeit und Wirtschaftlichkeit verschiedener Interpolations- und Prädiktionsmethoden. ZfV 11-1979.
- [14] Hettwer, J., Benning, W.: Restklaffenverteilung mit der Natural-Neighbour-Interpolation - Allgemeine Vermessungs-Nachrichten (AVN). 110 (4), S. 122–129, 2003.
- [15] Huber P.J.: Robust Estimation of a Location Parameter. Ann. Math. Statist., 1964.
- [16] Huber P.J.: Robust Estimation. Zeitschr. für Wahrscheinlichkeitstheorie und Verw. Gebiete, 10-1968
- [17] Huber P.J.: Robust Regression: Asymptotics, conjectures and Monte Carlo. Ann. Math. Statist., 1/5, 1973.
- [18] Kanani E., Institut für Geodäsie und Photogrammetrie: Robust Estimators for Geodetic Transformations and GIS, Mitteilungen Nr. 70, Zürich, 2000.
- [19] Kobold, F.: Vermessungskunde, Zürich, 1958
- [20] Linkwitz K.: Über die Systematik verschiedener Formeln der Ausgleichungsrechnung. ZfV 5-1960.
- [21] Pelzer H.: Some criteria for the accuracy and the reliability of geodetic networks, DGK, B, No. 252, Munich, 1980
- [22] Renka R.J.: Multivariate Interpolation of Large Sets of Scattered Data, University of North Texas, 1988.
- [23] Schaub E.: Benützeranleitung TRANSINT. Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich, Juni 1992.
- [24] Shepard, Donald: A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data - Proceedings of the 1968 23rd ACM national conference, New York, NY, USA: ACM (ACM '68), p. 517–524, DOI: 10.1145/800186.810616, 1968.
- [25] Stiefel E.: Einführung in die numerische Mathematik. Teubner, Stuttgart, 1963.
- [26] swisstopo: Bulletin du centre de calcul du S+T: No. 4: Les systèmes de programmes géodésiques, 1980.
- [27] swisstopo Marti U. Carosio: Manual 03-d TRANSINT – Transformation conforme robuste, transformation affine robuste et interpolation selon la moyenne arithmétique, Wabern, 2002.

- [28] swisstopo Marti U. Nocera R.: Manual 06-d FINELTRA – Transformation affine de coordonnées planimétriques avec des éléments finis et conversion de MN03 en MN95 et réciproquement, Wabern, 2003.
- [29] swisstopo Schneider D. & al.: Doku Nr. 8 Mise en place de la nouvelle mensuration nationale de la Suisse 'MN95', 3ème partie: Systèmes et cadres de références terrestres, 1995.
- [30] swisstopo Schlatter A., Marti U.: Doku Nr. 20 (en allemand) Mise en place de la nouvelle mensuration nationale de la Suisse 'MN95', 12ème partie: Réseau altimétriques national 'LHN95': Concept, système de référence, compensation cinématique globale et relation avec le nivellement fédéral 'LN02', 2007.
- [31] swisstopo Vogel B. , Burkard M. & al. Doku Nr. 21 Mise en place de la nouvelle mensuration nationale de la Suisse 'MN95', 13ème partie : Introduction du cadre de référence dans l'infrastructure nationale de données géographiques, 2009.
- [32] swisstopo, Le manuel de référence d'INTERLIS 1, INTERLIS Mécanisme d'Echange de Données Pour Systèmes d'Information du territoire, 1999.
- [33] Torge W, Geodäsie, Walter de Gruyter, Berlin, 1975
- [34] Walter M.: Compensation d'observations médiates par la méthode robuste. Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH Zürich, Bericht Nr. 37, 1980.
- [35] Wicki F., Institut für Geodäsie und Photogrammetrie: Robust Schätzverfahren für die Parameterschätzung in geodätischen Netzen: Mitteilungen Nr. 67, Zürich, 1999.
- [36] Wolf H.: Ausgleichsrechnung. Dümmler, Bonn, 1975.

12 Annexes

12.1 A - Réalisation d'une carte thématique dans GeoSuite

12.1.1 Représentation de base

La représentation « brute » d'un changement de cadre de référence (MN03 vers MN95) avec une transformation à 2 paramètres, effectuant une translation 2 millions / 1 millions, illustrée par les vecteurs de déplacement (diff_ex1.csv) (voir Figure 12 - 1), donne des informations peu lisibles. En utilisant les outils de calques « Propriétés – Options générales », « Masquer les étiquettes », « Dupliquer », « Renommer », « Propriétés – Filtres d'affichage », il est possible de réaliser une carte thématique mettant en valeur les intensités de variation de déplacements au sein de la Suisse.

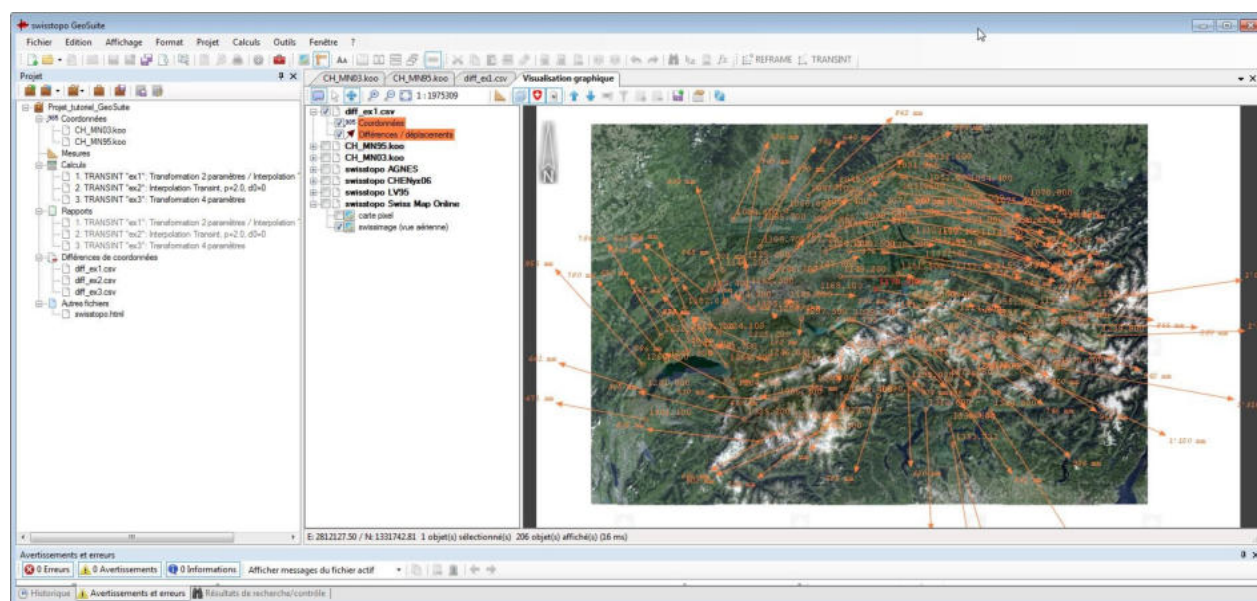


Figure 12-1 - Représentation « brute » d'un changement de cadre de référence

12.1.2 Application des options d'affichage

Tout d'abord, il faut adapter la taille des vecteurs, dans les propriétés du calque , en faisant varier le facteur d'échelle. Puis il est possible d'enlever les étiquettes des coordonnées avec un clic droit sur les couches pour plus de lisibilité, voir Figure 12 - 2.

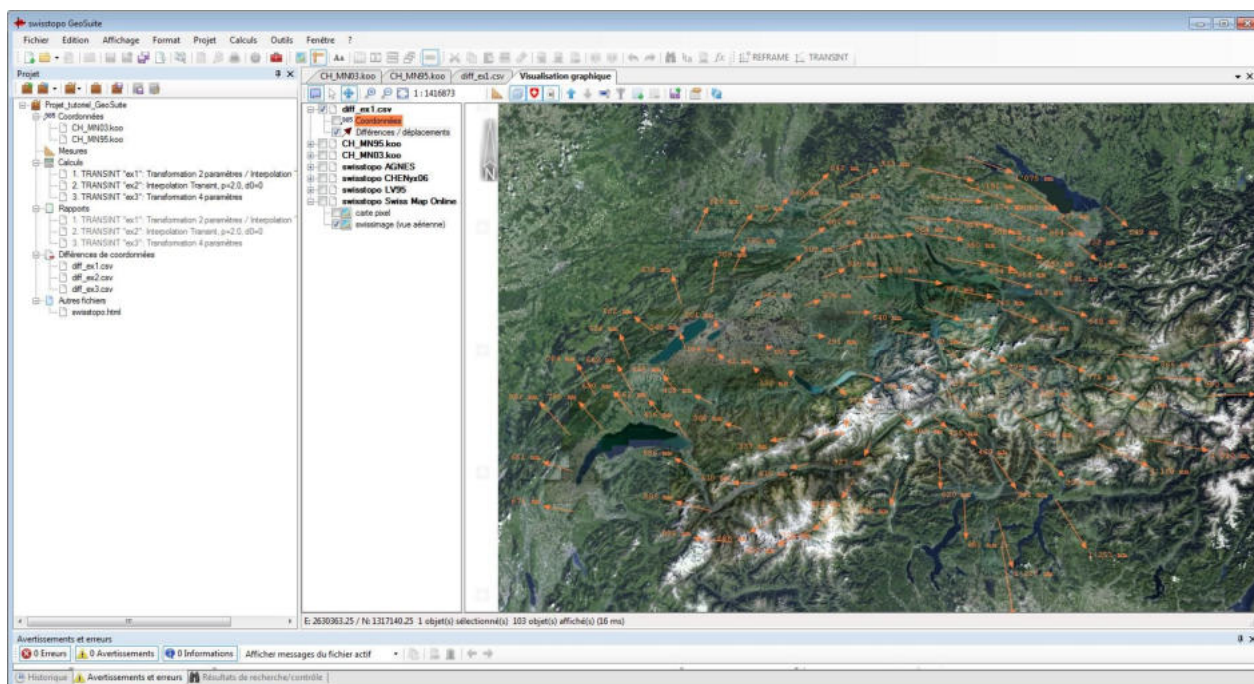


Figure 12 - 2 - Représentation plus « raffinée » avec une échelle optimisée

Puis en dupliquant, renommant et filtrant le calque de différences/déplacement, il est possible de faire apparaître une thématique particulière. Sur la Figure 12 - 3, le filtre d'un déplacement dE maximum ou minimum de 50 cm permet de visualiser les régions avec le plus fort déplacement dE.

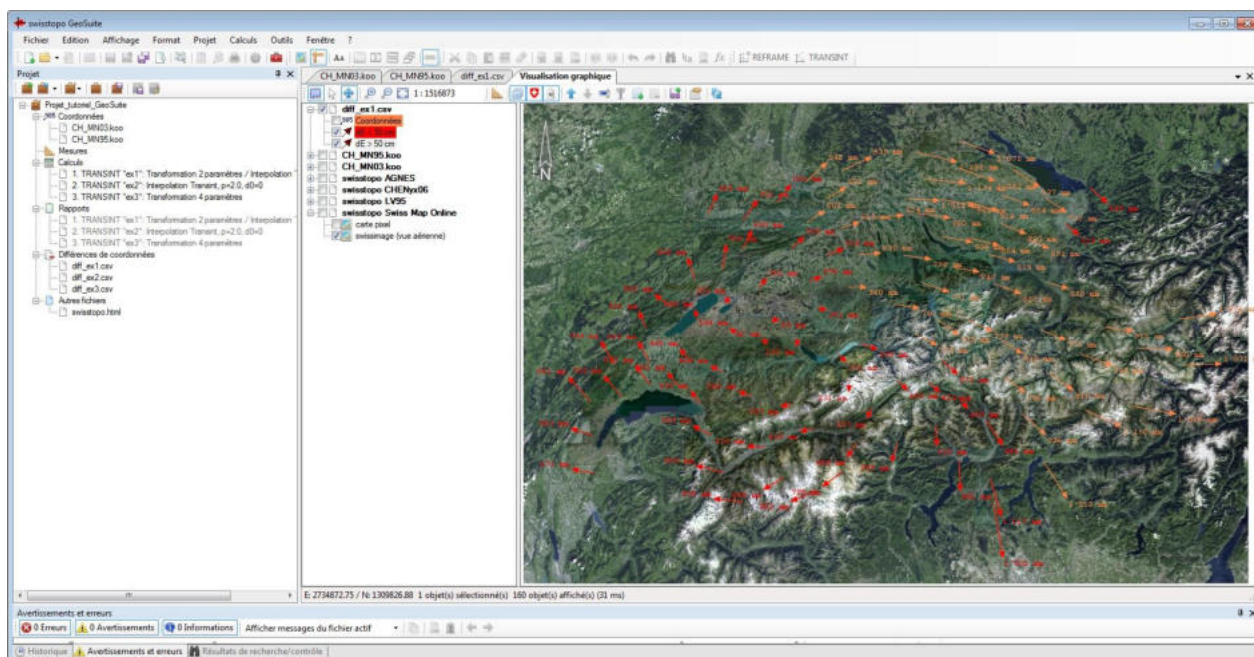


Figure 12 - 3 - Représentation de carte thématique dE supérieur (bleu) ou inférieur (vert) à 50 cm