

Zeitschrift: Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement =
Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire =
Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio

Band: 107 (2009)

Heft: 11

Artikel: Méthodes et outils pour la transformation de coordonnées entre cadres
de référence globaux et locaux et échanges de données avec les pays
voisins

Autor: Ray, Jérôme / Marti, Urs / Kistler, Matthias

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-236641>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.11.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Méthodes et outils pour la transformation de coordonnées entre cadres de référence globaux et locaux et échanges de données avec les pays voisins

Au cours des dernières années, les processus de planification transfrontaliers sont devenus de plus en plus importants. Les géodonnées prennent ici un rôle clé, mais chaque pays utilise toujours ses propres cadres de référence et, si ces données doivent être utilisées en commun, par exemple dans le cadre d'un portail transfrontalier, elles doivent pouvoir être transformées avec la précision optimale. Il s'agit pour cela de prendre en considération que, dans de nombreux cas, ces données se réfèrent exclusivement aux référentiels historiques déformés. L'exposé qui suit donne un aperçu des méthodes, logiciels et géoservices actuels pour la transformation de coordonnées dans le contexte transfrontalier, mais également à l'intérieur de la Suisse.

Nel corso degli ultimi anni i processi di pianificazione transfrontalieri sono divenuti vieppiù importanti. In questo contesto e nonostante ogni nazione utilizzi ancora il proprio quadro di riferimento, i geodati ricoprono un ruolo chiave. Qualora i dati siano utilizzati in comune, per esempio nel quadro di un portale transfrontaliero, essi devono poter essere trasformati con un grado di precisione ottimale. Ciò facendo va preso in considerazione che, nella maggioranza dei casi, i dati si riferiscono esclusivamente a storici quadri di riferimento deformati, risalenti al secolo scorso. L'esposto seguente mostra una panoramica attuale su metodi, programmi informatici e geoservizi per la trasformazione di coordinate, applicati sia nell'ambito transfrontaliero che all'interno della Svizzera.

J. Ray, U. Marti, M. Kistler

Passage d'un cadre de référence global à un cadre local, non distordu: de WGS84 / ITRS ≈ ETRS89 = CHTRS95 à MN95

Cette transformation s'effectue en deux étapes:

1. Passage du système de référence global WGS84/ITRS/ETRS89 (= CHTRS95) au système de référence local suisse CH1903+ en effectuant trois translations ainsi qu'un changement d'ellipsoïde (de GRS80 à Bessel 1841) (Fig. 1).
2. Transformation de coordonnées cartésiennes géocentriques en coordonnées

planes dans le cadre de référence MN95 en appliquant les formules de la projection suisse (Rosenmund 1903).

Ces deux transformations sont exactes et réversibles. Elles garantissent une précision millimétrique.

D'un point de vue altimétrique, on se réfère ici à un ellipsoïde et on obtient donc des hauteurs ellipsoïdales (sur Bessel 1841).

Pour travailler dans le cadre de référence altimétrique actuel NF02, on doit effectuer deux opérations:

1. Transformation des hauteurs ellipsoïdales en altitudes orthométriques RAN95 grâce au modèle de géoïde CHGeo2004.
2. Transformation des altitudes orthométriques en altitudes usuelles NF02 grâce au modèle HTRANS.

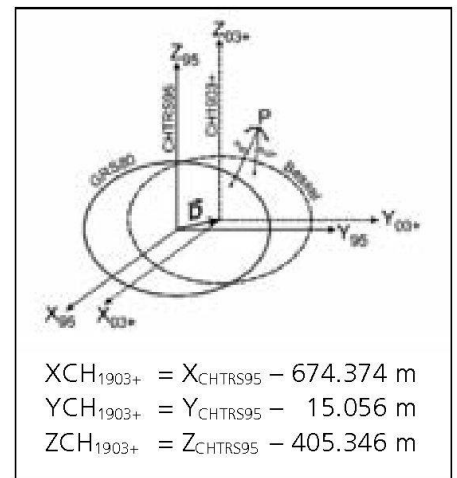


Fig. 1: Passage de CHTRS95 à CH1903+.

Ces deux transformations sont approximatives, mais réversibles. Elles sont basées sur des grilles kilométriques déterminées par swisstopo, dans lesquelles on va effectuer une interpolation biquadratique. La précision de la transformation «CHGeo2004» est de 1 à 3 cm, celle de HTRANS est de 1 à 10 cm.

Transformation dans le cadre de référence historique déformé: de MN95 à MN03

Dans de nombreux pays, les cadres de références locaux des siècles derniers, déformés, constituent encore la base pour les géodonnées telles que la mensuration cadastrale. Ces cadres de référence «historiques» ont le désavantage de ne pas disposer d'une relation stricte (grâce à une transformation simple et unique) avec les cadres de référence globaux. En effet, ils comportent des distorsions aussi bien à petite qu'à grande échelle. Cela complique l'utilisation de systèmes GNSS et l'échange de données avec les pays voisins.

En raison de ces inconvénients, la plupart des pays basent leurs infrastructures nationales de géodonnées (INDG) sur de nouveaux cadres de référence modernes, sans équivoque et de haute précision sur la totalité du territoire (en règle générale autour de 1 cm en planimétrie et 3 cm en altimétrie). Il en va ainsi pour la Suisse: mais il faut assurer le passage du cadre de

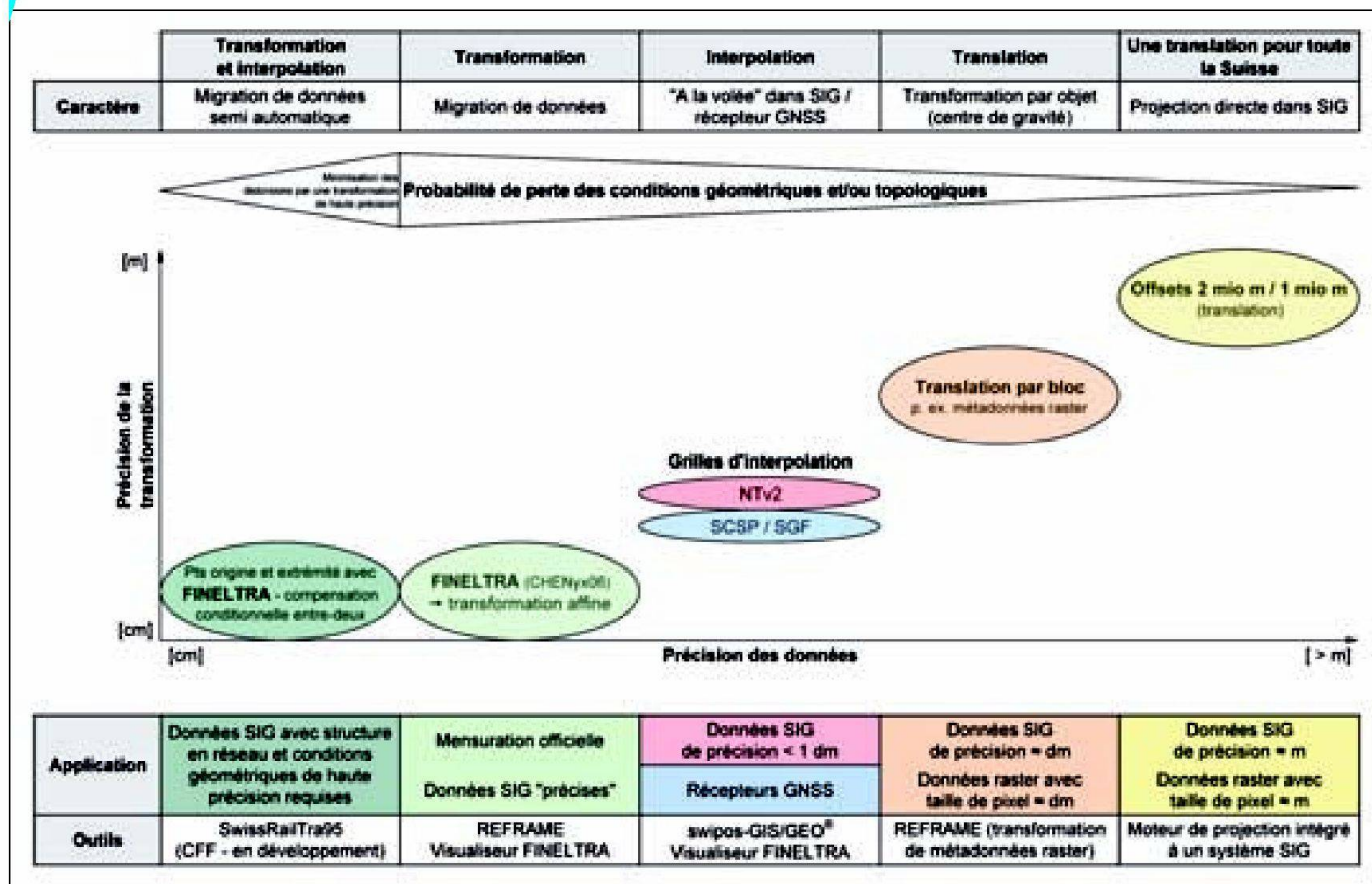


Fig. 2: Variantes de réalisation pour le changement de cadre de référence LV03 \rightleftharpoons LV95 en fonction de la précision des données de base et avec estimation des distorsions résultantes.

référence historique et déformé MN03 vers MN95, c'est-à-dire garantir la correction des données existantes au moyen de procédures appropriées, cela pendant une période de transition allant jusqu'en 2016 environ.

Pour cette transition, diverses méthodes de transformation et d'interpolation sont offertes en fonction des exigences de précision. On sait que plus l'algorithme est précis, meilleure sera la modélisation des distorsions, mais également qu'une perte des conditions géométriques et/ou topologiques ne pourra pas être totalement évitée. L'utilisateur doit donc choisir parmi une palette de procédures celle qui est la plus adaptée à son jeu de données. Les différentes méthodes, applications et outils pour le passage de MN95 vers MN03 ou réciproquement sont classées, par domaine d'application, dans la figure 2.

Transformation affine avec éléments finis (FINELTRA)

L'algorithme FINELTRA ainsi que le maillage national des triangles CHENy06 ont

déjà fait régulièrement l'objet d'articles, y compris dans Géomatique Suisse¹. Cette transformation ne sera donc plus détaillée ici. Une nouveauté se profile toutefois pour la transformation d'objets avec des exigences élevées en matière de précision ainsi que pour le maintien de conditions géométriques et/ou topologiques. Une extension de l'algorithme FINELTRA est ainsi envisageable. Par exemple, seules l'origine et l'extrémité d'un objet seraient transformées avec FINELTRA, les autres nœuds le seraient au moyen d'une compensation conditionnelle.

D'autres approches intéressantes sont envisageables. Elles se basent sur l'introduction de tolérances pour la correspondance entre différentes couches (indépendantes) et/ou la conservation des propriétés topologiques.

Procédure d'interpolation dans une grille

L'algorithme FINELTRA avec la transformation affine locale a été introduit comme méthode officielle pour le change-

ment de cadre de référence en Suisse ainsi que dans quelques autres pays (p. ex. Finlande), mais ne correspond à aucune procédure normalisée et reconnue au niveau international. Pour cette raison, swisstopo a décidé de livrer le jeu de données de transformation MN03 \rightleftharpoons MN95 également sous la forme d'une grille régulière au format quasi-standard NTv2 (largement répandu dans les systèmes SIG pour les interpolations et transformations de données raster et vectorielles) ainsi que aux formats SCSP et SGF (pour récepteurs GNSS). La différence entre l'interpolation dans une grille et la transformation affine (précision visible par le biais du visualiseur de données FINELTRA à l'adresse www.swisstopo.ch/mn95) est négligeable sur la plupart du territoire suisse. Dans le cas d'une transformation par grille, il n'est pas possible d'indiquer une méthode spéciale dans le format NTv2; dans la plupart des applications, on utilisera l'interpolation bilinéaire. Pour la Suisse, le fichier NTv2 a été généré avec une résolution de 30" x 30", ce qui correspond

grossièrement à une résolution de 1 km dans le plan de projection. Le périmètre a été choisi de manière à ce que la totalité du modèle topographique du paysage MTP y soit contenue.

Translation par bloc et offsets de 2 millions m / 1 million m

Cette procédure approximative, qui n'entraîne aucune perte de conditions géométriques ni topologiques, est adéquate pour des jeux de données de petite étendue spatiale ou avec de faibles exigences de précision. Par exemple, pour la transformation de données raster (images mais aussi modèles numériques de terrain), seules les métadonnées (contenues dans l'entête ou le fichier World) sont transformées par rapport au centre de gravité et on peut ainsi éviter un ré-échantillonnage de l'image avec la perte de qualité que cela implique. Cette procédure convient pour des orthophotos ou mosaïques de petite étendue et jusqu'à une résolution d'environ 1 dm. Pour de plus hautes résolutions ou de grandes surfaces, d'autres procédures doivent être mises en œuvre, comme la transformation de similitude, l'interpolation inverse ou le recalcul d'aérotriangulation. Une transformation par bloc peut également être mise en œuvre à petite échelle, par

exemple pour des aiguillages ou clothoïdes, lorsque les conditions géométriques ne doivent en aucun cas être modifiées.

La translation par bloc avec le cas particulier de l'offset de 2 et 1 millions m convient particulièrement aux jeux de données couvrant toute la Suisse et ayant une précision de 1 à 2 m.

Exécution pratique de transformations: logiciels et outils de swisstopo

Le logiciel de changement de cadre de référence pour la Suisse

Depuis 2007, tous les outils de transformation permettant de passer du système global WGS84/ETRS89 au système suisse CH1903+ (MN95), d'effectuer la transformation FINELTRA (MN95-MN03) ainsi que ceux dédiés aux transformations altimétriques (CHGeo1998|2004 et HTRANS) ont été fusionnés en un seul logiciel: REFRAME.

Il suffit à l'utilisateur de sélectionner un ou plusieurs fichiers sources (ASCII, LTOP, DAO ou SIG) ainsi que de choisir les cadres de références source et destination pour pouvoir effectuer la transformation directe, en une seule étape. Il est également possible d'effectuer une transformation

interactive en saisissant manuellement des coordonnées. Pour plus de détails à propos des fonctionnalités et des conditions de vente, voir le site Internet de swisstopo: www.swisstopo.ch/geosoft-ware.

Un géoservice a également été développé: il offre un peu moins de possibilités et ne permet de transformer qu'un seul fichier à la fois, mais il est totalement gratuit: www.swisstopo.ch/online

Intégration du système suisse dans les solutions SIG

La définition du système de référence CH1903+ ainsi que la «projection suisse MN95» est préconfigurée dans la plupart des solutions SIG, y compris Open Source, généralement sous le nom «CH1903+ / LV95». Il s'agit des jeux de paramètres EPSG² n° 2056 («Projected CRS»), 4150 («Geographic CRS») et 6150 (ellipsoïde). La définition WKT³ OGC⁴ de CH1903+ (MN95) est la suivante (fig.5).

Remarque: pour MN03 («CH1903 / LV03»), les mêmes paramètres doivent être utilisés, à l'exception des offsets de l'origine: 600 000 / 200 000 m. Certains logiciels SIG ou convertisseurs utilisent malheureusement encore une définition de datum avec sept paramètres (GRANIT): cette configuration donnera des résultats

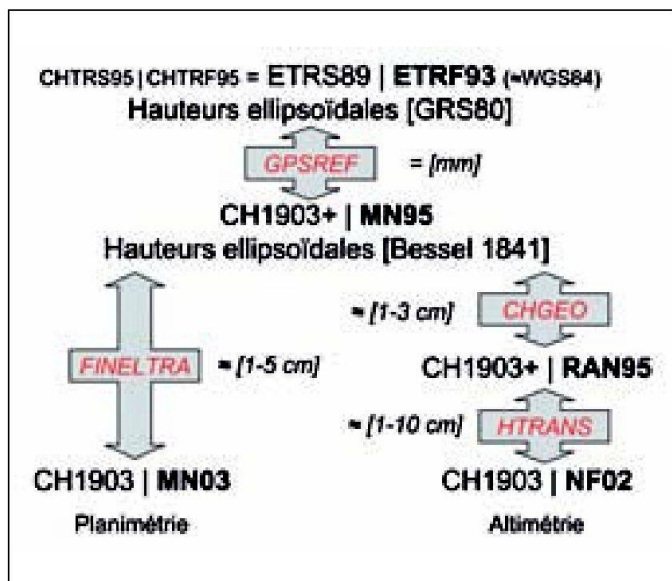


Fig. 3: Les étapes pour la transformation de coordonnées ETRS89 (GRS80) en MN95 (NF02), qui sont effectuées en une seule opération avec REFRAME.

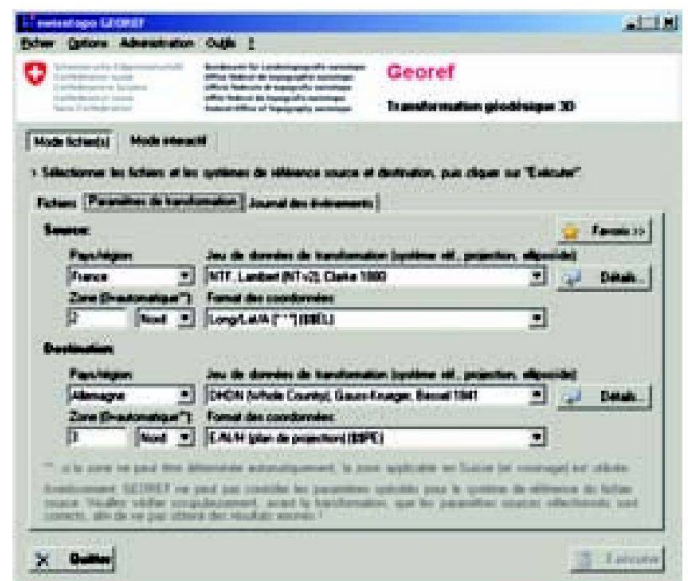


Fig. 4: Interface graphique de GEOREF.

```
PROJCS["CH1903+ / LV95",  
  GEOGCS["CH1903Plus",  
    DATUM["CH1903Plus",  
      SPHEROID["Bessel - 1841",6377397.155,299.1528126254262]],  
    AUTHORITY["EPSG","4150"]],  
    PRIMEM["Greenwich",0],  
    UNIT["degree",0.0174532925199433]],  
    AUTHORITY["EPSG","4150"]],  
  PROJECTION["Swiss_Oblique_Cylindrical"],  
  PARAMETER["latitude_of_center",46.95240555555556],  
  PARAMETER["central_meridian",7.439583333333333],  
  PARAMETER["false_easting",2600000],  
  PARAMETER["false_northing",1200000],  
  UNIT["Meter",1]]
```

Fig. 5.

incorrects et doit impérativement être mise à jour!

Pour les utilisateurs de la solution FME, swisstopo met à disposition gratuitement sur Internet un plug-in permettant d'effectuer les différentes transformations non linéaires spécifiques à la Suisse (FINELTRA, CHGeo et HTRANS).

Outils pour développeurs

swisstopo offre diverses solutions aux développeurs tiers ou aux utilisateurs d'autres logiciels afin qu'ils puissent facilement intégrer les transformations et la projection utiles en Suisse dans leurs propres applications:

- Les formules pour le passage de WGS84 à CH1903+ ainsi que celles de la projection suisse sont décrites en détails sur notre site Internet⁵
- Des exemples de code source / scripts sont disponibles dans plusieurs langages de programmation
- Le logiciel REFRAME peut être piloté par une application externe (ligne de commande)
- Une DLL compatible .NET et COM (C++/VBA) contenant toutes les transformations offertes par REFRAME est disponible gratuitement. Commande par Internet.

Echanges entre pays, par ex. pour géoportails transfrontaliers

Un des objectifs premiers de l'introduction du nouveau cadre de référence MN95 a été d'avoir une liaison précise et homogène entre des coordonnées nationales suisses et les autres systèmes locaux européens, grâce à une définition claire de la relation avec le système global ETRS89 = CHTRS95.

Le nouveau logiciel de changement de ré-

férentiel géodésique GEOREF permet d'effectuer des transformations de coordonnées entre différents systèmes de référence et de projection. Le but de ce produit est justement de faciliter les échanges de données entre différents pays, par exemple pour la coordination au sein de l'Europe ou pour les échanges de données entre pays voisins, que ce soit pour des applications foncières et juridiques, l'intégration dans des guichets cartographiques ou la réalisation de projets transfrontaliers.

GEOREF offre le même type d'interface graphique moderne ainsi que la même souplesse que REFRAME comme la transformation de fichiers ou interactive, mode batch ou le support de formats ASCII, LTOP, DAO et SIG.

Tous les paramètres de transformation et de projection peuvent être édités par l'utilisateur, ce qui permet théoriquement d'utiliser le produit dans n'importe quel pays, dans n'importe quel système.

Le domaine d'utilisation principal étant la géodésie et les mensurations techniques, l'accent a été mis sur la précision: les formules de transformation rigoureuses ont été introduites, mais ce logiciel est également capable de travailler avec des grilles de distorsion locales au format NTV2, utilisées par exemple en France et en Allemagne, pour passer du nouveau cadre de référence homogène à l'ancien, déformé. Pour la Suisse, CHENyx06 (FINELTRA) est bien entendu également intégré.

GEOREF peut aussi transformer la cote du géoïde ainsi que les composantes de la déviation de la verticale, en revanche la version actuelle ne permet pas encore le changement de modèle de géoïde à l'échelle internationale. Cette fonctionnalité sera implémentée ultérieurement.

Prochain développement: transformations et adaptations locales

Les programmes TRANSINT et KOORDIFF n'étant plus très actuels et limités au niveau de la compatibilité avec les applications DAO et SIG modernes, ils vont être entièrement redéveloppés en 2010, mais également fusionnés et augmentés de nouvelles fonctionnalités, afin d'offrir une solution unique dédiée à l'analyse, la comparaison et la transformation de fichiers de coordonnées dans une optique d'intégration locale, par exemple lors de travaux de migration d'anciennes données MN03 vers le nouveau cadre de référence MN95.

Remarques:

¹ Kistler M., Ray J. (2007): Kistler M.: Ray J.: Nouvelles coordonnées pour la Suisse: Achèvement du maillage national des triangles, nouveau logiciel de transformation REFRAME et inauguration du portail Internet sur le «changement du cadre de référence». Géomatique Suisse 9/2007.

² OGP Surveying and Positioning Committee → <http://www.epsg.org/>

³ Well-known text markup language → http://en.wikipedia.org/wiki/Well-known_text

⁴ Open Geospatial Consortium → <http://www.opengeospatial.org/>

⁵ www.swisstopo.ch: Thèmes → Mensuration / Géodésie → Systèmes de référence → Systèmes de référence

Logiciels et outils de transformation

www.swisstopo.ch/geosoftware

Géoservices

www.swisstopo.ch/online

Changement de cadre de référence MN03 ⇔ MN95

www.swisstopo.ch/mn95

Jérôme Ray

Urs Marti

Matthias Kistler

swisstopo – Géodésie

Développements géodésiques et mandats

Seftigenstrasse 264, Postfach

CH-3084 Wabern

infogeo@swisstopo.ch