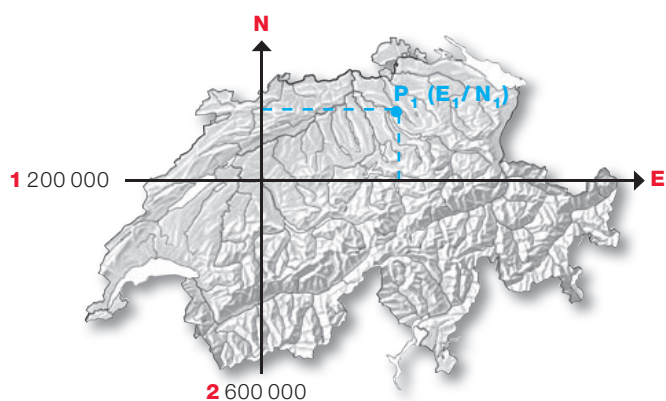




De nouvelles coordonnées pour la Suisse

Le cadre de référence MN95



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de la défense,
de la protection de la population et des sports DDPS
Office fédéral de topographie swisstopo

Impressum

Editeur:

Office fédéral de topographie
Direction fédérale des mensurations cadastrales et
Géodésie
Wabern

Photos:

Roland Eggspühler, Lucerne (page 8)
Archives photos CFF Historic (page 14)
Christoph Seiler, GEOLine, Gümliigen (page 16)

Conception et impression:

Office fédéral de topographie
Wabern

Diffusion:

Office fédéral de topographie
Direction fédérale des mensurations cadastrales
Seftigenstrasse 264, case postale
CH-3084 Wabern
infovd@swisstopo.ch

L'office fédéral de topographie swisstopo est
un domaine d'armasuisse.

La présente publication existe également
en allemand et en italien.

1^{ère} édition, novembre 2006

Table des matières

Introduction	3
Système de référence, système de projection, cadre de référence: de quoi s'agit-il?	4
Méthodes de positionnement par satellites	7
Le cadre de référence actuel MN03	8
Le nouveau cadre de référence MN95	9
Le passage de MN03 à MN95	11
Quand et comment convertir mes données?	13
L'utilisation des données de la mensuration officielle	15
Altitudes	16
Plateformes d'information	dernière page
Abréviations	dernière page

Avant-propos



Jean-Philippe Amstein
Directeur de swisstopo

Chère lectrice, cher lecteur,

Depuis des temps immémoriaux, l'être humain éprouve le besoin d'avoir une idée aussi claire que possible de sa localisation à la surface de la Terre et de sa position par rapport aux éléments constitutifs du paysage qui l'entoure, montagnes, lacs et fleuves. Les prémices de ce développement remontent au quatrième millénaire avant Jésus-Christ: les Chaldéens avaient déjà élaboré une forme primitive de plan urbain et dans l'Égypte antique, un nouvel arpentage des champs suivait chaque crue annuelle afin que des terres équivalentes puissent à nouveau être allouées aux fermiers. Mais c'est à l'essor des relations commerciales entre les États, de même qu'à la conquête de nouveaux territoires, que la navigation (en haute mer) et la cartographie doivent véritablement leur éclosion. Aujourd'hui, nous disposons de moyens techniques sophistiqués (satellites, lasers) pour déterminer notre position, notre orientation et nous guider sur le terrain. Et grâce aux progrès de l'informatique, les méthodes de calcul ont non seulement gagné en efficacité mais sont aussi devenues accessibles à une très large frange de la population.

Depuis plus de dix ans, des efforts sont déployés en Suisse en vue du remplacement de notre système de référence géographique, car il ne correspond plus pleinement aux exigences et aux possibilités techniques du monde actuel. Dans cette perspective, des points géodésiques de référence ont été matérialisés sur le terrain, la nécessaire coordination avec nos voisins européens a été garantie par des mesures de rattachement et un algorithme de calcul applicable à la Suisse entière a été récemment mis à la disposition du public, de sorte que la possibilité de transposer la mensuration officielle dans le nouveau cadre de référence est désormais accessible à tous.

En éditant la présente brochure, nous souhaitons nous adresser directement à vous, chère lectrice, cher lecteur, qui êtes confrontés en diverses circonstances à un système de référence géographique et cela sous des formes très variées: en consultant une carte d'excursions, en recourant à un système de navigation dans votre véhicule ou au titre de propriétaire foncier. Aussi, vous comprendrez aisément qu'il nous tient à cœur de vous faire découvrir ce qui se cache derrière nos cartes, de vous exposer différentes notions et de vous présenter les éléments principaux de la nouvelle mensuration nationale. Nous espérons donc que la lecture de la présente brochure sera aussi instructive qu'agréable. Et bien évidemment, l'équipe de swisstopo, les services cantonaux du cadastre ainsi que tous les géomètres de Suisse se tiennent à votre entière disposition pour répondre à vos questions ou vous apporter une aide concrète.

JPhAmstein



Introduction

Dorénavant l'opératrice SIT tient compte du nouveau cadre de référence lors de la mise à jour permanente de la mensuration officielle.

L'avènement des méthodes de localisation par satellites dans le monde scientifique comme dans le domaine des loisirs, de même que l'importance croissante prise par les projets transfrontaliers (un exemple: l'intégration des réseaux ferroviaires européens au sein d'un système géographique supranational), exigent l'adaptation des bases de notre mensuration nationale, qui date de plus d'un siècle. La plupart des autres pays européens sont également engagés dans une phase de renouvellement de leurs bases géodésiques et cherchent à se rattacher à un système de référence commun.

Entre 1989 et 1995, l'Office fédéral de topographie (swisstopo) a réalisé une nouvelle mensuration nationale (MN95), fondée sur les méthodes de localisation par satellites les plus modernes et des services de positionnement à base satellitaire. Les données ainsi acquises forment l'ossature d'un nouveau cadre de référence rattaché au système européen: au terme d'une période transitoire de quelques années, il prendra la relève du cadre de référence associé à la mensuration nationale de 1903 (MN03). Ce changement de cadre de référence s'accompagnera de nouvelles coordonnées et d'une modification de leur désignation.

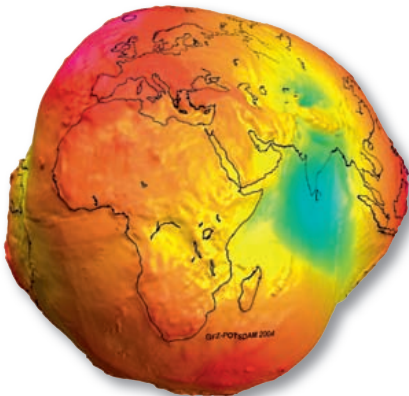
Jusqu'à quel point serez-vous personnellement concerné par le nouveau cadre de référence? Cela dépend de la précision des données que vous êtes amené à manipuler. Si vous vous servez d'une carte nationale, il vous faudra simplement vous habituer aux nouvelles désignations et à des valeurs de coordonnées plus élevées. En revanche, s'il est question de mensuration officielle, de cadastre des conduites, d'aménagement du territoire ou de travaux scientifiques dans le domaine de la mensuration, vous serez directement touché par les modifications opérées. Les informations les plus importantes au sujet du nouveau cadre de référence et de son introduction en Suisse sont exposés aux pages suivantes.

Système de référence, système de projection, cadre de référence: de quoi s'agit-il?

Le système de référence

La Terre possède une forme très complexe, impropre à jouer le rôle de surface de référence mathématique. C'est pourquoi on la représente de manière simplifiée, par un ellipsoïde, avec un système de coordonnées géographiques comportant des longitudes, des latitudes et des altitudes comptées à partir de cet ellipsoïde. Pour des raisons tant pratiques qu'historiques, les différents pays du monde recourent à une grande variété d'ellipsoïdes et de systèmes de référence nationaux. Le système de référence définit les dimensions, la forme et la position d'un ellipsoïde. Le centre de la Terre, l'axe de rotation terrestre et le méridien origine de Greenwich sont ici les éléments de référence. Les coordonnées s'appuient toujours sur un système de référence parfaitement défini. Les méthodes modernes de localisation par satellites se fondent sur des systèmes de référence utilisables dans le monde entier. Le GPS recourt par exemple au système WGS84 (World Geodetic System 1984). swisstopo a redéfini le système de référence local suisse CH1903 à l'occasion du renouvellement de la mensuration nationale et l'a intitulé CH1903+.

Forme effective de la Terre (appelée «géoïde») représentée en exagérant fortement les altitudes



Ellipsoïde (Bessel 1841 pour la Suisse)



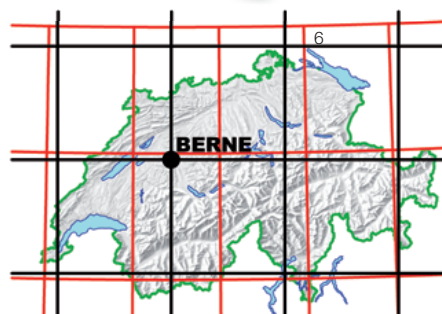
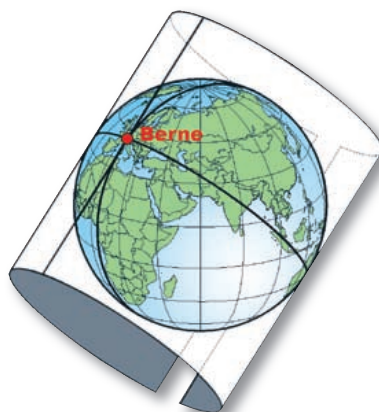
Le système de projection

Un système de projection cherche à représenter la surface terrestre, ou tout au moins une partie de celle-ci, sur une surface plane. Cette opération n'est toutefois possible que dans certaines limites inhérentes à la courbure de la Terre. Elle revient en fait à étaler une peau d'orange à plat et sans trou sur une table, ce qui ne va pas de soi.

En pratique, on utilise des coordonnées planes et rectangulaires, qui sont particulièrement bien adaptées. Les longitudes et les latitudes, coordonnées géographiques «courbes» du système de référence sont par contre d'un emploi malaisé. Un réseau de coordonnées rectangulaires est obtenu par la projection de l'ellipsoïde, c.-à-d. par sa représentation sur un corps géométrique rigoureusement défini tel qu'une sphère, un cylindre, un cône ou un plan ou une combinaison de ceux-ci.

Dans le cas du système de projection officiel suisse, les points de la surface terrestre sont projetés sur un cylindre, générant ainsi une «double projection cylindrique conforme à axe oblique». Le point de tangence du cylindre et de la sphère correspond à l'origine du système de coordonnées, laquelle se trouve à l'ancien observatoire astronomique de Berne. Il suffit ensuite de s'imaginer que l'on déroule (ou développe) le cylindre pour obtenir la représentation recherchée de la Terre sur une surface plane.

Sphère terrestre enveloppée par un cylindre



Le système des coordonnées nationales de la Suisse

— Système de référence géographique

— Système de projection suisse

Le cadre de référence

La seule définition théorique d'un système de référence et d'un système de projection ne suffit pas pour permettre l'exécution de travaux de mensuration. Elle est à compléter par un cadre de référence se composant de points fixes, ou de stations de mesures par satellites en exploitation permanente répartis sur l'ensemble du territoire suisse, et de leurs coordonnées déterminées avec une grande précision. Toutes les données à référence spatiale, par exemple celles des domaines de la mensuration officielle, des réseaux d'approvisionnement et d'évacuation, de l'aménagement du territoire, de la construction, mais également celles de systèmes d'information géographique, sont connues dans ce cadre et ainsi mises en relation géométrique entre elles.



Photo ci-dessus:
Station permanente de
mesure par satellites,
point fixe dans la nou-
velle mensuration
nationale

Photo ci-contre:
Point fixe caractéris-
tique de la mensuration
nationale en vigueur
jusqu'à présent

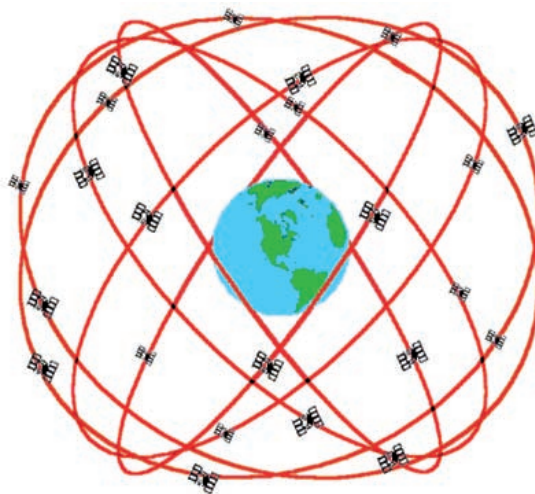


Méthodes de positionnement par satellites

Simone Niggli-Luder, 10 fois championne du monde de course d'orientation et, entre autres succès sportifs, également sportive suisse de l'année en 2003 et 2005. Elle n'est pas touchée par le nouveau cadre de référence. Les cartes pour les courses d'orientation se basent sur des données avec des tolérances élevées.

GNSS (Global Navigation Satellite Systems) est l'abréviation générique regroupant tous les systèmes de positionnement par satellites. Les systèmes suivants sont actuellement en exploitation ou en cours de réalisation:

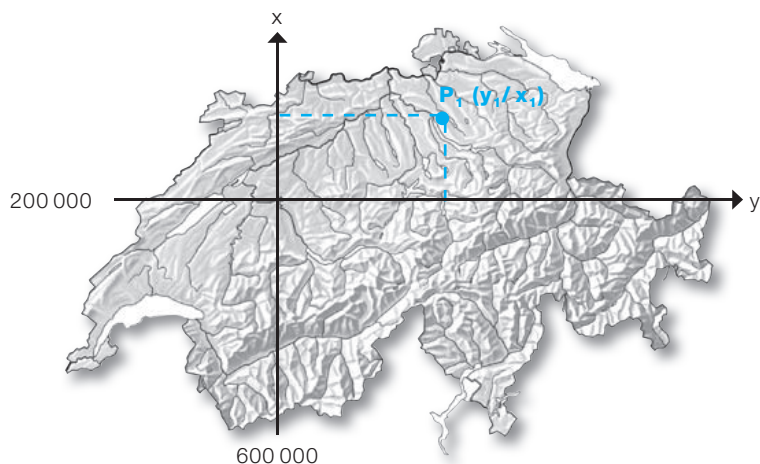
GPS:	Global Positioning System: système de positionnement à l'échelle mondiale, Etats-Unis
GLONASS:	système de positionnement à l'échelle mondiale, Russie
GALILEO:	système de positionnement à l'échelle mondiale, Europe (vraisemblablement opérationnel à partir de 2011)



Les satellites de navigation sont en orbite à plus de 20 000 km autour de la Terre

Les services de positionnement par satellites transmettent des correctifs aux récepteurs des signaux satellitaires. Ils permettent ainsi de déterminer une position avec une précision de 1 à 2 cm en planimétrie et de 3 à 5 cm en altimétrie.

Le cadre de référence actuel MN03

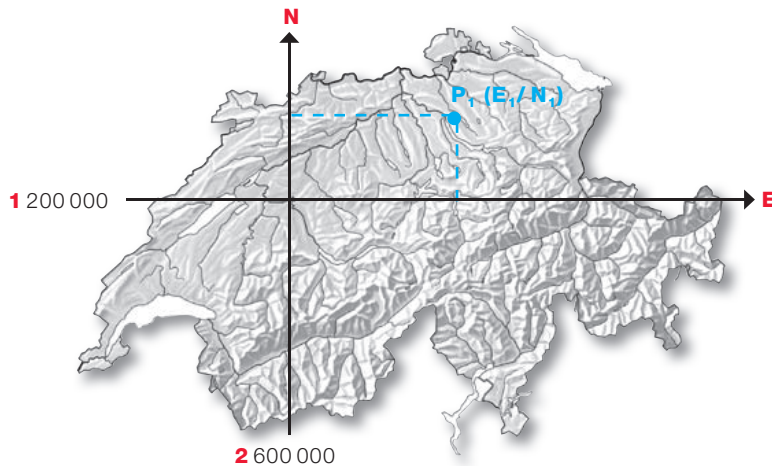


Système de coordonnées nationales actuel MN03

Le cadre de référence utilisé jusqu'à présent s'appuie sur les points fixes (points de triangulation) de la mensuration nationale de 1903 (MN03). L'origine de ce système de coordonnées se trouve à l'ancien observatoire astronomique de Berne. Les valeurs $y_0 = 600\,000.00\text{ m}$ et $x_0 = 200\,000.00\text{ m}$ sont associées à ce point qui constitue la base du système des coordonnées nationales. Le fait que les coordonnées soient comptées à partir de ces deux valeurs différentes présente un double avantage: il exclut toute valeur de coordonnée négative sur le territoire suisse et empêche toute confusion entre les composantes x et y .

Le cadre de référence créé en 1903 n'est plus en phase avec les possibilités techniques et les méthodes de mesure d'aujourd'hui. Il contient des distorsions à l'échelle nationale et locale, légères ou d'une certaine ampleur. En d'autres termes, les coordonnées déterminées dans l'actuel cadre de référence peuvent diverger des coordonnées effectives ou «absolues» déduites de méthodes de positionnement par satellites. Les nouvelles coordonnées «précises» devant toujours être adaptées à l'actuel cadre de référence MN03 «imprécis», ces distorsions provoquent un surcroît de travail et représentent une source d'erreurs. Les écarts sont présentés sur la figure de la page 13.

Le nouveau cadre de référence MN95



Nouveau système de coordonnées nationales MN95

Afin de pouvoir profiter pleinement des avantages offerts par la technologie GNSS – et notamment des nouveaux services de positionnement – swisstopo a décidé de renouveler le cadre de référence de la Suisse, désormais centenaire, et de le rattacher au système de référence européen. Ce rattachement a pour l'essentiel été réalisé à la station fondamentale de Zimmerwald. Le nouveau cadre se base sur la mensuration nationale 1995 et est intitulé MN95. Actuellement, les pays européens sont pratiquement tous engagés dans un processus de renouvellement de leur cadre de référence.

Les points fixes du nouveau cadre de référence garantissent que le réseau primordial déterminé par mesures satellitaires est extrêmement précis et exempt de toute distorsion. Des stations permanentes de mesures satellitaires, en exploitation automatique, et des services de positionnement reposant sur ces stations permettent ainsi une détermination précise de coordonnées et d'altitudes en temps réel. Les bases sont constituées par le réseau GPS automatique suisse (Automatisches GPS-Netz Schweiz – AGNES) comportant 31 stations à travers tout le pays, en exploitation permanente, par les services de positionnement swipos-NAV et swipos-GIS/GEO, et par le réseau de référence GNSS englobant environ 200 points fixes répartis sur la Suisse entière. Outre ces services de positionnement mis à disposition par la Confédération, un acteur privé propose également des services similaires.

Le système de référence et la projection cartographique ont été maintenus pour le nouveau cadre de référence. Afin que les coordonnées exprimées dans le cadre actuel et dans le nouveau cadre de référence ne puissent prêter à aucune confusion, les axes de coordonnées sont désormais désignés par E (Est à la place de y) et N (Nord à la place de x). Les valeurs $E_0 = 2\,600\,000.000\text{ m}$ et $N_0 = 1\,200\,000.000\text{ m}$ ont été affectées à l'origine (inchangée) du nouveau système de coordonnées nationales; en d'autres termes, l'origine subit une double translation (respectivement de 2 millions et de 1 million de mètres par rapport aux anciennes valeurs), les avantages du cadre de référence actuel sont ainsi conservés.

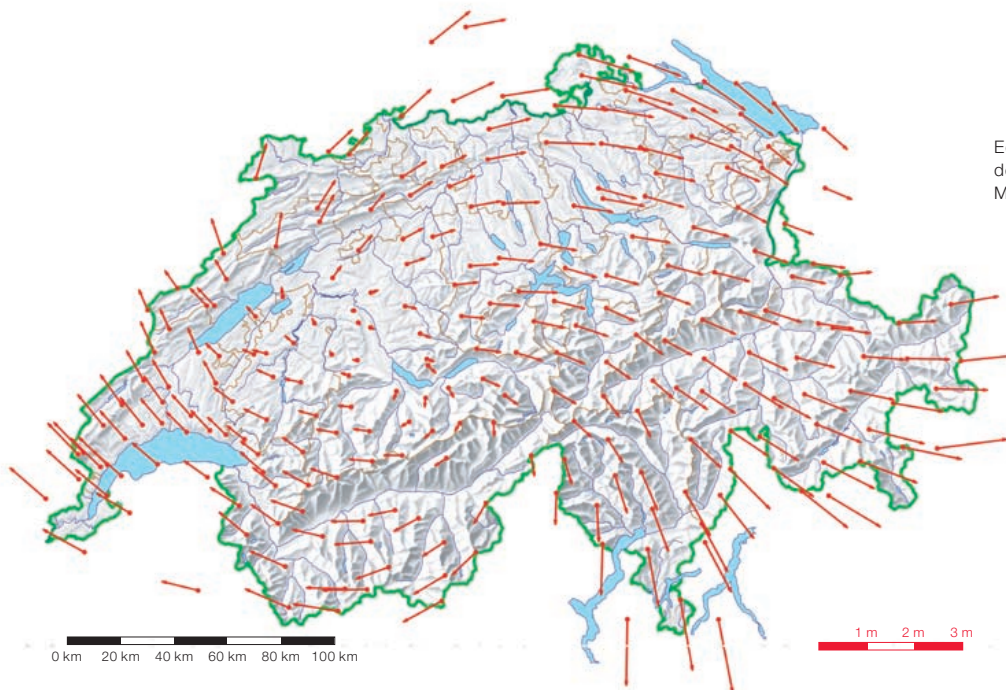


Le passage de MN03 à MN95

De nouvelles conduites sont posées à Berne. Sur demande, la mensuration officielle peut dès aujourd'hui fournir au professionnel des données issues de MN95.

A l'échelle de la Suisse, les écarts entre le cadre de référence actuel et le nouveau varient entre zéro (à Berne) et 1,5 mètre (en Engadine ou à Genève).

Afin que les utilisateurs puissent profiter des avantages offerts sur les plans technique et économique par le nouveau cadre de référence, les données existantes disponibles sous forme numérique devront être converties dans ce nouveau cadre.



Ecarts entre les cadres de référence MN03 et MN95

MN03: x: 87 649.67 m
MN95: N: 1 087 648.190 m



Coordonnées du Monte Generoso exprimées dans les cadres de référence actuel et nouveau

MN03: y: 722 758.81 m
MN95: E: 2 722 759.060 m



Quand et comment convertir mes données?

Sur une portion de ligne des Chemins de fer fédéraux suisses: A l'avenir, la géométrie des voies pourra être gérée et échangée au-delà des limites des territoires nationaux dans un système de référence unifié.

Des paramètres de transformation ont été définis pour la transformation officielle entre les deux cadres de référence MN03 et MN95. Ce jeu de données se compose d'une relation mathématique clairement établie (algorithme de transformation «FINELTRA» – Transformation affine par éléments finis) et s'appuyant sur un ensemble de points dits de calage dont les coordonnées ont été déterminées dans les deux cadres de référence. Il est prévu d'intégrer ce jeu de données à des logiciels existants, d'élaborer des programmes de transformation autonomes et de proposer un service de transformation via Internet. Dans le cas de travaux **pour lesquels la précision doit être meilleure que 50 centimètres** (en mensuration officielle par exemple), le recours à ce jeu de données de transformation précis est impératif.

Si les exigences de précision sont moins élevées (**comprises entre 0,5 et 5 mètres**), des modules de transformation plus simples, se contentant d'une solution approchée, sont suffisants (exemple: récepteur GPS d'un guide de montagne).

Dans le cas de données dont la précision est au mieux de 5 mètres, les écarts entre le cadre actuel et le nouveau cadre de référence sont pratiquement sans importance. Il convient toutefois de tenir compte des nouvelles désignations (E / N) et des constantes déjà citées (+2 000 000 m / +1 000 000 m) à additionner aux valeurs actuelles des coordonnées.



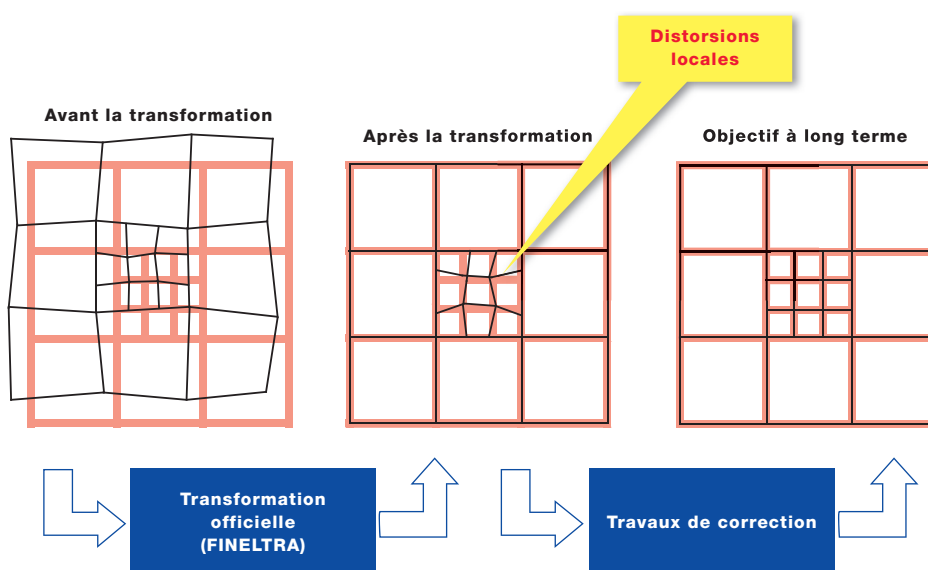
L'utilisation des données de la mensuration officielle

Des saltimbanques de Pologne s'accordent un instant pour se faire une idée d'ensemble de la zone piétonne de Berne. Ils ne sont pas touchés par le nouveau cadre de référence. Les plans de ville, tout comme les cartes routières ne subissent aucune modification malgré le nouveau cadre de référence. Seule la désignation des coordonnées passe de x et y à E et N, et les valeurs des coordonnées sont augmentées de respectivement 2 000 000 et 1 000 000.

Les données de la mensuration officielle sont disponibles tant dans le cadre de référence actuel que dans le nouveau. Le cadre de référence dans lequel les données sont livrées est laissé à la libre appréciation des clients. Pour l'heure, MN03 reste le cadre de référence juridiquement applicable à la mensuration officielle. Il est cependant prévu que la mensuration officielle introduise assez rapidement le cadre de référence MN95 comme cadre officiel et juridiquement applicable à ses données.

Les coordonnées déterminées via des mesures par satellites présentent une précision «absolue» élevée. La précision des données de la mensuration officielle dépend toutefois de la zone concernée. En zone constructible, la précision est de l'ordre du centimètre, dans les régions montagneuses utilisées de façon extensive, elle est de l'ordre du décimètre.

Actuellement, les données de la mensuration officielle – même si elles sont exprimées dans le cadre de référence MN95 – présentent généralement des distorsions plus ou moins fortes. Ces distorsions dépendent de l'âge et de la qualité de la mensuration dont elles sont issues. Sur le long terme, la mensuration officielle entend traiter ses données de telle manière qu'elles soient disponibles dans le cadre de référence MN95 et largement exemptes de telles distorsions. Jusqu'à ce que cet objectif soit atteint, il faudra compter avec des divergences entre les coordonnées de la mensuration officielle et celles déduites de méthodes de positionnement par satellites. Ces écarts sont localement très différents et varient entre zéro et quelques décimètres.



Représentation schématique du passage de MN03 à MN95 avec les travaux de correction locaux prévus à l'avenir

Altitudes

Les méthodes de positionnement par satellites permettent également de déterminer des altitudes comptées à partir de l'ellipsoïde. Les altitudes officielles suisses, appelées altitudes usuelles, se rapportent toutefois au niveau de la mer ou, exprimé différemment, au géoïde (de façon approchée), nom que l'on donne à la forme effective de la Terre.

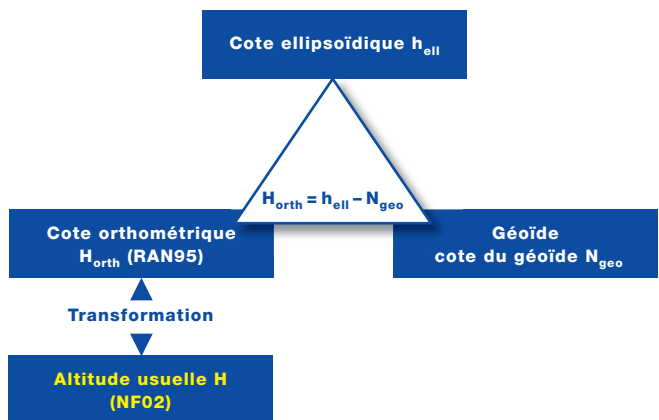
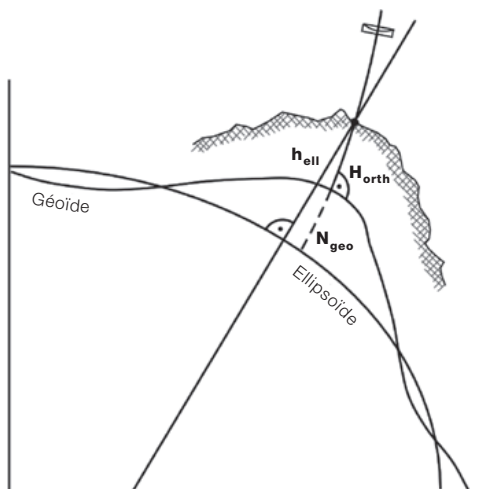
Pour des travaux spéciaux, à caractère scientifique ou pour la mensuration nationale, un nouveau système altimétrique est à disposition en complément des altitudes usuelles: le réseau altimétrique national de 1995 (RAN95).

Différentes méthodes et divers progiciels existent pour la transformation d'altitudes déterminées via des mesures par satellites en altitudes usuelles («par rapport au niveau de la mer»).

Pour les applications pratiques dans la mensuration officielle, on renonce à l'introduction du nouveau système altimétrique RAN95.

Les altitudes usuelles actuelles se fondant sur le nivellement fédéral de 1902 (NF02) restent inchangées vu que le risque de confusion est bien trop élevé en cas de changement de système.

L'altitude comptée à partir du géoïde (cote orthométrique H_{orth}), de l'ellipsoïde («altitude GPS» ou «cote ellipsoïdique h_{ell} »), la différence entre ces deux valeurs (N_{geo}) et le lien avec les altitudes usuelles («altitude au-dessus du niveau de la mer» H)



Plateformes d'information

Sur les sites www.swisstopo.ch et www.cadastre.ch vous trouverez des informations complémentaires relatives au «passage du cadre de référence MN03 au cadre MN95» comme à des thèmes connexes tels que les «services de positionnement swipos GIS/GEO et swipos/NAV» de l'Office fédéral de topographie.

Abréviations

MO	Mensuration officielle
MN	Mensuration nationale
CH1903	Système de référence du cadre de référence MN03
CH1903+	Système de référence du cadre de référence MN95
MN03	Cadre de référence de la mensuration nationale de 1903 (triangulation)
MN95	Cadre de référence de la mensuration nationale de 1995 (GPS)
y / x	Axes de coordonnées du cadre de référence MN03
E / N	Est / Nord: axes de coordonnées du cadre de référence MN95
NF02	Nivellement fédéral de 1902
RAN95	Réseau altimétrique national de 1995
h_{ell}	Altitudes comptées à partir de l'ellipsoïde (altitudes GPS)
H_{orth}	Cotes orthométriques de RAN95
H	Altitudes usuelles («altitudes par rapport au niveau de la mer») du NF02
N_{geo}	Cote du géoïde: différence entre h_{ell} et H_{orth}
AGNES	Réseau GPS automatique suisse (Automatisches GPS-Netz der Schweiz)



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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