

Lancement du projet «Nouveau système altimétrique»

La Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du canton de Vaud (HEIG-VD), en étroite collaboration avec l'Office fédéral de topographie swisstopo, mène depuis cette année une démarche d'analyses scientifiques visant à évaluer l'opportunité, les risques ainsi que les coûts et avantages du changement de système de référence altimétrique en Suisse – le projet *swiss height system*.

Les altitudes en Suisse: où en sommes-nous?

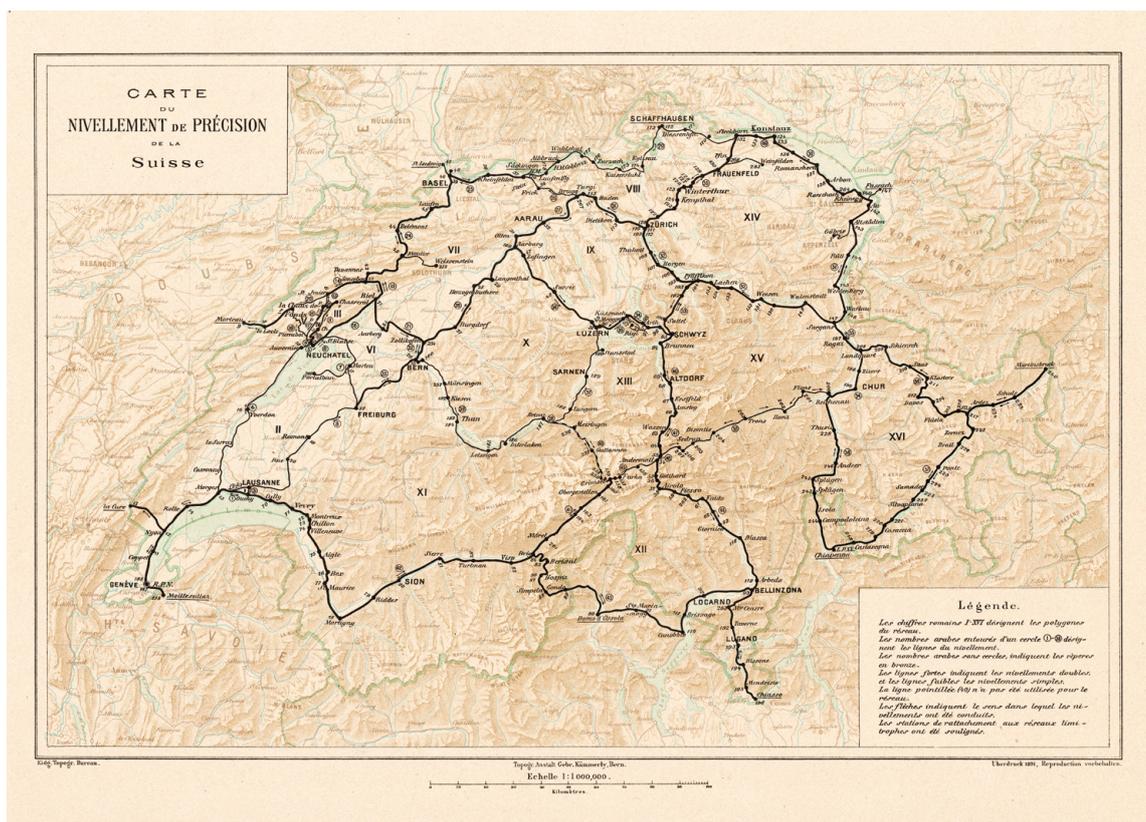
L'altitude au sens géodésique possède des composantes tant géométrique que physique. Les altitudes qui ne tiennent pas compte de la composante physique, c'est-à-dire du champ de pesanteur terrestre, sont dites géométriques. Les altitudes physiques combinent les deux aspects, géométrique et physique.

Ainsi, une mesure GPS va conduire à une altitude dite ellipsoïdale, qui est purement géométrique. Or, ce type d'altitude ne répond pas aux exigences de la pratique. Seules des altitudes dites physiques, c'est-à-dire des altitudes qui prennent en compte le champ de pesanteur terrestre, répondent à toutes les exigences pratiques et permettent de combiner des mesures qui émanent de techniques différentes, par exemple du nivellement avec des mesures GNSS.

La Suisse possède deux systèmes altimétriques:

1. *Les altitudes usuelles NF02*, pour «Nivellement Fédéral 1902», forment le système officiel constitué des points fixes altimétriques de la mensuration nationale dont l'origine remonte au premier nivellement de précision en Suisse, mesuré entre 1860 et 1890 (fig. 1). Le point d'origine de la mesure des altitudes est le «Repère Pierre du Niton», situé en rade de Genève. Ce système d'altitude physique n'est pas rigoureux car il en résulte des altitudes qui ne sont pas univoques, qui dépendent du cheminement utilisé lors du nivellement et qui ne tiennent pas compte des mouvements verticaux de la Suisse.
2. Un *système d'altitude physique rigoureux RAN95* (cadre de référence altimétrique 1995) qui a été défini dans le cadre du projet MN95 (mensuration nationale

Figure 1: Nivellement de Précision de la Suisse [Hirsch et Plantamour 1891]



1995) de refonte de la mensuration nationale de la Suisse. RAN95 est basé sur des cotes géopotentielles et des altitudes orthométriques, mais n'a jamais été officiellement introduit. Aujourd'hui, RAN95 est le système de référence altimétrique pour des besoins scientifiques.

Au début des années 2000, le Conseil fédéral a décidé de changer de système de référence planimétrique de la mensuration officielle (MO) en adoptant le cadre de référence planimétrique MN95. Toutefois, il a renoncé à introduire le nouveau système de référence altimétrique RAN95 et a décidé de conserver le système de référence altimétrique usuel NF02 en raison d'un rapport coûts-avantages pas suffisamment établi à cette époque.

Les principales conséquences en termes de précision altimétrique à l'échelle de la Suisse du maintien de NF02 par rapport à un système rigoureux sont:

- NF02 est basé sur des altitudes usuelles dont l'erreur est de l'ordre de 1 cm par 100 m de dénivelé (facteur d'échelle),
- les mouvements verticaux de la Suisse ne sont pas considérés et conduisent à des erreurs de l'ordre de 10 à 20 cm depuis la mise en œuvre de NF02,
- les mesures sur lesquelles se base NF02 ont plus de 100 ans, ainsi, les manquements des observations de l'époque conduisent à des erreurs supplémentaires de l'ordre de 10 à 20 cm.

Toutefois, proche des lignes de nivellement, on dispose avec NF02 d'une précision relative de l'ordre du mm/km.

Aujourd'hui, un contexte bien différent

Vingt ans après la décision du Conseil fédéral, le contexte autour des altitudes a beaucoup évolué. L'utilisation du sol, du sous-sol et du sur-sol a non seulement considérablement augmenté, mais s'est également complexifiée, notamment dans les milieux bâtis denses. La gestion de la ressource du sol, toujours plus sous pression, a aussi entraîné une croissance des besoins d'intégration de la composante altimétrique dans de nombreux domaines tels que la gestion des infrastructures techniques (développement territorial, mobilité, cadastre souterrain, etc.). La modélisation 3D du territoire est aussi de plus en plus utilisée pour planifier et gérer les villes ainsi que concevoir des espaces urbains.

Avec d'une part le développement de nouvelles méthodes d'acquisition et, d'autre part, l'évolution des puissances de calcul et de stockage, le volume de géodonnées altimétriques augmente de façon exponentielle. Aujourd'hui, une voiture équipée d'un dispositif laser scanner peut rapidement acquérir une très grande

quantité de données avec une composante altimétrique sur tous les points mesurés.

Dans le domaine du géoréférencement, le changement marquant de ces trente dernières années est l'avènement des satellites de positionnement associés aux technologies GNSS. Le lancement du premier satellite de positionnement du système GPS date de 1978 et la constellation a été déclarée opérationnelle en 1995. Depuis, d'autres constellations ont été déployées (GLONASS, Beidou et Galileo) et les techniques de positionnement se sont améliorées, offrant ainsi une couverture mondiale et une précision courante proche du centimètre. De plus, les récepteurs GNSS sont largement intégrés aux nombreux objets connectés du quotidien tels que les smartphones et autres capteurs de tous types.

Ainsi, il est devenu nécessaire dans les déterminations altimétriques, de pouvoir aussi utiliser à large échelle les possibilités des technologies de navigation par satellites. Le but étant d'éviter que les géodonnées altimétriques produites à l'aide de capteurs qui se réfèrent à des systèmes rigoureux doivent être systématiquement dégradées dans le système altimétrique NF02 pour obtenir les altitudes officielles.

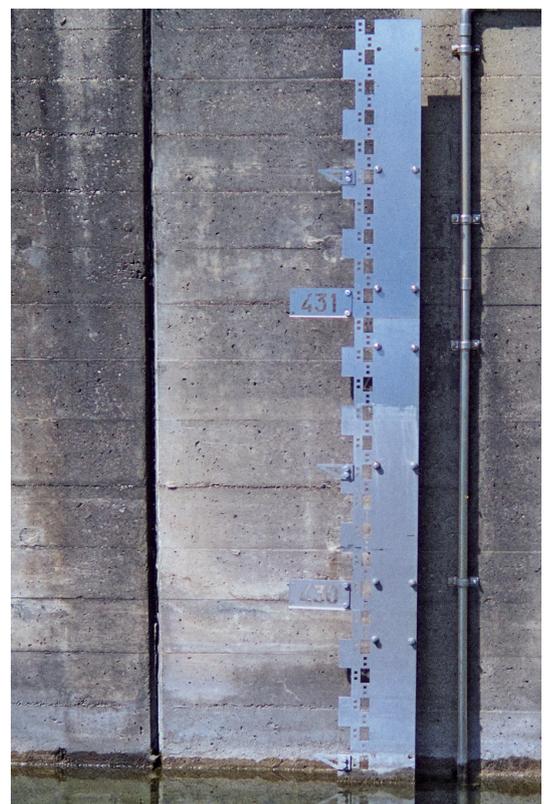


Figure 2: Echelle limnimétrique en fonction dans le cadre de la régulation des lacs du pied du Jura

En cas de maintien du système altimétrique NFO2 sur le long terme, il y a un risque qu'un système de référence altimétrique rigoureux «scientifique» s'impose de facto par la pratique et que le système NFO2 ne soit utilisé que pour des aspects administratifs et légaux. Il en résulterait alors pour les utilisateurs la gestion de deux systèmes de références altimétriques en parallèle, non forcément coordonnés au niveau national.

De plus, il est prévisible que la précision du système actuel NFO2 continue à se dégrader. Des inconsistances lors de la combinaison de différents types de mesures, comme des mesures GNSS et des mesures de nivellement, risquent de survenir de plus en plus fréquemment. En conséquence, des adaptations locales pourraient devenir nécessaires, nous renvoyant ainsi à l'état d'avant l'introduction d'un système de référence altimétrique fédéral.

Toutes ces raisons ont conduit au lancement du projet *swiss height system*.

Périmètre du projet *swiss height system*

Le projet comprend deux volets:

1. La HEIG-VD s'occupe principalement de la conduite générale du projet et de la communication, et elle réalise les études des aspects administratifs, organisationnels et légaux ainsi que des conséquences techniques et économiques d'un changement éventuel de système de référence altimétrique.
2. L'Office fédéral de topographie (swisstopo) traite parallèlement la définition scientifique d'un nouveau système de référence altimétrique durable et compatible avec les systèmes européens et mondiaux, ainsi que le développement d'une transformation altimétrique vers le nouveau système, y compris une estimation de la précision de la transformation.

Le groupe de travail swisstopo est en phase final de la rédaction d'un premier rapport intitulé «Etude sur la modernisation du système et du cadre de référence altimétrique de la Suisse» qui fait état des bases existantes en matière de système de référence altimétrique ainsi que d'une comparaison internationale.

De plus, ce projet constitue une magnifique opportunité d'améliorer le modèle suisse du géoïde.

Défis: sensibilisation des utilisateurs d'informations altimétriques

Dans ses objectifs de communication, le projet doit relever le défi majeur de sensibiliser un large panel d'utilisateurs d'informations altimétriques à la nécessité de disposer d'un nouveau système de référence altimétrique

rigoureux. Pour réaliser cet objectif, plusieurs moyens seront mis en place selon des publics cibles différents, au travers de vidéos, d'articles, de rapports techniques et de démarches participatives. Les vidéos de sensibilisation ont comme objectifs de mettre en évidence les problématiques concrètes du système altimétrique actuel, de rappeler les principales bases de la définition de l'altitude, d'informer sur les grandes lignes du projet et de présenter une vision prospective au travers d'interviews de personnalités scientifiques reconnues dans ce domaine.

Pour les personnes intéressées, deux vidéos ont été réalisées et sont disponibles sur le site internet du projet, à savoir:

- une vidéo sur les motivations du projet *swiss height system* (<https://swiss-height-system.heig-vd.ch/video1-FR/>),
- une vidéo sur la définition de la notion d'altitude (<https://swiss-height-system.heig-vd.ch/video2-FR/>).

Un changement de système de référence au niveau d'un pays, qu'il soit planimétrique ou altimétrique, est une opération lourde et longue à mettre en place. Ainsi, un consensus associant les professionnels de la géomatique et les principaux utilisateurs des géodonnées est indispensable au succès d'une telle opération. De plus, contrairement au changement de système de référence planimétrique, il y a lieu d'être conscient que pour les informations altimétriques, il ne sera pas possible d'introduire un décalage d'un ou plusieurs milliers, respectivement millions, de mètres pour différencier les altitudes¹ entre le système de référence altimétrique actuel et le nouveau. Il sera donc primordial de bien documenter les références des altitudes dans les bases de données et, lorsque cela est nécessaire, d'adopter une convention de notation.

Enquête nationale sur les informations altimétriques existantes

Une enquête sur les informations altimétriques existantes en Suisse vient d'être lancée, visant principalement à établir un inventaire représentatif et fiable des informations altimétriques analogiques et numériques en Suisse qui présentent des défis de gestion et de conversion importants pour la suite du projet.

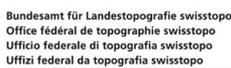
¹ Lors du passage de MN03 à MN95, afin de pouvoir distinguer les systèmes de référence planimétrique, les coordonnées à 6 chiffres de MN03 ont été précédées d'un septième chiffre pour identifier une coordonnée MN95: Dans la direction nord-sud, il s'agit d'un 1, dans la direction ouest-est d'un 2.



INSIT
Institut
d'Ingénierie
du territoire



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra



Inventaire des produits altimétriques

Le but de cet inventaire est de définir l'ensemble des produits altimétriques analogiques et numériques gérés et mis à jour dans votre organisation.

Pour chacun des produits, nous vous demanderons de renseigner les caractéristiques suivantes:

- Format
- Cadre de référence planimétrique
- Cadre de référence altimétrique
- Volume de données
- Précision moyenne altimétrique
- Mise à jour
- Mode de gestion

Voici une liste non exhaustive de produits contenant des informations altimétriques que votre organisation pourrait gérer.

Informations altimétriques que l'on trouve sur des plans ou dans des textes liés à des lois et règlements de droit public ou privé.

- loi / règlement
- convention administrative / spécifique
- plan d'affectation et son règlement
- plan d'aménagement
- servitude



m	24.02	25.02	26.02	27.02	28.02	01.03	02.03
371.75	371.75	371.75	371.75	371.75	371.75	371.75	371.75
371.5	371.5	371.5	371.5	371.5	371.5	371.5	371.5
371.25	371.25	371.25	371.25	371.25	371.25	371.25	371.25

Séries de cotes altimétriques dans le temps, sous forme analogique ou numérique.

- niveau d'un lac
- niveau d'une rivière
- niveau de la nappe phréatique

Jeux de géodonnées altimétriques divers et systèmes d'information géographique en trois dimensions (3D).

- point fixe
- nuage de points
- modèle numérique de terrain
- modèle numérique de surface
- modèle de Ville
- modèle du paysage
- infrastructure de transport
- cadastre souterrain

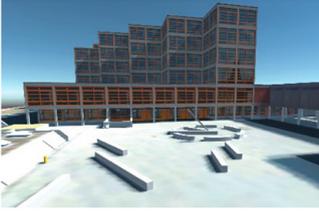


Figure 3: Extrait du questionnaire sur les informations altimétriques existantes en Suisse

Pour obtenir un inventaire le plus exhaustif possible, le questionnaire, disponible en allemand, français et italien, a été envoyé à travers toute la Suisse aux organisations et particuliers qui couvrent les principaux gestionnaires et utilisateurs d'informations altimétriques dans des fonctions diverses (autorités, administrations publiques, gestionnaires du territoire et d'infrastructures techniques les plus diverses, planificateurs, bureaux d'ingénieurs, etc.).

Cette enquête permet également de récolter les impressions des utilisateurs sur les difficultés spécifiques qu'ils rencontreront avec leurs informations altimétriques en cas de changement de système de référence altimétrique.

Les résultats de cette enquête serviront de bases indispensables aux différentes analyses et études techniques et économiques du projet *swiss height system*, tout particulièrement pour l'étude coûts-avantages d'un changement de système de référence altimétrique sur l'ensemble de la Suisse.

Vision et stratégie du nouveau cadre de référence altimétrique de la Suisse

L'étude sur la modernisation du système et du cadre de référence altimétrique de la Suisse, les résultats de l'enquête ainsi que les quelques démarches de sensibilisation aux problématiques des altitudes constituent les premières étapes de ce projet. Ensuite, il sera établi le concept portant sur «la vision et la stratégie du nouveau cadre de référence altimétrique de la Suisse» qui comprendra les définitions des principales options du nouveau système de référence altimétrique ainsi que la stratégie de transformation et de gestion des informations altimétriques dans le nouveau système. Le rapport qui en résultera fera l'objet de diverses consultations avant le lancement des analyses et études précitées prévues dans le contexte du projet *swiss height system*.

L'équipe de projet reste volontiers à disposition pour traiter vos commentaires, propositions et situations spécifiques. Elle peut être atteinte à l'adresse: swiss_height_system@heig-vd.ch.

Plus d'informations:
<https://swiss-height-system.heig-vd.ch>

Elisa Borlat, Bachelor of Science HES-SO en Géomatique
Collaboratrice R&D HES
HEIG-VD, Yverdon-les-Bains
elisa.borlat@heig-vd.ch

Prof. Sébastien Guillaume
Géodésie, méthodes d'estimation et GNSS
HEIG-VD, Yverdon-les-Bains
sebastien.guillaume@heig-vd.ch

Prof. Yves Deillon
Mensuration officielle
HEIG-VD, Yverdon-les-Bains
yves.deillon@heig-vd.ch

Permaliens vers les vidéos en français

swiss height system ([heig-vd.ch](https://swiss-height-system.heig-vd.ch/))
<https://swiss-height-system.heig-vd.ch/>
<https://swiss-height-system.heig-vd.ch/video1-FR/>
<https://swiss-height-system.heig-vd.ch/video2-FR/>