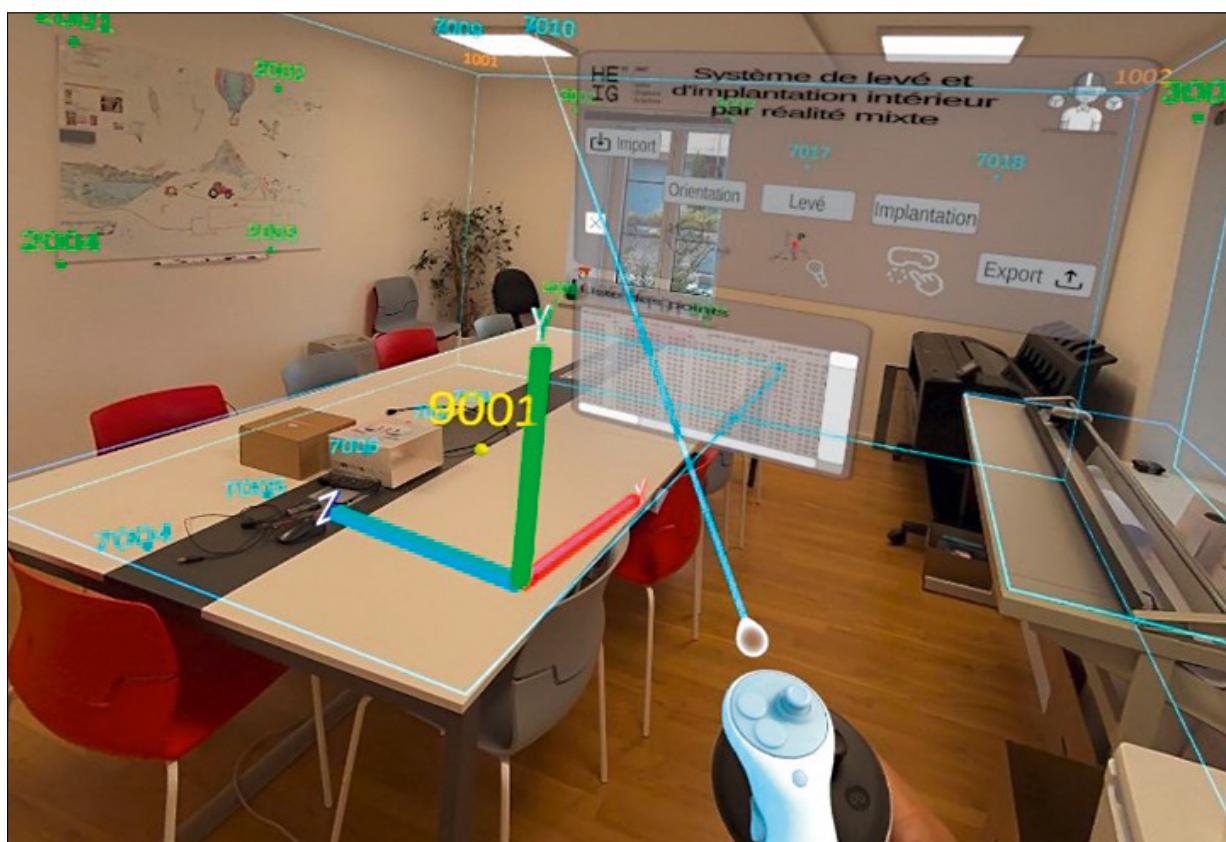


# cadastre

Revue spécialisée consacrée au cadastre suisse

swisstopo  
savoir où



## Des altitudes fiables pour les décennies à venir – le nouveau système altimétrique suisse

Depuis plus d'un siècle, le système altimétrique suisse repose sur le Nivellement fédéral de 1902 (NF02), basé sur des mesures de nivellation géométrique. Avec l'évolution des technologies de mesure et la nécessité d'une compatibilité internationale, la Suisse s'engage dans la modernisation de son système altimétrique. ► [Page 4](#)

**Les systèmes et cadres de référence géodésiques en théorie et en pratique** Les systèmes de coordonnées, les systèmes de référence et les cadres de référence sont d'une importance capitale en mensuration et en géodésie. Cet article a pour objectif de rappeler les éléments théoriques fondamentaux et de donner des informations pratiques pour le travail quotidien. ► [Page 9](#)

**Vision Mensuration Officielle: Résultats de la consultation et prochaines étapes** La vision de la mensuration officielle, élaborée par un groupe de travail, a fait l'objet d'une large consultation entre mars et juin 2025. ► [Page 15](#)

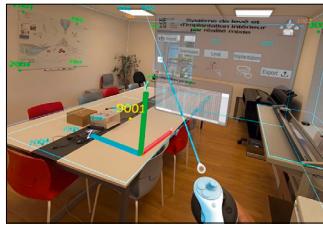
**Système de levé et d'implantation intérieur par réalité mixte** Ce projet de Bachelor explore le potentiel d'un casque pour lever et implanter des points en intérieur, en intégrant des données 3D dans l'environnement réel. Une solution innovante, encore pleine de défis techniques et technologiques, mais déjà prometteuse. ► [Page 18](#)



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Office fédéral de topographie swisstopo  
[www.swisstopo.ch](http://www.swisstopo.ch)

# Contenu



Aperçu de l'application avec des points.  
Origine du système local, Raycast et menu.

## Impressum «cadastre»

Rédaction:  
Aline Markwalder, Catarina Paiva Duarte  
et Marc Nicodet

Tirage:  
550 français / 1400 allemand

Parution: 3 fois par an

Adresse de la rédaction:  
Office fédéral de topographie swisstopo  
Mensuration  
Seftigenstrasse 264  
3084 Wabern  
Téléphone 058 464 73 03  
mensuration@swisstopo.ch  
www.cadastre.ch

ISSN 2297-6108  
ISSN 2297-6116

## Editorial

3

## Articles techniques

- Des altitudes fiables pour les décennies à venir – le nouveau système altimétrique suisse 4–8
- Les systèmes et cadres de référence géodésiques en théorie et en pratique 9–14
- Vision Mensuration Officielle: Résultats de la consultation et prochaines étapes 15
- La manifestation d'information 2025 sur le cadastre RDPPF 16–17
- Système de levé et d'implantation intérieur par réalité mixte 18–22
- La vérification assure la qualité de la mensuration officielle d'aujourd'hui et ouvre la voie à celle de demain 23–24

## Communications

- Personnel du domaine «Mensuration» 24
- Geo Innovation News 25–26
- Circulaires et Express: dernières publications 27

## Formation continue

- Rappel: Info-Regio MO – la vision de la mensuration officielle et DMAV Version 1.0 27

## Légende

- Mensuration officielle
- Cadastre RDPPF
- Article général

# Editorial



Marc Nicodet

Chère lectrice, cher lecteur

J'espère que vous avez passé un bon été et que vous êtes bien reposés.

Dans cette édition, nous vous proposons plusieurs articles sur les bases géodésiques de la Suisse, y compris quelques notions théoriques, qui constituent le fondement commun de toutes nos géodonnées.

Vous pourrez tout d'abord découvrir en page 4 un article sur le nouveau système altimétrique que nous désirons introduire en Suisse. Alors que notre système actuel se repose sur des mesures qui datent de 1902, l'évolution, depuis cette époque, des connaissances scientifiques, tout comme des technologies de mesures, nous amène à proposer une modernisation de notre système altimétrique. Si le pas a été franchi pour la planimétrie au début des années 2000 avec MN95 (Mensuration Nationale 1995, le cadre de référence pour la mensuration), il est temps de faire de même pour l'altimétrie. Toutes les bases scientifiques et techniques pour ce changement ont été préparées ou sont à bout touchant, mais il est clair que la décision finale de changer de système altimétrique est une décision politique, décision qui n'a pas encore été prise.

Un autre article, en page 9, est consacré aux systèmes et cadres de référence géodésiques. Vous y trouverez des explications sur les systèmes et cadres de référence terrestres mondiaux et européens. Comme vous le savez, tout bouge sur notre Terre, et il s'agit d'assurer les transformations entre les systèmes et cadres de références suisses et internationaux. A l'heure où les systèmes de mesures globaux de type GNSS (Global Navigation Satellite System) sont de plus en plus utilisés et deviennent la norme, il est essentiel de pouvoir garantir la pertinence et la précision de ces transformations.

Mais toutes ces transformations rigoureuses et résultant d'intenses recherches scientifiques ne suffisent malheureusement pas à assurer dans tous les cas la fiabilité des coordonnées obtenues avec nos appareils GNSS. En effet, on se voit de plus en plus confrontés au phénomène de spoofing (falsification des signaux GNSS), en particulier lorsque l'on est proche de zones de conflit. L'article en page 25 vous présente un projet intéressant qui tend à améliorer la résilience des signaux GNSS.

Je vous souhaite une excellente lecture de ce numéro de «cadastre», qui comprend, à côté des articles liés à la géodésie que j'ai mentionnés, de nombreuses autres informations en lien avec le système cadastral helvétique ou les techniques novatrices.

Marc Nicodet

Responsable du domaine Mensuration  
swisstopo, Wabern  
marc.nicodet@swisstopo.ch

# Des altitudes fiables pour les décennies à venir – le nouveau système altimétrique suisse

Depuis plus d'un siècle, le système altimétrique suisse repose sur le Nivellement fédéral de 1902 (NF02), basé sur des mesures de nivellation géométrique. Avec l'évolution des technologies de mesure et la nécessité d'une compatibilité internationale, la Suisse s'engage dans la modernisation de son système altimétrique. Le nouveau système, le *Swiss Vertical Reference System* (CHVRS), introduit des altitudes normales et tient compte des mouvements verticaux de la croûte terrestre. Des *Proofs of Concept* sont en cours pour valider certains éléments techniques.

Depuis quatre ans, la Suisse travaille à la modernisation de son système altimétrique, le nivellement fédéral de 1902 (NF02). Dans le cadre de ce projet, un groupe de travail de l'Office fédéral de topographie swisstopo a élaboré les définitions du nouveau système de référence altimétrique pour la Suisse: le *Swiss Vertical Reference System* (CHVRS), ainsi que ses cadres de référence associés: *Swiss Vertical Reference Frame* (CHVRFxxxx) où «xxxx» correspond à l'année de réalisation. Ce système vise à fournir des informations altimétriques précises, fiables et compatibles avec les technologies modernes de positionnement par satellites. Il repose sur des altitudes normales et intègre les mouvements verticaux de la croûte terrestre en Suisse, afin d'assurer la précision, l'homogénéité ainsi que la compatibilité avec les systèmes internationaux de référence à long terme.

## Quelques notions théoriques

En géodésie, on distingue principalement deux catégories d'altitudes:

1. Les altitudes géométriques, exprimées sous forme d'altitudes ellipsoïdales, sont directement mesurables par des méthodes globales de positionnement satellitaire telles que le GNSS. Leur principal inconvénient est qu'elles sont purement géométriques et qu'elles ne reflètent donc pas le mouvement de l'eau.
2. Les altitudes physiques, quant à elles, tiennent compte de la pesanteur terrestre et visent à définir l'altitude de points de manière à ce que l'eau ne puisse pas s'écouler entre deux points situés à la même altitude (voir encadré «altitude dynamique»).

Une méthode simple pour obtenir des altitudes physiques consiste à effectuer des mesures de nivellation géométrique – ce qui a été fait dans le cadre du nivellement fédéral de 1902. Toutefois, un des problèmes majeurs des altitudes dites «usuelles» est qu'elles ne sont pas univoques: l'altitude d'un point dépend du chemin emprunté pour le niveler. Autrement dit, même sans aucune incertitude de mesure, un même point peut se voir attribuer des altitudes différentes selon le cheminement suivi. Pour résoudre ce problème, des

### Altitude dynamique

Seules les altitudes dynamiques permettent d'accéder rigoureusement au niveau d'énergie potentielle gravitationnelle. Cependant, les différences entre l'altitude dynamique et les distances verticales mesurées par nivellement géométrique sont significatives même pour de petits cheminements. Il faudrait donc systématiquement passer par la cote géopotentielle pour obtenir l'altitude dynamique. C'est pour cette raison pratique que ce sont plutôt les altitudes orthométriques ou normales qui sont utilisées. Elles font un léger compromis sur l'égalité entre les surfaces équipotentielles et les surfaces d'égales altitudes au bénéfice de la bonne correspondance entre distances verticales géométrique et différences d'altitudes.

systèmes d'altitudes physiques univoques ont été définis en géodésie, tels que les altitudes orthométriques, normales ou dynamiques. Ces différents systèmes présentent chacun des avantages et des inconvénients – tant théoriques que pratiques – mais ont en commun d'être basés sur la cote géopotentielle.

### La cote géopotentielle

La cote géopotentielle  $C$  d'un point  $P$  à la position  $x_P$  est définie comme la différence entre le potentiel de pesanteur au niveau de référence (le géoïde), noté  $W_0$ , et le potentiel  $W$  au point  $P$ .

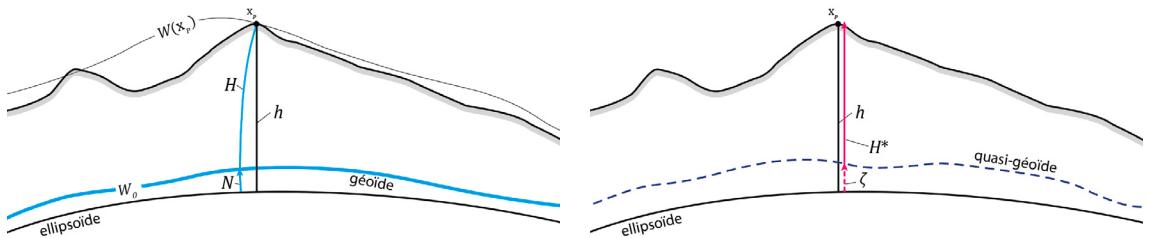
$$C(x_P) = W_0 - W(x_P)$$

Elle s'exprime en  $\text{m}^2/\text{s}^2$ . Une cote géopotentielle peut s'obtenir par exemple par des mesures de nivellement géométrique combinées à des données gravimétriques, en multipliant les dénivellées (exprimée en mètres) par les valeurs locales de l'accélération de la pesanteur (en  $\text{m}/\text{s}^2$ ). Pour obtenir l'altitude orthométrique  $H$  du point  $x_P$ , il suffit de diviser la cote géopotentielle par l'accélération de pesanteur moyenne le long de la ligne d'plomb  $\bar{g}$ .

$$H(x_P) = \frac{C(x_P)}{\bar{g}}$$

Toutefois, cette accélération de pesanteur moyenne ne peut pas être déterminée directement par mesure, car

Figure 1: Profils topographiques avec l'altitude orthométrique  $H$  (gauche) et l'altitude normale  $H^*$  (droite).



il est impossible d'accéder à l'intérieur de la Terre. Il faut donc recourir à des modèles de masse intégrant des hypothèses sur la densité des roches comprises entre la topographie et le géoïde, en s'appuyant sur des mesures gravimétriques réalisées à la surface.

#### Les altitudes orthométriques

Les altitudes orthométriques sont univoques et se réfèrent au géoïde qui est une surface équipotentielle correspondant à la surface des océans prolongée sous les continents. Géométriquement, l'altitude orthométrique  $H$  correspond à la distance curviligne le long de la ligne d'aplomb entre le point considéré et son point correspondant sur la surface du géoïde. Elle est reliée à l'altitude ellipsoïdale  $h$  par la cote du géoïde  $N$  (figure 1 à gauche):

$$H = h - N$$

#### Les altitudes normales

La difficulté principale dans la détermination des altitudes orthométriques réside dans l'estimation précise de la pesanteur moyenne  $\bar{g}$ . Pour contourner cette limitation, le géodésien Mikhail Molodensky a proposé dans les années 1960 un système alternatif d'altitudes physiques univoques, également fondé sur les cotes géopotentielles. Ce système remplace  $\bar{g}$  par l'accélération de pesanteur normale moyenne  $\bar{y}$ , calculée à partir d'un champ de pesanteur théorique généré par un ellipsoïde de révolution homogène dont la masse est équivalente à celle de la Terre.

L'avantage est que l'accélération de pesanteur normale moyenne  $\bar{y}$  peut être obtenue sans incertitude ni hypothèse sur la distribution des masses dans la croûte terrestre. L'altitude normale  $H^*$  est alors donnée par:

$$H^*(x_p) = \frac{C(x_p)}{\bar{y}}$$

Contrairement aux altitudes orthométriques, les altitudes normales ne se réfèrent pas au géoïde, ni à une autre surface équipotentielle. Leur surface de référence est appelée quasi-géoïde.

Enfin, pour obtenir une altitude normale à partir d'une altitude ellipsoïdale  $h$  mesurée par GNSS, on applique une *relation analogue* à celle utilisée pour les altitudes

orthométriques. Cependant, au lieu de la cote du géoïde  $N$ , on soustrait l'anomalie de hauteur  $\zeta$  (voir figure 1 à droite):

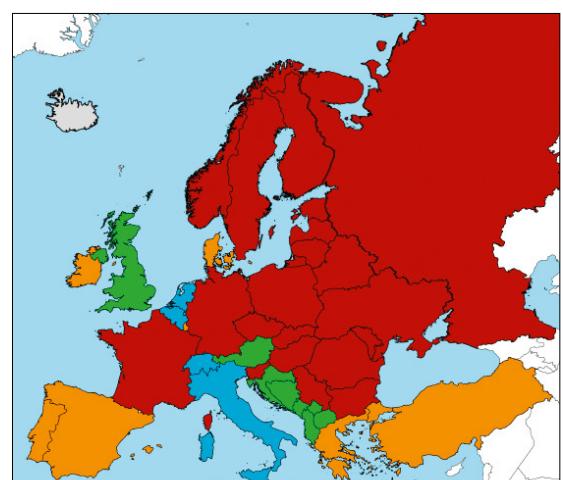
$$H^* = h - \zeta$$

#### À ceux qui veulent comprendre en détail

Rendez-vous sur notre page web: des altitudes normales pour le système altimétrique Suisse <https://www.swisstopo.admin.ch/fr/altitudes-normales-pour-le-systeme-altimetrique-suisse>

Le choix d'adopter les altitudes normales pour le nouveau système altimétrique suisse CHVRS, bien que conceptuellement plus complexes, repose principalement sur ces deux raisons:

- Elles peuvent être déduites des cotes géopotentielles sans hypothèses sur la densité des masses et donc sans cette incertitude supplémentaire.
- Elles sont directement compatibles avec les standards internationaux, en particulier ceux adoptés par de nombreux pays européens, dont la France et l'Allemagne (figure 2).



Type d'altitude:

- Pas de réseau de nivellation
- Altitudes usuelles
- Altitudes normales
- Altitudes orthométriques
- Altitudes normales-orthométriques
- Pas d'information

Figure 2: Types d'altitude utilisés en Europe.  
(Source : Office fédéral allemand de cartographie et de géodésie)

## Le temps passe et les points bougent

La croûte terrestre est en perpétuel mouvement, notamment en raison de l'activité tectonique (cf. p.11). En Suisse, des mesures de niveling répétées ont montré que les Alpes se soulèvent d'environ 1 à 2 mm par an par rapport au Plateau suisse. Pour garantir la pérennité du système altimétrique, le CHVRS intègre une composante cinématique, c'est-à-dire qu'il prend en compte les déplacements verticaux.

À partir des vitesses mesurées sur certains points, un modèle cinématique est élaboré. Il permet de prédire, à n'importe quelle époque  $t_1$ , une altitude déterminée à une autre époque  $t_2$ . Cette approche assure la cohérence entre les altitudes mesurées à des époques différentes et les altitudes des points stockés dans différentes bases de données. Afin d'assurer l'homogénéité des différentes bases de données, les altitudes officielles seront gérées à une époque de référence  $t_0$ . Par convention, cette époque est définie de la façon suivante:

*Une altitude officielle est une altitude à l'époque du cadre de référence.*

Ainsi, toutes les altitudes officielles et les produits publiés par swisstopo seront fixés à l'époque du cadre de référence en vigueur. La notation suivante est utilisée pour les altitudes officielles:

1239.943 m CHVRF2030 2030.0

Cela signifie que l'altitude de cet exemple est définie dans le cadre de référence CHVRF2030 à l'époque 2030.0.

Cette définition à l'avantage de rendre le traitement cinématique des altitudes négligeable lorsque les mesures se rattachent directement aux points fixes de la mensuration officielle. Ceci est valable tant pour des mesures de niveling géométrique et trigonométrique que pour des mesures GNSS différentielles, ajustées localement sur les points fixes. Dans tous ces cas de figure, il en découle automatiquement des altitudes dans le cadre de référence officiel à l'époque de référence du cadre. Aucune correction cinématique n'est nécessaire.

Un point de montage spécifique sera proposé pour swipos-GIS/GEO<sup>1</sup>. La position obtenue à l'époque de la mesure sera automatiquement corrigée de la cinématique du côté serveur. Ainsi, la position calculée par le récepteur (E, N, H\*) sera directement dans le cadre en vigueur à l'époque de référence  $t_0$ . L'utilisateur du ser-

vice swipos-GIS/GEO n'aura aucune correction cinématique à appliquer.

Une réduction de l'époque de référence côté utilisateur est nécessaire uniquement pour les travaux géodésiques de haute précision ou lorsqu'une méthode de positionnement globale, comme le Precise Point Positioning (PPP) est utilisée. Le PPP est une méthode de positionnement par GNSS qui n'utilise pas de station de référence locale. Pour ce cas de figure, des services web appropriés seront mis à disposition par swisstopo pour effectuer des changements de cadres de références et d'époques de façon simple et rigoureuse.

En résumé, une gestion appropriée des époques et des cadres de références garantit la longévité du système de référence avec une haute précision, ainsi que la possibilité d'exploiter facilement les avancées technologiques des systèmes globaux de positionnement sans dégrader la qualité des altitudes déterminées au fil du temps.

### Plus d'informations

Vous trouverez plus de détails sur les définitions du nouveau système CHVRS dans la seconde partie du rapport relatif à «l'Etude sur la modernisation du système et du cadre de référence altimétrique en Suisse»:

<https://www.swisstopo.admin.ch/fr/nouveau-systeme-altimetrique>

## Des mesures de validation en cours à Zurich et Fribourg

Des concepts pour la réalisation du CHVRS et la transformation des données altimétriques existantes sont en cours d'élaboration. Pour valider ces concepts, des *Proofs of Concept* (PoC) ont été lancés en partenariat avec les cantons cette année. swisstopo avait lancé un appel à participation fin 2024 et l'Etat de Fribourg ainsi que le canton de Zurich ont été sélectionnés.

Un des enjeux majeurs, si le CHVRS est adopté, est la transformation des données existantes de NFO2 vers le nouveau système altimétrique CHVRS, et surtout l'évaluation de la qualité des données après transformation. Puisque le système altimétrique CHVRS n'a pas encore été réalisé, les PoC sont effectués en considérant le cadre de référence altimétrique RAN95 (Réseau altimétrique national 1995) comme approximation pour le nouveau système altimétrique. RAN95 est le système altimétrique suisse scientifique. Il est basé sur des cotes géopotentielles, des altitudes orthométriques et un modèle cinématique et rempli ainsi les exigences envers un système altimétrique rigoureux. La transformation de RAN95 vers le nouveau système est présumément plus

<sup>1</sup> swipos-GIS/GEO est un service de positionnement GNSS de swisstopo, pour les utilisateurs professionnels ayant des exigences de précision de l'ordre du centimètre.

simple que la transformation de NF02 vers RAN95 et ne sera donc pas examiné dans le cadre des PoC.

Les différents volets de travail des PoC sont illustrés à la figure 3. Ils incluent d'une part la définition d'une stratégie de transformation des données existantes, et d'autre part la mise en place d'une méthode efficace, précise et fiable pour déterminer de nouvelles altitudes.

Trois approches sont envisagées pour la transformation des données:

1. Utilisation de HTRANS, développée lors de l'introduction de la mensuration nationale de 1995 (MN95). Cette transformation entre NF02 et RAN95 offre une précision de l'ordre de 1 à 3 centimètres à proximité des lignes de nivellation fédéral. Hors des lignes de nivellation fédéral, sa précision n'est pas connue.
2. Calcul d'une transformation locale, nécessitant de mesurer de nouveaux points d'appui à la transformation.
3. Remesure complète des points. Bien qu'elle offre une grande précision, cette solution représenterait une charge de travail et de ressources considérables, difficilement justifiables. Elle n'est donc pas une option réaliste dans le cadre d'un déploiement à grande échelle.

Les PoC incluent des campagnes de détermination d'altitudes RAN95 de haute précision sur des points fixes des périmètres en question, à l'aide de mesures GNSS statiques. Ces déterminations permettent d'évaluer les différentes stratégies de transformation entre les altitudes officielles NF02 et RAN95.

Figure 3:  
Les différents volets de travail réalisés dans le cadre des PoC. RAN95\* et RAN95\*\* correspondent à une approximation de RAN95 obtenue suite à une transformation.

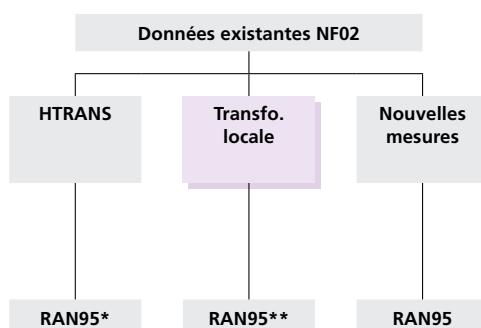
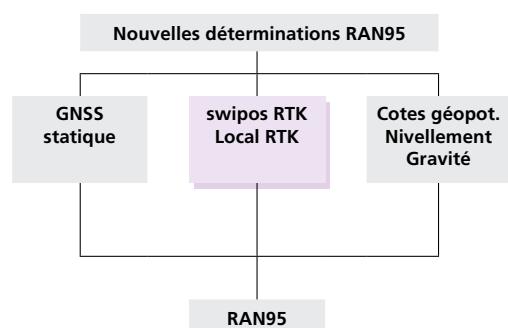


Figure 4: Mesures GNSS statiques au col du Jaun

Le deuxième volet des PoC est d'évaluer différentes méthodes de détermination de nouvelles altitudes par GNSS. Des mesures sont mises en œuvre dans le canton de Fribourg et de Zurich.

Les méthodes de positionnement par GNSS statique, swipos-GIS/GEO et L-RTK sont évaluées en termes de précision et d'efficacité opérationnelle. La méthode L-RTK (*Local Real Time Kinematic*) consiste à utiliser une station de référence locale afin de pouvoir bénéficier de lignes de base courtes (< 5 km en planimétrie, < 100 m de différence d'altitude). La station de référence locale est déterminée par des mesures GNSS statiques sur plusieurs jours à l'aide d'un calcul de qualité scientifique (Bernese GNSS software) qui s'appuie sur le réseau GNSS automatique suisse (AGNES).

Le fait que le canton de Zurich ait relié tous les points fixes planimétriques 2 au nivellation cantonal offre en outre la possibilité de dériver des cotes géopotentielles et des altitudes RAN95 rigoureuses pour tous ces points. C'est un moyen supplémentaire d'évaluer la qualité des données existantes et de la transformation.



### **Pas de mise en œuvre sans décision du Conseil fédéral**

L'ensemble des études et des travaux réalisés fait partie des clarifications préalables afin que la direction de swisstopo puisse prendre une décision fondée quant à la suite du projet.

La décision d'introduire un nouveau système altimétrique incombe au Conseil fédéral, sur proposition de swisstopo. L'éventuelle mise en œuvre sera un effort coordonné des communes, des cantons, de la Confédération et de tout acteur de la géoinformation en Suisse et assurera ainsi le référencement spatial homogène en Suisse pour les décennies à venir.

**Elisa Borlat,**  
Collaboratrice scientifique  
Mensuration – swisstopo, Wabern  
[elisa.borlat@swisstopo.ch](mailto:elisa.borlat@swisstopo.ch)

**Daniel Willi,**  
Responsable processus Mensuration géodésique nationale  
Mensuration – swisstopo, Wabern  
[daniel.willi@swisstopo.ch](mailto:daniel.willi@swisstopo.ch)

**Sébastien Guillaume,**  
Professeur en géodésie, méthodes d'estimation et GNSS  
HEIG-VD, Yverdon-les-Bains  
[sebastien.guillaume@heig-vd.ch](mailto:sebastien.guillaume@heig-vd.ch)

# Les systèmes et cadres de référence géodésiques en théorie et en pratique

Les systèmes de coordonnées, les systèmes de référence et les cadres de référence sont d'une importance capitale en mensuration et en géodésie. Cet article a pour objectif de rappeler les éléments théoriques fondamentaux et de donner des informations pratiques pour le travail quotidien.

## Les systèmes de coordonnées

Les systèmes de coordonnées sont le fondement mathématique pour représenter de façon univoque l'emplacement d'un point. En géodésie, on utilise principalement des coordonnées cartésiennes, des coordonnées ellipsoïdales et des coordonnées projetées. Il est important de noter que les différents systèmes de coordonnées sont des façons différentes de représenter un même point, dans un même cadre de référence. La norme ISO 19111 parle de conversion de coordonnées dans ce cas, contrairement à une transformation de coordonnées.

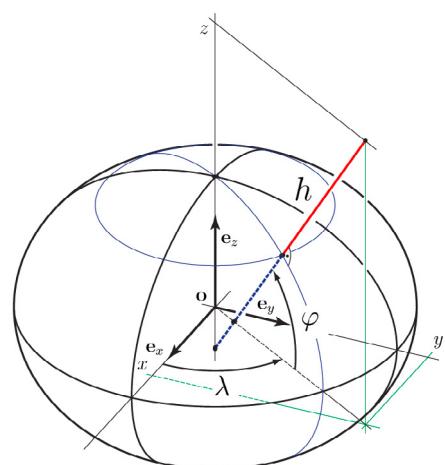
### Le système de coordonnées cartésiennes

Un système de coordonnées cartésiennes est défini par une origine et trois vecteurs de base orthonormaux (c'est-à-dire perpendiculaire les uns aux autres et de longueur unitaire). Un point est repéré par ses coordonnées  $x$ ,  $y$  et  $z$ . Dans le cas des systèmes terrestres, l'origine se trouve au centre de masse de la Terre,  $x$  pointe le plus souvent vers le méridien de Greenwich et  $z$  pointe vers le pôle nord. L'axe  $y$  complète les axes  $x$  et  $z$  pour former un système droit.

### Le système de coordonnées ellipsoïdales

Les coordonnées ellipsoïdales tirent profit du fait que la forme de la Terre s'approche d'un ellipsoïde de révolution, c'est-à-dire d'une sphère aplatie aux pôles. Un point est repéré par sa longitude ellipsoïdale  $\lambda$ , sa latitude ellipsoïdale  $\varphi$  et son altitude ellipsoïdale  $h$ , comme illustré dans la figure 1.

Figure 1: Système de coordonnées ellipsoïdales  
(source: S. Guillaume, cours «éléments de géodésie», HEIG-VD)



Le lien entre les coordonnées cartésiennes et les coordonnées ellipsoïdales est le suivant:

$$\begin{aligned}x &= (R_N + h) \cos \varphi \cos \lambda \\y &= (R_N + h) \cos \varphi \sin \lambda \\z &= [R_N(1 - e^2) + h] \sin \varphi \\R_N &= \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}}\end{aligned}$$

Où  $a$  et  $e$  sont le demi-grand axe et l'excentricité de l'ellipsoïde de référence.

### Les systèmes de coordonnées projetées

Les projections sont beaucoup utilisées en géodésie, car elles permettent de représenter la surface de la Terre sur un plan ou une carte. De façon générale, une projection lie les coordonnées ellipsoïdales planimétriques  $\lambda$ ,  $\varphi$  aux coordonnées projetées est ( $E$ ) et nord ( $N$ ):

$$\begin{aligned}E &= E(\lambda, \varphi) \\N &= N(\lambda, \varphi)\end{aligned}$$

La surface de projection est généralement un plan, mais peut aussi être une sphère. C'est le cas pour la double projection conforme cylindrique à axe oblique Suisse, où la première projection consiste à projeter les coordonnées ellipsoïdales sur une sphère puis de la sphère sur un cylindre. Une autre projection courante est la projection de Mercator. Avec des coordonnées ellipsoïdales, la projection de Mercator ellipsoïdale (et non sphérique) devrait être utilisée.

## Les systèmes et cadres de référence

Un système de référence regroupe l'ensemble des définitions et conventions nécessaires à positionner des points sur Terre. Ainsi, il s'agit par exemple de définir les unités utilisées, l'origine du système et la direction des axes. Un cadre de référence, quant à lui, est la réalisation pratique d'un système de référence. Concrètement, il s'agira de définir des points fixes et d'en déterminer les coordonnées selon les définitions et les conventions du système de référence en question.

La distinction entre un système de référence et les cadres de référence qui lui sont associés permet de mettre à jour les coordonnées en publiant un nouveau cadre de référence, sans modifier le système. Un exemple est le système international de référence ter-

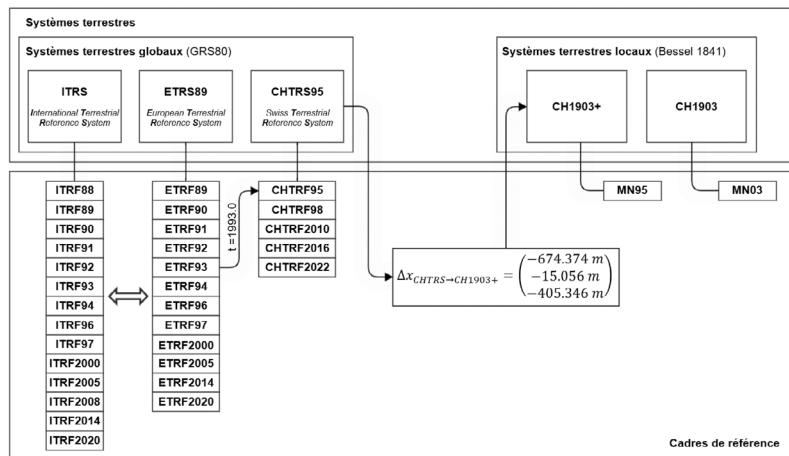


Figure 2: aperçu des principaux systèmes et cadres de référence terrestre utilisés en Suisse.

reste ITRS (International Terrestrial Reference System), qui est régulièrement mis à jour en publiant un nouveau cadre international de référence terrestre (ITRF, International Terrestrial Reference Frame). Le dernier en date est l'ITRF2020. En moyenne, un nouveau ITRF est réalisé tous les six ans.

#### Le système de référence céleste ICRS

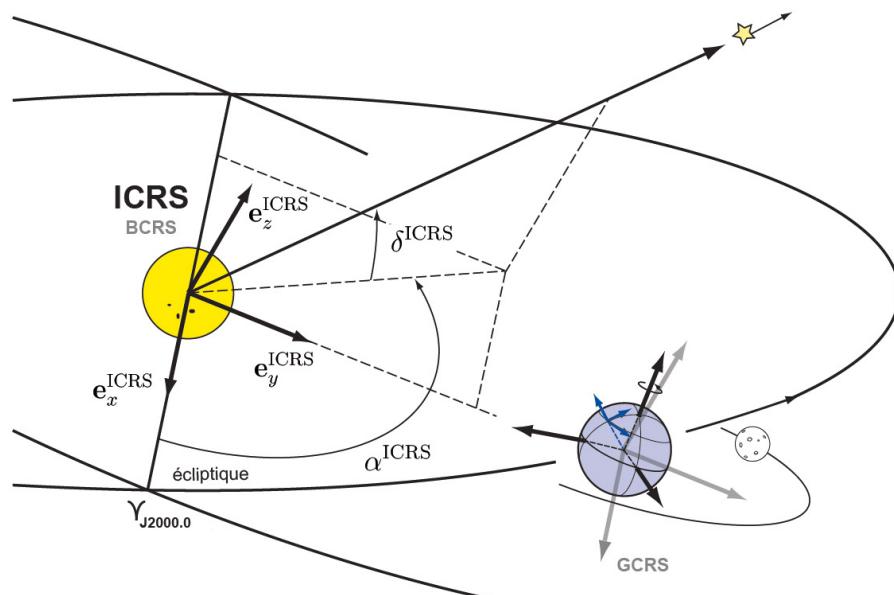
Le système international de référence céleste ICRS (International Celestial Reference System) est fixé au barycentre du système solaire<sup>1</sup> et son axe x est aligné avec le point vernal<sup>2</sup> le 1<sup>er</sup> janvier 2000 à midi<sup>3</sup> (voir également Figure 3). Son dernier cadre de référence est l'ICRF3 (International Celestial Reference Frame 3), déterminé en 2020. Bien qu'il constitue une référence fondamentale en géodésie globale et en astro-géodésie, il est

peu rencontré dans la pratique. L'ICRS est utilisé par exemple pour faire des mesures astro-géodésiques ou pour déterminer l'orientation de la Terre.

*Le système de référence terrestre international ITRS*  
Contrairement aux systèmes de référence célestes, les systèmes de référence terrestres sont rattachés à la surface de la Terre. Ils permettent de se positionner sur Terre, mais aussi d'observer de nombreux phénomènes naturels, comme la tectonique des plaques, le rebond glaciaire ou la montée du niveau moyen des mers. Le système international de référence terrestre est centré au barycentre de la Terre. Son axe x pointait initialement vers le méridien de Greenwich et son axe z pointe en direction de l'axe de rotation de la Terre.

La dernière réalisation de l'ITRS est l'ITRF2020<sup>4</sup>, l'ITRF2020, comme les réalisations antérieures, est calculé à partir d'observations des quatre principales techniques géodésiques spatiales; à savoir les systèmes globaux de positionnement par satellites (GNSS pour Global Navigation Satellite System), la télémétrie laser sur satellites<sup>5</sup> (SLR pour Satellite Laser Ranging),

Figure 3: le système international de référence céleste, ICRS  
(source: S. Guillaume, cours «éléments de géodésie», HEIG-VD).



1 Donc approximativement au centre du soleil.

2 Le point vernal est à l'intersection entre le plan de l'équateur et le plan dans lequel la Terre évolue autour du soleil.

3 L'axe de rotation de la Terre change progressivement de direction par rapport au référentiel céleste pour revenir à sa position initiale après 26'000 ans. A cause de ce décalage, le point vernal bouge également. Il faut donc fixer une époque pour avoir un système fixe par rapport aux étoiles.

4 Altamimi, Z., Rebischung, P., Collilieux, X. et al. ITRF2020: an augmented reference frame refining the modeling of nonlinear station motions. *J Geod* 97, 47 (2023). <https://doi.org/10.1007/s00190-023-01738-w>.

5 La télémétrie laser sur satellite consiste à mesurer la distance entre des stations terrestres et des satellites. A cette fin, les satellites sont équipés de rétroréflecteurs, qui ressemblent un peu à des prismes utilisés en géomatique. Un exemple de station SLR est l'observatoire de Zimmerwald dans le Canton de Berne.

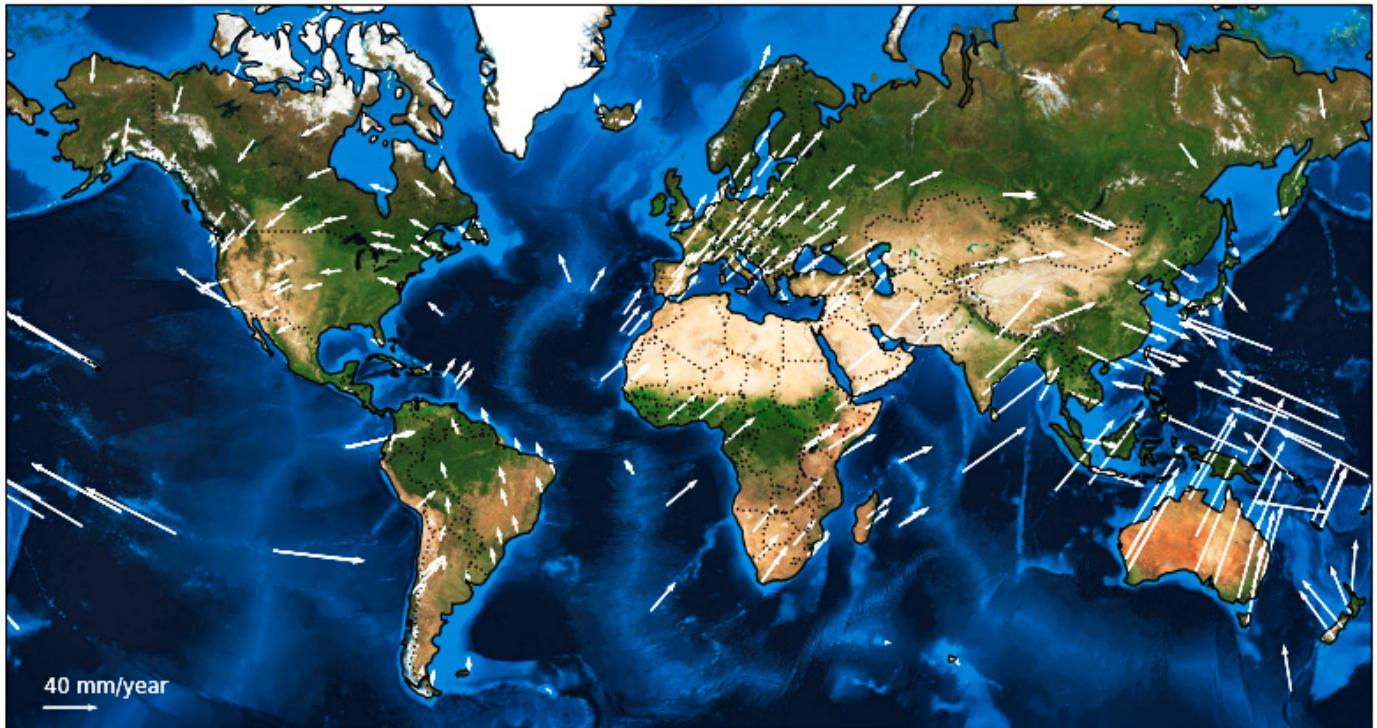


Figure 4:  
vitesses horizontales des stations permanentes de l'International GNSS Service (IGS) en ITRF2020.  
L'Europe se déplace avec environ 2.5 cm par année vers le nord-est.

l'interférométrie à très longue base<sup>6</sup> (VLBI pour Very Long Baseline Interferometry) et la Détermination d'Orbite et Radiopositionnement Intégré par Satellite<sup>7</sup> (DORIS).

A cause de la dérive des plaques tectoniques, les points de la surface présentent de petites vitesses relatives. Dans l'ITRS, la somme des vitesses horizontales des stations stables est nulle. Les cadres de l'ITRS ne sont donc pas définis par une sélection des points fixes, mais par une condition mathématique sur l'ensemble des stations.

La coordonnée cartésienne d'un point à une certaine époque  $t$  s'obtient à partir de la formule suivante:

$$x^{ITRF2020}(t) = x_{t_0}^{ITRF2020} + \dot{x}^{ITRF2020} \cdot (t - t_0)$$

<sup>6</sup> L'interférométrie à très longue base utilise des radiotélescopes (qui ressemblent à des paraboles géantes) pour observer des quasars. Les quasars sont des galaxies lointaines avec des centres actifs qui émettent des micro-ondes. Les signaux des quasars sont mesurés depuis plusieurs radiotélescopes répartis sur terre. Ensuite, le délai de réception est déterminé, ce qui permet de calculer des lignes de bases entre les télescopes.

<sup>7</sup> DORIS est un système de positionnement français qui permet de déterminer la position de satellites en orbite basse. Par rapport au GPS, le système est « inversé », c'est-à-dire que les émetteurs sont sur terre et le récepteur est sur le satellite. Le réseau au sol est composé actuellement d'une soixantaine de stations et de neuf satellites actifs, dont le dernier est SWOT lancé en 2022.

Où  $x_{t_0}^{ITRF2020}$  est la coordonnée ITRF2020 à l'époque de référence  $x^{ITRF2020}$  est sa vitesse. Sachant que l'époque de référence  $t_0$  de l'ITRF2020 est le premier janvier 2015, les valeurs sont les suivantes pour l'antenne GNSS de la station ZIMM à Zimmerwald:

$$x^{ITRF2020}(t) = \begin{pmatrix} 4331296.92975 \text{ m} \\ 567556.05813 \text{ m} \\ 4633134.05193 \text{ m} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -0.01378 \text{ m/année} \\ 0.01810 \text{ m/année} \\ 0.01164 \text{ m/année} \end{pmatrix} \cdot (t - 2015.0)$$

La précision de la position (écart-type, un sigma) est meilleure que 0.1 mm pour la latitude et la longitude et d'environ 0.4 mm pour l'altitude. La précision des vitesses est inférieure au 1/10<sup>ème</sup> de millimètre par année, pour chacune des composantes, et reflète la longueur des séries temporelles<sup>8</sup>.

#### Le système de référence terrestre européen ETRS89

Pour une utilisatrice ou un utilisateur européen, l'ITRS présente un inconvénient de taille: les points situés sur la plaque eurasiatique présentent une vitesse d'environ 2.5 cm par année en direction du nord-est (voir également Figure 4). Pour pallier à cet inconvénient, le système européen de référence terrestre ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) a été créé. Par définition, l'ETRS89 est aligné avec l'ITRS à l'époque 1989.0

<sup>8</sup> Plus on détermine une vitesse sur une durée longue, plus la vitesse sera précise.



Figure 5:  
vitesses horizontales des stations permanentes de l'International GNSS Service (IGS) après transformation en ETRF2020. L'Europe présente des vitesses quasiment nulles.

et fixé à la partie stable de la plaque continentale eurasiatique. Cela a le grand avantage de fournir des vitesses plus petites sur la plupart des points en Europe. La conséquence de cette définition est que la différence entre ITRS et ETRS89 croît d'année en année. La dernière réalisation d'ETRS89 est ETRF2020 (European Terrestrial Reference Frame 2020).

#### *Le système de référence suisse CHTRS95*

Le système suisse de référence terrestre (CHTRS95 pour Swiss Terrestrial Reference System 1995), était aligné sur ETRS89 en 1993. CHTRS95 a été créé afin de maintenir les coordonnées stables en Suisse. Les coordonnées projetés MN95 se basent sur le cadre CHTRF95. Depuis, aucun nouveau cadre de référence n'a été introduit, car les déplacements recensés lors des campagnes de mesures GNSS effectuées tous les six ans ne justifiaient pas la réalisation et la publication d'un nouveau cadre.

Après évaluation et analyse des résultats de la campagne GNSS2022, la situation sera réévaluée. Il est possible qu'une nouvelle transformation entre ETRFxxxx et CHTRF95 soit publiée.

Tout comme ITRS et ETRS89, CHTRS95 utilise l'ellipsoïde de référence GRS80 (Geodetic Reference System 1980).

#### *La transformation entre cadres de référence*

La transformation entre cadres de référence se fait à l'aide d'une transformation à 14 paramètres. Contrairement à une transformation de Helmert-3D qui présente 7 paramètres (trois translations, trois rotations et un facteur d'échelle), la transformation à 14 paramètres présente aussi les variations temporelles des 7 paramètres. La transformation de coordonnées s'applique toujours sur les coordonnées cartésiennes. Soit:

$$\dot{x}^{ITRF2020}(t) = \dot{x}^{ETRF2020} + \Delta\dot{x} + \delta\dot{m} \cdot x^{ETRF2020} + \delta\dot{R} \cdot \dot{x}^{ETRF2020}$$

Les paramètres se retrouvent dans le vecteur des translations  $\Delta x$ , le facteur d'échelle différentiel  $\delta m$  et la rotation différentielle  $\delta R$ . Les vitesses se transforment de façon semblable:

$$\dot{x}^{ITRF2020}(t) = \dot{x}^{ETRF2020} + \Delta\dot{x} + \delta\dot{m} \cdot x^{ETRF2020} + \delta\dot{R} \cdot \dot{x}^{ETRF2020}$$

Où  $\Delta\dot{x}$  est la vitesse de translation,  $\delta\dot{m}$  est la modification temporelle du facteur d'échelle et  $\delta\dot{R}$  est la vitesse de rotation d'un cadre par rapport à un autre.

### Le système CH1903+

Pour les besoins de la mensuration nationale, la mensuration officielle et la mensuration technique, le système de référence CH1903+ est utilisé. Le cadre de référence associé à CH1903+ est MN95. Le système CH1903+ définit aussi la projection cartographique suisse, la double projection cylindrique conforme à axe oblique. Lors de l'établissement de CHTRS95, la transformation entre CH1903+ et CHTRS95 a été déterminée. Les rotations et le facteur d'échelle ont été fixés à zéro, il subsiste une translation:

$$x^{CH1903+} = x^{CHTRS95} + \Delta x_{CHTRS95 \rightarrow CH1903+} = x^{CHTRS95} + \begin{pmatrix} -674.374 \text{ m} \\ -15.056 \text{ m} \\ -405.346 \text{ m} \end{pmatrix}$$

Ces paramètres ont été choisis de façon à ce que CH1903+ soit pratiquement identique au système précédent CH1903 et que les différences entre les coordonnées MN95 et MN03 deviennent petites. De plus, CH1903+ utilise l'ellipsoïde de Bessel, qui a un demi-grand axe et une excentricité différente de GRS80.

### Qu'en est-il de WGS84?

Dès qu'on s'intéresse aux systèmes de coordonnées, on tombe inévitablement sur WGS84, pour World Geodetic System 1984. Il s'agit d'un système de coordonné maintenu et publié par la National Geospatial-Intelligence Agency (NGA), un des services de renseignements des États-Unis. Étant utilisé par le GPS américain, WGS84 s'est rapidement établi comme le système de coordonnées standard pour beaucoup d'applications en lien avec le GPS, comme la cartographie en ligne ou la navigation. Sa dernière réalisation est WGS84(G2296), 2296 désignant la semaine GPS<sup>9</sup> qui a commencé le dimanche 7 janvier 2024.

Depuis quelques années, WGS84 est aligné sur l'ITRS avec une précision meilleure que le centimètre. Pour les applications nécessitant une précision élevée, on considéra que WGS84 est identique à la dernière réalisation de l'ITRS, donc actuellement ITRF2020. L'erreur commise sera inférieure au centimètre. Pour les applications avec une faible exigence en précision (de l'ordre du mètre), comme par exemple l'échange d'itinéraires de randonnée, on peut considérer que WGS84, ETRS89 et CHTRS95 sont identiques. L'erreur commise sera de l'ordre du mètre.

<sup>9</sup> La première semaine GPS (la semaine 0) a commencé le 6 janvier 1980. Les semaines GPS et le temps écoulé depuis le début de la semaine sont une des informations transmises par les signaux GPS.

### La transformation entre CHTRS95 et ITRS/ETRS89

Le positionnement GNSS classique est relatif à un réseau de stations de références (ou à une unique station de référence). Le service de positionnement swipos, par exemple, offre un positionnement relatif au réseau AGNES et se réfère à la réalisation actuelle du CHTRS95. Récemment, des services de positionnement selon la méthode «Precise Point Positioning» (PPP) sont apparus. Ils permettent un positionnement centimétrique sans station de référence, partout sur Terre. Il existe des services en temps réel ou en post-traitement, dont certains sont même gratuits. Dans le cas du post-traitement, on y télécharge un fichier de mesures GNSS statiques et obtient une position centimétrique dans un système global<sup>10</sup>.

Cette application émergente rend nécessaire une transformation rigoureuse et précise entre CHTRS95 et ITRS/ETRS89. Des petites différences entre les cadres de référence, précédemment négligeables, deviennent significatives dans ce cas de figure. Plus spécifiquement, les petites vitesses dans l'ETRF93 et dans CHTRF95 des points situés en Suisse ne peuvent plus être négligées.

Grâce aux campagnes GNSS effectuées tous les six ans sur l'ensemble du réseau MN95 et le réseau AGNES, swisstopo est en mesure de réaliser un cadre de référence rigoureux et de publier les transformations vers d'autres cadres. Dans le cadre de la réalisation du cadre CHTRF2022, on étudiera la question de la transformation vers les différents cadres d'ETRS89 et publiera toutes les informations pertinentes.

En attendant, lors des transformations de l'ITRF2020 vers le CHTRS95, la vitesse de la station de référence Zimmerwald dans l'ITRF2020 peut être utilisée pour tous les points en Suisse:

$$\dot{x}_{ITRF2020} = \begin{pmatrix} -0.01378 \text{ m/année} \\ 0.01810 \text{ m/année} \\ -0.01164 \text{ m/année} \end{pmatrix}$$

Compte tenu de la vitesse, la précision de la transformation est comparable à la précision de positionnement de swipos, qui est de quelques centimètres. Sinon, l'erreur de transformation s'accumulerait jusqu'à environ un décimètre en 2025.

<sup>10</sup> Par exemple le service officiel de Ressources Naturelles Canada (<https://webapp.crsr-scrs.nrcan-ncan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp.php>), le service officiel du National Geodetic Survey (NGS) américain (<https://geodesy.noaa.gov/OPUS/>) ou encore le service Trimble RTX (<https://www.trimblertx.com/>), qui sont complètement ou partiellement gratuits.

## Les systèmes et cadres de référence altimétriques

Les systèmes et cadres de référence présentés dans le chapitre précédent sont parfois qualifiés de «géométriques». Ils sont complétés par des systèmes et cadres de référence altimétriques, afin de fournir une référence altimétrique rigoureuse qui est basée sur la hauteur de la mer (cf. p. 9 et suivantes). Les principaux systèmes altimétriques mondiaux et continentaux sont l'IHRS (International Height Reference System) et l'EVRS (European Vertical Reference System). Leurs cadres associés sont l'IHRF (International Height Reference Frame) et l'EVRF (European Vertical Reference Frame). En plus, il existe de nombreux systèmes nationaux et locaux (par exemple NF02 en Suisse) qui peuvent présenter des différences allant jusqu'au mètre.

L'élément clé d'un système altimétrique est le modèle du géoïde, qui permet de calculer une cote du géoïde  $N$  en n'importe quel point. A l'aide de la cote du géoïde, une altitude ellipsoïdale  $h_{ell}$  peut être transformée en altitude orthométrique  $H_{ortho}$ :

$$H_{ortho} = h_{ell} - N$$

## Outils de transformation et exemples

Les transformations entre MN95, MN03 et CHTRF95 ainsi que les transformations approximatives vers les cadres d'ETRS89, d'ITRS et de WGS84 sont implémentées dans l'outil en ligne de swisstopo, REFRAME<sup>11</sup>.

La transformation de CHTRF95 vers les cadres des systèmes internationaux ou européens et vice-versa peut se faire aisément grâce à l' «European Coordinate Transformation Tool» (ECTT)<sup>12</sup>.

Quelques exemples d'utilisations spécifiques au système Suisse se trouvent sur la page web de swisstopo: Les systèmes de coordonnées dans la pratique  
<https://www.swisstopo.admin.ch/fr/les-systemes-de-coordonnees-dans-la-prat>

Comment avez-vous trouvé cet article? Donnez-nous votre avis sur cet article avant fin du mois octobre:

<https://findmind.ch/c/cadastre>

### Daniel Willi

Responsable du processus Mensuration géodésique nationale  
Mensuration – swisstopo, Wabern  
daniel.willi@swisstopo.ch

### Marin Smolik

Ingénieur en développement  
Mensuration – swisstopo, Wabern  
marin.smolik@swisstopo.ch

### Lars Prange

Ingénieur en développement  
Mensuration – swisstopo, Wabern  
lars.prange@swisstopo.ch

<sup>11</sup> <https://www.swisstopo.admin.ch/fr/conversion-coordonnees-reframe>

<sup>12</sup> [https://www.epncb.oma.be/\\_productsservices/coord\\_trans/](https://www.epncb.oma.be/_productsservices/coord_trans/)

# Vision Mensuration Officielle: Résultats de la consultation et prochaines étapes

La vision de la mensuration officielle, élaborée par un groupe de travail<sup>1</sup>, a fait l'objet d'une large consultation entre mars et juin 2025. Voici un bref aperçu.

## VISION MENSURATION OFFICIELLE

**En fournissant des géodonnées de référence fiables et multidimensionnelles, nous créons une sécurité juridique pour les décisions ayant une dimension spatiale.**

**Nous fournissons au registre foncier les bases géométriques pour la garantie de la propriété foncière et d'autres droits définis spatialement.**

**Notre compétence clé est la saisie et la gestion de géoformations officielles pour la génération de connaissances.**

**Des utilisateurs satisfaits et de nouvelles technologies nous inspirent et nous motivent.**

Telle est la vision de la mensuration officielle. Avec la mission et les principes directeurs, elle sert de base à l'orientation stratégique de la mensuration officielle pour les années à venir.

Le document «Vision Mensuration Officielle» comprend:

- la vision proprement dite,
- les tâches et fonctions de la mensuration officielle ainsi qu'un engagement en faveur de certaines valeurs qui servent de base à nos activités (= mission) et
- des principes directeurs qui concrétisent la vision.

Ce document servira de base pour la stratégie de la mensuration officielle 2028–2031 ainsi que pour les périodes stratégiques suivantes. La première concrétisation se fera au travers du plan de mesures 2028–2031 et des plans de mise en œuvre correspondants des cantons.

Nous sommes très heureux de constater que les résultats de la large consultation menée de mars à juin 2025 sont globalement positifs. Aucune des 27 réponses reçues ne rejette la vision dans son ensemble. Les nombreuses remarques recueillies montrent que les professionnels et les organisations impliqués dans la mensuration officielle réfléchissent, s'engagent et souhaitent participer activement à la discussion. On constate en outre une forte identification à la vision, de nombreuses organisations ayant indiqué que l'Office fédéral de topographie swisstopo ne devait pas être seul à la signer.

Afin de refléter le soutien de ces organisations, celles-ci vont pouvoir aussi cosigner la vision. Le groupe de travail a examiné attentivement tous les autres commentaires et adapté les textes si nécessaire.

Le document final présentant notre vision, et les réflexions qui ont conduit à sa formulation, sera également présenté lors des réunions d'Info-Regio MO (cf.p.27) qui se tiendront dans huit villes suisses à partir du mois de septembre. Nous vous invitons cordialement à participer à ces événements et à y prendre part activement. Nous nous réjouissons d'ores et déjà de ces échanges!

### Mandat

La stratégie de la mensuration officielle pour les années 2024 à 2027 prévoit qu'une vision commune soit développée pour la mensuration officielle (MO). Un groupe de travail a donc été institué à cette fin et a regroupé des représentants de la Confédération, des cantons et des villes, des Hautes écoles, des associations professionnelles et de la Commission fédérale des ingénieurs géomètres.

Marc Nicodet

Responsable du domaine Mensuration  
swisstopo, Wabern  
marc.nicodet@swisstopo.ch

<sup>1</sup> Cf. «cadastre» N° 44, avril 2024, p. 15 [<https://backend.cadastre-manual.admin.ch/fileservice/sdweb-docs-prod-cadastremarch-files/files/2024/06/20/ebf455cd-f478-4da1-b03b-ae3780b39d28.pdf>]

# La manifestation d'information 2025 sur le cadastre RDPPF

Intitulée «Les adaptations de la loi sur la géoinformation en matière de RDPPF», la manifestation d'information du 28 avril 2025 a permis à ses participants de bénéficier d'une vue d'ensemble des modifications, en cours de consultation, apportées à la loi sur la géoinformation au profit du cadastre RDPPF.

La manifestation coorganisée par l'Office fédéral de topographie swisstopo et la Conférence des services cantonaux de la géoinformation et du cadastre (CGC) a porté sur les modifications apportées à la loi sur la géoinformation<sup>1</sup> (LGéo) en matière de cadastre des restrictions de droit public à la propriété foncière (cadastre RDPPF). Concentrée sur une demi-journée, elle a une nouvelle fois eu un format hybride, puisqu'aux 60 participants venus de tout le pays qui se sont retrouvés le 28 avril 2025 à Berne, au centre Welle7, se sont ajoutées 30 autres personnes qui ont suivi la manifestation en ligne.

Après l'accueil des participants, *Christoph Käser*, swisstopo, a dévoilé le déroulement de l'après-midi en quelques mots. L'adaptation du droit étant en consultation jusqu'au 30 juin 2025, la manifestation d'information visait un triple but: rendre cette thématique complexe plus abordable, en exposer les grandes lignes et offrir la possibilité de poser des questions. Puis *Marc Nicodet*, swisstopo, a présenté l'état du cadastre RDPPF ainsi que la situation juridique actuelle avec les défis qu'elle comporte. Il a également évoqué le mandat de vérification confié par le Conseil fédéral de même que les analyses juridiques, les études, les enquêtes et les clarifications menées depuis lors.

*Christoph Käser* a ensuite exposé les grandes lignes de la nouvelle réglementation demandée: dans un esprit de simplification du droit et afin d'éviter des problèmes juridiques, la responsabilité spécifique introduite à l'article 18 LGéo est supprimée sans être remplacée, tout comme la règle selon laquelle le contenu du cadastre est réputé connu (article 17 LGéo). **Le projet vise principalement à clarifier le rapport qu'entretiennent entre elles la mention de restrictions de droit public à la propriété foncière inscrite au registre foncier et l'intégration de telles restrictions dans le cadastre RDPPF.** Il est renoncé à une obligation d'épuration rétroactive pour des raisons financières. En outre, le cadastre est également ouvert à l'avenir à des restrictions de droit public à la propriété foncière à caractère général et abstrait ainsi qu'à des dispositions liant

les autorités qui exercent un effet restrictif indirect sur la propriété foncière. Les modifications apportées à la LGéo étendent le spectre du cadastre RDPPF et son contenu par voie de conséquence. Cela ne conduit pas (encore) à des dépenses supplémentaires. Seule l'intégration de thèmes RDPPF supplémentaires dans le cadastre s'accompagnerait de conséquences financières. Le Conseil fédéral décidera à un stade ultérieur, dans le cadre de l'adaptation nécessaire de l'annexe 1 de l'ordonnance sur la géoinformation, si de nouveaux thèmes doivent être intégrés et si c'est le cas, desquels il devra s'agir. Il mettra alors en balance l'ensemble des coûts engagés et des bénéfices retirés. Selon l'étude de faisabilité réalisée par un intervenant externe, le bénéfice retiré de l'intégration de RDPPF à caractère général et abstrait et de RDPPF liant les autorités peut être considéré comme étant élevé, voire très élevé pour l'ensemble des utilisateurs.

*Francesco Siragusa*, canton de Berne, a d'abord présenté les pratiques en vigueur, en s'inscrivant dans la perspective d'un organisme cantonal responsable du cadastre: différents services spécialisés du canton ayant reconnu toute l'utilité du cadastre RDPPF publient dès aujourd'hui leurs inventaires et les objets à protéger comme des informations supplémentaires, parce qu'il s'agit de la seule voie praticable à l'heure actuelle. L'adaptation du droit permettrait à ces informations supplémentaires d'intégrer le contenu à part entière du cadastre à l'avenir, d'autant que la charge de travail inhérente à cette intégration n'est pas énorme avec les géodonnées de base existantes. L'orientation prônée par l'adaptation du droit, à savoir viser à compléter le cadastre RDPPF, se verrait ainsi confirmée et bénéficierait d'un soutien appuyé, avec une plus-value incontestable pour l'administration et la société.

*Philipp Huser*, conservateur du registre foncier dans le canton de Zurich et représentant de la Conférence suisse du registre foncier (CSRF), a ensuite abordé les conséquences concrètes de l'adaptation du droit dans le registre foncier: en principe, les RDPPF ne doivent plus être mentionnées au registre foncier sauf si elles revêtent un intérêt immédiat pour sa tenue, s'il existe par exemple des liens directs avec la propriété

<sup>1</sup> Loi fédérale sur la géoinformation (Loi sur la géoinformation, LGéo), RS 510.62

foncière et le registre foncier ou des droits de préemption relevant du droit public. Il est aussi essentiel qu'aucune correction générale ne soit exigée pour les mentions de RDPPF existant déjà dans le registre foncier. Elle peut donc être entreprise au cas par cas, dans le cadre de l'activité quotidienne.

Le *Dr Bastian Graeff*, ville de Zurich et représentant de l'Union des villes suisses, s'est intéressé aux défis de la thématique propres au milieu urbain et inconnus en zone rurale:

- le foncier disponible y est beaucoup plus limité ...
- les données y sont globalement plus denses, si bien qu'il y a plus de RDPPF par hectare (densité réglementaire plus forte) ...
- dans les faits, il y a des alignements partout en plus des plans d'affectation généraux ...
- il y a beaucoup plus de plans d'affectation spéciaux ...
- il y a davantage de procédures de RDPPF (en même temps et au même endroit) ...
- pour les autorisations de construire aussi, les restrictions du pouvoir de disposer d'un bien sont plus nombreuses et plus complexes.

Il en tire les conclusions suivantes:

1. Du point de vue des villes, la dissociation et la clarification avec le registre foncier sont fortement souhaitées.
2. La connaissance des dispositions liant les autorités en plus des RDPPF en vigueur liant les propriétaires fonciers constitue un complément particulièrement judicieux.
3. Du point de vue des villes, plus le contenu du cadastre est étayé, plus il est exhaustif et les effets déployés s'en ressentent positivement.
4. La collaboration des villes avec «leur» canton lors de la poursuite du développement du cadastre RDPPF est nécessaire pour la satisfaction de leurs besoins.

*Daniel Kettiger*, rédacteur externe de la loi, a enfin présenté en détail l'adaptation du droit entreprise: la section 4 du chapitre 2 de la loi sur la géoinformation a été totalement restructurée, même si le contenu de nombreuses règles est resté inchangé. Dans un esprit de simplification du droit et afin d'éviter des problèmes juridiques, la responsabilité spécifique introduite à l'article 18 LGéo est supprimée sans être remplacée, tout comme la règle de l'article 17 LGéo stipulant que le contenu du cadastre est réputé connu. En outre, le cadastre est également ouvert à l'avenir à des restrictions de droit public à la propriété foncière à caractère général et abstrait à effet direct ainsi qu'à des dispositions liant les autorités qui exercent un effet restrictif indirect

sur la propriété foncière. Enfin, la nouvelle répartition des tâches entre le registre foncier et le cadastre RDPPF figure désormais à l'article 962 du code civil, modifié en conséquence à cette fin.

La session de questions finale a été très dense et s'est révélée éclairante pour différents aspects de l'adaptation du droit. La manifestation peut une nouvelle fois être considérée comme une réussite, d'autant qu'elle ne s'est pas contentée d'aborder les adaptations possibles du droit régissant le cadastre RDPPF, mais qu'elle a également offert l'occasion aux participants d'échanger entre eux et de renforcer leurs réseaux respectifs. Que tous les orateurs de cette journée soient chaleureusement remerciés ici.

Christoph Käser,  
Responsable du processus Mensuration et cadastre RDPPF  
Mensuration – swisstopo, Wabern  
[christoph.kaeser@swisstopo.ch](mailto:christoph.kaeser@swisstopo.ch)

# Système de levé et d'implantation intérieur par réalité mixte

À mi-chemin entre le monde réel et le virtuel, la réalité mixte offre de nouvelles perspectives pour les métiers de la géomatique. Ce projet de Bachelor explore le potentiel d'un casque pour lever et planter des points en intérieur, en intégrant des données 3D dans l'environnement réel. Une solution innovante, encore pleine de défis techniques et technologiques, mais déjà prometteuse.

## Contexte

Dans le cadre de mon travail de Bachelor, le but était de développer une application destinée aux casques de réalité mixte permettant de réaliser des travaux de géomètres de façon immersive. Le but final était de pouvoir lever et planter des objets en coordonnées suisses avec un casque. Une application imaginable sont les travaux sur des conduites souterraines, visualisées virtuellement grâce aux données du cadastre souterrain. Les seules contraintes imposées étaient le temps à disposition, 8 semaines (mai, juin 2024), et le matériel; un casque de réalité mixte Meta Quest 3.

## La réalité mixte, qu'est-ce que c'est?

La réalité mixte (MR) est une technologie immersive qui combine le meilleur de la réalité virtuelle (VR) et de la réalité augmentée (AR). Contrairement à la réalité virtuelle, qui plonge l'utilisateur dans un monde entièrement numérique, et à la réalité augmentée, qui superpose simplement des images virtuelles au monde réel, la réalité mixte permet une interaction directe entre les deux (cf. cadre et fig. 1).

### Mixed Reality

La réalité mixte intègre les objets virtuels de façon dynamique et contextuelle dans l'environnement réel. Grâce à des capteurs et à un suivi spatial avancé, les objets numériques peuvent être ancrés dans l'espace, réagir à la position et aux gestes de l'utilisateur, ou encore interagir avec les surfaces et les objets physiques.

Grâce à des casques comme le Meta Quest 3, l'utilisateur voit son environnement réel tout en interactant avec des objets virtuels intégrés de façon réaliste dans l'espace. Ces objets peuvent réagir à ses gestes, à sa position ou même à son environnement physique.

En géomatique, cette technologie permet par exemple de visualiser des cartes en 3D directement dans le lieu étudié, ou d'explorer un modèle topographique comme s'il était posé sur une table devant soi (cf. fig. 2).

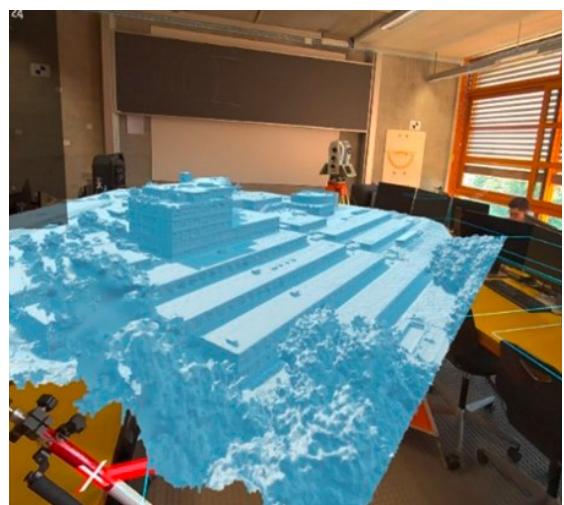
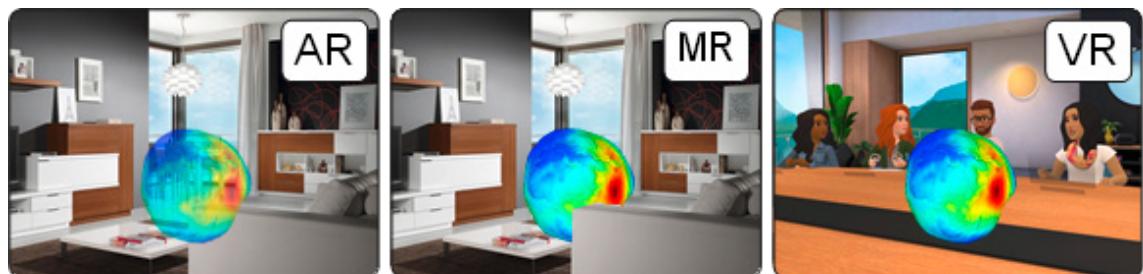


Figure 2: Modèle numérique de surface de la HEIG-VD visionné en réalité mixte

Figure 1: Représentation d'un géoïde en réalité augmentée (AR), mixte (MR) et virtuelle (VR)



### Meta Quest 3 et données spatiales

Le casque de réalité mixte et virtuelle tout-public Meta Quest 3 (cf. fig. 3) est sorti sur le marché en octobre 2023. Il est équipé de 2 caméras RGB haute résolution (essentielles pour la réalité mixte), de 4 caméras infrarouges pour la détection de mouvement et d'un capteur de profondeur. Les images capturées à l'extérieur sont affichées par les lentilles à l'intérieur du casque.

Figure 3:  
Casque de réalité mixte et  
virtuelle: Meta Quest 3  
(source: [www.meta.com](http://www.meta.com))



Les applications qui mêlent l'environnement virtuel avec le réel utilisent les données spatiales afin de comprendre l'espace qui nous entoure et notre position au sein de cet espace.

Avant l'exécution d'une application, nous devons récolter les données spatiales de la pièce, si ce n'est pas déjà fait. Pour ce faire, il suffit de «scanner» son environnement en se déplaçant dans la pièce. Quand suffisamment de données sont récoltées, nous avons un aperçu des plans virtuels créés et des labels attribués au mobilier qui peuvent encore être modifiés avant validation. Le nuage de points, les boîtes de délimitation 2D et 3D, le maillage triangulaire de la pièce ou encore les données de profondeurs sont stockés dans le casque et pourront être exploités par les applications.

Malgré les recherches effectuées, aucune documentation technique sur l'utilisation des données n'a été trouvée. Un projet mis à disposition sur GitHub<sup>1</sup> permet de convertir les données du maillage stockées dans le casque en un fichier «obj.»<sup>2</sup> qui décrit une géométrie 3D en format ASCII.

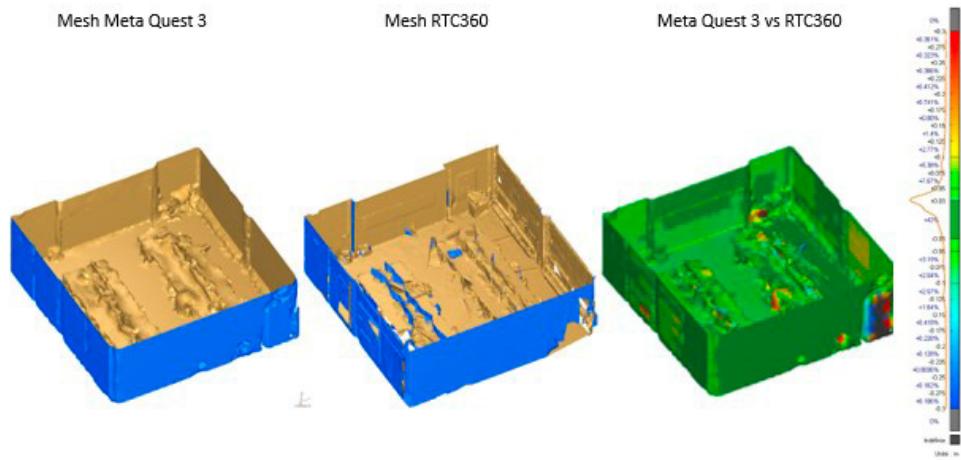
Avec cet outil, les données spatiales de différents environnements scannés ont été analysées. Le volume des pièces est limité et il n'est pas possible d'utiliser la verticalité (limité à un étage). En termes de précision, le maillage d'une salle générée avec le Meta Quest 3 a été comparé à celui acquis par un laser scanner professionnel Leica RTC360. Malgré le manque de détails, les distances entre murs sont de bonnes qualités avec des différences de  $\pm 5$  centimètres (cf. fig. 4).

### Méthode de positionnement

Les données spatiales permettent au casque de se positionner dans l'espace. Sa position s'exprime en coordonnées locales dans un environnement virtuel. Les contrôleurs fournis avec le casque permettent de pointer les éléments et sont aussi localisés dans l'espace. Sur commande, un ray cast, c'est-à-dire un faisceau lumineux virtuel, est émis depuis la manette, dans la direction où elle pointe, et le casque calcule si le faisceau intersecte un élément virtuel.

Bien que les objets perçus à travers le casque soient réels, les coordonnées obtenues en les pointant sont dans un système de coordonnées local. Afin de faire le lien entre le monde réel et virtuel, il faut calculer

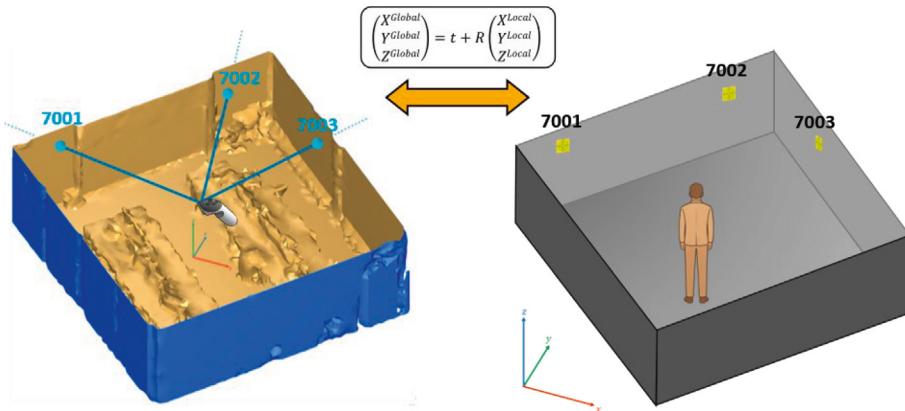
Figure 4:  
Comparaison des maillages  
entre une acquisition  
par Meta Quest 3 et par  
RTC360



<sup>1</sup> UnityMRStarterForQuest de Takashi Yoshinaga, disponible à cette adresse : <https://github.com/TakashiYoshinaga/UnityMRStarterForQuest>

<sup>2</sup> [https://fr.wikipedia.org/wiki/Objet\\_3D\\_\(format\\_de\\_fichier\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Objet_3D_(format_de_fichier))

Figure 5: Transformation de coordonnées entre un système local (virtuel) et un système global (réel)



des paramètres de transformation entre le système de coordonnées local et global (cf. fig. 5).

Cette étape est comparable à une mise en station libre avec une station totale. Pour cela, il faut avoir une liste de points connus (en coordonnées globales) enregistrée dans l'appareil et que ces points soient matérialisés dans la pièce. Ensuite, il suffit d'acquérir les coordonnées locales de quelques points en les pointant. Finalement, les points connus dans les deux systèmes permettent de calculer les paramètres de transformation: 3 translations et 3 rotations.

Une fois le calcul validé, chaque élément levé dans la pièce sera connu dans le système de coordonnées global, par exemple en coordonnées suisses MN95/NF02. De plus, les éléments d'un projet pourront être virtuellement superposés à la réalité à l'aide du casque.

### Développement de l'application

Après en avoir défini les spécifications, l'application Android a été développée en utilisant le moteur de jeux vidéo Unity.

Dans un premier temps, j'ai créé l'interface utilisateur sous la forme d'un panneau interactif qui peut être déplacé dans l'espace. Chaque menu ou bouton est lié à un script C# et déclenche une action précise (cf. fig. 6 et 7).

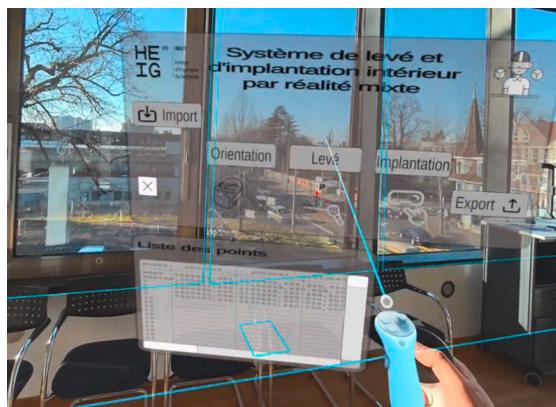


Figure 6: Interface utilisateur

Après une phase exploratoire de recherches sur les possibilités qu'offre Unity, j'ai défini la structure de mes points, la manière de les stocker et de les représenter.

Finalement, il fallait écrire tous les scripts C#:

- importer les points
- gérer l'affichage de la liste des points et la mettre à jour
- récupérer les coordonnées des points visés
- calculer les paramètres de transformation
- calculer les vecteurs des résidus et les représenter
- lever des points avec attributs associés
- implémenter le système de guidage
- gérer l'affichage des points
- importer un fichier OBJ
- exporter le job

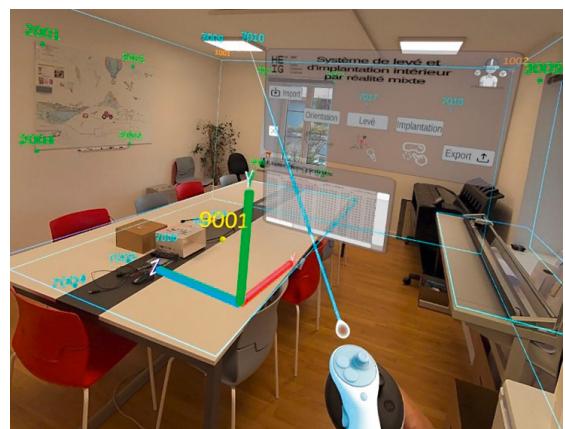


Figure 7: Aperçu de l'application avec des points, l'origine du système local, le ray cast et le menu.

## Tests et résultats

Le premier test vise à évaluer la répétabilité du levé d'un point. Une même cible a été relevée 30 fois depuis 12 positions réparties dans la salle (cf. fig. 8). Les résultats montrent une bonne répétabilité lorsque l'opérateur se trouve face à la cible et à une distance modérée (quelques mètres). Par ailleurs, les résultats indiquent une dérive dans le temps du positionnement des lunettes. Sans surprise, la position 8 (située à 1 mètre du mur et face à la cible) offre la meilleure répétabilité. Notons cependant qu'en raison de la résolution d'affichage des lentilles du casque, la croix noire de la cible réfléchissante Leica devient difficile à discerner au-delà de 3 mètres.

Le deuxième test évalue la précision d'implantation de points avec le Meta Quest 3. Dans une salle de classe, 2 points au sol, 3 contre les murs et 9 dans l'espace ont été implantés, puis contrôlés par station totale. Une fois la mise en station du casque terminée (moyenne des résidus entre 1 et 3 cm), les points sont soit tracés sur papier, soit implantés avec un mini-prisme.

Sur 3 essais, les points au sol et sur les murs atteignent une précision d'implantation de 2 à 5 cm, tandis que les points dans l'espace présentent une dispersion allant de 2 à 32 cm. Une série de points montre un décalage constant, à la fois en distance et en orientation, ce qui laisse penser à une erreur systématique. Faute de temps, l'expérience n'a été réalisée que trois fois, mais ces essais permettent déjà d'estimer un ordre de grandeur réaliste de la précision atteignable. Evidemment, cette opération dépend de la qualité de l'espace physique défini (maillage), le positionnement du casque dans son environnement virtuel et de l'estimation des paramètres de transformation.

L'application remplit ses objectifs: lever, planter des points et visualiser des fichiers OBJ sont possibles. Toutefois, l'ergonomie reste perfectible: les étapes d'utilisation ne sont pas toujours intuitives, les protections contre les erreurs sont limitées, et la gestion des fichiers devrait être plus souple. Des améliorations sont nécessaires pour en faire un outil fiable et accessible.

Figure 8: Test de répétabilité du levé d'un point

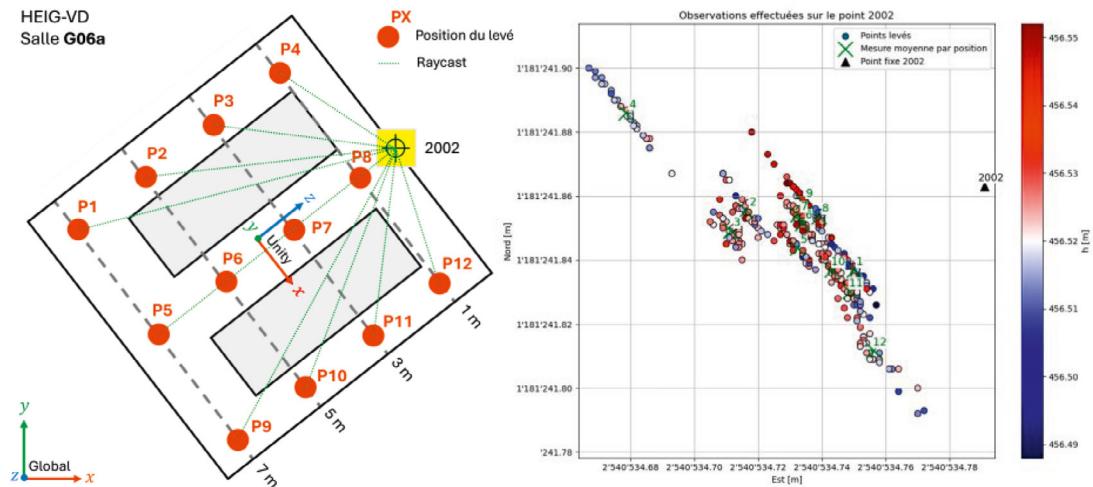
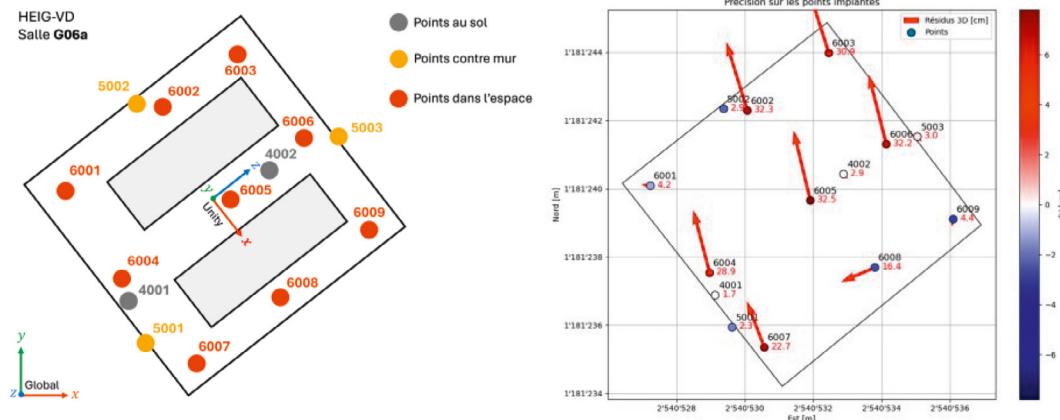


Figure 9:  
Points à planter



Figure 10:  
Test d'implantation  
de points



### Bilan

Les bases de données des acteurs du développement territorial regorgent d'informations en trois dimensions mais les supports de visualisation restent majoritairement des plans papier ou des écrans. L'utilisation d'un casque de réalité mixte offre une représentation beaucoup plus immersive et réaliste des projets.

L'application donne un bon aperçu de ce qui est techniquement possible avec un casque de réalité mixte. Malheureusement, les tests d'implantation ont révélé une précision d'environ 2 à 5 centimètres avec des aberrations de l'ordre de 30 centimètres sur une partie des points (cf. Figure 9 et 10). Les imprécisions sont notamment dues à la qualité du maillage généré par le casque, la qualité de visée, la qualité de positionnement du casque dans l'espace et un problème de décalage de l'origine du référentiel «casque».

Actuellement, l'application ne répond pas aux exigences de précision et fiabilité que demandent les bureaux de géomètres pour leurs travaux. De plus, le fonctionnement en intérieur et dans des volumes restreints, imposé par les caractéristiques du casque, constitue une autre limite.

Néanmoins, les récentes sorties de casques de plus en plus performants laissent présager que nous sommes aux portes d'une nouvelle manière de travailler, où la réalité mixte deviendra un outil complémentaire dans la boîte à outils des spécialistes en mensuration.

Pour plus de détails sur ce projet, vous pouvez consulter le rapport complet (uniquement en français) à cette adresse:  
<https://tb.heig-vd.ch/8511>

Alexis Bart  
Stagiaire universitaire  
Mensuration – swisstopo, Wabern  
alexis.bart@swisstopo.ch

# La vérification assure la qualité de la mensuration officielle d'aujourd'hui et ouvre la voie à celle de demain

La mensuration officielle (MO) va bien au-delà de la simple saisie de points limites et de lignes dans un SIG (système d'information géographique), puisqu'elle forme l'épine dorsale de la propriété, de l'infrastructure générale et de l'aménagement du territoire en Suisse. Et pour que cette fondation conserve toute sa stabilité et continue à se développer au fil du temps, il faut des spécialistes clairvoyants, maîtrisant leur domaine de compétence: par exemple les vérificateurs. Ils ne se contentent pas de contrôler des données, mais veillent à ce que la mensuration officielle reste fiable, conserve son actualité et se montre durable. Ils ont donc la fibre administrative et leur savoir-faire technique se double d'un sens aigu de ce qui revêt de l'importance pour la société.

## Entre contrôle des données et travaux de terrain

Martin Mäusli est vérificateur au sein de l'Office fédéral de topographie swisstopo et son quotidien pourrait difficilement être plus varié. C'est ainsi qu'il examine les données de la MO à la clôture des projets dans les cantons d'Appenzell Rhodes-Intérieures, de Glaris et dans la Principauté du Liechtenstein, puis procède chaque année à des contrôles aléatoires – des vérifications – des mises à jour dans une sélection de communes. Son objectif est d'assurer un niveau de qualité maximal aux données. La vérification garantit en effet que les géo-données sont d'une parfaite actualité, cohérentes et exemptes de toute erreur, conditions sine qua non pour la sécurité juridique des rapports de propriété et la fiabilité des plans.

Mais ce n'est pas tout. Martin est également actif en matière d'organisation, puisqu'il met ses compétences administratives et spécialisées au service des géomètres cantonaux, rédige des documents d'appels d'offres, des cahiers des charges et des contrats, participe à la planification budgétaire et suit les processus d'approbation. Et lorsqu'il le faut, il va sur le terrain pour vérifier la précision des points fixes et des points limites avec un récepteur GNSS dans le cadre de la haute surveillance, passant de l'administratif au technique et du bureau au terrain en toute fluidité.

## Plus que de simples chiffres

Le travail du vérificateur ne se résume pas à son aspect purement technique, c'est aussi un service rendu à la société. Car seules des données de la MO précises et fiables permettent de garantir que la propriété foncière est documentée comme il se doit et que les plans établis se fondent sur une base solide. Son travail génère donc de la confiance – dans les plans, le cadastre et l'administration publique.



Illustration: Travaux sur le terrain

# Personnel du domaine Mensuration

Au fait, comment devient-on vérificateur? Il faut disposer de quelques atouts pour travailler dans ce domaine, à commencer par un solide bagage technique, donc des connaissances approfondies en géomatique, aussi bien sur le terrain qu'au bureau. Et posséder d'autres compétences, notamment relationnelles, pour gérer au mieux les échanges avec les bureaux d'ingénieurs privés et les autorités. Surtout, il ne faut pas avoir une âme de solitaire pour exercer ce travail qui exige de collaborer au quotidien avec d'autres services spécialisés tels que la mensuration nationale ou des services cantonaux des SIG. Le travail d'équipe est le maître mot ici.

## L'innovation au service de l'avenir

C'est un aspect éminemment passionnant: en sa qualité de vérificateur, Martin joue un rôle actif dans la poursuite du développement de la MO. Il est ainsi membre de plusieurs groupes de travail de la Confédération, consacrés par exemple à la révision d'ordonnances ou à la modernisation du modèle de géodonnées (DMAV), nécessitant de nouvelles solutions logicielles ce qui lui ouvre de nouvelles perspectives – et stimule sa créativité. «Je vis un vrai temps fort quand je participe à façonner l'avenir de la mensuration officielle», nous confie-t-il.

Qu'est-ce qui le motive? La variété de son travail: les jours se suivent et ne se ressemblent pas. Martin maîtrise ce défi en alliant expertise technique, habileté en matière d'organisation et réflexion stratégique. Pour lui, ce sont le contact étroit avec des spécialistes du secteur privé et la possibilité de faire réellement bouger les choses qui rendent ce métier si enrichissant et si époustouflant.

**Catarina Paiva Duarte**  
Collaboratrice scientifique  
Mensuration – swisstopo, Wabern  
catarina.paivaduarte@swisstopo.ch

## Départ

30 septembre 2025: Alexis Bart, stagiaire universitaire, Gwenaëlle Salamin, Clothilde Marmy, Austin Peel, STDL,

Nous souhaitons plein succès et le meilleur pour l'avenir à Alexis, Gwenaëlle, Clothilde et Austin.

## Arrivée

Nous souhaitons la bienvenue à Natasha Mosar et Stefan Ryter.

### **Natasha Mosar**



#### *Formation (titre):*

Bachelor of Science Geosciences,  
Université de Bâle

#### *Fonction:*

Stagiaire universitaire

#### *Date d'arrivée:*

1<sup>er</sup> octobre 2025

#### *Domaine d'activité:*

Dans le cadre de son stage d'un an, Natasha Mosar découvrira tous les aspects de la mensuration nationale géodésique: des mesures aux travaux conceptuels en passant par le traitement des données.

### **Stefan Ryter**



#### *Formation (titre):*

Ingénieur Mensuration et informatique

#### *Fonction:*

Chef de projet

#### *Date d'arrivée:*

1<sup>er</sup> octobre 2025

#### *Domaine d'activité:*

Dans le cadre de son activité de chef de projet, Stefan Ryter soutiendra et fera progresser l'innovation et la gestion des produits dans le domaine de la mensuration.

Mensuration  
swisstopo, Wabern

# Geo Innovation News

En collaboration avec des spécialistes des cantons de Zurich et de Genève, le Swiss Territorial Data Lab (STDL) a lancé un projet en deux étapes progressives: la Détection des toitures végétalisées et la classification du type de végétation en cinq classes. En outre, le STDL informe sur le projet Galileo Smart Traceability Anti-Spoofing (GSTA): Ce projet développe un nouveau récepteur de navigation anti-spoofing.

## Détection automatique des toitures végétalisées et du type de végétation

Avec la multiplication des îlots de chaleur en milieu urbain, la végétation joue un rôle essentiel dans le rafraîchissement des villes. L'identification des toitures végétalisées permet d'évaluer la capacité verte d'une ville et de planifier les futures politiques de développement urbain. La cartographie des toitures végétalisées existe déjà dans certains cantons, mais elle reste partielle et peu automatisée.

En collaboration avec des spécialistes des cantons de Zurich et de Genève, le Swiss Territorial Data Lab (STDL) a lancé un projet en deux étapes progressives:

1. Détection des toitures végétalisées
2. classification du type de végétation en cinq classes.

Dans le cadre de ce projet, des algorithmes ont été appliqués à des images aériennes provenant de SWISS-IMAGE RS et à la couverture terrestre issue de la mensuration officielle. Dans un premier temps, le STDL a effectué un random forest et une régression logistique pour classer les toits en deux catégories: avec ou sans surfaces végétalisées. La deuxième étape a consisté à classifier le type de végétation. Un algorithme d'apprentissage

profond a été développé à cet effet. Le modèle a été entraîné pour distinguer les différentes classes de végétation.

Les prédictions ont ensuite été vérifiées à l'aide d'un jeu de données de contrôle. Les experts des cantons de Zurich et de Genève ont inspecté et classé plus de 4000 toits à l'aide d'images aériennes. La combinaison du random forest et de la régression logistique a permis d'obtenir un rappel (ou recall en anglais) de 0,84 pour la classe de végétation et un F1 score de 0,86 pour les deux classes. Dans le cas d'une classification multiclasse utilisant l'apprentissage profond, les rappels mesurés sur l'ensemble de validation pour les classes «nu», «terrasse», «spontané», «extensif», «pelouse» et «intensif» sont respectivement de 0,89, 0,76, 0,62, 0,77, 0,68 et 0,72 sur 1. Les mesures ont montré que les classes de toitures végétalisées présentant des caractéristiques hétérogènes sont difficiles à classer. Une quantité raisonnable de données de référence a été produite afin d'obtenir des résultats satisfaisants.

Une couche binaire et une couche multiclasse ont ainsi été créées pour les deux cantons. Les deux cantons procèdent actuellement à l'intégration des résultats.

Figure 1:  
Capture d'écran des classifications des toitures végétalisées

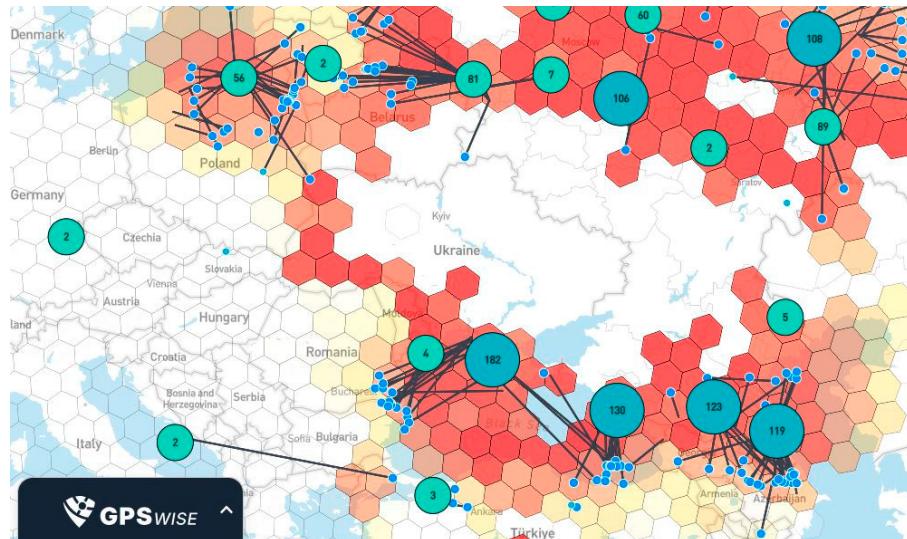


Pour plus d'informations sur le projet, vous pouvez consulter la méthodologie détaillée sur le site du STDL:

<https://tech.stdl.ch/PROJ-VEGROOFS/>

Les codes sont également disponibles.

Figure 2:  
Identification des zones présentant un risque élevé de spoofing. Source:  
GPSwise



### L'amélioration de la résilience des signaux GNSS

La plupart d'entre nous considèrent comme acquis que le point bleu sur notre carte indique la vérité sur notre position. Mais les signaux GNSS peuvent être falsifiés plus facilement qu'on ne le pense. Les attaques de spoofing consistent à tromper les récepteurs en leur indiquant des emplacements (et/ou des heures) incorrects en brouillant les signaux satellites authentiques avec des signaux falsifiés. Il ne s'agit pas seulement d'une vulnérabilité théorique: le spoofing est de plus en plus fréquent, en particulier à proximité des zones de conflit. Des rapports récents font état de perturbations à grande échelle affectant les vols commerciaux et le trafic maritime. Compte tenu de l'importance du positionnement et de la synchronisation par satellite dans les infrastructures modernes, les implications sont graves. C'est là qu'intervient le projet Galileo Smart Traceability Anti-Spoofing (GSTA). Financé par le programme NAVISP de l'Agence spatiale européenne et dirigé par la société italienne Origosat, ce projet développe un nouveau récepteur de navigation anti-spoofing. Au lieu de se fier aveuglément aux signaux satellites, le système effectue des recoupements avec d'autres sources de données, en particulier les signaux de suivi des avions provenant du système ADS-B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast), grâce auquel les avions transmettent périodiquement leur position. L'idée est que, comme les avions transmettent leur position à des intervalles imprévisibles, il est beaucoup plus difficile pour un pirate de falsifier ces signaux et de tromper le système. Ce projet va encore plus loin en exploitant des données de synchronisation indépendantes et des signaux GNSS alternatifs pour mettre en place plusieurs niveaux de vérification. Si quelque chose semble abnormal (par exemple si l'heure est décalée ou si les données de localisation ne correspondent pas), le système peut le signaler, l'ignorer ou passer à une source plus fiable.

De nouvelles solutions comme celle-ci sont essentielles pour rendre la navigation par satellite plus résiliente. Actuellement, le spoofing constitue un problème croissant pour diverses applications, telles que les drones, les voitures autonomes et les marchés financiers. GPSwise ([gpswise.aero](http://gpswise.aero)) est une initiative qui suit en temps réel le spoofing et le brouillage (jamming) des signaux GPS des avions à travers le monde. Cet outil a permis d'identifier les zones où les attaques sont fréquentes et souligne l'ampleur que cette menace prend. Une approche plus robuste et multi-sources de la sécurité de la navigation pourrait rendre ces systèmes plus difficiles à tromper, ce qui est essentiel à mesure que l'automatisation se généralise dans les secteurs des transports et de la logistique.

Les systèmes de navigation fonctionnent depuis longtemps sur la base de la confiance, en partant du principe que les signaux qu'ils reçoivent sont réels. Cette hypothèse n'est toutefois plus valable. Des projets tels que GSTA s'inscrivent dans un effort plus large visant à repenser la manière dont nous sécurisons la navigation par satellite, afin de garantir que lorsqu'un récepteur indique «Vous êtes ici», c'est bien le cas.

#### Swiss Territorial Data Lab (STDL)

Le STDL est une mesure de la Stratégie suisse pour la géoinformation pour favoriser l'innovation collective sur le territoire numérique. La mission est de résoudre des problématiques concrètes des administrations publiques en utilisant la science des données appliquée aux géodonnées. Le comité de pilotage comprend les cantons de Genève, Neuchâtel et les Grisons, la ville de Zurich, l'Office fédéral de la statistique et l'Office fédéral de topographie swisstopo ainsi que la Conférence des services cantonaux de la Géoinformation et du Cadastre.

FOLLOW US  
[linkedin](#)



Actualités du STDL:  
[www.stdl.ch](http://www.stdl.ch) → Innovation News et sur la page LinkedIn du STDL

## Circulaires et Express: dernières publications

### Circulaires

qui apportent des précisions importantes relatives à des prescriptions juridiques applicables à l'échelon national

Date	Thème
► 01.07.2025	<i>Circulaire MO 2025/02</i> Instruction «Mensuration officielle: Déroulement administratif des entreprises»
► 10.07.2025	<i>Circulaire MO 2025/03</i> Instruction «Mensuration officielle: Indemnités fédérales»

### Circulaires supprimées

Date	Thème
► 06.12.2021	<i>Circulaire MO 2021/02</i> Instruction «Mensuration officielle: Déroulement administratif des entreprises» – Modification du 1 <sup>er</sup> janvier 2022. Remplacée par la Circulaire MO 2025/02
► 15.12.2022	<i>Circulaire MO 2022/01</i> Instruction «Mensuration officielle: Indemnités fédérales» – Modification du 1 <sup>er</sup> janvier 2023. Remplacée par la Circulaire MO 2025/03

### Express

qui donnent des informations générales ou qui accompagnent des enquêtes

Date	Thème
► 18.06.2025	<i>RDPPF-Express 2025/03</i> Questionnaire Surfaces d'effet
► 24.06.2025	<i>RDPPF-Express 2025/04</i> Questionnaire Distinctions entre les différents cas de figure de modifications de RDPPF
► 14.07.2025	<i>RDPPF-Express 2025/05</i> Deux expertises juridiques sur l'adaptation des dispositions de la loi sur la géoinformation relatives aux RDPPF

- Mensuration officielle
- Cadastre RDPPF

Ces documents peuvent être téléchargés sur le portail [www.cadastre-manual.admin.ch](http://www.cadastre-manual.admin.ch)

- Guide Mensuration officielle
- Aspects juridiques & publications
- ou
- Guide Cadastre RDPPF
- Aspects juridiques & publications

Mensuration  
swisstopo, Wabern

## Rappel: Info-Regio MO – Vision Mensuration Officielle et DMAV Version 1.0

Comme nous l'avons déjà annoncé, le service spécialisé de la Direction fédérale des mensurations cadastrales de l'Office fédéral de topographie organisera, en collaboration avec les cantons pilotes DMAV, des Info-Regio MO dans huit villes de Suisse sur les thèmes suivants:

- la vision de la mensuration officielle: Résultats de la consultation
- le modèle de géodonnées de la mensuration officielle DMAV: premières expériences dans les cantons pilotes et suite de la procédure pour l'introduction du DMAV version 1.0 dans toute la Suisse.

Lieux où se déroulent ces Info-Regio MO de 2025<sup>1</sup>:

24.09.2025	Olten: Hotel ARTE, Riggenbachstrasse 10, 4600 Olten
01.10.2025	Coire: B12, Brandistrasse 12, 7000 Chur
08.10.2025	Yverdon-les Bains: HEIG-VD, Route de Cheseaux 1, 1401 Yverdon-les Bains
22.10.2025	Zurich: Volkshaus Zürich, Stauffacherstrasse 60, 8004 Zürich
29.10.2025	Berne: Hotel Ambassador, Seftigenstrasse 99, 3007 Bern
05.11.2025	Saint-Gall: OST, Ostschweizer Fachhochschule, Rosenbergstr. 59, 9001 Saint-Gall
12.11.2025	Neuchâtel: Hotel Beaulac, Esplanade Léopold-Robert 2, 2000 Neuchâtel
19.11.2025	Bellinzone: Auditorium BancaStato, Viale H. Guisan 5, 6501 Bellinzona

Inscription via le lien suivant:

<https://findmind.ch/c/Info-RegioAV2025-Login>

Nous espérons avoir éveillé votre intérêt et comptons sur la présence d'un public nombreux.

Mensuration  
swisstopo, Wabern  
[vermessung@swisstopo.ch](mailto:vermessung@swisstopo.ch)

Cette formation continue pour les ingénieurs géomètres dans le cadre de leurs obligations professionnelles (art. 22, Ogéom) est recommandée par la Commission fédérale des ingénieurs géomètres



<sup>1</sup> Voir aussi [www.cadastre-manual.admin.ch](http://www.cadastre-manual.admin.ch) → Guide Mensuration officielle → Agenda – Manifestations.



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**