



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Département fédéral de la défense, de la protection de la population et des sports  
**Office fédéral de topographie swisstopo**  
Géodésie et Direction fédérale des mensurations cadastrales

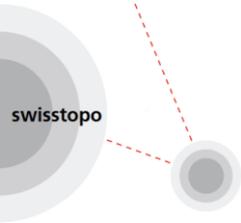
# Nouveau système altimétrique suisse

wissen wohin  
savoir où  
sapere dove  
knowing where

Introduction, avancement, roadmap

Daniel Willi <sup>1</sup>, Elisa Borlat <sup>2</sup>, Yves Deillon <sup>2</sup>

<sup>1</sup> swisstopo, <sup>2</sup> HEIG-VD





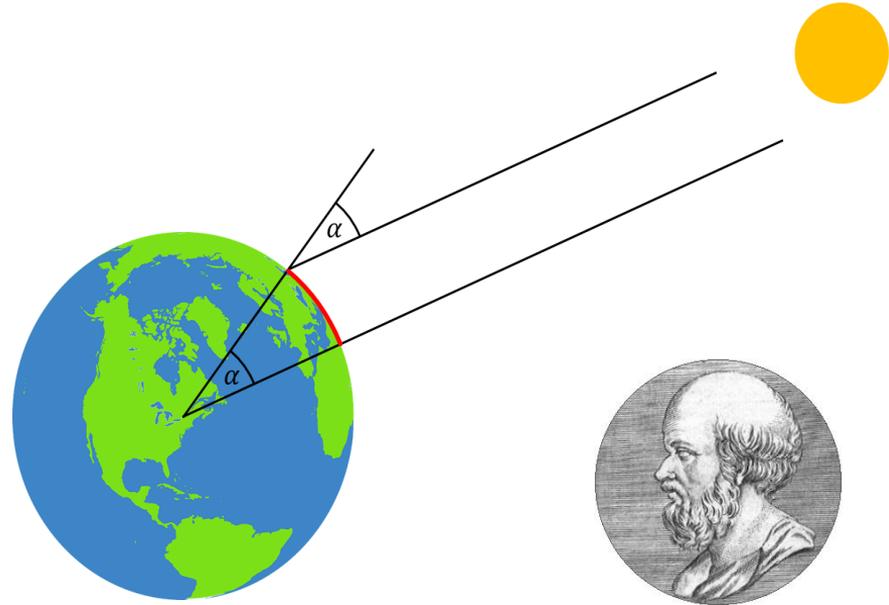
# Histoire de la détermination altimétrique

- 200 v. Chr. – Eratosthène
- 16<sup>e</sup> – expéditions de mesures de méridiens
- 1902 – nivellement fédéral 1902
- 2028 – introduction d'un système altimétrique rigoureux ?



# Première mesures astro-géodésiques

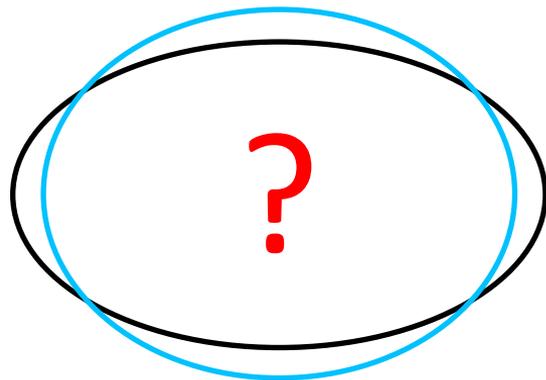
- *Eratosthène de Cyrène*
- ca. 273 v. Chr. – 194 v. Chr.
- Astronome grec
- Première détermination connue du rayon terrestre
- Mesure entre Alexandrie et Syène (Assouan)
- $7.2^\circ$  de différence de latitude
- Précision : environ 10%





# Une sphère parfaite ? Non !

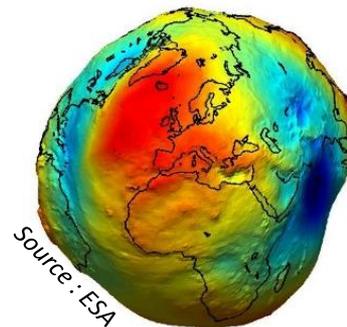
- Divers campagnes de mesures (de méridiens) entre le 16<sup>e</sup> et le 20<sup>e</sup> siècle pour l'étude de la forme terrestre
- Différences inexplicables dans les mesures
- Il s'est avéré que ces erreurs étaient dues aux irrégularités du champ de pesanteur





# Études scientifiques

- Premier calcul du géoïde par *Carl Friedrich Gauss* (1777 – 1855)
  - Disquisitiones generales circa superficies curvas (1828)



Gauss

- Introduction du terme géoïde en 1873 par *Johann Benedict Listing* (1808 – 1882)
- Utilisation des déviations de la verticale par *Friedrich Robert Helmert* (1843 – 1917) pour la réduction de mesures trigonométriques



Listing

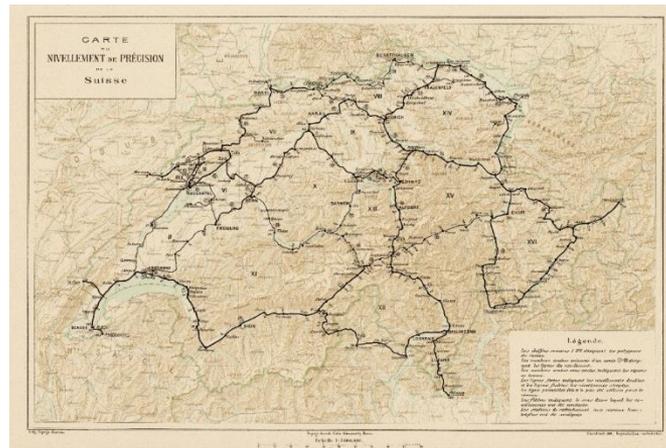


Helmert



# Détermination altimétrique en Suisse

- Nivellement de précision de la Commission géodésique suisse de 1864 à 1891
- Base pour le nivellement fédéral de 1902
- Altitudes usuelles, sans corrections gravimétriques
- Aujourd'hui encore le système altimétrique officiel en Suisse (!)





# Où est donc le problème ?

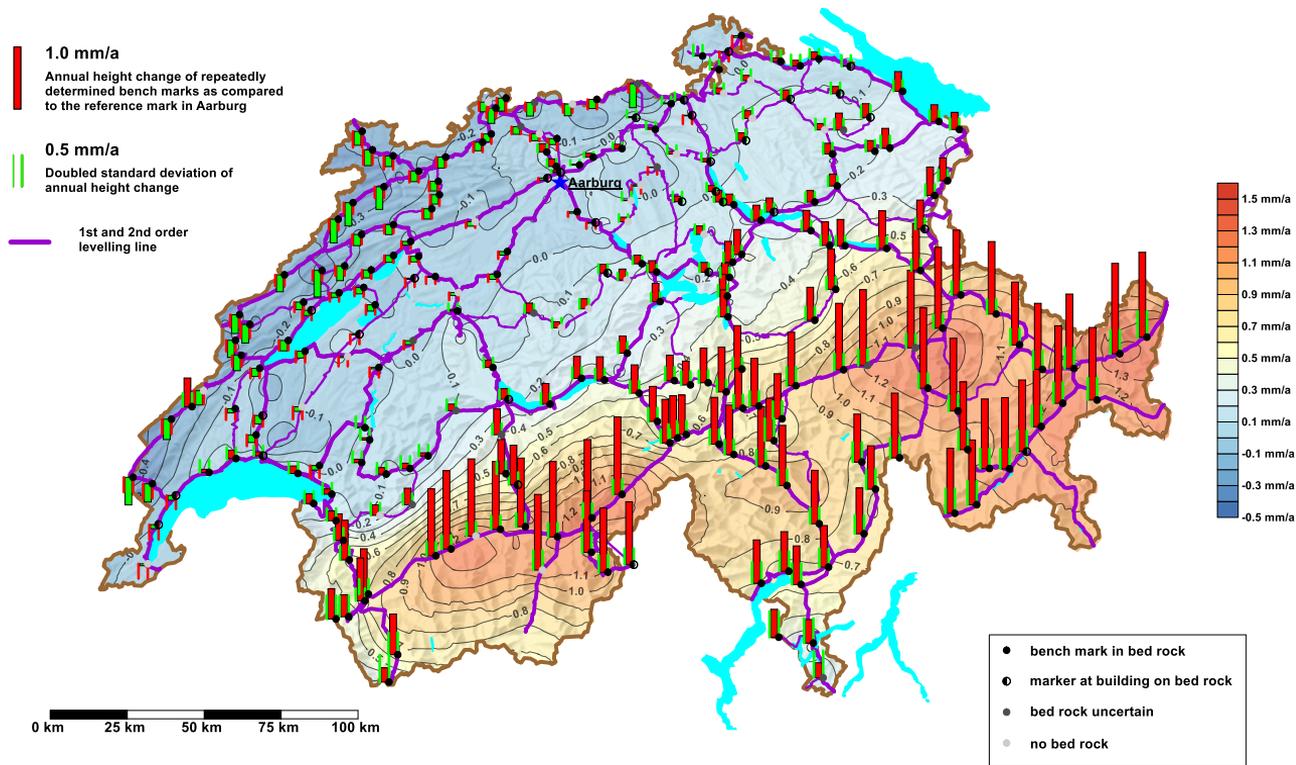
- Imprécisions des anciennes mesures
  - 10 à 20 cm
- Soulèvement des alpes de 1 – 2 mm par année
  - Depuis 1902, environ 10 à 20 cm (!)

## Conséquences

- Inconsistances / contraintes du réseau actuel NF02
- Imprécisions et risques d'erreurs dans les réseaux hybrides avec du GNSS et du nivellement
- Dégradation systématique des mesures GNSS



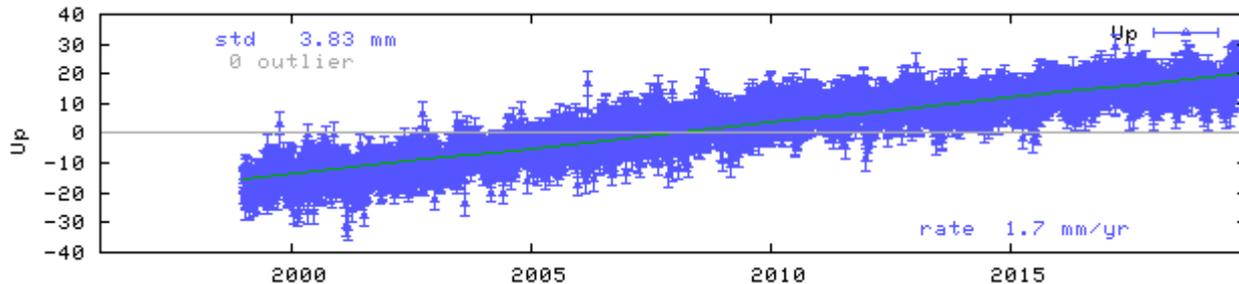
# Vitesses verticales en Suisse





# Soulèvement des alpes à Davos

En moyenne : 1.7 mm / année (série temporelle GNSS)





# Travaux achevés

- Projet dans le cadre de l'infrastructure nationale de données géographiques (INDG)
- Réalisé par l'HEIG-VD
- Enquête sur l'usage des altitudes en Suisse
- Communication : 3 vidéos de sensibilisation produites



<https://swiss-height-system.heig-vd.ch/>



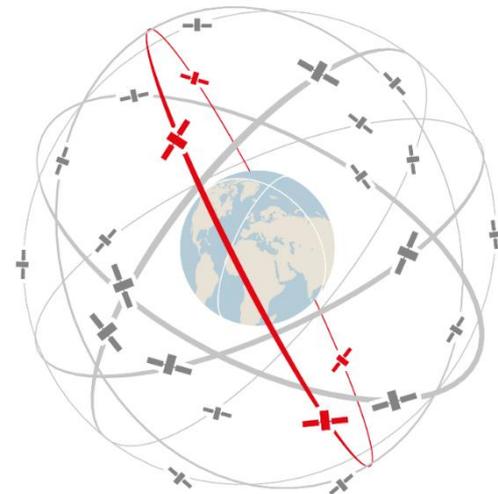
# Résultats de l'enquête

- 111 participants (communes, cantons, offices fédéraux, hautes écoles, entreprises, bureaux d'ingénieurs)
- Plus de 90% des données altimétriques sont numériques
- Environ 40% sont saisis par GNSS aujourd'hui
- 88% sont d'avis ou plutôt d'avis que la détermination altimétrique se fera majoritairement par GNSS dans 10 ans
- Risques marqués en cas de modification du système altimétrique actuel :
  - Confusion des altitudes (40%)
  - Difficultés à communiquer et à expliquer (21%)



# Risques en cas de status quo

- Système de référence altimétrique imposé de facto par les services de positionnement GNSS
- Manque de préparation en vue de la transformation altimétrique
- Risques de confusion et d'erreurs à long terme entre le système altimétrique officiel NF02 et les altitudes issues des services mondiaux de positionnement GNSS





# État des travaux techniques

## Étude sur la modernisation du système et du cadre de référence altimétrique en Suisse

Partie I – Fondamentaux, état de l'art et comparaison internationale

→ *publié*

Partie II – Définition du système et étude des conséquences techniques

→ *en consultation*

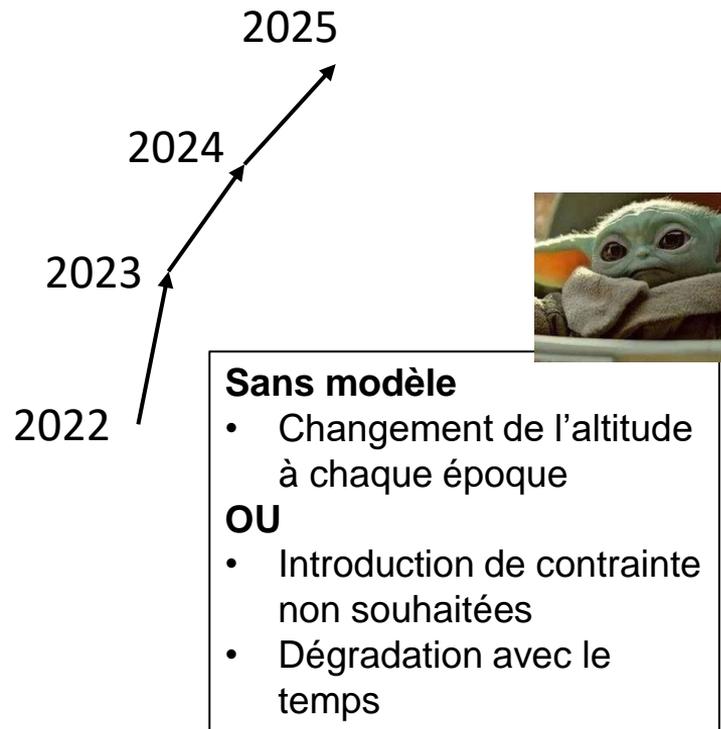
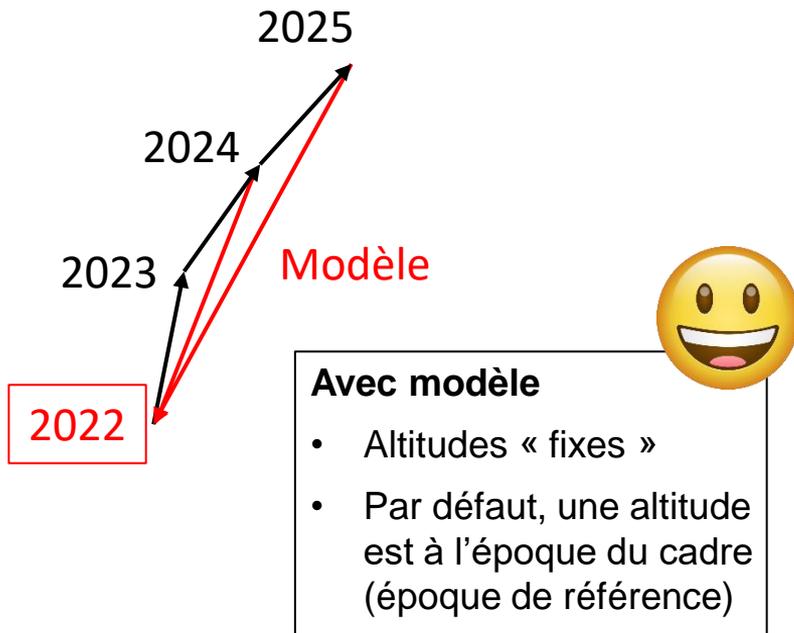


# Fiche technique du nouveau système

- Basé sur RAN95
  - Réseau de points fixes
  - Mesures
  - Algorithmique
  - Logiciels
- Prise en considération de la cinématique
- Système d'altitudes normales
  - Avantages théoriques
  - Détermination d'altitudes sans hypothèses

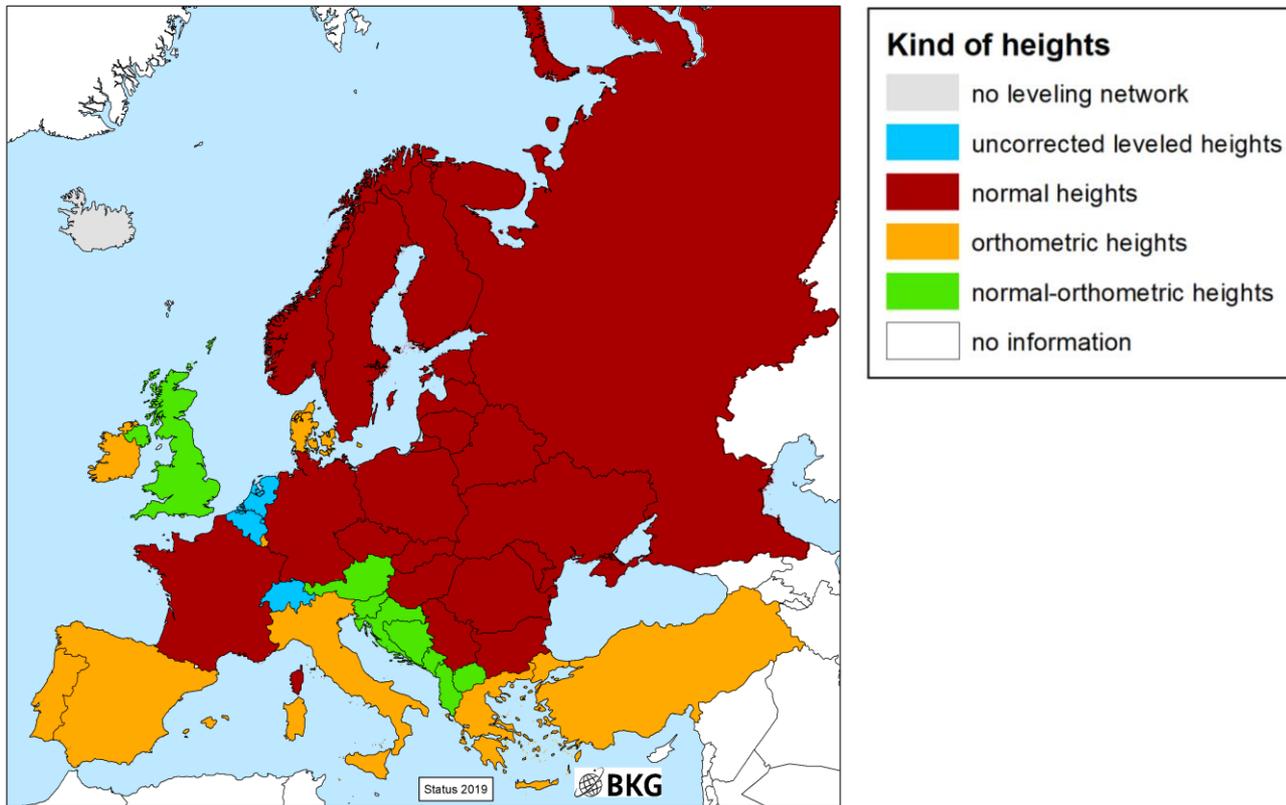


# Pourquoi la cinématique





# Pourquoi des altitudes normales ?





# Proposition de roadmap

2024 – Prérequis techniques et outils

2025 – Premiers essais dans quelques cantons (PoC)

2026 – Analyse des résultats

2027 – Décision de la direction générale de swisstopo

## Introduction

Dès 2028, avec la période stratégique 2028 – 2031 de la mensuration officielle