

Un nouveau réseau gravimétrique en Suisse

Autor(en): **Richard, Philippe / Marti, Urs**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **104 (2006)**

Heft 8

PDF erstellt am: **10.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-236344>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Un nouveau réseau gravimétrique en Suisse

La connaissance exacte de l'accélération de la pesanteur est essentielle pour de nombreuses applications en métrologie et en géodésie. Le chemin parcouru, de l'histoire des mesures réalisées dans ces deux domaines à la collaboration actuelle entre l'Office fédéral de métrologie (METAS) et l'Office fédéral de topographie (swisstopo) pour l'établissement du nouveau réseau gravimétrique Suisse, est présenté en détail.

Das Bundesamt für Metrologie (METAS) betreibt seit 1998 ein Absolutgravimeter des Typs FG5. Die angewandte Messmethode, um die Erdbeschleunigung zu bestimmen, ist ein Primärverfahren mit wichtigen Anwendungen in Metrologie (Watt-Waage-Projekt) und Geodäsie (Landesschwerenetz). Der Artikel präsentiert in Kürze die Geschichte der Messung der Erdbeschleunigung in der Schweiz. Die Zusammenarbeit zwischen METAS und dem Bundesamt für Landestopografie (swisstopo) um ein neues Gravimetrie-Netzwerk zu erstellen, wird erläutert und die gravimetrischen Dienstleistungen vorgestellt.

L'esatta conoscenza dell'accelerazione di gravità è fondamentale per numerose applicazioni in metrologia e geodesia. L'articolo presenta in dettaglio l'iter seguito, dalla cronistoria delle misurazioni effettuate in questi due campi all'attuale collaborazione tra METAS e swisstopo per definire la nuova rete gravimetrica Svizzera.

Ph. Richard, U. Marti

Les domaines de la métrologie, de la géodésie et de la mensuration nationale ont requis très tôt la connaissance de l'accélération de la pesanteur. Dès la fin du XIX^e et le début du XX^e siècle, lors de la mise en place du système de référence altimé-

trique pour la mensuration nationale, il était en effet déjà devenu clair pour les spécialistes qu'il était impossible de définir précisément une altitude sans tenir compte du champ de pesanteur.

Exactement à la même période, lors de la troisième Conférence Générale des Poids et Mesures (1901), les métrologues tenteront de clarifier la relation entre le poids

et la masse; le poids d'un corps étant le produit de la masse de ce corps par l'accélération de la pesanteur [1]. La réalisation des unités dérivées de l'unité de masse, telles que la force, la pression et le moment de torsion, qui découlent directement de cette relation, nécessite également une bonne connaissance de la valeur locale de l'accélération de la pesanteur.

La gravimétrie en Suisse

Les premières mesures dans ce domaine ont eu lieu en Suisse entre les années 1900 et 1918. Elles ont été effectuées à l'aide d'un pendule de Von Sterneck (*encadré 3*) sur 231 points qui ont ainsi constitué le premier réseau gravimétrique suisse [2]. La reproductibilité des mesures de l'accélération de la pesanteur sur les points de ce réseau était de l'ordre de $\pm 1.3 \cdot 10^{-5} \text{ ms}^{-2}$, ce qui était suffisant pour les exigences de l'époque.

Essentiellement en raison de l'augmentation de ces exigences, une nouvelle campagne de mesure a eu lieu entre 1953 et 1957 sous la direction de la Commission Géodésique Suisse (CGS). Ces mesures réalisées par l'Ecole Polytechnique Fédérale de Zürich (EPFZ) sur 123 points avec un gravimètre de Worden (*encadré 3*) ont conduit au renouvellement du réseau gravimétrique suisse. La reproductibilité des

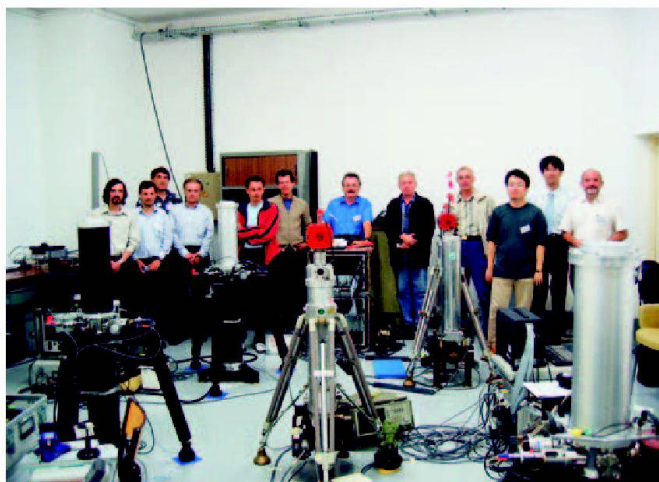


Fig. 1: La comparaison internationale de gravimètres absolus en septembre 2005 au Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) à Paris.



Fig. 2: Le gravimètre absolu de type FG5 de METAS.

Anciens types de gravimètres relatifs

Le pendule de von Sterneck

Physicien et astronome autrichien, Robert Daublebsky von Sterneck (1839–1910) a étudié le champ de pesanteur à différentes profondeurs dans des mines d'argent en Bohême. Il a développé en 1887 un système de mesure à quatre pendules. Son système consistait en deux paires de pendules simples de période d'une demi seconde et oscillant dans des plans orthogonaux. La période d'oscillation T d'un pendule simple ou pendule mathématique est donnée par l'équation $T = 2\pi (l/g)^{1/2}$, l étant la longueur du pendule et g l'accélération de la pesanteur.

Chaque pendule d'une paire oscillait en opposition de phase de manière à réduire les contraintes sur la structure et ainsi les erreurs de mesure. Les paires perpendiculaires amélioraient la qualité des mesures par redondance ou par surveillance mutuelle. Von Sterneck a obtenu de cette manière une masse volumique de la Terre située entre $5.0 \cdot 10^3 \text{ kgm}^{-3}$ et $6.3 \cdot 10^3 \text{ kgm}^{-3}$.

Les oscillations des paires de pendules étaient comparées avec celles d'une horloge à pendule étalonnée et de même période au moyen de faisceaux lumineux et de miroirs. Les déphasages étaient observés à l'aide d'un télescope. Le nombre d'oscillations entre deux périodes complètes était alors utilisé pour déterminer la période du pendule gravimétrique.

Le gravimètre de Worden

Le gravimètre de Worden est un gravimètre relatif à ressort développé par Sam Worden à Houston à la fin des années 1940. Les qualités principales de ce système étaient liées à la combinaison des qualités élastiques quasi parfaites du quartz et d'une masse de test de seulement quelques milligrammes. Les gravimètres relatifs de ce type ont été fabriqués à plus de 1500 exemplaires et présentaient une reproductibilité de $\pm 1.0 \cdot 10^{-7} \text{ ms}^{-2}$.

Encadré 3.

mesures obtenues entre deux points voisins du réseau était alors de l'ordre de $\pm 2.0 \cdot 10^{-7} \text{ ms}^{-2}$.

La densification du réseau

Les travaux qui se sont succédés pour l'amélioration du réseau gravimétrique suisse ont été réalisés sur mandat de la CGS sous le nom de «Réseau gravimétrique national suisse». Le réseau gravimétrique du 1^{er} ordre (constitué de ces 123 points) a ainsi été déterminé entre 1962 et 1966 et a été suivi d'une première série de mesures de densification du réseau.

Les premiers gravimètres relatifs fabriqués par Lacoste & Romberg ont été utilisés à partir de 1968 et ont permis le contrôle et l'amélioration des réseaux obtenus avec les gravimètres de Worden.

C'est à partir de 1974, toujours sous la responsabilité de la CGS, que des mesures systématiques de l'accélération de la pe-

santeur ont eu lieu le long de toutes les lignes de nivellement.

Les premières mesures absolues de précision en Suisse ont été réalisées entre 1978 et 1980 avec le gravimètre absolu (*encadré 4*) développé par l'Istituto di Metrologia G. Colonnetti (IMGC, Turin) qui est l'institut national de métrologie italien responsable des grandeurs mécaniques. Sept stations absolues (Zürich, Coire, Interlaken, Jungfrauoch, Brigue, Bätzberg et Guspisbach) ont été caractérisées durant cette période [12]. Ces points ont ensuite été reliés aux points existants du «Réseau gravimétrique national suisse» par des mesures relatives.

Le réseau gravimétrique de base actuel

Une mise à jour fondamentale du réseau gravimétrique suisse a été effectuée entre 1992 et 1995. Elle a donné lieu au réseau gravimétrique de base (RG95) encore ac-

tuellement en vigueur (*encadré 5*). Le réseau RG95 s'articule autour des cinq stations absolues en Suisse (Zürich, Coire, Lausanne, Pratteln et Monte Ceneri) et de stations absolues dans les pays limitrophes qui forment le réseau d'ordre zéro. Les mesures ont été effectuées à l'aide du gravimètre absolu JILAg-6 durant l'été 1994 par le Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV, Vienne), qui est à la fois l'institut national autrichien de métrologie et de topographie. Il existe seulement six gravimètres de ce type dans le monde. Ils ont été développés par le Joint Institute for Laboratory Astrophysics (JILA, Boulder, Colorado, USA).

Le RG95 a été densifié par des mesures effectuées avec les trois gravimètres relatifs Lacoste & Romberg type G de l'EPFZ. La plupart de ces stations de densification sont identiques aux stations principales du réseau national GPS (Mensuration Nationale, MN95).

Mandat de prestation de swisstopo

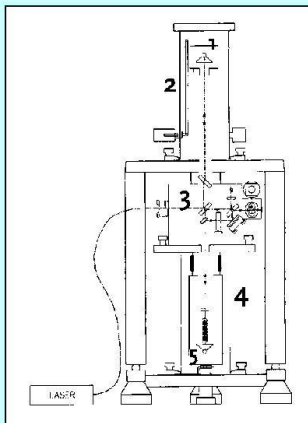
A partir de 2004, la responsabilité globale du réseau gravimétrique suisse a été directement inscrite dans le mandat de prestation de l'Office fédéral de topographie (swisstopo). Cette tâche consiste en la maintenance, la documentation et la publication du réseau gravimétrique de base, ainsi que la responsabilité de la réalisation des mesures relatives pour le nivellement. Il est prévu de moderniser le réseau de base RG95 par de nouvelles mesures absolues et relatives. Comme swisstopo ne possède pas d'instruments pour la mesure de l'accélération de la pesanteur, ce projet est réalisé grâce à une collaboration avec METAS (gravimétrie absolue), l'Institut de géophysique de l'université de Lausanne et le Laboratoire de géodésie et de géodynamique de l'EPFZ (gravimétrie relative).

Méthode primaire

La méthode par chute balistique pour la détermination de l'accélération de la pesanteur est une méthode primaire en Suis-

Le gravimètre absolu

utilise le principe de la chute balistique d'un corps dans le vide. Un interféromètre utilisé avec un laser HeNe stabilisé à l'iode permet de générer des franges d'interférence le long de la trajectoire (position-temps) d'un élément optique (Free-falling Corner Cube) en chute libre (sous l'effet de la pesanteur) dans une enceinte maintenue sous un vide inférieur à 10^{-4} Pa (Dropping Chamber). Une horloge atomique au rubidium constitue l'étalon de temps pour l'échantillonnage de la position de l'objet durant la chute libre. Le réflecteur fixe servant de référence (Internal Reference Corner Cube) pour déterminer la différence de trajet optique avec le corps en chute libre est isolé des agitations micro-sismiques engendrées par l'activité industrielle et humaine par un système de référence d'inertie actif (Superspring) et monté sous l'interféromètre. Les paires (position-temps) enregistrées durant la chute libre (d'environ 0.2 m) sont utilisées pour déterminer la valeur de g le long de la trajectoire par un ajustage au sens des moindres carrés à l'aide de l'équation du mouvement d'un corps en chute libre. Les instruments de ce type permettent aujourd'hui d'effectuer des mesures absolues de l'accélération de la pesanteur avec une incertitude de mesure élargie de l'ordre de $8 \cdot 10^{-8} \text{ ms}^{-2}$.



Le principe de fonctionnement d'un gravimètre absolu.

Encadré 4.

se. Les résultats de mesure obtenus avec le gravimètre absolu (balistique) de METAS sont rattachés aux étalons nationaux de temps et de longueur et ainsi à des réalisations reconnues au niveau international des unités SI.

Le degré d'équivalence entre le gravimètre absolu de METAS et les gravimètres d'autres laboratoires nationaux de métrologie ou de géodésie est garanti au niveau international par les comparaisons organisées périodiquement [3, 4, 5]. La dernière en date (7^{ème} comparaison internationale de gravimètres absolus) a eu lieu au Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) en septembre 2005.

Les applications en métrologie

En métrologie, il est nécessaire de connaître l'accélération de la pesanteur pour la réalisation de nombreuses unités dérivées telles que la force, la pression et le couple en garantissant la traçabilité aux unités SI. En effet, ces grandeurs sont réa-

lisées à l'aide de pièces de charge exerçant une force sous l'effet du champ de pesanteur. Pour ces applications, il est donc nécessaire de connaître la valeur locale moyenne de l'accélération de la pesanteur avec une incertitude relative de l'ordre de $1.0 \cdot 10^{-7}$. Les résultats obtenus avec un gravimètre relatif sont en général suffisants.

Afin d'assurer une bonne connaissance de l'accélération de la pesanteur sur différents sites de METAS, des premières mesures relatives ont été réalisées sous la direction de la CGS par transfert entre le point A du BIPM et METAS durant les mois de février et mars 1969. Les mesures relatives les plus récentes ont été effectuées par l'institut de géodésie de l'EPFZ et datent de 1996. Ce n'est qu'une année plus tard que les premières mesures absolues ont été réalisées à METAS par l'IMGC [8]. Le projet de balance de Watt, qui a pour but de contribuer à une nouvelle définition du kilogramme, est beaucoup plus exigeant. Dans ce cas, comme une partie de l'expérience consiste à réaliser une compensation de force absolue, il est né-

cessaire de connaître simultanément la valeur la plus exacte possible de l'accélération de la pesanteur à l'endroit précis du point d'application de la force. Afin d'atteindre une incertitude relative de l'ordre de $1.0 \cdot 10^{-8}$ pour l'expérience complète, il est indispensable de connaître la valeur locale instantanée de l'accélération de la pesanteur avec une incertitude relative inférieure.

C'est dans le cadre de ce projet que METAS a fait l'acquisition en 1998 d'un gravimètre absolu commercial de type FG5 [9]. Grâce à cet instrument, METAS dispose ainsi, depuis 2001, d'une série continue de mesures mensuelles absolues sur son site de référence situé dans le nouveau laboratoire de la balance de Watt. Il s'agit ainsi du site gravimétrique absolu le mieux connu de Suisse.

Pourquoi un réseau gravimétrique?

Le champ de pesanteur régnant à la surface de la terre influence pratiquement toutes les observations géodésiques. Une détermination précise des altitudes est uniquement possible grâce aux corrections de l'influence gravimétrique sur le nivellement et les angles verticaux.

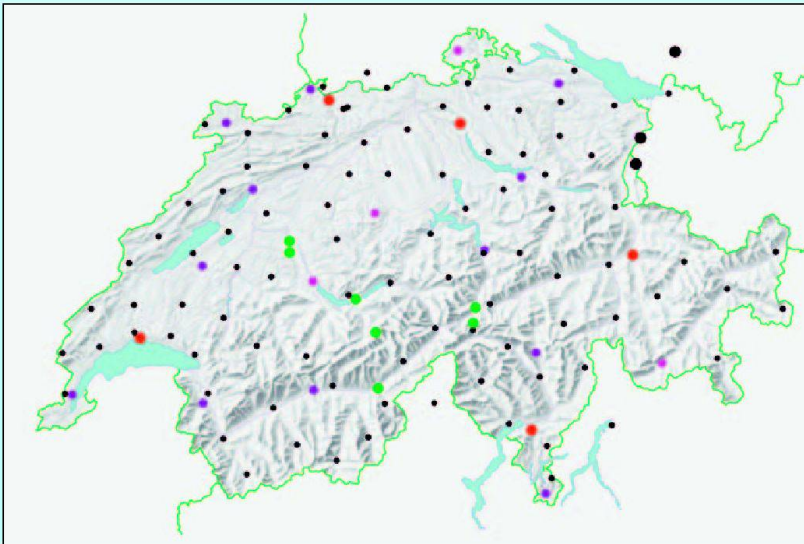
En planimétrie également, les azimuts et les angles horizontaux doivent être corrigés pour les réseaux géodésiques de précision. La surface équipotentielle du champ de pesanteur (géoïde), formée par la surface idéalisée de la mer, possède une importance cruciale pour les réseaux altimétriques. Ce géoïde définit la base de toutes les déterminations d'altitude absolues.

C'est en raison de cette importance fondamentale pour la géodésie que swisstopo a été chargé de la responsabilité d'établir et de maintenir un réseau gravimétrique national homogène de grande précision. Toutes les mesures gravimétriques relatives nécessaires à la géodésie, la métrologie et la géophysique peuvent ensuite se relier directement et facilement à ce réseau de base.

Le réseau gravimétrique de base (RG95)

Le RG95 actuel de la Suisse a été établi entre 1992 et 1994. Les mesures sur le terrain et l'exploitation des données ont été réalisées par le laboratoire de géodésie et de géodynamique (GGL) de l'EPFZ pour le compte de la Commission Géodésique Suisse (CGS) et de la Commission Géophysique Suisse (CGPS).

Le réseau RG95 comprend les stations absolues existantes en Suisse (points rouges) et intègre cinq stations gravimétriques absolues des pays limitrophes en guise de points de liaison (gros points noirs). Associés à 12 points stables du réseau de nivellement (points violets) et à cinq points principaux du réseau GPS national de la mensuration nationale MN95 (points roses), ils constituent le réseau gravimétrique de base de 1^{er} ordre. Les autres points principaux de la MN95 forment le réseau gravimétrique de 2^{ème} ordre. Cinq stations gravimétriques absolues suisses (points verts) seront reliées prochainement au RG95 par des mesures relatives. Les stations de METAS et de Zimmerwald le sont déjà. Les points du réseau RG95 servent de référence pour les mesures gravimétriques relatives (nivellement fédéral) comme pour le relevé gravimétrique à l'échelle nationale [10, 11].



Le réseau gravimétrique de base actuel en Suisse (RG95).

Encadré 5.

Collaboration entre METAS et swisstopo

Dès 2004, des mesures annuelles de l'accélération de la pesanteur sont effectuées par METAS sur le site de la station géodésique de référence de Zimmerwald pour swisstopo dans le cadre du projet «EUREF: CH-CGN-1» Swiss Contribution to the European Combined Geodetic Network (ECGN) afin de contrôler la stabilité du site à long terme [6].

Dans le cadre du projet «Nouveau réseau gravimétrique national, RGN 2004» (encadré 6) METAS effectuera entre 2004 et 2008, au minimum une fois par année, des mesures absolues de l'accélération de

la pesanteur pour la maintenance des anciennes stations absolues de Suisse ou pour la caractérisation complète de nouvelles stations. Des mesures annuelles régulières devraient permettre à l'avenir un contrôle ultérieur de chaque station absolue de Suisse tous les dix ans environ. De telles mesures devraient pouvoir mettre en valeur d'éventuelles modifications géologiques à long terme telles que le soulèvement des Alpes.

Le nouveau réseau gravimétrique national

Le nouveau réseau RGN 2004 est basé sur les stations et les mesures existantes du

réseau gravimétrique de base RG95 (encadré 5). Seuls quelques sites détruits, comme les stations absolues de Pratteln et de Brigue, vont être remplacés. Les valeurs de l'accélération de la pesanteur des stations absolues existantes, qui ont été déterminées par l'IMGC dans les années 1978–1980, devront être mises à jour par de nouvelles mesures absolues effectuées par METAS dans le but de stabiliser le réseau et d'augmenter sa précision. Il sera de plus nécessaire d'établir deux nouvelles stations absolues dans les Alpes (dans la région d'Andermatt et en Engadine) afin d'assurer une couverture satisfaisante de tout le pays. Ces nouvelles mesures absolues sont assurées par METAS et seront réalisées d'ici à 2008 à l'aide du gravimètre absolu de type FG5.

La densification du réseau des stations absolues (ordre 0) par des observations relatives (ordre 1 et 2) sera réalisée durant la même période. Le concept et la structure du RGN 2004 sont donnés dans [7]. La publication des résultats finaux est prévue pour 2008.

Les services proposés par METAS

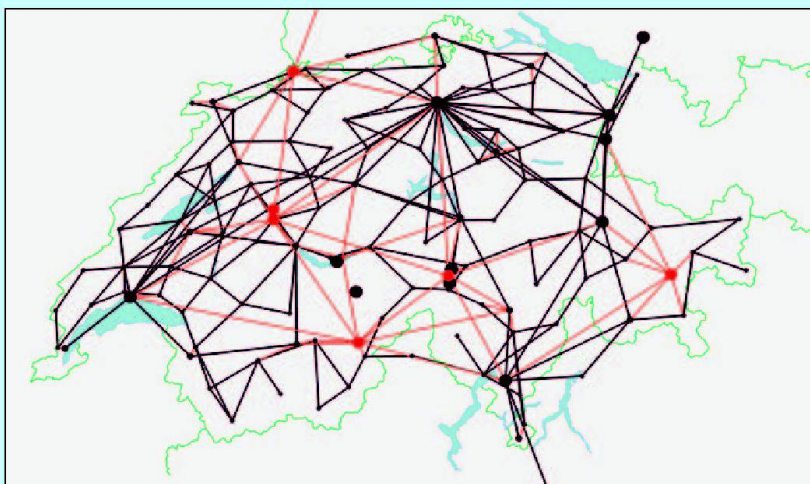
Grâce à son gravimètre absolu, METAS assure la traçabilité des mesures de l'accélération de la pesanteur en Suisse pour les applications géodésiques (détermination des stations absolues d'ordre zéro du nouveau réseau gravimétrique national) et pour les applications en métrologie.

D'après l'arrangement de reconnaissance mutuelle (MRA) rédigé par le Comité International des Poids et Mesure (CIPM) les rapports de mesure de l'accélération de la pesanteur établis par METAS sont en accord avec les aptitudes en matière de mesure et d'étalonnage et reconnus au niveau international (pour plus de détails, voir <http://kcdb.bipm.org>).

METAS possède finalement aussi un gravimètre relatif qui est essentiellement utilisé pour la détermination du gradient vertical de l'accélération de la pesanteur nécessaire à la caractérisation complète d'un nouveau site absolu. Il peut aussi être uti-

Le nouveau réseau gravimétrique national (RGN 2004)

Le RGN 2004 est basé sur le RG95. Les gros points noirs indiquent les stations absolues existantes d'ordre 0 du RG95. La plupart des points et des mesures du RG95 peuvent encore être utilisés aujourd'hui. Les problèmes principaux sont quelques stations absolues détruites ou instables et quelques faiblesses dans le réseau qui sont à corriger. La plus forte amélioration sera l'établissement de nouvelles stations absolues à Zimmerwald, Wabern (METAS), Bâle, Brigue, Andermatt et en Engadine (points rouges) ainsi que leur connexion avec les points existants du RG95 par des mesures relatives. Dans un projet commun entre METAS et swisstopo, chaque année entre 2005 et 2008, une nouvelle station absolue sera complètement caractérisée. Ces observations incluent la détermination du gradient vertical, de la valeur absolue de l'accélération de la pesanteur et la détermination des coordonnées et des altitudes. Les observations relatives seront réalisées grâce à une collaboration entre swisstopo et l'institut de géophysique de l'université de Lausanne. Une partie importante de ces nouvelles observations relatives servira à connecter les nouveaux points absolus avec les points voisins et ainsi à améliorer la couverture du réseau RG95. Les petits points noirs indiquent les stations gravimétriques d'ordre 1 et d'ordre 2. Les traits rouges et noirs symbolisent les liens obtenus à l'aide de gravimètres relatifs. En 2008, une compensation rigoureuse de toutes les observations de RG95 et de RGN 2004 donnera le résultat final qui sera publié.



Le nouveau réseau gravimétrique national (RGN 2004).

Encadré 6.

	Grandeur	Instrument	Domaine	Incertitude de mesure élargie	Remarques
METAS	Accélération de la pesanteur	Gravimètre absolu (FG5)	9.75...9,85 ms ⁻²	8.0 · 10 ⁻⁸ ms ⁻²	Site sismiquement stable requis
	Gradient vertical de l'accélération de la pesanteur	Gravimètre relatif	2.00...3.50 10 ⁻⁶ s ⁻²	0.01 · 10 ⁻⁶ s ⁻²	-
swisstopo	Accélération de la pesanteur	Gravimètre relatif	9.75...9,81 ms ⁻²	8.0 · 10 ⁻⁷ ms ⁻²	Site sismiquement et station absolue requis
	Accélération de la pesanteur	Calcul par interpolation	9.75...9,81 ms ⁻²	8.0 · 10 ⁻⁶ ms ⁻²	Coordonnées et altitude requises

Tab. 1: Possibilités de mesure de METAS et de swisstopo.

lisé pour transférer des valeurs de l'accélération de la pesanteur à l'intérieur des bâtiments de METAS.

Les services proposés par swisstopo

swisstopo publie les descriptions et les valeurs de l'accélération de la pesanteur des stations gravimétriques de base et met ces valeurs gratuitement à disposition des clients pour la connexion de leurs réseaux gravimétriques locaux. Ce même office est responsable de la maintenance des stations absolues du réseau d'ordre zéro et coordonne leur caractérisation périodique. swisstopo coordonne également la caractérisation des réseaux gravimétriques d'ordre 1 et 2 à l'aide de gravimètres relatifs.

Grâce à plus de 32 000 mesures gravimétriques, à un modèle numérique de terrain et à un modèle local simple de la masse volumique de la croûte terrestre, il est possible de calculer par interpolation la valeur de l'accélération de la pesanteur en tout point de Suisse avec une incertitude de mesure élargie de l'ordre de $8.0 \cdot 10^{-6} \text{ ms}^{-2}$. Cette précision, qui dépend en particulier de la densité des points connus à proximité, est suffisante pour un grand nombre d'applications en géodésie et métrologie (corrections des altitudes, zones de gravité pour les balances utilisées dans le domaine réglementé, etc.).

Références:

- [1] Le Système international d'unités, Bureau International des Poids et Mesures, 7^{ème} édition, 1998.
- [2] T. Niethammer, Schwerebestimmung in den Jahren 1915 bis 1918, astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz, Band 16, Schweizerische Geodätische Kommission, 1921.
- [3] L. Vitushkin et al, Results of the Sixth International Comparison of Absolute Gravimeters, ICAG-2001, Metrologia, 2002, 39, p. 407-424.
- [4] O. Francis et al, Results of the International Comparison of Absolute Gravimeters

- in Walferdange (Luxembourg) of November 2003, International Association of Geodesy Symposia, Volume 129, C. Jekeli, L. Bastos, J. Fernandes (Eds.), Springer, 2005.
- [5] Ph. Richard, Comparaison internationale de gravimètres absolus au BIPM, metINFO, Vol. 9, No. 3, 2002.
- [6] J. Ihde, J. Adam, C. Bruyninx, A. Kenyeres and J. Simek (2002): Development of a European Combined Geodetic Network (ECGN). In: Torres, J. A. and H. Hornik (Eds): Subcommittee for the European Reference Frame (EUREF). EUREF Publication No. 11.
- [7] U. Marti, D. Schneider, Landesschwerenetz LSN 2004, Konzept für eine neue gravimetrische Landesvermessung der Schweiz, swisstopo, Report 04-08, 2005.
- [8] Ph. Richard, W. Beer, Première mesure absolue de l'accélération de la pesanteur à l'OFMET, OFMETInfo, Vol 5, No. 1, 1998.
- [9] Ph. Richard, E. Klingelé, Unique en Suisse: instrument de mesure de l'accélération de la pesanteur, OFMETInfo, Vol. 7, No. 2, 2000.
- [10] www.swisstopo.ch/fr/basics/geo/networks/schwere.
- [11] F. Arnet, E. Klingelé, SG95: Das neue Schweregrundnetz der Schweiz, geodätisch-geophysikalische Arbeiten in der Schweiz, Band 54, 1997.
- [12] Absolute Schweremessungen in der Schweiz als Basis für geodynamische Untersuchungen zur aktuellen Alpentektonik, H.-G. Kahle, P. J. Cagienard, S. Mueller, I. Marson, F. Chaperon, VPK 7/1981.

Dr Philippe Richard
Office fédéral de métrologie METAS
chef de la section mécanique
CH-3003 Bern-Wabern
philippe.richard@metas.ch

Dr Urs Marti
Office fédéral de topographie swisstopo
développements géodésiques et mandats
CH-3084 Wabern
urs.marti@swisstopo.ch



Trimble® IS Rover

Die echte Kombination von Tachymeter und GPS

Der neue Trimble IS Rover kombiniert GPS und Tachymeter in idealer Weise zu einem Gesamtsystem. Die Kombination auf dem Prismen/GPS-Stab ist eine einzigartige, von Trimble patentierte Lösung. Nur so positionieren UND orientieren Sie Ihren Tachymeter in EINEM Arbeitsgang.

Nur so wählen Sie für jeden Aufnahme-punkt individuell die beste Methode. Nur so stecken Sie Punkte in EINEM Arbeitsgang kombiniert ab. Nur so sind Sie selbst an der richtigen Stelle: beim Messpunkt statt hinter dem Instrument.



Branchenführende Innovation

- Gerüstet für die Zukunft mit GPS L1/L2, L2C, L5 und Glonass.
- Kombination von GPS und Tachymeter beim Messstab.
- Positionierung UND Orientierung des Instrumentes in EINEM Arbeitsgang.
- Wahl der Messmethode bei jedem Messpunkt individuell.
- GPS und Tachymeter ohne Mehrkosten auch als Einzelsysteme getrennt nutzbar.

allnav 

allnav ag
Obstgartenstrasse 7 CH-8006 Zürich
Telefon 043 255 2020 Fax 043 255 20 21
allnav@allnav.com www.allnav.com

Geschäftsstelle in Deutschland: D-71522 Backnang

 **Trimble.**