

## De meting van de valversnelling $g$

M. Van Camp, M. Everaerts, B. Ducarme, M. Van Ruymbeke & R. Verbeiren

Vertaling: H. Béatse

04-2003

De zwaartekracht – die het ons mogelijk maakt het gewicht van een voorwerp te bepalen – bindt ons aan het aardoppervlak en is de oorzaak van de vrije val van een lichaam. Deze kracht is evenredig met de massa :  $\vec{F} = m\vec{g}$ , waarin de vector  $\vec{g}$  de versnelling voorstelt waarmee de massa  $m$  door de aarde wordt aangetrokken. De norm van deze versnelling noemt men de **valversnelling  $g$**  en wordt gemeten met behulp van een **gravimeter**. Het is een fysische grootte die veranderlijk is in tijd en ruimte. In feite hangt  $g$  onder andere af van de breedteligging, de vorm en de verdeling van de massa's in het binnenste van de aarde, de aardrotatie (snelheid en positie van de rotatieas), alsook van de relatieve positie van de maan en de zon, die de getijkrachten veroorzaken. De relatieve of absolute bepaling van  $g$  is van kapitaal belang voor verschillende domeinen van het wetenschappelijk onderzoek. In de **geofysica** meet men de variaties van de valversnelling voor de studie van tektonische vervormingen, de postglaciale rijzing van de bodem, de getijden, de invloed van de atmosfeer en de hydrosfeer alsook de inwendige structuur van de aarde vanaf de binnenkern tot de aardkorst. Anderzijds heeft de analyse van de plaatselijke verschillen in  $g$  talrijke toepassingen in de **geologie**. In de **metrologie** speelt  $g$  een rol in de bepaling van eenheden afgeleid van de kilogram (ampère, druk, kracht) en zal een sleutelrol spelen in de nieuwe definitie van de kilogram. Ten slotte is  $g$  in de **geodesie** onmisbaar voor de bepaling van de geöïde en bijgevolg van hoogtes (de geöïde vertegenwoordigt het gemiddelde niveau van de zeeën en hun voortzetting onder de continenten).

De Sterrenwacht heeft in al deze domeinen een internationale reputatie verworven op wetenschappelijk vlak en op het vlak van technisch deskundig onderzoek. Ze beschikt daartoe over relatieve veer-gravimeters, een relatieve gravimeter op basis van supergeleiding en een absolute gravimeter.

In een relatieve gravimeter is de verplaatsing van een opgehangen massa evenredig met een verandering in de waarde van  $g$ . In het merendeel van de gevallen gaat het om verplaatsbare instrumenten bestemd voor metingen op het terrein. Naast deze gravimeters die enkel de fijne variaties van  $g$  meten, verschaft de absolute gravimeter, waarover de Sterrenwacht sedert 1996 beschikt, direct de waarde van  $g$  met een nauwkeurigheid van  $10^{-9} g$  en maakt het mogelijk de relatieve gravimeters nauwkeurig te controleren. Bij een absolute gravimeter geeft de meting van de afstand, die een massa in vrije val in het luchtledige doorloopt in functie van de tijd, de waarde van de valversnelling  $g$ .

De ijkingen van relatieve veer-gravimeters vertonen over het algemeen hinderlijke schommelingen en met de tijd verschuiven de metingen sterk. Daarom heeft de Sterrenwacht in 1995 een gravimeter op basis van supergeleiding geïnstalleerd in het station Membach, dichtbij Eupen. In dit instrument is de ophanging aan een veer vervangen door een zwevende bol in een magnetisch veld, dat geleverd wordt door een vaste elektrische stroom die beweegt binnen twee spoelen bij een temperatuur van  $-269^{\circ}\text{C}$ . Het geheel veroorzaakt supergeleiding, die het mogelijk maakt de periodieke schommelingen van  $g$  te meten met een precisie die honderd keer groter is dan deze van de conventionele veer-gravimeters en verzekert een grote stabiliteit op lange termijn. In tegenstelling tot een veer-gravimeter, is deze op basis van supergeleiding niet verplaatsbaar. Dit instrument wordt gebruikt binnen het "Global Geodynamics Project", een mondiaal netwerk van een twintigtal supergeleidende gravimeters.

Te Membach maken de metingen van de supergeleidende en absolute gravimeters het mogelijk om fenomenen op lange termijn te meten, die onder andere verband houden met de

langzame vervorming van de bodem (men stelt een stijging van het station waar in de orde van een mm per jaar). Gezien de hoge nauwkeurigheid van dit referentie-instrument neemt de absolute gravimeter ook deel aan talrijke internationale vergelijkende campagnes en verschaft het de basispunten voor het Belgisch gravimetrisch netwerk, dat uitgebouwd werd met behulp van veer-gravimeters. Dit netwerk omvat momenteel meer dan 69.000 meetpunten die deel uitmaken van een databank en sedert 1925 door de Sterrenwacht wordt beheerd. Gezien de vooruitgang in de miniaturisatie zullen de absolute gravimeters na verloop van tijd de veer-gravimeters vervangen.

Tenslotte werkt de Sterrenwacht samen met het Internationaal Centrum voor Aardgetijden (ICET) sedert haar ontstaan in 1958. Dit centrum draagt bij tot de meting en de interpretatie van de vervormingen van de aarde onder invloed van de getijdenkrachten.



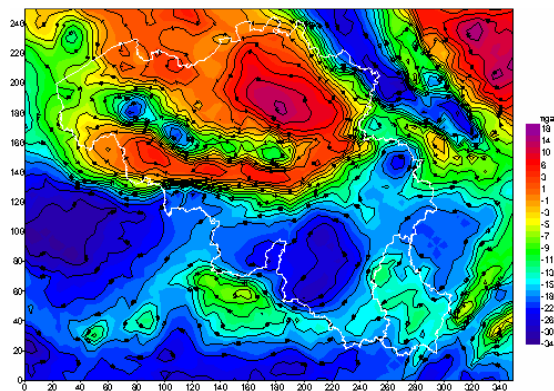
Figuur 4 : De supergeleidende gravimeter GWR#C021 meet continu de variaties van de valversnelling te Membach met een nauwkeurigheid van  $10^{-10}$  g. Het is een van de twintig gravimeters van dit type ter wereld.



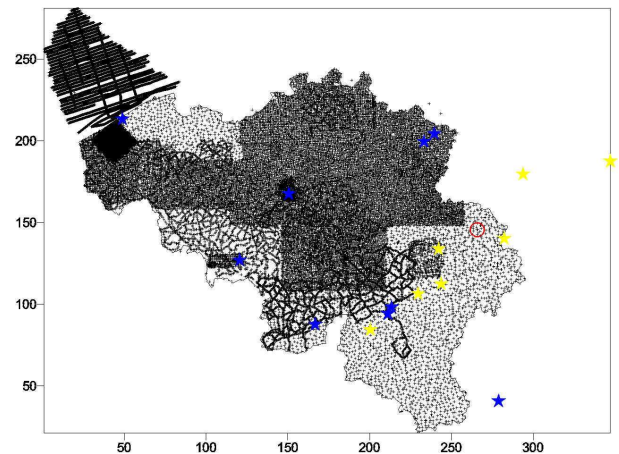
Figuur 2 : De veer-gravimeter Scintrex CG3M is een van de instrumenten die Sterrenwacht gebruikt op het terrein. Dit toestel meet de variaties van de zwaartekracht met een nauwkeurigheid van  $10^{-8}$  g.



Figuur 3 : De absolute gravimeter FG5#202 bepaalt de valversnelling te Membach met een nauwkeurigheid van  $10^{-9}$  g. In functie van de seizoenen en na correctie van gekende variabele effecten zoals de getijden varieert de waarde van g er van 9,810 467 20 tot 9,810 470 30 m/s<sup>2</sup>. Er zijn momenteel slechts een dertigtal zulke instrumenten in de wereld aan het werk.



Figuur 1 : Gravimetrische (Bouguer) anomalieën in onze regio's. Deze kaart geeft een beeld van de variaties in de dichtheid van de ondergrond en toont de grote regionale geologische structuren. Het Massief van Brabant, gevormd door rotsen met een grotere dichtheid, stemt overeen met het rode gedeelte in het noordwesten van de kaart. In het blauw vinden we de invloed terug van rotsformaties met lagere dichtheid in de Ardennen en het Bekken van Parijs. De Roerslenk, in het noordoosten, bestaat uit een opeenstapeling van minder dichte en recentere sedimenten.



Figuur 5 : Het Belgisch gravimetrisch netwerk. Elk punt vertegenwoordigt een van de 69.000 metingen bekomen met behulp van relatieve veer-gravimeters. De rode cirkel toont het referentiestation van Membach. De gele sterren geven de absolute metingen die twee maal per jaar uitgevoerd worden dwars over de Ardennen en de Roerslenk. De blauwe sterren tenslotte, geven de absolute gravimetrische metingen elders in België weer.