

# SULLA REVISIONE DEI CAPISALDI PER LE MISURE DI GRAVITÀ (\*)

CARLO MORELLI

## 1. — *Capisaldi nazionali.*

E' noto che dalla compensazione d'insieme delle stazioni di riferimento per le misure di gravità relativa effettuata dallo scrivente (Morelli, 1945), successivamente discussa in campo internazionale (Cassinis, 1948; Heiskanen, 1948) è stato messo in evidenza come i valori di alcune stazioni di riferimento nazionali necessitano di ulteriori collegamenti, e come esistano nella rete delle stazioni di riferimento numerose lacune, che sarebbe consigliabile eliminare non appena possibile. La discussione dello scrivente (Morelli, 1948) aveva dettagliatamente indicato queste necessità.

Un esame più attento dei dati rivela inoltre come fra le stazioni di riferimento in cui i valori della gravità sono ancora incerti, ve ne siano alcune di grande importanza, che pure possiedono collegamenti moderni e generalmente ritenuti attendibili: per citarne solo due delle più importanti, Parigi e Dehra Dun. Da ciò, e da molti altri casi riscontrati, risulta che i collegamenti pendolari con gli strumenti finora adoperati non offrono in generale quella garanzia di precisione che si richiede oggi nelle misure di gravità, come del resto abbiamo già messo in evidenza nella discussione sopracitata.

Sappiamo (Cassinis, 1948) che ricerche molto accurate sono state eseguite per rintracciare ed eliminare le cause di errore, e che sono in costruzione in Italia ed in Francia nuovi apparati pendolari di grande precisione, i quali saranno indubbiamente molto utili soprattutto per l'esecuzione di collegamenti fra i capisaldi nazionali. Per cui attendiamo con grande interesse la loro introduzione nella pratica.

Avevamo però già da tempo segnalato (Morelli, 1946) l'opportunità di introdurre anche nei collegamenti fra le stazioni di riferimento i gravimetri, che — com'è noto — purché abbiano i requisiti

(\*) Relazione presentata al III Congresso Naz. dell'Unione Matematica Italiana (Sez. V: Geodesia), Pisa, 23-26 sett. 1948.

necessari, consentono di raggiungere un grado di precisione molto più elevato, generalmente congiunto con una migliore maneggevolezza, maggiore speditezza nelle misure, ecc. I gravimetri dinamici Holweck-Lejay costituivano già un notevole passo su questa via; e difatti si sono dimostrati idonei per collegamenti fra stazioni anche a grandi distanze.

Ma un passo decisivo è stato compiuto recentissimamente con la costruzione, da parte del Houston Technical Laboratory, di un gravimetro perfezionato in questi ultimi anni da Sam Worden, Houston, U.S.A. Le caratteristiche principali di questo strumento sono le seguenti (Woollard, 1948):

campo	:	5500 mgal
sensibilità	:	0,2-0,01 mgal
deriva	:	minore di 0,1 mgal/ora, ed uniforme
dimensioni	:	36 × 13 cm
peso	:	circa 2,3 kg
durata di una misura	:	circa 5 minuti.

Esso è inoltre: compensato per la temperatura; amagnetico; racchiuso ermeticamente in un ambiente a bassa pressione.

Servendosi dei trasporti aerei militari per una rapida esecuzione dei collegamenti, dal 18 luglio al 12 agosto 1948 il Woollard ha potuto ripetere i collegamenti gravimetrici fra le quattro stazioni di riferimento in Washington, ed estenderli fino a S. Francisco, Panama, Honolulu e Guam.

I risultati sono stati ottimi, in quanto hanno praticamente dimostrato che, con un'escursione di 2800 mgal, il contributo della deriva per lo strumento adoperato è stato di 0,06 mgal/ora, e si è mantenuto praticamente costante; l'errore di chiusura dei vari circuiti eseguiti è risultato in media di 0,2 mgal; non vennero riscontrati effetti dovuti a variazioni della pressione atmosferica o del campo magnetico; la compensazione per la temperatura si è dimostrata efficace.

Questo gravimetro si è rivelato così per tutti i riguardi molto superiore agli altri strumenti per misure di gravità finora esistenti; in particolare, esso riesce oltremodo indicato per i collegamenti fra stazioni di riferimento anche molto distanti, purché unite fra loro da linee aeree. Dato che queste abbracciano oggi praticamente tutta la Terra, è così possibile realizzare in breve tempo una rete di colle-

gamenti di alta precisione, almeno fra le stazioni di riferimento più importanti.

Il programma dei collegamenti proposti dal Woollard per il 1948 comprende l'esecuzione di un periplo mondiale che prolunghi fino a Washington quelli già eseguiti fino a Guam, attraverso Manila, Bangkok, Calcutta, Nuova Delhi, Carachi, Tripoli, Francoforte e Islanda (o Azzorre). Un circuito dovrebbe inoltre chiudersi da Guam su S. Francisco, attraverso il Giappone, le Aentine e l'Alaska; e da Francoforte dovrebbero irradiarsi in Europa vari collegamenti: con Roma, con Basilea, con Parigi, con Greenwich e con Copenhagen, Oslo, Stoccolma e Helsinki.

Data l'importanza del problema, formuliamo voti perché tale programma possa essere realizzato pienamente per il 1948, e continuato negli anni successivi.

Per l'anno in corso, riteniamo solo consigliabile proporre al Woollard che il collegamento Francoforte-Roma si chiuda, per esempio al ritorno, attraverso Padova e, possibilmente, Milano (collegamenti aerei giornalieri).

Per l'anno prossimo, auspichiamo che la Casa costruttrice possa mettere a disposizione più d'un gravimetro di questo tipo, in modo da consentire il raffittimento della rete di riferimento europea, ed il prolungamento della rete internazionale verso l'Australia, il Sud Africa ed il Sud America. Naturalmente sarebbe desiderabile che gli accordi in tal senso potessero venir iniziati quanto prima, in modo da consentire una realizzazione veramente efficace e preventivamente discussa.

Intanto, dalle misure fin qui eseguite risultano le seguenti differenze per le stazioni di riferimento in Washington, dalla sede della misura assoluta al Nat. Bureau of Standards:

		Woollard 1948	Hammer 1946
Commerce Bldg	(U.S.C.G.S. n. 337)	: 19,4 mgal	19,5 mgal
House	( " " 21)	: 14,8 " "	15,1 " "
Smithsonian Inst.	( " " 22)	: 18,1 " "	19 " "

Come si vede, i risultati sono in ottimo accordo con quelli di Hammer (1946), per cui i valori delle differenze di gravità fra queste stazioni in Washington si possono ritenere ormai ben precisati.

Per ricavare però i valori delle gravità nel sistema di Potsdam per queste stazioni, resta ancora da determinare in maniera definitiva il valore della differenza fra una di esse e (almeno) un caposaldo

europeo in cui il valore della gravità (nel sistema di Potsdam) sia sicuro: e questo è appunto uno dei compiti principali del programma per l'anno in corso. Accettando per intanto ancora per Washington Commerce Bldg il valore 980,1180 (risultante dai due ultimi collegamenti con la rete europea: Brown 1932/33 con Potsdam; Bullard-Browne 1939, con Teddington), i valori della gravità nelle varie stazioni (sistema di Potsdam) risultano i seguenti, sulla base delle differenze del Wollard:

Washington Commerce Bldg	:	980,1180	cm. sec <sup>-2</sup>
» Bureau Stds	:	,0986	»
» House Bldg	:	,1134	»
» Smithsonian Inst.	:	,1167	»

## 2. — *Capisaldi internazionali.*

Tutti i valori della gravità sulla Terra (ad eccezione delle poche misure assolute) sono riferiti oggi ad un unico caposaldo internazionale (« sistema di Potsdam »).

Abbiamo già esposto i motivi per cui riteniamo che tale caposaldo dovrebbe venire sostituito dal « sistema internazionale » di riferimento per le misure di gravità da noi proposto (Morelli, 1946), basato sui valori di tutte le misure assolute moderne opportunamente compensati. A tale scopo converrà assumere come esatte le differenze della gravità fra le stazioni in esame, quali risultano dalla compensazione della rete dei collegamenti (misure relative) fra le stazioni di riferimento: e ciò perché l'errore di queste differenze compensate si può considerare trascurabile di fronte agli errori delle misure assolute.

Ecco quindi le necessità che i collegamenti di grande precisione sopra menzionati vengano ripetuti soprattutto fra le stazioni di riferimento con misure assolute moderne. Esse sono, com'è noto, *Potsdam* (1898-1904), *Washington* (1929-1935), *Leningrado* (1933-1936) e *Teddington* (1938). E' da auspicare che la situazione politica attuale non frapponga ostacoli al collegamento almeno con Potsdam.

Altre misure assolute di gravità degne di particolare attenzione, e che quindi pure sarebbe opportuno collegare con grande precisione alle precedenti, sono *Roma* (1882-87) e *Padova* (1885-86). Per ciò appunto abbiamo segnalato sopra l'opportunità di includere anche queste città nei collegamenti in programma per l'anno in corso.

Intanto nuovi elementi sono sorti a favore della revisione del-

l'attuale « sistema di Potsdam », e fra questi, importantissimo, l'accurato riesame effettuato da A. Berroth dei calcoli della misura assoluta di Potsdam. In una memoria in corso di pubblicazione (Casinis, 1948), il Berroth mette in evidenza come non sia stata completa la discussione fatta da Kübncn e Furtwängler, con la collaborazione dello Helmert, sulle correzioni da apportare ai valori osservati per tener conto della forma dei coltelli e delle loro deformazioni elastiche. A conclusione di un'analisi molto dettagliata, il Berroth dimostra che il risultato della misura assoluta di Potsdam ( $981,274 \pm 0,003$ ) deve essere modificato come segue:

$$g = 981,261 \pm 0,001 \text{ cm. sec}^{-2}.$$

Le correzioni al « sistema di Potsdam » risultano perciò finora:

dalla misura assoluta di Potsdam:	—13 mgal.
»    »    »    » Washington:	—15    »
»    »    »    » Teddington:	—13    »

In attesa di altri collegamenti di grande precisione fra queste stazioni, il valore più probabile attuale per la correzione al « sistema di Potsdam » sembra essere **—14 mgal.** Ciò è in ottimo accordo con i valori da noi finora proposti per questa correzione, che sono compresi fra —12 mgal (1946) e —16 mgal (1947).

Dalla misura assoluta di Leningrado la correzione sembra risultare di soli —2 mgal (Mikhailof, 1939; per cortesia di J. A. Duerksen, U.S.C.G.S., Washington); poiché Leningrado appare ben collegata con Potsdam (Morelli, 1945), la differenza con i risultati delle altre misure assolute moderne sembra da attribuirsi alla misura assoluta di Leningrado. Per cui sarebbe opportuno un riesame dei calcoli di questa misura, che al momento attuale auspichiamo possa essere effettuato dai colleghi russi.

Inversamente, una volta determinato il valore più probabile per la correzione al « sistema di Potsdam », si possono avere indicazioni sugli errori delle altre misure assolute. Allo stato attuale dei collegamenti, essi sono:

Roma: —6 mgal;	Parigi (1883): +11 mgal;
Padova: +6 mgal;	Vienna (1884): +20 mgal;
Madrid (1882): +14 mgal;	Monaco (1887): +17 mgal.

Come si vede, all'infuori delle due misure italiane, per le quali gli scarti non sono molto cospicui (e forse potrebbero essere ancora

ridotti da una revisione dei calcoli sulla base delle teorie recenti sulle correzioni da apportarsi alle misure assolute), le altre presentano scarti tali da consigliare la loro esclusione quali capisaldi del nuovo « sistema internazionale » proposto.

A conclusione vogliamo far presente che, se siamo ritornati sull'argomento, è unicamente perché siamo convinti che soltanto attraverso una discussione su base internazionale esso potrà essere soddisfacentemente risolto. Le conclusioni della recente Assemblea Generale dell'U.G.G.I. ad Oslo (agosto 1948) hanno pure dimostrato la necessità di tale discussione. Per cui rivolgiamo un appello a quanti si interessano di questo problema e possono apportarvi un contributo di idee o di esperienza, perché stabiliscano e mantengano contatti reciproci in una serena atmosfera di collaborazione internazionale, fattiva e senza pregiudizi.

*Istituto Nazionale di Geofisica — Osserv. di Trieste — Settembre 1948.*

### RIASSUNTO

*Viene esposto lo stato attuale del problema dei capisaldi di riferimento per le misure di gravità relativa, alla luce delle possibilità offerte dai nuovi collegamenti mediante gravimetro, per i quali vengono suggerite alcune proposte, anche in vista delle necessità del nuovo "sistema internazionale". Dopo la revisione della misura assoluta di Potsdam, la correzione più probabile da applicare al sistema omonimo attualmente in uso risulta di  $-11$  mgal. Vengono infine discusse le altre misure assolute, di cui si indicano le possibilità e le necessità di revisione. Per la risoluzione del problema viene auspicata una più stretta collaborazione internazionale.*

### BIBLIOGRAFIA

- CASSINIS G.: *Schéma préliminaire du Rapport Général sur les Déterminations Gravimétriques* - 8ème Assemblée Général de l'U.G.G.I., Oslo, agosto 1948.  
 HAMMER S.: *Gravimeter ties between Gravity Base Stations in Washington D. C.* - Trans. Am. Geoph. Un., 28, 2, 157-161, april 1947.  
 HEISKANEN: *Report on Isostasy* - 8th Gen. Ass. I.U.U.G., Oslo 1948.  
 MIKHAILOF A. A.: *A course in Gravimetry and theory of the Figure of the Earth* - 432 pg., Mosca 1939.  
 MORELLI C.: *Compensazione della rete internazionale delle stazioni di riferimento*

- per le misure di gravità relativa* - Boll. Soc. Adriatica di Sc. Nat., XLI, Trieste 1945.
- *Per un sistema di riferimento "internazionale" delle misure di gravità. Nota preliminare* - Geofisica pura ed appl. III, 3/4, Milano 1946.
  - *La rete geofisica e geodetica in Italia nel suo stato attuale e nei suoi rapporti con la struttura geologica superficiale e profonda. Parte I: Stato attuale della rete geofisica e geodetica in Italia. Sez. 2<sup>a</sup>: Rete gravimetrica* - Tecnica Italiana. Nuova Serie, I. 3. Trieste 1946.
  - *Su una correzione per i valori della gravità* - Rend. Acc. Naz. Lincei, VIII, II, 6, Roma 1947.
  - *Discussione e considerazioni sulla compensazione d'insieme della rete internazionale delle stazioni di riferimento per le misure di gravità relativa* - Annali di Geofisica, I. 3, Roma, luglio 1948.
- WOOLLARD G. P.: *Report on Field Tests on Special Worden Gravity Meter*. Mem. Woods Hole Oceanographic Inst., Aug. 16, 1948.