



ISTITUTO
NAZIONALE
DI RICERCA
METROLOGICA



*Seminario in ricordo del professor
Anthos Bray*

Riassunti degli interventi

*Workshop on memory of professor
Anthos Bray*

Abstracts of the lectures

Torino, 18 ottobre 2007

Relazione m. 1
Note biografiche del professor Anthos Bray
(Raffaello Levi, raffaello.levi@polito.it)

Nato a Lecce il 10 novembre 1924, Anthos Bray si laureò con 110 e lode in Ingegneria industriale meccanica all'Università di Napoli nel 1948, dove lavorò come ricercatore volontario presso l'Istituto di Meccanica Applicata, e presso l'Istituto dei Motori del CNR. Proseguì gli studi superiori sulle misure negli Stati Uniti presso il Massachusetts Institute of Technology, e sotto la guida del Prof. Lyon vi conseguì brillantemente nel 1953 il titolo di Master of Science. Rientrato a Napoli, fu ricercatore presso l'Istituto dei Motori, dedicandosi in particolare alle misure dinamiche.

Venne presto chiamato a Torino dal Prof. Gustavo Colonnetti, Presidente del Consiglio Nazionale delle Ricerche, che fece rinascere la ricerca in un paese devastato dalla seconda guerra mondiale. Aveva cercato in tutta Italia l'elemento adatto per animare il nucleo iniziale dell'appena fondato Istituto Dinamometrico Italiano; in Anthos Bray trovò la persona giusta. Pioniere dell'estensimetria elettrica in Italia, metrologo di fama internazionale, ricercatore raffinato ed organizzatore instancabile, si affermò in breve tempo come direttore dell'I.D.I. Nel giro di qualche anno lo riunì all'Istituto Termometrico, ed alle nuove sezioni (Lunghezze, Masse), per fondare l'Istituto di Metrologia "Gustavo Colonnetti", che dirigerà per un quarto di secolo. Fiore all'occhiello del CNR, sotto la sua direzione l'IMGC entrò presto tra i principali Istituti metrologici a livello mondiale, quali il National Bureau of Standards (ora National Institute for Science and Technology), il Physikalisch-Technische Bundesanstalt, il National Physical Laboratory, il Bureau National de Métrologie, con cui strinse rapporti di fattiva collaborazione. Membro delle principali organizzazioni scientifiche internazionali, il Prof. Bray vi rappresentò a lungo l'Italia, in particolare nella capitale mondiale della metrologia, il Bureau International des Poids et Mesures di Sèvres. Socio fondatore dell'Associazione Italiana per l'Analisi delle Sollecitazioni, ne fu eletto Presidente, e Socio Onorario a riconoscimento dei suoi importanti contributi. Paul Harris Fellow e Socio Onorario del Rotary Club Torino Nord, tra i numerosi riconoscimenti ricevuti ebbe particolarmente grata la Murray Lecture, con cui volle onorarlo – primo in Italia - la Society for Experimental Stress Analysis (ora Society for Experimental Mechanics), in occasione del convegno internazionale di Boston nel 1980. Impiegò con successo la posizione di rilievo rivestita in ambito metrologico per sviluppare numerose iniziative per una sempre più ampia collaborazione internazionale, in particolare in ambito IMEKO. Favorì così la formazione di reti di istituti e laboratori primari collegati da rapporti di efficace cooperazione nell'interesse generale, superando barriere di tipo politico e burocratico grazie a relazioni interpersonali coltivate con lungimiranza e sensibilità.

Oltre centocinquanta memorie presentate in prestigiose sedi nazionali ed internazionali, monografie, libri e trattati tuttora di riferimento in materia testimoniano l'intensa e fruttuosa attività di ricerca scientifica. Gli argomenti coltivati spaziano dalle misure dinamiche, agli estensimetri elettrici a resistenza - per cui il Prof. Bray figura a buon diritto tra i pionieri in Italia ed in Europa a livello di ricerche di base (ivi compreso lo studio delle proprietà fisiche degli strati metallici sottili), ed applicazioni innovative - all'analisi delle sollecitazioni, alla metrologia delle forze, alla meccanica sperimentale, anche mirata a dare soluzione concreta a problemi industriali.

Rilevante, intensa e fruttuosa l'attività accademica. Libero docente in Meccanica Applicata alle Macchine, ed in Misure Meccaniche, tenne per oltre trent'anni in modo esemplare il corso di Metrologia al Politecnico di Torino, dove ricoprì la Cattedra di Metrologia Generale e Misure Meccaniche fino all'andata a riposo per limiti d'età. Membro fondatore nel 1985 ed attivo sostenitore del dottorato di ricerca in Metrologia, ne seguì sempre attentamente lo sviluppo, anche quando ormai il male non gli consentiva più di intervenire di persona alle riunioni.

Si è spento il 28 giugno 2006, dopo una lunga malattia sopportata con grande dignità. Il ricordo dello scienziato e del maestro vivrà a lungo nella memoria grata di allievi, collaboratori, colleghi ed amici.

Biography of Professor Anthos Bray
(Raffaello Levi, raffaello.levi@polito.it)

Born in Lecce on November 10, 1924, Anthos Bray graduated summa cum laude in Industrial engineering at the University of Naples in 1948, where he initially worked as unpaid research associate at the Institute of Applied Mechanics, and at the Institute for research on thermal engines (Istituto dei Motori) operated by the National Research Council (CNR). Thanks to a scholarship he then took up graduate study on measurement at Massachusetts Institute of Technology, where he also worked part time as research assistant under the guidance of Prof. Lyon, and graduated Master of Science in 1953. He then returned to Naples to take up a post of research associate at Istituto dei Motori, with a particular interest in dynamic measurements.

He was soon asked to move to Torino by Prof. Gustavo Colonnetti, President of CNR, who was struggling to jump start experimental research in a war torn country, where many laboratories were still in shambles. Prof. Colonnetti was seeking all over Italy a capable, energetic young researcher, up to the task of developing a fledgling research center, Istituto Dinamometrico Italiano (IDI), just opened to cover the area of force measurement; he knew Anthos Bray was his man.

Resistance strain gages were hardly known, let alone exploited in Italy at that time, making Anthos Bray's pioneer work all the more important; he rose fast to a rank of top notch metrologist, and a tireless, effective research team leader. Highly successful director of IDI, he soon managed to merge it with Istituto Termometrico, and by adding Length and Mass divisions Istituto di Metrologia "Gustavo Colonnetti" (IMGC) was formed, whose helm he held firmly for a quarter of a century. The level of such world-class institutions as National Bureau of Standards (now NIST), National Physical Laboratory, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Bureau National de Métrologie, was soon reached, and regular cooperation too.

A long time member for Italy of major international scientific organizations, Anthos Bray covered a relevant role also at Bureau International des Poids et Mesures of Sèvres, world's metrology center. Founding member, President and Honorary Member of Associazione Italiana per l'Analisi delle Sollecitazioni (AIAS), Paul Harris Fellow and Honorary Member of Rotary Club Torino Nord, among a number of honors received over his distinguished career Anthos Bray treasured particularly the Murray Lecture, an award he was the first Italian to be bestowed with by the Society for Experimental Stress Analysis (now Society for Experimental Mechanics) at the international congress in Boston in 1980.

He exploited his outstanding position in metrology to develop an ever-increasing cooperation at international level, particularly within IMEKO. Working dedicatedly to overcome all sorts of political and bureaucratic hurdles, never taking no for an answer, he facilitated formation of international networks of national laboratories and research centers, developing cooperative work for the benefit of all concerned.

Over one hundred and fifty published papers, and several monographs, books and treatises still referred to nowadays, testify his outstanding scientific career. Areas covered range from dynamic measurements to experimental stress analysis, strain gages – Anthos Bray was acknowledged among the pioneers in Europe, also on account of his trail blazing work on the properties of vacuum deposited thin metal films – experimental mechanics, force standards, material testing; and work aimed at cracking some hard nuts in industrial research, too.

A keen, dedicated teacher, soon Privat Dozent in Applied Mechanics, and Mechanical Measurements, Anthos Bray taught for over thirty years Metrology at Politecnico di Torino, where he was appointed to the Chair of General Metrology and Mechanical Measurements, a position he held till retirement. Founding member and key supporter of the Ph.D. program on Metrology, he followed keenly its activities for many years, even when barred from attending by illness.

He passed away on June 28, 2006, after a long, dignified struggle with malady. A true blood scientist, teacher and mentor, a prince of a friend, his memory shall be long cherished by his former students, coworkers, colleagues and friends.

Relazione n.2
The future of scientific metrology

(Professor Andrew Wallard, Director, Bureau International des Poids et Mesures, Sèvres,
awallard@bipm.org)

The world of metrology is always changing so as to meet the needs of science, society and international trade.

This review offers an overview of the main trends expected in new work and challenges for the years ahead for metrologists and for National Metrology Laboratories. It emphasises the important development of metrology in chemistry and the need to balance this against continuing demands in classical physical and engineering metrology.

The review concludes with an assessment of the planned changes in the International System of Units and the possibility of redefining several of them within the next few years.

Relazione n.3
Prof. A. Bray's contribution to develop IMEKO TC 3
into a widely recognised international technical Forum

(Assoc. Prof. Tamás Kemény, Past Secretary General of IMEKO, tamas@imfa.hu)

The scope of IMEKO TC 3 is

- to organise symposia on still unpublished results of experiments and practical experience
- to hold Round Table discussions
- to promote the exchange of experience among IMEKO Member Organisations.

Its historical merit is that TC 3 organised the first meeting of force and mass measurement experts, from metrology laboratories and from the industry.

TC 3 also organised RT Meetings, e. g.

- Strain Gauge Force Transducers as Transfer Standards.
- The importance of Scales Industry in the Economy of Developing Countries
- Parasitic Components of Force Standard Machines.
- 50-year jubilee RT of TC 3 and TC 15 at the 9th IMEKO World Congress
- Houston, Texas, 1988 on the existence of strain gauges

The many places where IMEKO TC3 Conferences were organised illustrate the international interest for this activity:

1. 1968 Braunschweig, Germany. Chairman Dr. Kurt Hild, Founding TC3 Chairman.
2. 1971 Den Haag, The Netherlands. Chairman Helmer Wieringa.
3. 1972 Ostrava, Czechoslovakia. Chairman J. Nutil.
4. 1974 Udine, Italy. Chairman Anthos Bray.
5. 1974 Szeged, Hungary. Chairman Tamás Kemény.
6. 1977 Odessa, USSR. Chairman V.A. Kovalj.
7. 1978 Braunschweig, Germany. Chairman Wolfgang Weiler.
8. 1980 Kraków, Poland. Chairman Andrzej Gizmajer
9. 1983 London, U.K. Chairman R.C. Debnam.
10. 1984 Kobe, Japan. Chairman Toshiro Ono.
11. 1986 Amsterdam, The Netherlands. Chairman Helmer Wieringa.
12. 1990 Szeged, Hungary. Chairman Tamás Kemény.
13. 1993 Helsinki, Finland. Chairman Aimo Pusa.
14. 1995 Warsaw, Poland. Chairman Andrzej Gizmajer.
15. 1996 Madrid, Spain. Chairman José A. Robles Carbonell.
16. 1998 Taejeon, Korea. Chairman Myung Sai Chung and Dae-Im Kang.
17. 2001 Istanbul, Turkey. Chairman Sevda Kacmaz.
18. 2002 Celle, Germany. Chairman Amritlal Sawla.
19. 2005 Cairo, Egypt. Chairman Ahmed A. M. El-Sayed.

An important TC 3 – OIML Working Group was organised as well:

“Terminology and Calibration Procedure of Load Cells” Chairman: A. Bray.

Summary of the first 16 Years:

- TC 3 became the No.1 institution to reflect the world wide situation and development of force, mass and later of torque measurement.
- The TC 3 membership grew to experts from 19 countries of 3 continents.
- TC 3 became a real forum of instrument developers, makers, users, metrology scientists and professors.

- TC 3 became a good example of the IMEKO family where long lasting family friendships were met and the participants got acquainted with cultures of faraway countries.

Over 6300 pages of TC 3 event proceedings of important knowledge are published.

Prof. A. Bray contributed to develop IMEKO TC 3 into a widely recognised international technical forum. His scientific authority and friendly, helpful personality was the driving force of that period. All experts of our field remember Prof. A. Bray with the highest respect.

Relazione n.4

Il ruolo svolto dal prof. A. Bray nella metrologia sul piano nazionale ed internazionale

(A. Calcatelli, C. Ferrero, M. Plassa,)

a.calcatelli@inrim.it, c.ferrero@inrim.it, m.plassa@inrim.it)

Anthos Bray svolse un ruolo di primaria importanza nella ricerca metrologica sia a livello nazionale che internazionale.

Su piano nazionale collaborò, a partire dagli anni '50, con il prof. Colonnetti per dotare l'Italia di un moderno Istituto Metrologico, con l'attività di ricerca - dedicata alle grandezze meccaniche- dell'Istituto Dinamometrico Italiano, fondato nel 1954 e poi confluito nel 1968 nell'Istituto di Metrologia G. Colonnetti di cui Bray fu a lungo direttore. All'IDI avviò i laboratori per la misura della forza (con una macchina campione a pesi diretti fino a 100 kN e con moltiplicazione idraulica fino a 1 MN) e per le analisi delle sollecitazioni (estensimetria elettrica); pionieristicamente furono costituiti laboratori, di alto vuoto prima e di ultra-vuoto poi, per la realizzazione di strati sottili metallici e semiconduttori che potevano consentire l'analisi delle sollecitazioni senza l'uso di collanti, e quindi in grado di consentire misurazioni anche in strutture a temperature elevate o bombardate da radiazioni. Queste attività di ricerca furono poi sviluppate verso la caratterizzazione di tali strati oltre che dal punto di vista elettrico e meccanico anche da quello strutturale. Furono anche applicate altre tecniche di analisi delle sollecitazioni come la diffrazione X e l'olografia.

Nel suo inesausto lavoro per il costituendo Istituto di Metrologia, Bray si attornì di ricercatori e tecnici per formare una scuola pionieristica di metrologia. Con Bray i ricercatori erano e si sentivano incoraggiati a fare esperienze in laboratori stranieri di alto livello. Egli aveva, proprio in quegli anni di divisioni corporative e di iniziali difficoltà, una visione mai provinciale, essendo consapevole della necessità di sinergie con altre componenti della ricerca, sia accademiche, sia di enti pubblici, sia di laboratori industriali. In questo spirito contribuì fra l'altro a dar vita alla Commissione Nazionale di Metrologia, con compiti di stimolo e di coordinamento, sviluppando una filosofia di applicazione della disciplina non solo ai problemi della ricerca ma anche a quelli della società. Fra i risultati ottenuti da Bray occorre ricordare la legge 273/1991 con la quale si istituì il Servizio Nazionale di Taratura e le strutture della metrologia italiana furono inquadrare in modo razionale.

Dal punto di vista della ricerca metrologica, nell'IMGC, che era costituito da quattro sezioni, di cui due nuove (per la massa e per la lunghezza e le relative grandezze derivate) e due nate dai pre-esistenti istituti del CNR (IDI e ITI-Istituto Termometrico Italiano), il settore delle forze fu ampliato ad includere due macchine primarie a pesi diretti fino a 30 kN e 1 MN. Furono inoltre avviati molti altri settori di ricerca. A. Bray, fra l'altro, promosse fin dagli anni '70 i primi confronti internazionali tra macchine campione di forza, a livello sia bilaterale sia multinazionale.

Su piano internazionale la visione della scienza che supera le limitazioni di natura politica gli permise di stringere fruttuose collaborazioni e scambi con molti paesi nel consesso dell'IMEKO. Così pure partecipò attivamente all'orientamento ed al coordinamento della metrologia in Europa sia nell'ambito delle strutture della Comunità Economica Europea sia nell'organizzazione EUROMET fin dalla sua fondazione. Come membro del Comitato Internazionale dei Pesi e Misure e come presidente del Comitato Consultivo "Massa e grandezze apparentate" poté dare il suo contributo alla visione sovranazionale della

metrologia, in particolare nel portare avanti la rete dei confronti internazionali dei campioni, della cui necessità fu un sostenitore convinto.

The role of prof. Bray in metrology at national and international level

(A..Calcatelli, C.Ferrero, M.Plassa,
a.calcatelli@inrim.it, c.ferrero@inrim.t, m.plassa@inrim.it)

Anthos Bray played a role of primary importance in metrological research both on the national and the international level.

He cooperated since the fifties with professor G. Colonnetti to endow Italy with a modern metrological institute, through the researches -in the field of mechanical quantities- of the Istituto Dinamometrico Italiano ,established in 1954 and merged in 1968 into the Istituto di Metrologia G. Colonnetti of which Bray was director for many years. At IDI he set up laboratories for force measurements (with a deadweight standard machine up to 100 kN and hydraulic multiplication up to 1 MN) and for stress analysis (with electric strain gauges); a pioneer undertaking was the establishment of high-vacuum and ultra-high-vacuum laboratories for the preparation of metallic and semiconductor thin films which could be used for strain analysis without adhesives, thus allowing measurements also in structures subjected to high temperatures and/or to strong radiations. These researches were later developed towards the characterization of thin films not only for electro-mechanical properties but also from the point of view of their structure. Other stress analysis techniques, as X-ray diffraction and holography, were also applied.

In his incessant activity to develop a metrological institute Bray gathered round him researchers and technicians to create a pioneer metrology school. With him researchers felt, and were, encouraged to make experiences in high-level foreign laboratories. Even in those years of corporative partitions and initial difficulties his vision was never parochial, and he was always conscious of the necessity of synergy with other research components, either from academy or from public institutions or from industrial laboratories. With this attitude he contributed to give birth to the Italian Metrology Commission, whose task was to stimulate and to coordinate metrological activities in Italy; he supported the application of the point of view of metrology not only in research but also in considering more general problems. Among the results he was able to obtain the law n. 273/1991 must be quoted: this law established the National Calibration System and reorganized Italian metrological structure in a rational way.

Metrological research within IMGC was organized in four sections; two of them derived from pre-existing CNR institutes (IDI and ITI, Istituto Termometrico Italiano) and two new ones, devoted to the measurement of mass, length and their derived quantities. The force facilities were extended to include two primary deadweight machines up to 30 kN and 1 MN. Researches were started in new fields. In particular A. Bray promoted since the seventies the first international comparisons –bilateral and multilateral- of force standard machines..

On the international level the vision that science must go beyond political limitations and boundaries allowed him to arrange fruitful exchanges and collaborations with many countries in the IMEKO frame. In the same time he took an active part in steering and coordinating metrology in Europe within the structures of the European Economic Community and of EUROMET since its beginnings. As a member of the Comité International des Poids et Mesures and as the chairman of the Comité Consultatif pour la Masse he gave his

contribution to a supernational point of view in the metrological field, in particular in keenly supporting the setting up of a network of international comparisons of standards.

Relazione n. 5

L'attività di Anthos Bray nell'analisi delle sollecitazioni ed in ambito AIAS
(A. Ajovalasit, ajovalasit@dima.unipa.it)

Attività nell'analisi delle sollecitazioni - L'attività di Anthos Bray nel campo dell'analisi sperimentale delle sollecitazioni, pur essendo incentrata in modo primario nell'ambito dell'estensimetria mediante l'impiego degli estensimetri elettrici a resistenza, si avvale copiosamente, e sempre al passo con i tempi, degli altri metodi sperimentali disponibili.

Il suo impegno nelle suddette attività è documentata da noti testi di riferimento sia sull'*estensimetria*, sia sui *metodi di analisi sperimentale delle sollecitazioni*, sia infine sui *metodi di misura delle forze*.

Attività nell'ambito dell'EURASEM - In ambito europeo Anthos Bray partecipò attivamente all'attività dell'EPCSA (*European Permanent Committee for Stress Analysis*) oggi EURASEM e dei convegni ICEM da esso organizzati. Sicuramente impegnativa e fruttuosa fu poi la partecipazione al 4° convegno ICEM (Cambridge, 1970) dove Anthos Bray pose la candidatura dell'Italia ad ospitare il 5° convegno ICEM che in effetti si svolse poi a Udine nel 1974.

Attività nell'ambito dell'AIAS - Primario fu il ruolo di Anthos Bray ai fini della fondazione della nostra associazione (AIAS). Dopo il 4° Convegno ICEM di Cambridge si costituì infatti un comitato promotore, di cui fece parte anche Anthos Bray, che pose le basi per la fondazione dell'AIAS. L'AIAS – Associazione italiana per l'analisi delle sollecitazioni fu così fondata nel corso della riunione di costituzione che ebbe luogo a Castel Romano (Roma) il 15 aprile 1971 presso il CSM (*Centro Sperimentale Metallurgico*). L'attività di Anthos Bray in seno all'AIAS si esplicò con continuità per circa 25 anni a partire dal 1971. Ricordo le principali attività: Socio fondatore dell'AIAS (1971), Responsabile, insieme a Vittorio Vicentini del *Notiziario AIAS* (1971-1976), Componente del Consiglio Direttivo dell'AIAS (1971 – 1987), Rappresentante italiano in seno all'EPCSA (1971-1990), Coordinatore del Gruppo di Lavoro *Estensimetria* dell'AIAS (1976 - 1989), Organizzatore dell'11° convegno AIAS di Torino e Ivrea (1983), Presidente dell'AIAS (1984-1985), Promotore del Premio Capocaccia (1984). Avvio dell'attività di certificazione degli operatori con estensimetri (1993).

Il suo costante impegno nell'ambito dell'analisi delle sollecitazioni ebbe un riconoscimento a lui molto caro: l'invito a presentare, a Boston nel 1980, la memoria di apertura, la cosiddetta Murray Lecture, al congresso annuale della SEM (Society for Experimental Mechanics).

Il suo ricordo e la sua intensa azione di guida, come *Maestro* di alto profilo scientifico e morale, saranno sicuramente di stimolo per l'ulteriore crescita della comunità scientifica che opera nel campo della Meccanica sperimentale.

Activity of Anthos Bray in experimental stress analysis field and within AIAS
(A. Ajovalasit, e-mail: ajovalasit@dima.unipa.it)

Activities in the field of experimental stress analysis - The activity of Anthos Bray in the field of experimental stress analysis was mainly directed towards the development of

strain gauges techniques and related methods of Experimental Mechanics. His involvement in the aforementioned topics is well documented in books concerning *Strain gauges*, *Experimental Mechanics* and *Force measurement*.

Activities within the EURASEM - In Europe Anthos Bray was a much active member of the EPCSA (*European Permanent Committee for Stress Analysis*), now called EURASEM. From the beginning Anthos Bray was also an active delegate to the ICEM conferences organized by EPCSA. During the 4th ICEM Conference (Cambridge, 1970) Anthos Bray made a bid to host in Italy the 5th ICEM Conference, which in effects was held in Udine (1974).

Activities within the AIAS - Anthos Bray played a primary role within the steering committee which brought to the foundation of AIAS. AIAS, Italian association for the stress analysis, was therefore founded in the course of a meeting held in Castel Romano (Rome, April, 15 1971) at CSM .The activity of Anthos Bray within AIAS was fruitful along approximately 25 years. Anthos Bray was in fact: Editor, together with Vittorio Vicentini, of the AIAS Bulletin (1971-1976), Member of the Directive Council of AIAS (1971 - 1987), Italian Representative within the EPCSA (1971-1990), Coordinator of the AIAS *Strain Gauges Working Group* (1976 - 1989), Chairman of the XI AIAS Conference held in Torino and Ivrea (1983), President of the AIAS (1984-1985), Sponsor of the Capocaccia Award (1984). Supporter of the activities to develop a protocol for the certification of the strain gauges personnel (1993).

His constant involvement in the field of experimental stress analysis gained him a highly appreciated award: Anthos Bray was, in fact, invited to give the *Murray Lecture* during the SEM (Society for Experimental Mechanics) conference held in Boston (1980).

His memory and his powerful guiding role, as a *Magister* of highly scientific and moral profile, will surely be of great stimulus for the further growth of the Experimental Mechanics Community.

Relazione n. 6
L'insegnamento al Politecnico e la ricerca applicata
(R. Levi e V. Vicentini, raffaello.levi@polito.it, vvicen@tin.it)

Il Prof. Bray insegnò Metrologia generale agli studenti del quinto anno di Ingegneria per oltre trent'anni. Gli studenti, pochi di numero ma motivati e sempre attenti, lo amavano per la sua chiarezza e concretezza, e perché dava loro accesso a strumenti moderni e sofisticati presso quello che allora era l'Istituto Dinamometrico (IDI). Così diversi studenti divennero con naturalezza tesisti prima e ricercatori poi, formando un gruppo che animò anche all'esterno laboratori industriali e progetti in un Piemonte che conosceva allora un grande sviluppo tecnico e contava industrie d'avanguardia come DEA ed Olivetti.

L'ambiente dell'IDI era molto diverso da quello tradizionale e talvolta un po' polveroso degli Istituti universitari; ed anche diverso dai laboratori dell'industria, pressati dalle esigenze della produzione. L'IDI era per noi molto "americano"; il Prof. Bray, che aveva una profonda vocazione d'ingegnere e credeva che i migliori dovessero dedicarsi alla ricerca, amava dare spazio alla ricerca applicata, e far conoscere mezzi d'indagine aggiornati. Aveva cominciato a Napoli con l'uso degli estensimetri elettrici a resistenza per misurare deformazioni dinamiche su una bocca da fuoco.

Interessandosi il Prof. Colonnetti al progetto per salvare la celebre Torre pendente di Pisa, fu sviluppata una livella elettronica per la registrazione continua delle variazioni di assetto della Torre. Non mancò nemmeno un tragicomico caso di allarme, dovuto ad un guasto dello strumento interpretato come segnale di crollo imminente.

La Fiat Avio propose una ricerca su una rondella dinamometrica, per il controllo del tiro di bulloni. Molti problemi furono chiariti con fotoelasticità tridimensionale, estensimetria, e metodi numerici antesignani degli elementi finiti. Una successiva ricerca riguardò l'influenza di numerosi fattori – tra cui trattamenti superficiali e lubrificazione di vite, dado, rosetta – sulle relazioni tra coppia di serraggio e tiro di bulloni; e sfruttò tecniche statistiche ed un banco prova ad hoc.

Un'azienda costruttrice di grandi serbatoi in lamiera d'alluminio aveva problemi con un nuovo prototipo ad asse orizzontale, per cui richiese un'indagine estensimetrica. Montati in loco decine di estensimetri e rosette, i rilievi smentirono ipotesi di calcolo semplificate, le quali sottovalutavano effetti locali dovuti agli appoggi, che invece si rivelarono sostanziali.

In un'azienda in Toscana, che produceva tubi metallici senza saldatura, si riscontravano cricche nel treno di comando del laminatoio a passo del pellegrino, prontamente riparate mediante saldatura, pena rotture catastrofiche. Il volano del treno di laminazione aveva sette metri di diametro, più di un metro era il diametro dell'albero del motore elettrico. Le dimensioni erano problematiche, arduo ricavare un segnale "pulito" in presenza di intensi campi elettromagnetici. Le oscillazioni torsionali furono misurate, l'effetto di fatica evidenziato, e l'inconveniente eliminato.

Nella messa a punto di macchine per scrivere elettriche Olivetti si notò che un dentino di trascinamento del meccanismo di battuta tendeva a rompersi per fatica. Si trattava di un pezzo di dimensioni minuscole, e sollecitazioni dinamiche. La modifica del profilo per via fotoelastica eliminò le rotture per fatica; estensimetri miniaturizzati permisero misure durante il funzionamento, filmati ad alta velocità identificarono le condizioni di accoppiamento anomalo.

La Società Rostoni propose un problema relativo ai tubi con flange d'estremità usati per l'avvolgimento dei filati. Il tiro impresso durante l'avvolgimento, e l'azione del rullo pressore producono un rilevante carico, tale da provocare rotture catastrofiche. Una prima campagna di prove estensimetriche, condotta su diversi tipi di subbi, permise di rilevare deformazioni e frecce. Un quadro dettagliato del complesso stato di sollecitazione tridimensionale venne poi ottenuto per via fotoelastica col metodo del congelamento delle tensioni.

L'esperienza maturata nella realizzazione di modelli fotoelastici tridimensionali di forma alquanto complessa tornò utile in una successiva ricerca per conto del CNEN su un vessel per reattore nucleare. All'inizio degli anni '70, la ricerca nucleare in Italia era di buon livello, con ottime prospettive di sviluppo. Il modello innovativo allo studio portò ad un nuovo metodo d'indagine, quello degli estensimetri annegati, capaci di rilevare deformazioni interne al modello in condizioni statiche e dinamiche.

Teaching at Politecnico di Torino and Applied research
(R. Levi and V. Vicentini, Raffaello.levi@polito.it, vvicen@tin.it)

Prof. A. Bray instructed senior students of engineering in *General Metrology* for over thirty years. His students were few in number but highly motivated and always carefully listening. They fully appreciated him not only because he was a plain spoken, down to earth person, but also because he granted them the use of modern and sophisticated instruments of research. This way many of his students chose spontaneously to write their final work in metrology and became the researchers team which animated not only the scholar but also the industrial laboratories, spurring projects in that Piedmont which was then blessed with impressive technological developments and such ahead industries the like of DEA and OLIVETTI.

At that time the general mood at Istituto Dinamometrico (IDI) was quite different both from the atmosphere pervading university institutes and from the somehow anxious urge driving industry labs. As senior students and young scholars we considered IDI very "*American style*". Prof. Bray was everywhere, being personally involved in every single activity. Along with basic scientific research, Prof. Bray keenly developed applied work, aimed at finding practical solutions to industrial problems.

Over half a century ago he was first involved in an experimental investigation with strain gages on dynamic strains on breech and barrel of a small caliber naval gun.

In the mid-sixties Prof. Colonnetti was developing an innovative plan to save the leaning tower of Pisa from ruin, as tilting angle kept creeping on. An ad hoc electronic tilt gage was devised and installed – and accurately monitored by the tower's warden, who was once scared out of his wits by a false alarm in fact due to instrument malfunction.

Fiat's aircraft division proposed tests on a load measuring washer designed to monitor actual bolt load level. Large plastic deformation and creep were observed, using small size foil strain gages, three-dimensional photoelastic tests and numerical analysis to get a reasonable description.

Single and combined effects of a number of factors – such as e.g. surface treatment of bolt, nut and washer, and lubrication – were analyzed on torque-load relationship for steel bolts. A test rig was built and a factorial design and ANOVA clarified a complex situation.

A large, horizontal axis welded aluminum container had troubles at certification stage. After application of tens of strain gages and rosettes test results pointed out to

oversimplification at design stage, since actual effects around load bearing pads were much larger than anticipated.

A large seamless pipe mill asked for assistance, as cracks kept developing in the drive train of the main piercing mill; repair by welding was carried out around the clock to forestall catastrophic failure. The flywheel was seven meter diameter, axle diameter exceeding one meter. Strain gage signals had to be detected buried under overwhelming electromagnetic noise. Working frantically around the clock, torsional vibrations were detected enabling the designers to devise modifications.

In the course of development of a new series of Olivetti electrical typewriters a tiny driving ratchet developed problems. Photoelastic stress analysis led to a modified design, and miniature foil strain gages enabled monitoring dynamic strains, while mechanism configuration was filmed at high speed (several thousand frames per second) showing where shape had to be altered in order to prevent erratic performance.

Rostoni company had a problem with textile beams used for yarn winding. The yarn being wound under tension, the increasing pressure on the beam could result in catastrophic failures at flange-barrel connection. Strain gages tests were carried out during actual winding process and full information on stress distribution was obtained by three-dimensional photoelasticity.

The experience gained dealing with three-dimensional photoelastic models and stress freezing process was exploited when a research contract with CNEN (Italian Nuclear Energy Authority) was signed. In the early '70 nuclear research activity in Italy was at a rather good level. The innovative model under study led to a new experimental method of research. Strain gages embedded in a three dimensional Araldite model measured inner stresses either in static or dynamic conditions.

Relazione n. 7

L'opera svolta dal Prof. Anthos Bray nel Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) (Gianfranco Molinar Min Beciet, g.molinar@inrim.it)

In questa presentazione si evidenziano le principali interazioni del Prof. Anthos Bray, che entra nel CNR nel 1956, con ben sette Presidenti del CNR.

L'attività di A. Bray è profondamente legata a quella del suo maestro Prof. Gustavo Colonnetti (sesto presidente del CNR dal 1944 al 1956), che lo scelse per divenire prima il direttore dell'Istituto Dinamometrico Italiano - I.D.I. dal 1961 al 1967 e poi direttore dell'Istituto di Metrologia "G. Colonnetti" - I.M.G.C. dal 1968 fino al 1990.

Nel corso di 34 anni, Anthos Bray segue e dirige molte delle trasformazioni che avvengono nel principale ente nazionale di ricerca scientifica e tecnologica fino alla presidenza del Prof. Rossi Bernardi (dodicesimo presidente del CNR dal 1984 al 1993), in un susseguirsi d'iniziative, tra le quali si segnala:

1. la nascita del tanto amato Istituto di Metrologia "G. Colonnetti" (IMGC-CNR) che A. Bray dirige per 22 anni;
2. la nascita, dal 1970 al 1974, dei progetti strategici e finalizzati gestiti dal CNR;
3. la nascita, nel 1977, delle aree di ricerca del CNR

Anche a livello locale, A. Bray è un costruttore di opportunità ed avvia nel 1978 l'area di ricerca del CNR a Torino garantendone per 12 anni il suo funzionamento in stretto legame con i programmi del CNR e degli Istituti di ricerca torinesi.

The role of Prof. A. Bray in the Italian Research Council (CNR) (Gianfranco Molinar Min Beciet, g.molinar@inrim.it)

In this presentation we show the main interactions of Prof. A. Bray within CNR, since 1956, with seven presidents of Italian research council.

A. Bray's activity is strongly linked to the one of his master Prof. Gustavo Colonnetti (the sixth president of CNR from 1944 to 1956), who chose him to be the director of Istituto Dinamometrico Italiano – IDI from 1961 to 1967 and then director of Istituto di Metrologia "G. Colonnetti" - I.M.G.C. from 1968 to 1990.

During his 34 years' activity, Anthos Bray interacts and manages many of the changes that are taking place in the main Italian scientific and technological research agency up to the designation as president of Prof. Rossi Bernardi (the twelfth president of CNR from 1984 to 1993), with a variety of initiatives, mainly:

- the foundation of the beloved Istituto di Metrologia "G. Colonnetti" (IMGC-CNR) directed by A. Bray for 22 years;
- the foundation, from 1970 to 1974, of CNR strategic and targeted projects;
- the foundation, in 1977, of CNR research areas.

Locally, A. Bray builds many opportunities and starts in 1978 CNR research area in Turin assuring its operativity for 12 years in close cooperation with the central CNR and local research institutes programs.

Relazione n. 8
Current situation and future trends in force measurement
(Rolf Kümme, Physikalisch-Technische Bundesanstalt PTB,
Bundesallee 100, 38116 Braunschweig, Germany, Rolf.Kümme@ptb.de)

In force metrology a high level was achieved in the past years by new developments of force standard machines, force transfer standards and special measurement procedures used for international comparison measurements. As an example the results obtained with PTB's 2-MN-deadweight force standard machine and with selected force transfer standards are presented. For lowest uncertainties the parasitic effects in force standard machines have to be investigated. For example by multicomponent measurements like performed by INRIM demonstrate the influences of parasitic components. The 2-MN-fsm is a typical example for a force standard machine which is used for Force Key Comparisons and for traceability projects in EURAMET.

But in addition to high precision static force measurement there is the question of force metrology in future. Keywords like "Nanoforce", "Dynamic Force" and "Multicomponent Force Measurement" are typical for the future trend in force measurement.

As an example for the developments to the low force range, force standards based on electromagnetic compensation balances as a reference are presented to cover the mN and μ N range. In such a way the static force scale is extended from the MN to the mN range.

Typical examples for dynamic force measurement are in automotive and aerospace industries, for materials testing and the field of vibration analysis of mechanical structures (modal testing). It is well known, that in many cases a static calibration alone is not appropriate - especially in those dynamic applications where a high accuracy is required. For dynamic force calibration different types of facilities can be used and different effects have to be taken into account. This contribution shows typical investigations of the dynamic properties of force transducers. Therefore dynamic forces are generated with an electrodynamic shaker system to cover the higher frequency range up to 1000 Hz and with a servohydraulic system to cover the low frequency range less than 100 Hz. Based on the force definition defined dynamic forces can be generated to achieve traceability in the field of dynamic force measurement. The required uncertainties are in the range of $< 0.1\%$ to $< 2\%$ depending on the frequency.

In the field of multicomponent force measurement there is also the need of further developments of standards to cover the required force and moment ranges.

The other direction towards traceable measurement of force in the different fields like "Nanoforce", "Dynamic Force" and "Multicomponent Force Measurement" is the development and investigation of new transfer standards and measurement procedures. Analytical and numerical modelling of transducers including interaction with mechanical structures are the bases for new or improved devices for measurement of force. Measurement devices which use compensation techniques, which have to be developed for compensation of parasitic effects, can improve the uncertainty.

This results in improved transfer standards for traceable static and quasistatic and dynamic measurements. Finally improved and new procedures for single and multicomponent calibration of measurement devices have to be developed which should result in written standards.

Relazione n. 9

Dinamometria primaria e multicomponenti

(Carlo Ferrero, c.ferrero@inrim.it)

Particolarmente importante è stata la presenza di Bray nello sviluppo e nell'organizzazione della metrologia delle forze a livello sia nazionale sia internazionale. Seguendo e sviluppando quanto anticipato dal Prof Colonnetti egli, oltre a installare e caratterizzare metrologicamente il campione a pesi diretti (1956) da 100 kN presso l'I.D.I. (poi sezione dell'IMGC) aveva intuito le necessità per un paese fortemente industrializzato dell'ulteriore sviluppo di questo settore fortemente strategico ed aveva saputo ottenere il consenso dei Ministeri competenti e del CNR per il progetto e l'acquisizione dei campioni primari a pesi diretti da 30 kN ed 1 MN con caratteristiche fortemente innovative. Per rispondere alle sempre maggiori richieste di tarature e di ricerca su sensori di forze e celle di carico per la pesatura provenienti da vari settori del mondo industriale a seguito dell'attivazione delle normative nel campo della qualità e del prodotto e dell'applicazione della ISO 9000, l'Istituto di Metrologia G. Colonnetti del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR-IMGC) si era quindi dotato di due nuovi campioni primari di forza.

Le due nuove macchine da 30 kN e da 1 MN sono del tipo a pesi diretti e sono state realizzate dalla ditta Galdabini con la collaborazione, nella fase progettuale ed in quella di caratterizzazione metrologica del Gruppo Forze dell'IMGC; esse si collocano fra le realizzazioni a livello più avanzato sia sul piano metrologico sia su quello funzionale, fra quelle oggi esistenti.

Contemporaneamente Anthos Bray aveva intuito la necessità di una riferibilità internazionale per i campioni delle varie grandezze, facendo discendere una proposta di collaborazione fra i vari istituti metrologici che anticipava di quasi due decenni la proposta dei confronti chiave del BIPM.

Un'altra delle caratteristiche del Prof. Bray è stata infatti quella di far seguire a risultati sperimentali proposte di linee di ricerca interne all'IMGC e di trasferire tali proposte a livello internazionale ottenendone l'assenso degli altri istituti metrologici e delle strutture di coordinamento e finanziamento europee (BCR). Emblematico sotto questo aspetto è l'intervento del Prof. Bray alla Tavola Rotonda IMEKO (Londra, 1976) che ha rappresentato un punto chiave per il riconoscimento e lo sviluppo a livello mondiale della metrologia multicomponenti finalizzata al controllo ed al miglioramento dei campioni primari di forza.

Ripetuti interconfronti fra campioni primari avevano infatti messo in evidenza variazioni relative superiori anche di un ordine di grandezza al valore che ci si potrebbe aspettare sulla base dell'incertezza con la quale massa, l'accelerazione della gravità ed i valori di densità sono determinati.

Una delle cause principali della discrepanza fra valori teorici e risultati sperimentali nella misura delle forze è da ricercarsi nella presenza di forze trasversali e momenti generati dalle DWM e dalla sensibilità non nulla a tali componenti parassite dei trasduttori di forza utilizzati nei confronti internazionali (effetto "rotazionale").

Alla luce di tali esigenze vennero progettati e realizzati presso l'IMGC, finalizzati alla caratterizzazione dei campioni primari di forza a pesi diretti, sia due dinamometri a 6-componenti da 100kN e 500kN (finanziati dal Bureau Communautaire de Reference – BCR)

sia sistemi di taratura multi-componenti supportati da appropriate metodologie di prova e di elaborazione dei risultati in modo da determinare oltre alla sensibilità alla componente principale anche i prodotti di interazione fra le varie componenti del tensore forza (EUROMET Project 113).

Verranno brevemente descritti sia i due nuovi campioni a pesi diretti da 30 kN e 1 MN, sia i due dinamometri a 6-componenti INRiM.

Verranno forniti infine i risultati ottenuti in questi 20 anni, utilizzando i due dinamometri INRiM, sui campioni primari di forza a pesi diretti dell'Italia (INRiM), Gran Bretagna (NPL), Paesi Bassi (TNO), Francia (LNE), Germania (PTB), Finlandia (RPO) e Spagna (LGAI) nell'ambito del progetto EUROMET e della Cina (NIM), Giappone e Corea (KRISS) con accordi bilaterali.

Primary and multicomponent dynamometry

(Carlo Ferrero, c.ferrero@inrim.it)

A number of international comparisons were carried out with single-component load cells starting from 1973 up to now. These comparisons, which evidenced a rotational effect and overlapping phenomena caused by the interaction of the cells with the machines, made great improvements possible as regards reduction of the uncertainty in axial load determination (from a few 10^{-4} to some parts in 10^5) and showed that a multi component dynamometer (Dubois et al, 1980; Bray, Ferrero et al, 1981) is an essential tool in order to improve force standard deadweight machines, to attempt to explain anomalies, to optimize testing methods, and to give manufacturers indications allowing them to improve both force machines and load cells.

To improve primary force standards as well as to understand anomalies and optimise calibration methods, it is essential to measure the effect of different parameters on the parasitic components.

In order to investigate these parasitic components, which could cause a rotation effect and overlapping, two six-component dynamometers, namely a 100 kN and 500 kN of capacity, was developed by the IMGFC Force group, chaired by Prof. Anthos Bray, and under BCR contracts.

The present paper describes the two six-component dynamometers and shows the main results obtained during the tests carried out in the past 20 years with the IMGFC dynamometers on the deadweight primary standards of Italy (INRiM), UK (NPL), NL (TNO), France (LNE), Germany (PTB), Finland (RPO) and Spain (LGAI) in the EUROMET framework (Project n0 113), and of China (NIM), Japan and Korea (KRISS) under bilateral agreements.

At the same time, to meet the increasing demand from several industrial sectors for research and calibration work concerning sensors and load cells to be used in weighing, the Istituto di Metrologia "G. Colonnetti" (IMGFC) of the National Research Council of Italy (CNR) acquired two new primary force standards, of 30 kN and 1 MN capacity, to be added to those already existing at the IMGFC.

These two new machines, of 30 kN and 1 MN capacity and of the deadweight type, have been constructed by C. Galdabini in cooperation, in the design and initial-testing phases, with the IMGFC Force Group.

In the paper the distinctive characteristics of the new CNR-IMGC force standards of 30 kN and 1 MN capacity, with a binary weight piece combination and self-calibration capability are also described.

Attention has been drawn to advantages with respect to traditional solutions. Self-calibration of the 1 MN standard machine made it possible to verify the inner consistency of the weight pieces within some parts in 10^6 . The expanded uncertainty in force measurements can be said to be lower than 2×10^{-5} over the whole measurement range of the standard.

Relazione n. 10

Misure di Durezza

(Giulio Barbato, giulio.barbato@polito.it)

L'attività dell'IMGC nel campo delle misure di durezza ha la caratteristica di aver tratto origine da una decisione del professor Anthos Bray che intese che l'IMGC si applicasse in tale settore. Tale sviluppo, oltre all'origine, trasse dal contributo attento del Prof. Bray, di concerto con il Prof. Raffaello Levi, l'impostazione scientifica che, in tale settore di carattere molto convenzionale, rappresentava un contenuto non molto sentito a quel tempo. Per tale ricerca, infatti, fui instradato fin dall'inizio in una analisi bibliografica di ampio respiro, accanto all'approfondimento delle metodiche convenzionali applicate negli Istituti Metrologici per i vari tipi di misure di durezza. Proprio il Prof. Bray mi presentò ai più attivi ricercatori di tale settore, spingendomi ad analizzare le loro realizzazioni: R. S. Marriner, e J.E.G. Wood all'NPL in Gran Bretagna; H. Dambacher e H. Stute all' MPA NW in Germania; F. Petik all'ONH in Ungheria; A. Gosset all'ETCA in Francia; tutti fondamentali testimoni delle migliori applicazioni delle definizioni delle scale di durezza. Ma sempre il Prof. Bray sottolineava l'importanza dell'avanzamento della ricerca, testimoniata, ad esempio, da evoluzioni come la stessa macchina campione dell'NPL o quelle realizzate al PTB da W. Weiler o negli USA da A. De Bellis. L'ambito descritto, che coniugava la realizzazione metrologica delle definizioni convenzionali delle scale di durezza con la tendenza, almeno da parte di alcuni, di una revisione critica di tali definizioni, è risultato vantaggioso per lo sviluppo di una nuova macchina campione che utilizzava le possibilità più aggiornate di controllo geometrico e dinamico del moto, tali da ampliare nettamente le possibilità di indagine di fattori d'influenza, insieme ad una gestione metrologica del comportamento dei penetratori.

Per me e per il Dr A. Germak, che ha proseguito l'attività dell'IMGC ed ora dell'INRiM in tale settore, rivendico la capacità di aver ben ascoltato e compreso le indicazioni originarie e di aver portato avanti con tenacia la linea scientifica, non solo con i colleghi degli altri Istituti Metrologici coinvolti, ma anche, e vi assicuro con fatica maggiore, negli Enti Normatori, istituzionalmente più propensi a mantenere la convenzionalità tradizionale. Le testimonianze di accettazione di tale linea sono oggi evidenti: una diminuzione delle differenze tra i diversi campioni nazionali ed un miglioramento degli accordi di sviluppo tra gli Istituti Metrologici che ha portato le misure di durezza anche nell'ambito del CIPM.. Meno visibili da parte dell'utente, ma certo più importanti per la Ricerca e fondamentali per le evoluzioni ottenute, sono la comprensione più approfondita dei fenomeni coinvolti in una misurazione di durezza.

Del cammino percorso, vorrei evidenziare qui alcuni passi che le potenzialità della macchina campione hanno consentito di fare:

- Valutazione dell'effetto delle condizioni cinematiche nella fase di deformazione plastica di formazione dell'impronta
- Valutazione del contributo dei parametri geometrici e meccanici del penetratore.

Il primo argomento fu oggetto di ampie discussioni tra Marriner e Stute. Il primo possedeva una macchina campione con un buon controllo della velocità di appoggio del penetratore, mentre per il secondo la deposizione, fino a giungere al carico totale, seguiva una legge di moto complessa, legata all'equilibrio dinamico e quindi alle condizioni di rigidità della macchina e del provino. Il primo riuscì ad evidenziare, quindi, una stretta relazione tra la

velocità di appoggio ed il risultato di misura, mentre il secondo solo la relazione con il tempo in cui avveniva la deformazione plastica. Le possibilità di controllo dinamico della macchina IMGC consentirono di esplorare con un ampio piano sperimentale le varie condizioni con variazioni quasi indipendenti di tempo e velocità nella fase finale di applicazione della forza, evidenziando una complessa superficie di risposta, nettamente diversa per differenti livelli di durezza.

Il secondo argomento è tipico delle misure di durezza tipo Rockwell, in cui il penetratore ha il doppio compito di trasferire la forza all'impronta e di misurarne la profondità con risoluzione dell'ordine del decimo di micrometro. L'attività svolta all'IMGC ha portato allo sviluppo di misuratori specifici per i penetratori Rockwell in diamante, consentendo una buona valutazione della loro forma. Si è potuto così notare che la superficie di risposta che tiene conto dei principali fattori geometrici, angolo della parte conica e raggio della parte sferica, non giustifica completamente i risultati, evidenziando così un importante fattore legato al comportamento strutturale del penetratore.

Si sono voluti citare in questo seminario tali due fattori perché indicano come i miglioramenti, qui descritti per le scale Rockwell, ove si è passati da variabilità di circa un punto a meno di tre decimi, siano dovuti all'affrontare con indagine di tipo scientifico la ricerca dei fattori d'influenza ed al modificare di conseguenza la procedura concordata tra gli istituti metrologici. Ciò ha portato anche alla necessità di discutere e modificare le procedure in una sede di adeguato carattere metrologico, e si è ottenuto di formare un gruppo ad hoc in ambito CIPM, di cui il Dr Germak è ora presidente, che ha preparato recentemente la prima definizione internazionale della scala Rockwell C da adottare da parte degli Istituti Metrologici Nazionali per ottenere i valori di riferimento.

Spero che questa breve presentazione vi abbia consentito di comprendere l'importanza del contributo del professor Bray nello sviluppo delle misure di durezza all'IMGC, in particolare per i suoi incoraggiamenti a trattare con metodologia scientifica anche una grandezza convenzionale come la durezza.

Hardness Measurements

(Giulio Barbato, giulio.barbato@polito.it)

The activity of the IMGC in the field of Hardness Measurements has drawn origin from a decision of Professor Anthos Bray. Beyond the origin, this activity drew from the careful contribution of Prof. Bray, and of Prof. Raffaello Levi, a scientific character that, at that time was not common with such conventional quantity as Hardness. So I got clear indications to perform a wide bibliographic analysis on basic principles in addition to the conventional part currently applied in Metrological institutions. Professor Bray himself introduced me to the principal researchers of the field, giving me the aim of studying their realizations: R. S. Murriner, and J.E.G. Wood at NPL in United Kingdom; H. Dambacher and H. Stute at MPA NW in Germany; F. Petik at ONH in Hungary; A. Gosset at ETCA in France; all important referents of the state of the art on hardness measurements. But professor Bray invited me also to examine advanced researches as the same Standard Machine of Murriner at NPL and that studied at PTB by W. Weiler and in the USA by A. De Bellis.

With these indications, connecting a metrological view of standard definitions and studies on possible evolutions, it was possible to develop a new hardness standard machine involving the most advanced technologies for obtaining a good condition for geometry,

displacement and motion dynamic. This allowed to get wider possibility on testing conditions, so that analysis of different influence conditions and indenter performances became possible. My merit, and that of Dr A. Germak, who continue the activity in Hardness field within INRiM, consisted in following carefully that indications and having pursued with tenacity the scientific line, not only with the colleagues of Metrological Institutes, but also, and I assure to you with greater difficulty, in Standardizing Agencies, institutionally more inclined to keep established conventions. The testimonies of acceptance of such line are today obvious: a significant decrease of the differences between national standards and an improvement of the agreements of development between the Metrological Institutes, so that now hardness measurements are considered also within CIPM framework. Other contributions, less visible for the common user, but even more important for the research field, are the better understanding of phenomena involved in hardness measurement. In this direction I would like to evidence two steps that could be done thanks to the wider possibilities obtained:

- evaluation of effects of motion condition during plastic deformation of the indentation;
- evaluation of effects of geometry and mechanical characteristics of indenters

The first topic was argued between Marriner and Stute. Marriner's machine was able to control application velocity, while the machine used by Stute had the application motion governed by complex interactions between inertia and stiffness of machine, indenter and test piece. Marriner, therefore, was able to evidence a correlation with velocity, while Stute could observe only the effect of indentation time, and the two conclusions were not in agreement. IMGC machine have wide possibilities of the motion conditions, so that time and velocity at the end of force application can be arranged in a quasi factorial plan; in this way good information on the relevant response surface was observed, showing a complex interaction involving time and velocity in different way at different hardness levels.

The second topic is typical of hardness scales as Rockwell ones, for which the indenter acts both as deformation body, transmitting the force to the test piece, and as position probe, for measuring the indentation depth. IMGC developed specific measuring systems for diamond indenters, so that was possible to identify the response surface taking cone angle and tip radius as parameters, but in such a way it was evidenced that geometry alone cannot totally explain results variations and that the mechanical performance of the indenter shall be considered.

I decided to present the reported factors because they give an indication how the study of basic phenomena and applying them in an international agreement allow to reduce differences among Metrological Institutes. For Rockwell C

Differences have decreased from about one point to few tenths. Notice that evolution of knowledge is useless in such a conventional field without a general agreement, and this was got establishing a working group, chaired by Dr Germak, in connection with CIPM, as framework for discussion and mutual agreement on Hardness Measurement, within which a first international definition of Rockwell C scale to be followed by National Metrological Institutes has been prepared.

I hope that this short description hallow you to understand the importance of the help given by professor Bray to the development of hardness measurement at IMGC, who strongly encouraged a scientific management also for such a conventional quantity.

Relazione n. 11

Misure dell'accelerazione di gravità

(A. Germak, a.germak@inrim.it)

Era il settembre 1966 quando il prof. Bay intraprese una corrispondenza con il BIPM per poter visitare il settore della misura dell'accelerazione di gravità dove il Dr. Sakuma aveva sviluppato un gravimetro assoluto stazionario. La visita si effettuò il 26 settembre 1966 e, a distanza di oltre quaranta anni, si può affermare che l'interesse del Direttore dell'Istituto Dinamometrico Italiano per questo settore nascente della metrologia (altri esperimenti erano all'epoca in corso solo all'NPL a Teddington, al NIST a Washington e in Istituti di ricerca a Tokio e Mosca) fu lungimirante.

All'inizio il prof. Bray si dovette scontrare con insigni personaggi della comunità scientifica italiana per una forte opposizione ad effettuare una misura assoluta a Torino. Difatti l'allora Presidente della Commissione Geodetica Italiana riteneva l'iniziativa "assolutamente priva di senso" e portò la sua posizione all'attenzione dell'allora Presidente del Consiglio Nazionale delle Ricerche. Fortunatamente l'ostinazione del prof. Bray ad intraprendere una attività che riteneva assolutamente di punta per la metrologia italiana riuscì a fronteggiare questi ostacoli.

La collaborazione stretta con il BIPM e il supporto di altre Istituzioni italiane come l'Osservatorio Geofisico Sperimentale portarono alla realizzazione, presso l'IMGC, del gravimetro assoluto trasportabile nei primi anni settanta, grazie soprattutto all'impegno del dott. Cerutti che lavorò in stretto contatto con il dott. Sakuma. Questo strumento adottava il metodo simmetrico di un grave in moto libero e si differenziava dalla maggior parte degli esperimenti all'epoca in corso che utilizzavano il metodo del pendolo (reversibile), come ad esempio lo strumento dell'NPL. Inoltre la trasportabilità rendeva questo strumento praticamente unico in Europa e concorrenziale solo a quello sviluppato dal prof. Faller al JILA a Boulder negli USA.

Dopo le prime misure a Torino ed in Italia, lo strumento affrontò numerose campagne di misura in Europa, America ed Asia e realizzò, nei primi anni novanta dello scorso secolo, la prima misura assoluta nel continente Antartico.

Nel 2005 all'IMGC è nata l'ultima versione dello strumento (IMGC-02) decisamente più compatto e trasportabile rispetto alla prima versione e con un'incertezza di misura sensibilmente ridotta.

Le collaborazioni con il BIPM e con altri Istituti esteri ed italiani come l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (sezioni di Roma, Napoli e Catania) e l'Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale di Trieste stanno portando alla realizzazione della terza generazione del gravimetro assoluto trasportabile come strumento da campagna. Il progetto è ambizioso ma l'esperienza maturata all'interno dell'INRIM e il supporto di numerosi altri ricercatori di altri Istituti creano le premesse necessarie per ottenere i risultati sperati.

Gravity acceleration measurements

(A. Germak, a.germak@inrim.it)

In September 1966 prof. Bray started to contact BIPM to organize a visit to gravity laboratory where Dr. Sakuma had developed an absolute fixed gravimeter. The visit was realized on September 16th 1966 and, after more than forty years, we may affirm that the interest showed by the director of the Istituto Dinamometrico Italiano for that just starting metrology field was far-seeing (in that period other experiments were under way at NPL in Teddington, at NIST in Washington and in research institutes in Tokyo and Moscow).

At the beginning Bray had to face many troubles from the Italian scientific community in which famous personalities were strongly against of letting to start absolute gravity measurements in Torino. In fact at that time the President of the Geodetic Commission had the opinion that this project was “absolutely no sense” and he expressed this opinion to the president of the National Research Council. The stubbornness of Prof Bray to start an activity considered very important for the Italian metrology was successful to overcome those obstacles.

As the results of the strong cooperation with BIPM and the support of other Italian Institutions, as the Geophysical Experimental Observatory, an absolute transportable gravimeter was built at IMGIC at the beginning of 1970, above all thanks to the work of dr Cerutti who cooperated continuously with dr Sakuma. This device is based on the symmetric free movement of a body and it is different from the majority of the instruments realized in that period that used the (reversible) pendulous method, e.g. NPL instrument. In addition, due to its transportability, this instrument was practically unique in Europe and competing with the device realized by prof. Faller at JILA - Boulder -USA.

After the first measurements in Torino and in Italia, with that instruments several measurement campaigns were performed in Europe, America and Asia; in the ‘90 years the first absolute measurement in the Antarctic continent was performed.

In 2005 at IMGIC the last version of the instrument (IMGIC-02) has been realized much more compact and transportable as compared with the first one; it has reduced uncertainty value.

The cooperation with BIPM and with other foreigner and Italian institutes [Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Rome and Catania sections Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale inTrieste] is pushing us to realize the third generation of the absolute transportable gravimeter as an instrument particularly apt to measurement campaigns. The project is ambitious but the experience gained at INRIM and the support of several other researchers from other institutes represent the necessary basis to obtain the desired results.

Relazione n. 12

Dagli Istituti Dinamometrico Italiano e Termometrico Italiano all'IMGC: formazione dell'IMGC ed avvio delle nuove linee di ricerca

(A. Calcatelli, M. Plassa, a.calcatelli@inrim.it, m.plassa@inrim.it)

Il prof Gustavo Colonnetti si prodigò con molta energia nell'immediato dopo-guerra perché l'Italia si dotasse di un Istituto Metrologico Nazionale sull'esempio dei grandi istituti stranieri (USA, UK e Germania) e da presidente del CNR istituì dapprima la Commissione Italiana di Metrologia (CIM, 1952).

Le tappe sono state lunghe e faticose; si è passati attraverso varie altre commissioni e sottocommissioni e attraverso l'interessamento di Politecnico di Torino, FIAT, IEN. Ciò non ha portato in modo diretto all'IMGC ma alla costituzione di due reparti (Dinametrico e Termometrico) della COINIM (Centro per l'Organizzazione dell'Istituto Nazionale di Metrologia), subito trasformati in Istituti (IDI e ITI) sotto la direzione rispettivamente di G. Colonnetti (fino al '56) e di C. Codegone (fino al 1961), in seguito diretti da A. Bray (1961 al 1968) e da G. Ruffino (dal 1961 al 1968).

Per molti anni dopo l'inizio dell'attività dei due istituti IDI e ITI, G. Colonnetti, con la ben valida collaborazione del prof A. Bray, si prodigò perché si arrivasse alla realizzazione del suo primitivo progetto di un Istituto Nazionale di Metrologia. Questo progetto riuscì in parte con la costituzione (1968) dell'Istituto di Metrologia G. Colonnetti, come Istituto del CNR situato là dove si era fin dall'inizio ravvisato lo spazio più opportuno (strada delle cacce 73, nell'area già concessa al CNR dal Comune di Torino per il suo primo istituto nell'area (la meccanizzazione agricola) e Bray ne fu direttore dall'inizio e fino al 1990.

Sotto la Sua direzione, l'Istituto venne organizzato in quattro sezioni: due costituite dai due istituti IDI e ITI trasformati in sezioni e due nuove (per la lunghezza e per la massa). Si mantennero e si ampliarono le attività nel campo della metrologia della forza e della temperatura che erano proprie di IDI e ITI e si avviarono nuove ricerche volte a realizzare nuovi campioni di unità di misura, in particolare per la massa e la lunghezza, ma anche di altre grandezze "meccaniche" derivate, come ad esempio: portata, massa, pressione (dall'ultra-vuoto alle altissime pressioni) densità, viscosità, durezza, angoli, rotondità., per citarne alcune. E si incominciarono ad avviare attività in settori quali la misura dell'accelerazione di gravità e della costante di Avogadro, lo studio delle proprietà termofisiche dei materiali, la nanometrologia, la metrologia per la chimica (gas), per lo spazio come poi si vennero a definire fino all'anno 2004, con tutti i problemi e le attività correlate con i confronti internazionali (ed MRA di cui l'Italia è firmataria). Si ampliarono e si completarono scale di grandezze come per esempio quella della temperatura con lo studio connesso dei mezzi e metodi per l'interpolazione.

From Istituto Dinamometrico Italiano and istituto Termometrico Italiano to IMGC; the start-up of IMGC and the beginning of new research lines

(A. Calcatelli and M. Plassa, a.calcatelli@inrim.it, m.plassa@inrim.it)

Prof Gustavo Colonnetti devoted much of his energy, immediately after the Second World War, to the realization in Italy of a National Institute of Metrology following the example of the great foreigner institutes (USA, UK, and Germany) and, as president of CNR, organized, first, the Italian Commission for Metrology (CIM).

The various steps lasted long time and were rather hard, through various commissions, sub-commission, the involvement of Torino Polytechnical school, FIAT, IEN. All those involvements

did not merge directly into IMGCC, but into two divisions (Dynamometric e Thermometric) of the COINIM (Centre for the Organization of the National Institute of Metrology) immediately transformed into two Institutes (IDI e ITI) with G. Colonnetti (up to 56) and C. Codegone (up to 1961), later A. Bray (1961 - 1968) and G. Ruffino (1961 -1968) as directors.

For several years after the beginning of the activity of the two Institutes IDI e ITI G. Colonnetti, with the highly valid cooperation of A. Bray, acted to arrive to the realization of his previous project of a National Institute of Metrology. This project succeeded only partially with the settlement (1968) of the Metrology Institute Gustavo Colonnetti located in the place considered the most apt from the beginning (strada delle Cacce 73, in the area given by the Torino Municipality to CNR for the first institute in the area, mechanization in agriculture).

Under the Bray direction, the Institute was organized in four sections: two (dynamometry and thermometry) coming from the previous two institutes (IDI and ITI) and two new sections for length and mass. The activities in the field of the metrology of the force and the temperature, typical of IDI and ITI, were maintained and widened and new researches began for the realization of new standards of units, in particular for the mass and length but also of other “mechanic” derived quantities, as for example: flow, pressure (from ultra-high vacuum to very high pressure), density, viscosity, hardness, angles, roundness. Activities in other sectors started as the measurement of the acceleration due to gravity and the Avogadro constant, the study of thermophysical properties of materials, nanometrology, metrology for chemistry (gas), for space etc. The IMGCC developed all the activities that are still going on as well as all the activities related to international comparisons (for MRA signed by Italy). Scales, as that of temperature, were widened and the interpolation means and methods were studied.