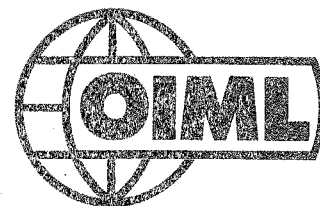


Bulletin OIML n° 91  
Juin 1983

# BULLETIN

DE

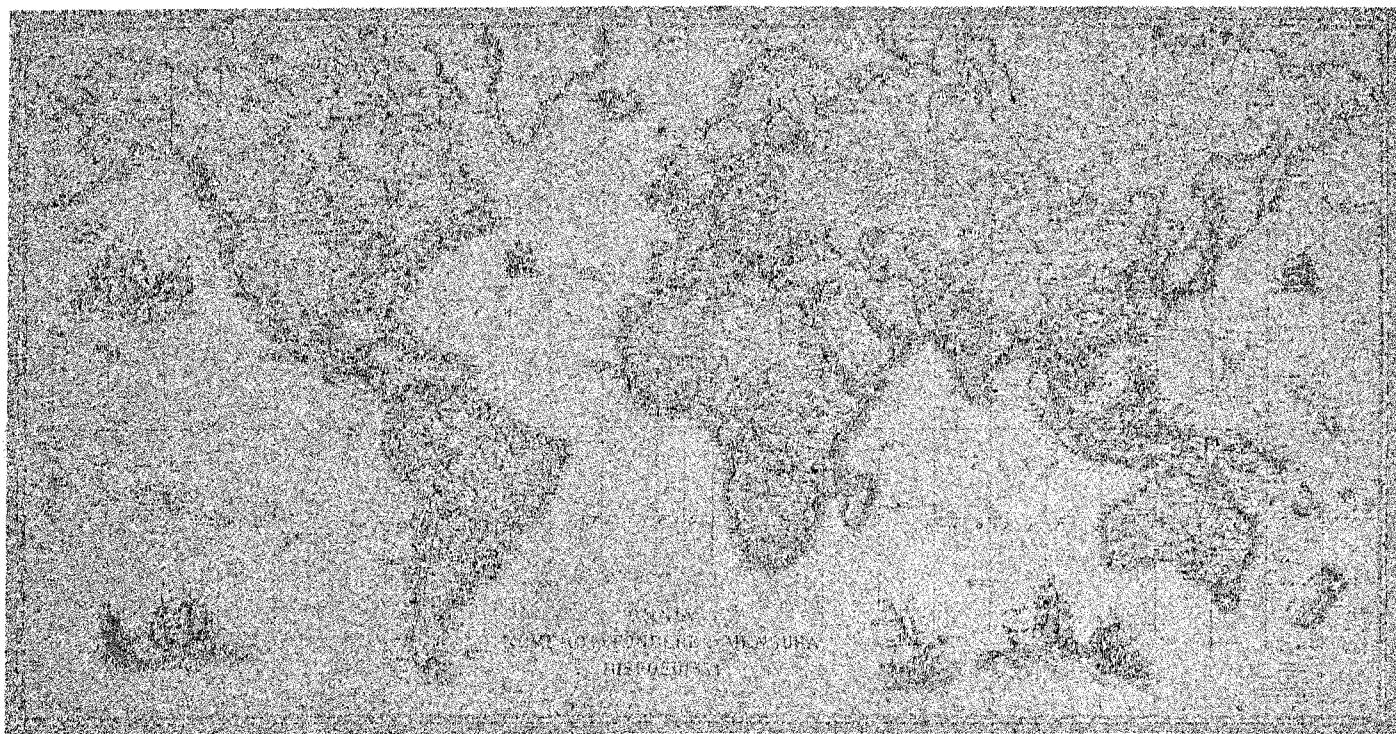


# L'ORGANISATION

# INTERNATIONALE

# DE MÉTROLOGIE LÉGALE

Organe de Liaison entre les Etats-membres



BUREAU INTERNATIONAL DE METROLOGIE LEGALE  
11, Rue Turgot — 75009 PARIS — France



**BULLETIN**  
de  
**L'ORGANISATION INTERNATIONALE de MÉTROLOGIE LÉGALE**

**SOMMAIRE**

	Pages
ITALIE — Investigations on the uncertainty of hardness measurement par G. BARBATO .....	3
ROUMANIE — Quelques problèmes théoriques et pratiques dans la construction et l'étalonnage des jauges étalons métalliques de volume par A. NADOLO .....	13
ROUMANIE — Some fundamental concepts in metrology par A. MILLEA .....	25
<b>INFORMATIONS</b>	
Réunions .....	33
19 <sup>e</sup> Réunion du Comité International de Métrologie Légale .....	34
19th Meeting of the International Committee of Legal Metrology .....	35
FRANÇAIS : Membres du Comité - Index KWIC des normes internationales - Commis- sion des Communautés Européennes - États-Unis d'Amérique - Roumanie - Venezuela	36
ENGLISH : Committee Members - KWIC Index of International Standards - Commission of the European Communities - U.S.A. - Romania - Venezuela .....	39
<b>DOCUMENTATION</b>	
Centre de Documentation : Documents reçus au cours du 2 <sup>e</sup> trimestre 1983 .....	42
Recommandations Internationales : Liste complète à jour .....	47
Etats membres de l'Organisation Internationale de Métrologie Légale .....	51
Membres actuels du Comité International de Métrologie Légale .....	52

Abonnement annuel : Europe : 85 F-français  
Autres pays : 100 F-français  
Chèques postaux : Paris-8 046-24 X  
Banque de France B.P. 140-01 - 75049 Paris Cedex 01  
Comptes Courants, Banques Etrangères : n° 5051-7

BUREAU INTERNATIONAL DE METROLOGIE LEGALE  
11, Rue Turgot — 75009 Paris — France  
Tél. 878-12-82 et 285-27-11 Le Directeur : Mr B. ATHANÉ  
TELEX : 660870 SVP SERV.-code 1103



ITALIE

## INVESTIGATIONS on the UNCERTAINTY of HARDNESS MEASUREMENT

by G. BARBATO

Istituto di Metrologia G. Colonnetti, Torino

*RESUME* — La reproductibilité entre des mesures de dureté effectuées à l'aide de différentes machines étalons est souvent inférieure à celle obtenue sur une même machine, même industrielle. Ceci a conduit l'auteur à entreprendre des essais notamment en demandant à plusieurs laboratoires nationaux d'effectuer des mesures sur des machines du type Rockwell en utilisant un pénétrateur Vickers. Les résultats de ces expériences sont comparés avec ceux d'une comparaison de machines étalons effectuée à l'aide de blocs voyageurs de dureté.

De nouvelles méthodes de mesure de la diagonale de l'empreinte Vickers sont également présentées dont une purement objective établissant un contour de l'image à l'aide d'une caméra de télévision et des techniques numériques.

*SUMMARY* — The reproducibility between hardness measurements made on various standardizing hardness machines is frequently lower than that obtained on a single machine even of industrial pattern. This has lead the author to initiate experiments in particular by asking several national laboratories to make measurements on Rockwell machines using a Vickers indenter. The results of this experiment are compared with those of a comparison of standardizing hardness machines by transfer of hardness blocks.

New methods for the measurement of the diagonal of Vickers indentations are also presented, one of which is purely objective establishing an image contour with the use of a television camera and numerical techniques.

### Introduction

The methodology developed in hardness measurements has made it possible to realize versatile measurement scales suitable for the different properties of the materials to be tested. Results repeatable and stable in time can be obtained by applying the different measurement principles of the Brinell, Vickers and Rockwell scales, the first two being based on the measurement of the indentation surface, the latter on the measurement of the indentation depth.

Although hardness testers possess, admittedly, the qualities and the great versatility of very good hardness comparators, it must nevertheless be remembered that their use becomes more problematic, when an absolute measure instead of a reference value has to be obtained. This is not a problem easily understood by those who are accustomed to get hardness values affected by only small variations, as occurs in industrial-type testing laboratories. As regards the HRC scale, for example, a workshop hardness tester, if carefully used, can yield values lying in a band of the order of few tenths of a HRC point.

The situation is definitely different when values obtained independently by two laboratories are compared; in such instances it is not unusual to observe differences higher than one HRC point, even when the concerned laboratories are national reference laboratories [1] equipped with hardness standardizing machines having tolerances far narrower than those demanded of workshop hardness testers.

With reference to accuracy, the analysis made by Meyer [see ref. 2] is truly significant, but one can also understand why it was disputed on the ground of repeatability and stability results [3].

This problem is not the only one that the satisfactory repeatability and less satisfactory accuracy of hardness measurements give rise to. Another example is the ever-debated question as to whether during the calibration of reference blocks the same procedure as that currently followed in using workshop testers must be applied, or whether greater care must be given to the metrological features of the apparatus (deadweight machine) and measurement methods (full load application time : 30 s). The advisability of conforming during calibration to the procedure followed in the normal use of hardness testers is felt to such an extent that, for example, a well-known producer of hardness testers, after constructing a primary deadweight hardness machine, prefers to calibrate reference blocks by means of workshop hardness testers rather than follow a measurement method different from those usually applied by users.

The foregoing remarks show that current hardness measurement methods still bear the mark of their technological and empirical origin. A more extensive and detailed metrological investigation is hindered by two facts. In the first place, the satisfactory repeatability and stability in time of hardness testers will lead, in checkings confined only to one specimen or one production line, to an evaluation of measure uncertainties so small that no sufficient reason exists for further investigation. The second obstacle is the practice of prescribing the same measurement procedures as those normally used for lower-grade instruments in the hierarchy scale to the whole reference chain in the dissemination process.

In our opinion, instead, if accuracy characteristics are to be improved, systematic errors in hardness measurements must be carefully analysed. So far this has been done along three directions, namely, a) hardness standardizing machines were compared ; b) the methods for making and measuring indentations were checked ; c) the effect of indenter geometry was investigated. The first two points will be discussed hereafter, whereas, in connection with the third (which has already been the subject of several analyses), mention will be made of recent developments confirming the results of an analysis carried out with different criteria in respect of previous investigations.

## **Comparisons of hardness standardizing machines**

A quantitative indication of the error characteristic of the adopted measurement methods can be derived only from a comparison of the results obtained by machines constructed for the best practical realization of the measurement methods in question.

There are two reasons for selecting the hardness standardizing machines used in national reference laboratories as the machines to be compared. First, in this way one obtains the values of level differences for scales realized by reference standards, and this supplies very useful information from a practical point of view ; secondly, a comparison of instruments constructed to realize within narrow tolerances the procedures by which the different hardness scales are defined can point out, in a statistical analysis, the accuracy limits of the procedures themselves.

Unfortunately, comparisons to be carried out by transferring standardized hardness blocks and indenters require time and a substantial amount of work, especially of a bureaucratic type, owing to customs and transportation regulations, so that wide-spread comparisons on a world scale are discouraged.

In order to have as ample a view as possible with an extremely limited expenditure of time and work, comparison methods such as those proposed in connection with an experiment\* which uses a Vickers indenter for the determination of the HRC

---

\* Realized in the framework of IMEKO TC5 « Hardness measurement ».

scale levels, can be applied. In this experiment, five indentations are made, with a HRC standardizing machine on which a Vickers indenter is mounted, on a number of blocks having surfaces suitable for Vickers measurements and hardness levels almost uniformly distributed over the HRC scale; five HRC hardness measurements will be carried out on the same blocks.

The use of a Vickers indenter on Rockwell standardizing machines had already been proposed by Marriner and Wood of NPL to determine, by measurement of the diagonals, the origin of possible discrepancies between compared standardizing machines. The above mentioned experiment proposes another use for the comparison of HRC scales.

The experience acquired in comparisons of hardness standardizing machines, carried out by transferring standardized blocks, and in the geometrical verification of diamond Rockwell and Vickers indenters showed that one of the factors on which the differences observed in Rockwell machines often depend, is the indenter shape, which is difficult to make and measure.

The pyramid shape of Vickers indenters is, on the contrary, much easier to make and measure, and although it may be difficult to obtain that the face meeting line has an offset of less than 1 micrometre, actually the offset has hardly any effect, when the indentation diagonal is more than 200 micrometres long [4].

With Vickers hardness the accuracy limit is set by the inherent uncertainty in the measurement of the indentation diagonal. This will be discussed more extensively in the next section; for the moment it is enough to point out that the effect of this uncertainty decreases when the diagonal length increases; for that reason, when loads are high and diagonals consequently are long, Vickers values can reach high accuracy levels.

A first-approximation comparison can therefore be carried out without transferring standardized blocks and by merely establishing a reference in the individual laboratories by means of the five Vickers indentations made on the HRC machines: in fact, the uncertainty due to load and Vickers indenter shape is negligible with respect to the usual uncertainties of the HRC scale, and the values of indentation diagonals can be determined with satisfactory accuracy as their dimensions are of the order of 1 mm. A relation can thus be established on a statistical basis between the average value of Rockwell hardness and the Vickers diagonal length, and an indication of the HRC scale levels maintained by the different laboratories can be obtained from this relation.

This comparison method makes it possible to carry out very extensive investigations, though the uncertainty of results is obviously relatively high. In fact, in addition to what has already been said on the uncertainty of the « local » reference, as determined from Vickers indentations, account must be taken of the non-uniformity of the standardized block material which may have different reactions to the various geometries of Rockwell and Vickers indenters.

As a matter of fact, under the same load a Vickers indentation is not so deep as a corresponding Rockwell indentation and, consequently, hardness non-uniformities of the block in function of the distance from the test surface will affect the Vickers - Rockwell relation.

To determine experimentally the average amount of this effect, the newly proposed test were made at IMGIC on standardized hardness blocks of different manufacturers. The scatter of the measurement values obtained with the same machine and with the same HRC and HV indenters - and, therefore, ascribable to the different behaviour of block materials - is of the order of  $\pm 0.5$  HRC, as can be seen in the results obtained at IMGIC given in Table I, column Y-Y'. This is then the uncertainty within which one should compare the first results, grouped in Table 1, obtained by the ten national laboratories: Australia (CSIRO), Czechoslovakia, German Democratic Republic (ASMW), Hungary (OMH), Italy (IMGIC), Poland, Switzerland (EMPA), United Kingdom (NPL), USSR, Yugoslavia. Column Y-Y' gives the differences

TABLE 1  
DIFFERENCES BETWEEN NATIONAL HARDNESS STANDARDS  
OBSERVED IN THE HV-HRC EXPERIMENT

Laboratory	Diagonal length $\mu\text{m}$ X	Measured HRC value Y	Calculated HRC value Y'	Difference HRC Y-Y'
IMGC	605.2	63.17	62.7	0.47
	572.83	65.87	66.05	— 0.19
IMGC	954.33	31.44	31	0.44
	1 167.65	14.54	14.57	— 0.04
IMGC	826.77	41.6	41.77	— 0.17
	678.98	55.03	55.36	— 0.34
IMGC	551.5	68.32	68.31	0.01
	532.19	70.36	70.39	— 0.03
IMGC	1 025.71	25.1	25.3	— 0.2
	551.5	68.32	68.31	0.01
A	576	65.6	65.72	— 0.12
	824.4	42.2	41.97	0.22
B	646.8	56.24	58.51	— 2.28
	752.2	44.3	48.46	— 4.16
C	597	63.33	63.54	— 0.21
	985.2	28.5	28.5	— 0.01
D	593.6	62.3	63.89	— 1.59
	908.8	32.9	34.75	— 1.85
E	601.64	62.88	63.06	— 0.19
	852.1	40.01	39.56	0.44
F	630.6	61.1	60.13	0.97
	1 015.2	27.44	26.12	1.31
G	584	64.56	64.88	— 0.33
	765.2	46.96	47.27	— 0.31
H	612.4	62.5	61.96	0.53
	949.4	32.02	31.4	0.62
I	1 156.8	14.45	15.37	— 0.92
	912.6	34.38	34.43	— 0.06
I	839.7	40.75	40.64	0.11
	801	44.2	44.04	0.15
I	669.9	55.96	56.24	— 0.29
	597.6	63.59	63.48	0.11



between the HRC hardness measured by each laboratory and that calculated from the corresponding Vickers diagonal measurements by means of a regression equation, of the form recommended by Marriner and Wood, which was determined from the IMGC data :

$$Y' = 168.27 - 1.898 X^{0.64} + 0.00244 X^{1.28}$$

The coefficient of correlation was found to be 0.9999, whereas the standard error of the estimate was 0.30 HRC.

It must be noticed that only a few laboratories (denoted by the letters B, D, F) deviate from the regression curve in a remarkable way.

Table 2 gives the results of a comparison carried out by transferring standardized blocks among the laboratories indicated above. A reasonably admissible agreement can be observed between the results obtained by means of different comparison methods. Unfortunately, so far only a relatively small number of laboratories took part in the experiment. Consequently, the greatest advantage could not be obtained from a comparison method not requiring block transferring, but which could provide a general view of the world situation. The contributions of other laboratories, which in the near future are ready to carry out the experiment and send their results to IMGC, will be most welcome.

The fear of breaking the point of Vickers indenters when subjected to the load prescribed for the Rockwell scale might make some laboratories refrain from taking part in the experiment. In this connexion it must be pointed out that Vickers indenters such as used on standardizing machines need not be chosen, any good-quality Vickers indenter is sufficient; moreover, the experience gained in tests carried out at IMGC, even with workshop testers, showed that no breaking occurred. It can be said that there is practically no risk of breaking Vickers indenters, except when machines are used, which produce vibrations or shocks during their test cycle.

TABLE 2

Differences between national hardness standardizing machines,  
as determined by transfer of hardness standardized blocks or by the HV-HRC experiment

Difference between laboratories	HRC level H = high L = low	Comparison	
		By transfer of blocks	HV-HRC EXPER.
IMGC — A	H	0.2	— 0.1
	L	— 0.1	0.2
IMGC — E	H	— 0.2	— 0.2
	L	— 0.2	0.4
A — C	H	— 0.4 ; — 0.2	0.1
	L	— 0.8	0.3
A — E	H	0.0 ; 0.1	0.1
	L	— 0.6 ; 0.2	— 0.2
A — F	H	— 0.6	— 1.0
	L	— 0.4	— 0.9
A — H	H	0.1 ; 0.4	— 0.4
	L	0.1 ; 0.2	— 0.2

NOTE — To make comparison possible, the extreme values previously obtained by block transfer have been modified according to the known variations in time in the corresponding scales and the recent HV-HRC experiment values have been modified by interpolation at the same hardness levels.

## Control of methods for indentation making and measuring

Some specialists prefer identical procedures for the calibration of standardized blocks and for the current use of hardness testers. In our opinion, this parallelism should not be required in some cases, because it would lead to too high systematic discrepancies between national standardizing machines. In other cases, the difference between block calibration and commercial hardness tester use may be avoided; for instance, with standardizing machines, a 30 s instead of 15 s load application time, as is now required in some standardization documents, can, in fact, be avoided by using an automatic cycle with an exact determination of the 15 s load application time without any significant decrease in accuracy. On the contrary, in connection with indentation-making dynamics and indentation measurement, block calibration requires the use of devices with which a higher accuracy can be reached.

As regards indentation dynamics, the issue still debated is whether it is necessary to fix the load rise time [5], or the indentation speed in the last phase of load application [6]. The hardness standardizing machine constructed at IMGC, with which the load rise time can be varied at will, while keeping the final indentation speed constant (or, conversely, the final indentation speed can be varied and the load rise time kept constant), showed that variations in hardness values (approx. 0.5 HRC), more frequently observed with high-hardness blocks (60 HRC), depend only on the final indentation speed and not on the load rise time [7]. If, for practical reasons, one can accept that in workshop use only a limitation of the load rise time should be imposed (which consequently also limits - though in an undefinable way - the final indentation speed), this cannot be accepted with standardizing machines, for which a control of the speed ought to be imposed as well.

As was already mentioned, another limitation to accuracy is connected with Vickers indentation measurements. The causes of very low accuracy, especially in microhardness measurements, can be represented by two factors, one of a psychological kind [8], the other connected with the resolution limits of optical microscopes.

At IMGC, Vickers indentations are measured with an instrument made up of a 400x Zeiss microscope and a translation slide, integral with the corner cube reflector of HP 5500A laser interferometry system. The microscope is used to establish a sighting system, to which the two indentation vertices at the ends of a diagonal are made to coincide. The diagonal is measured by the required slide translation observed by the interferometer. With this method one can observe in the best way the indentation vertices (always amply magnified, also when indentations are large), and can achieve a sighting repeatability that, with skilled operators, is of the order of 0.1 micrometre. However, the differences in the diagonal values obtained with this instrument by different operators were found to reach 0.5 micrometre.

In the first case we have thus a repeatability that is perhaps better than the optical resolution of the microscope; in the second, the accuracy limits are certainly not imputable only to the limitations of the optics. An examination of a micro-Vickers indentation made with an electronic microscope (Fig. 1) shows that a portion of the uncertainty is actually due to the measurand itself; in other words, the indentation vertices, even when observed with a far higher resolution than that of the optical microscope, are not well defined. In sighting the vertex, which is not actually visible because of the limited resolution of the optical microscope and because - as already mentioned - the vertex itself is imperfectly defined, the operator makes a psychological extrapolation of the sides at a point that only he himself characterizes as the vertex. This subjective psychological extrapolation prevents identical measurements from being made by different operators. This is a limitation that cannot easily be overcome by merely increasing the resolution of the measuring instrument.

Fairly interesting results were obtained, however, by trying to make the measurement objective. This problem was studied in cooperation with the « Centro studi T.V. » of Consiglio Nazionale delle Ricerche. The image of the indentation was obtained through a T.V. camera and was digitized, in order to determine its contour

by numerical techniques. In this way, it was possible also to discriminate between the indentation margin and possible marks or blots on the block surface, either pre-existing or due to the optics. Tests were made by recording the observed area into a 525-line 525-column matrix, without, consequently, a very high resolution, which is comparable to the 0.5 micrometre accuracy error for indentations with a diagonal less than 250 micrometres.

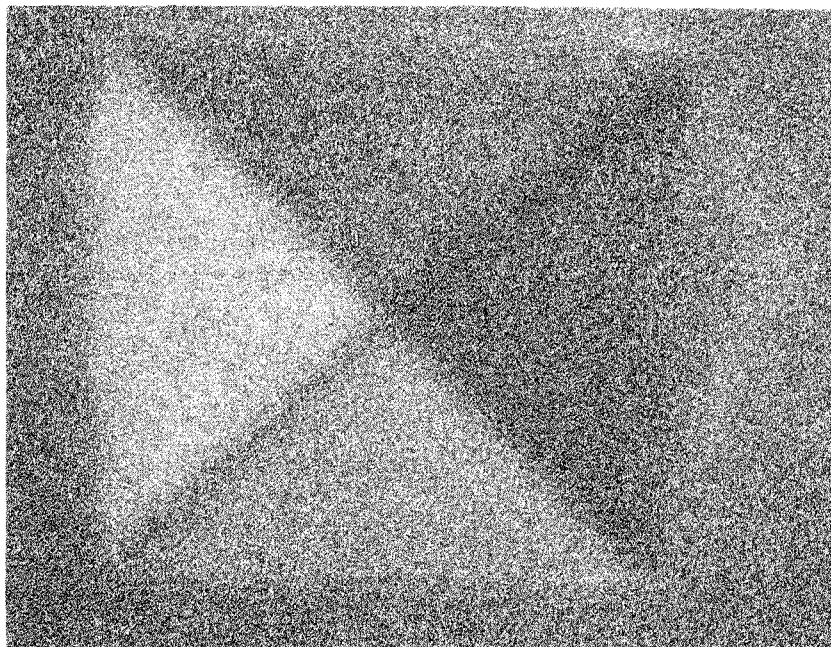


Fig. 1

Micro-Vickers indentation, magnification 6000x with a scanning electronic microscope

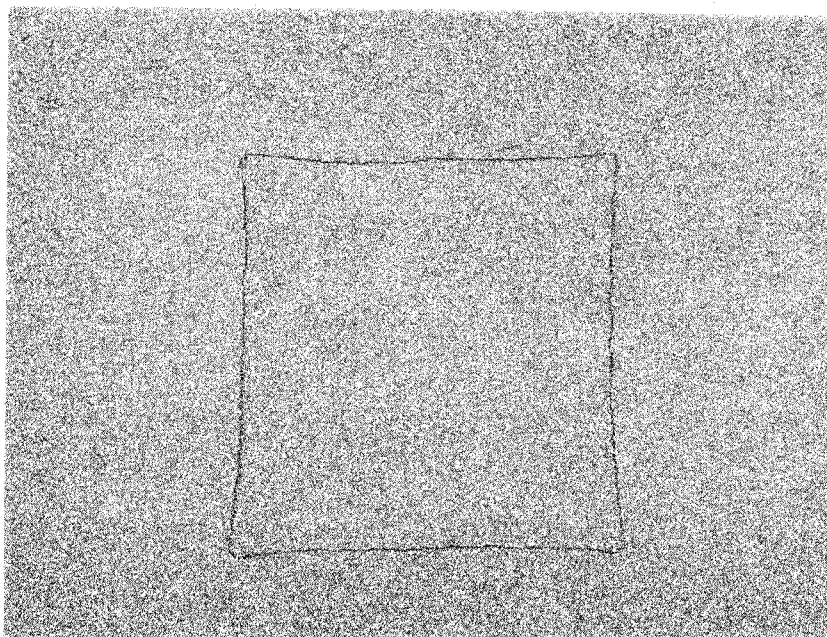


Fig. 2

Digitized image of a Vickers indentation

Therefore the present application concerns mostly the microhardness range. It must be pointed out, however, that the method used still involves a subjective factor, namely, the focussing of the indentation image. The influence of this factor was therefore investigated by measuring each indentation after focussing had been made by different operators.

The resulting perimeter differences are represented with black and white lines in Fig. 2; we can see that these differences are hardly greater than the digital resolution of the method. A further step towards making the method objective is by focus adjustment without observing the image, and by simply bringing the contrast level to the maximum. Table 3 shows the comparisons of the values of some indentations measured by different operators and the results obtained for the same indentations by image digitization. These preliminary results show a promising improvement in measurement reproducibility.

Obviously, to make the best out of this improvement in reproducibility and achieve an analogous improvement in the accuracy of hardness measurements, the characteristics of the proposed method must be further investigated. The method, at all events, appears to be most versatile: for example, during the tests carried out, a direct measurement of the indentation area was made, which cannot be carried out by traditional methods; furthermore, it would be possible to determine, in addition to hardness, a ratio of the actual indentation area to the value determined by diagonal measurements.

TABLE 3

Range, R, of indentation area values, as obtained by three operators, expressed in % of area mean value

Indentation	Diagonal mean value [ $\mu\text{m}$ ]	Area mean value [ $\mu\text{m}^2$ ]	R %	
			Laser	T.V.
A	64.2	2 060.8	1.4	1.3
B	45.5	1 035.9	1.8	0.7
C	33.1	546.7	2.1	1.6
D	25.3	320.5	5.1	1.3
E	17.0	143.9	4.1	0.6
F	13.3	88.0	6.7	1.1

This is a quantity associated with elastic-recovery characteristics that can at present be determined only with great difficulty by methods that have, like Knoop hardness, highly differentiated symmetry on two axes at  $90^\circ$ .

### Indenter shape effect

The indenter is the means through which the force applied to the surface of a material is distributed; this distribution determines the magnitude of the indentation that will be made. Indentation making, however, is only one of the tasks of the indenter, and the characteristics that determine the indenter shape depend, as a rule, on the additional qualities, that an indenter must have.

The required qualities are widely different according to the points of view of the user and of the metrologist. According to the former, the indenter must be practically indestructible, not brittle, and wear-resistant; the metrologist requires that the indenter geometry can be checked without difficulty and that the magnitude of the indentation should be affected in the least possible way. Such characteristics

are not obviously altogether compatible, and an indenter that was originally constructed on criteria of practical use and has satisfied most users (i.e., the Rockwell diamond indenter) may be very far from a metrologically correct conception.

Several investigations [9, 10] have revealed marked effects on the magnitude of the indentation that were due to variations in geometry. The dimensions are neither definable nor measurable easily and are often described in different ways in national Standards.

It is a well-known fact that the differences between HRC scales observed during international comparisons are often due to indenters, even when their dimensions are checked through sophisticated measurement methods [10] and appear to be within very narrow tolerances.

The very high sensitivity to the Rockwell C indenter shape was put to use in carrying out an investigation having a rather different subject than a more detailed study of the dependence relation between the hardness value and the angle of the cone or the radius of the spherical point. The aim was to find what geometric parameter of the indentation, measurable through the indentation depth, could be correlated to hardness in a way more independent from the indenter shape [11]. Several results were then examined, either taken from the relevant literature [9], or directly observed from measurements made with indenters with shapes very different from the nominal shape.

From the indentation depth values thus obtained, the volume and surface of the indenter, and the area projected in the indentation direction were calculated. It was possible to establish that, in respect of the indentation shape, these three quantities are correlated to hardness in a way that is more independent from the indenter shape. In particular, the indentation area appears to be the most independent quantity.

These results are confirmed by an interesting research carried out at NPL [12]. During this work, they determined an indenter shape easier to make and measure, and capable of yielding results approaching very closely the Rockwell C hardness scale.

In this connection we have the conflicting problems of measurement accuracy and uniformity of standardizing machines, and the problems of practical use. The shape of the indenter chosen by NPL is pyramidal : one can already expect that - in spite of the considerable practical advantages deriving from scale uniformity and from the facility with which the pyramidal shape can be made and measured - this shape will not be widely used, as the many edges give the user the impression that the indenter is brittle. It is to be hoped, nevertheless, that at the primary standard level the advantages of the proposed new shape will be evaluated by constructing and measuring in an independent way indenters conforming to the new standard, and by comparing the results that will be obtained.

## Conclusions

The analysis of the uncertainties of hardness values has made it possible to detect a number of errors that are typical of Vickers and Rockwell scales, and that - owing to their systematic character - can come to light only in international comparisons of standardizing machines.

The presence of such errors also in standardizing machines and in magnitudes not much different from those of workshop testers, indicates the heavily empirical origin of hardness measurements, even at the standardizing machine level. Tangible advantages can be derived from more exhaustive analyses, such as the described investigation, aimed at eliminating the subjective element from measurements of Vickers indentations, or the definition of an indenter shape for the Rockwell scale that would be easier to construct and measure, and that would consequently yield

more uniform results. These advantages would be of immediate avail at the primary standard level, and would have rapid diffusion at the user level.

It must be remarked, however, that the difficulties to be encountered in the realization of these objects are not so much of a technical kind as of psychological character : in other words, those who work on hardness standardizing machines will have to direct their efforts no longer towards the realization, in the best possible way, of the procedures defining the different hardness scales, but towards the best ways with which hardness can be measured.

#### References

- [1] MARRINER R.S., WOOD J.G. Comparison of international Rockwell C and Vickers HV 30 hardness scales during 1970 and 1971. Bulletin of OIML, n° 48, Sept. 1972, 19-31.
- [2] SMALL L. Hardness - Theory and Practice. Service Diamond Tool Co., Ferndale, Michigan, 2nd edition, 1969, p. 425.
- [3] idem p. 424.
- [4] BARBATO G. Remarks on the tolerances proposed for Brinell, Vickers and Knoop indenter geometry. Rapporto tecnico interno R 138, IMGC, Torino 1979.
- [5] WEILER W. Der Einfluss der Zeit der Lastaufbringung auf das Ergebnis der Hartemessung nach Rockwell C. PTB-Mitteilungen 75 (1965), p. 328-330.
- [6] MARRINER R.S. The precision and accuracy of the Vickers, Rockwell and Brinell hardness tests. NPL Report n° ST 4, July 1963, and ACTA IMEKO, Stockholm 1964, p. UK 245.
- [7] BARBATO G., DESOGUS S., LEVI R. Design studies and characteristic description of the standard dead-weight hardness tester of the Istituto di Metrologia « G. Colonnetti ». VDI-Berichte n° 308, 1978, p. 97-103.
- [8] HIDA N., YAMAMOTO K. On the determination of the absolute value of diagonal length of Vickers indentation. Bulletin of the National Research Laboratory of Metrology (Tokyo), Series number 25, Oct. 1972, p. 18-25.
- [9] HILD K. Der Einfluss der Toleranzen des Messverfahrens nach Rockwell C auf die Härtewerte. Zeitschrift für Instrumentenkunde 66 (1958), 202-207, 230-234.
- [10] MARRINER R.S., WOOD J.G. Investigations into the measurement and performance of Rockwell C diamond indenters. Metallurgia, August, 1967, 87-90.
- [11] BARBATO G. Communication at the Round Table Discussion of TC 5 at the 8th IMEKO Congress, Moscow 1979.
- [12] WOOD J.G., ANTHONY G.V., COTTER J. Flat faced indenters for hardness testing. NPL Report MOM 41, 1981.

ROUMANIE

# QUELQUES PROBLÈMES THÉORIQUES et PRATIQUES dans la CONSTRUCTION et l'ÉTALONNAGE des JAUGES ÉTALONS MÉTALLIQUES de VOLUME

par Mr A. NADOLO

Institutul National de Metrologie

*RESUME* — L'auteur passe d'abord en revue les considérations théoriques sur lesquelles est basée la construction de jauges étalons en métal et indique ensuite des moyens de calcul et des abaques pour l'étalonnage des jauges secondaires par la méthode volumétrique.

*SUMMARY* — The author first reviews the theoretical considerations on which the construction of metallic volume standards is based and thereafter gives a formula and diagrams for volumetric calibration of secondary volume standards.

## 1. Détermination des dimensions

### 1.1. Considérations générales

Aussi bien lors de l'étalonnage des jauges métalliques que pendant leur utilisation, beaucoup d'erreurs peuvent intervenir, dont les principales sources sont :

- la lecture, sur l'échelle graduée, du point le plus bas du ménisque, pour les jauges à échelle graduée (fig. 1),
- la reproductibilité du remplissage, pour les jauges à seuil de déversement (fig. 2),
- la distribution et le mesurage de la température dans le liquide,
- la variation de l'effet de mouillage des parois intérieures,
- l'adhérence des bulles d'air aux parois intérieures,
- la stratification sur les parois intérieures des petites particules solides, sédimentées, provenant de l'eau utilisée.

La reproductibilité du remplissage d'une jauge à trop-plein au seuil de déversement dépend de la tension superficielle du liquide utilisé et de la force d'adhésion de celui-ci à la surface métallique, donc de la nature du liquide, de sa pureté, de la température, etc. On considère généralement que l'erreur due à cette source peut atteindre des valeurs jusqu'à 1 mm de hauteur.

Pour les jauges à échelle graduée et compte tenu du pouvoir de résolution de l'œil de l'observateur, de l'état de nettoyage de la surface métallique en contact avec le liquide et du fait que le repère et le ménisque sont placés dans des plans différents, on considère également que l'erreur peut atteindre jusqu'à 1 mm.

Les erreurs de volume qui peuvent en résulter sont en rapport inverse à la sensibilité de la mesure. Par la sensibilité, nous entendons dans ce cas le rapport  $\frac{\Delta h}{\Delta V}$ , où  $\Delta h$  représente l'accroissement du niveau du liquide dans la zone du repère et

$\Delta V$  l'accroissement du volume de liquide correspondant à  $\Delta h$ . Si l'on désigne par  $S$  la surface de la section de la jauge dans la zone du repère, on peut écrire  $\Delta V = \Delta h \cdot S$ , d'où il en résulte :

$$\frac{\Delta h}{\Delta V} = \frac{1}{S} \quad (1)$$

la sensibilité est donc inversement proportionnelle à la section  $S$ .

Deux sortes d'erreurs peuvent survenir du mesurage de la température du liquide :

- la première due à l'imprécision de l'instrument de mesure,
- la seconde due au fait qu'on mesure la température en un seul point (éventuellement en deux ou trois) et qu'on considère cette température comme étant la température de l'entière quantité du liquide. On doit en effet remarquer que les couches périphériques du liquide, qui sont indirectement en contact avec l'air ambiant, peuvent présenter une température quelque peu différente de celle du liquide qui se trouve dans le centre.

On voit immédiatement que l'erreur considérée est d'autant plus grande que l'échange de chaleur entre l'intérieur et l'extérieur de la jauge est plus intense ; cet échange est directement proportionnel à la surface de contact.

Il doit être rappelé ici le fait que la détermination de la capacité est faite par l'introduction d'une simplification des calculs ; on suppose en effet que la température de la paroi métallique est la même que celle du produit contenu. Cette simplification introduit une erreur qui est très petite mais, elle aussi, directement proportionnelle à la surface de la paroi de la jauge.

La détermination de la capacité de la jauge est faite généralement pour des parois intérieures mouillées (Ex). Les facteurs déterminants pour la variation de la quantité du liquide qui reste sur les parois sont :

- la nature du matériau et l'usinage de la surface intérieure,
- l'état de nettoyage au moment de l'utilisation,
- la nature et l'état du liquide utilisé.

En conclusion, on voit que l'erreur résultante est directement proportionnelle à la superficie de la paroi intérieure.

Après le remplissage de la mesure, on observe sur les parois intérieures des petites bulles d'air, qui restent adhérentes et qui contribuent à réduire la capacité. Les stratifications des particules solides sur les parois dans les cas d'une utilisation prolongée produisent un effet similaire. On retient que ces derniers phénomènes produisent des effets minimaux pour une surface intérieure minimale.

En synthétisant ce qui a été démontré jusqu'ici, il en résulte que la forme des jauges doit assurer un diamètre réduit dans la zone du repère de volume, calculé de manière à obtenir la sensibilité nécessaire. Les erreurs analysées ont, prises chacune à part, de très petites valeurs et peuvent ne pas être prises en considération isolément ; mais du fait qu'elles sont très nombreuses, (les présentes considérations ci-dessus n'incluent que quelques-unes) et qu'elles sont inévitables, il est nécessaire, pour assurer la précision désirée du résultat final, que ces erreurs soient réduites au minimum. Pour la construction de jauges, la condition de surface totale minimale constitue par conséquent un critère pour déterminer la forme et les dimensions.

On doit aussi ajouter le fait que par la condition de surface totale minimale on réalise une économie de matériaux (par exemple acier inoxydable), ce qui, pour une construction réalisée en grande série, présente un important avantage.

## 1.2. Le col de la jauge

Deux paramètres sont importants pour la partie supérieure : le volume et le diamètre du col.



Pour les jauges à fenêtre et échelle graduée, le volume total du col est généralement 4 % du volume total de la jauge, ce qui assure une étendue de 2 % pour l'échelle graduée.

Pour les jauges à trop-plein, on considère qu'une hauteur du col de 3 à 25 cm est suffisante et le volume en résulte sans autre condition supplémentaire.

Afin que l'erreur qui pourrait résulter d'un défaut de sensibilité n'ait pas une valeur significative, il est nécessaire qu'à une variation de hauteur de 1 mm corresponde un volume égal tout au plus au 1/10 du volume de l'erreur maximale tolérée. Sur la base de ce critère on obtient les résultats compris dans le tableau 1.

Pour le cas où l'on juge que ce critère conduit à des diamètres trop réduits, on peut pour les jauges jusqu'à 200 dm<sup>3</sup>, également calculer les diamètres pour lesquels 1 mm de hauteur correspond à un volume égal à 1/6 à 1/5 de l'erreur maximale tolérée.

### 1.3. La forme et les autres dimensions

1.3.1. On sait que pour un certain volume le corps géométrique qui réalise une surface totale minimale est la sphère. Mais pour nos applications ce corps géométrique présente deux grands inconvénients :

- il n'assure pas un écoulement acceptable du liquide dans la zone supérieure et inférieure de la jauge,
- la construction d'un corps sphérique est très difficile.

On peut cependant réaliser une construction acceptable en utilisant un cylindre à axe vertical pour la partie moyenne et des cônes pour les parties supérieure et inférieure (fig. 3) de la jauge, le corps entier étant inscrit dans une sphère.

Avec la notation de la fig. 3, on peut écrire le volume du corps ainsi conçu :

$$V = v_1 + 2 v_2 = \frac{\pi d^2}{6} (h + R) \quad (2)$$

Pour le triangle ABE, on peut écrire :

$$d^2 = 4 R^2 - h^2 \quad (3)$$

et de (2) et (3) on déduit

$$V = \frac{\pi}{6} (4 R^2 - h^2) (h + R)$$

qui représente une valeur maximale lorsque

$$h = \frac{R}{3} (-1 + \sqrt{13}),$$

Cette expression substituée en (3) conduit à :

$$d = \frac{R}{3} \sqrt{22 + 2 \sqrt{13}}.$$

Pour le triangle ADC, on obtient directement :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2 R - h}{d}$$

d'où  $\alpha = 32^\circ 8'$ .

Pour des valeurs particulières de  $V$ , on obtient alors les diamètres indiqués dans le tableau 2, variante 1.

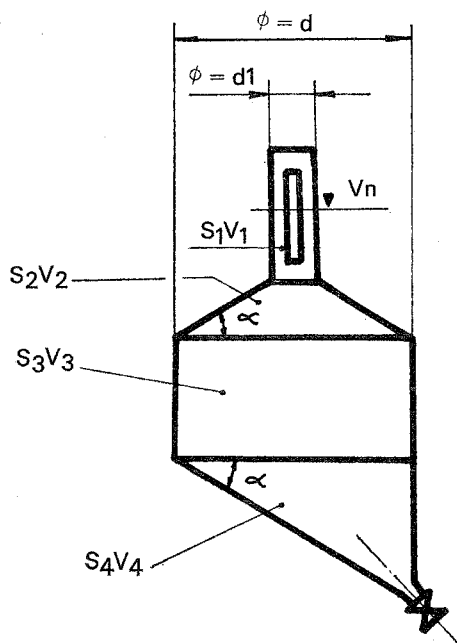


Fig. 1

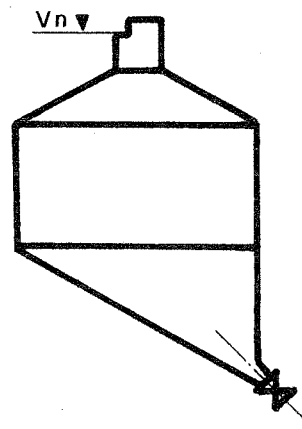


Fig. 2

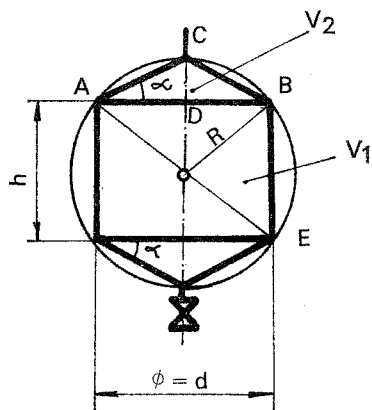


Fig. 3

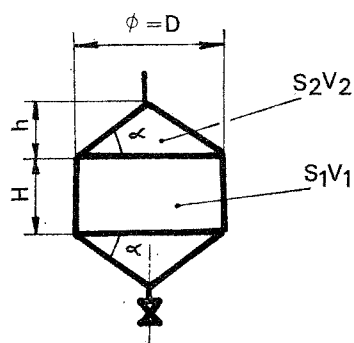


Fig. 4

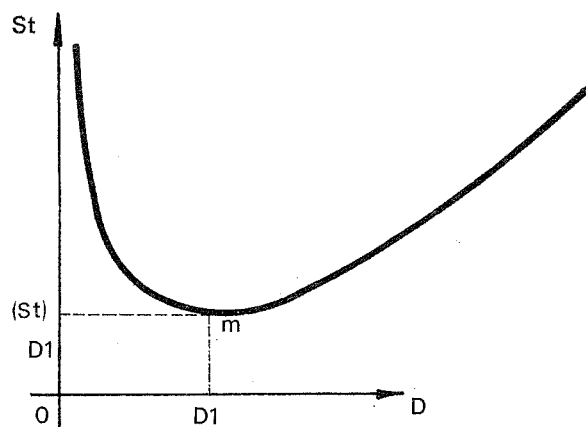


Fig. 5

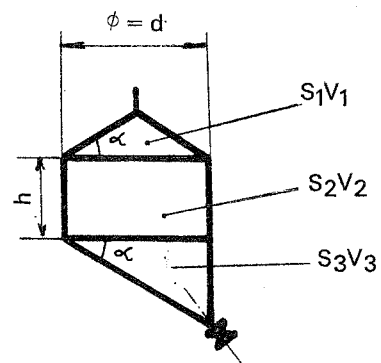


Fig. 6

1.3.2. On peut poser le problème d'une manière un peu différente : en choisissant la forme de la fig. 4 et un volume donné, on cherche la condition de minimum pour la surface totale  $S_t$ .

On peut alors écrire :

$$V = v_1 + 2 v_2 = \frac{\pi D^2}{4} H + \frac{\pi D^3}{12} \operatorname{tg} \alpha \quad (4)$$

$$S_t = s_1 + 2 s_2 = \pi D H + \pi \frac{D^2}{2 \cos \alpha} \quad (5)$$

En remplaçant  $H$  explicité de (4) en (5), on obtient :

$$S_t = \frac{4 V}{D} - \frac{\pi D^2}{3} \operatorname{tg} \alpha + \frac{\pi D^2}{2 \cos \alpha} \quad (6)$$

La fonction  $S_t(\alpha, D)$  présente une valeur minimale lorsque  $\sin \alpha = \frac{2}{3}$ , donc  $\alpha = 41^\circ 50'$ .

Les valeurs  $D$  sont comprises dans le tableau 2, variante 2.

La fonction  $S_t(D)$  est représentée graphiquement dans la fig. 5.

1.3.3. Quelquefois, on emploie la valeur  $45^\circ$  pour  $\alpha$  (fig. 4). Avec la condition de surface totale minimale on obtient alors les valeurs  $D$  comprises dans le tableau 2, variante 3.

1.3.4. A cause d'une utilisation plus aisée du point de vue écoulement et manipulation, on adopte souvent la forme indiquée dans la fig. 6, c'est-à-dire la partie inférieure en forme de cône gauche. Pour simplifier le calcul, on peut assimiler le cône inférieur à un cône droit de même hauteur.

Avec les notations spécifiées dans la figure 6, on peut alors écrire :

$$V = \Sigma v = \frac{\pi d^3}{24} \operatorname{tg} \alpha + \frac{\pi d^2}{4} h + \frac{\pi d^3}{12} \operatorname{tg} \alpha \quad (7)$$

$$S = \Sigma s = \frac{\pi d^2}{4 \cos \alpha} + \pi \cdot d \cdot h + \frac{\pi d^2}{4 \cos \alpha} \sqrt{1 + 3 \sin^2 \alpha} \quad (8)$$

En explicitant  $h$  de (7), on obtient par substitution dans (8)

$$S = \frac{\pi d^2}{4 \cos \alpha} (1 + \sqrt{1 + 3 \sin^2 \alpha}) + \frac{4 V}{d} - \frac{\pi}{2} d^2 \operatorname{tg} \alpha \quad (9)$$

Si on prend  $\alpha = 32^\circ 8'$  la fonction (9) devient dépendante d'une seule variable  $d$ , et présente une valeur minimale lorsque

$$d = \sqrt[3]{\frac{8 V \cos \alpha}{\pi (1 - 2 \sin \alpha + \sqrt{1 + 3 \sin^2 \alpha})}}$$

avec les valeurs particulières indiquées dans le tableau 3, variante 4.

En pratique, on choisit souvent  $\alpha = 30^\circ$ , ce qui ne change que très peu les valeurs de  $d$  (tableau 3, variante 5).

Nous avons négligé le diamètre  $d_1$  du col des jauges (fig. 1). Si on reconsidère les calculs pour

$$S = \sum_{i=2}^{i=4} s_i,$$

$$V = \sum_{i=2}^{i=4} v_i + \frac{2 V}{100}$$

En tenant compte que la partie correspondant à  $s_1$  (respectivement  $v_1$ ) reste inchangée, on trouve finalement les résultats indiqués dans le tableau 3, variante 6.

Par un raisonnement plus rigoureux, on arrive à une variante ayant l'angle  $\alpha$  du cône gauche inférieur égal à  $24^\circ$  (surface équivalente à celle d'un cône droit avec  $\alpha = 42^\circ$ ), mais la différence entre les valeurs des surfaces totales des corps reste sans importance.

## 2. Etalonnage des jauges

### 2.1. Considérations générales

Nos considérations concernent spécialement l'étalonnage des jauges secondaires par la méthode volumétrique en utilisant de l'eau.

Dans les relations qui suivent, on utilise les notations :

- $e_p^{t_0}$  — le volume effectif de la jauge primaire à la température de référence  $t_0$  (spécifié dans le certificat d'étalonnage)
- $E_p^{t_0}$  — le volume total de remplissage, obtenu par sommation de  $e_p^{t_0}$  sans appliquer les corrections de température
- $E_s^{t_0}$  — le volume effectif à la température de référence de la jauge secondaire soumise à l'étalonnage (auquel ont été appliquées les corrections nécessaires)
- $\beta_1, \beta_2$  — les coefficients de dilatation thermique en volume du métal de construction de la jauge primaire, respectivement secondaire
- $t_1, t_2$  — la température moyenne dans l'étalon primaire, respectivement secondaire
- $\rho_{t_1}, \rho_{t_2}$  — la masse volumique de l'eau distillée à la température de  $t_1$ , respectivement  $t_2$

La relation de calcul généralement utilisée pour déterminer le volume effectif de la jauge secondaire est :

$$E_s^{t_0} = E_p^{t_0} \frac{\rho_{t_1}}{\rho_{t_2}} \frac{1 + \beta_1 (t_1 - t_0)}{1 + \beta_2 (t_2 - t_0)} \quad (10)$$

Quoique la relation (10) ne présente pas des grandes difficultés pour le calcul, on essaie toujours de mettre dans les mains des opérateurs des moyens de calcul plus aisés.

Nous présentons quelques suggestions dans ce sens dans les paragraphes suivants.

2.2. On peut mettre sous forme de tableau l'expression qui accompagne  $E_p^{t_0}$  dans la relation (10), pour certaines valeurs successives de  $t_1, t_2, \beta_1$  et  $\beta_2$  de manière à obtenir le volume de la jauge par une simple multiplication :

$$E_s^{t_0} = E_p^{t_0} \cdot K$$

Le tableau 4 indique les valeurs de  $K$  pour l'étalonnage d'une jauge en acier inoxydable ( $\beta_2 = 51 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ) avec un étalon primaire en verre ordinaire ( $\beta_1 = 27 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ). Le tableau 5 reproduit les valeurs de  $K$  pour le cas où les deux jauges sont en acier inoxydable. La température de référence  $t_0$  a été considérée comme étant de  $20 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Pour des valeurs de  $t_1$  et  $t_2$  qui ne sont pas comprises dans ces tableaux, on peut faire une double interpolation (par exemple  $t_1 = 18,3$  et  $t_2 = 19,7 \text{ } ^\circ\text{C}$ ). Pour d'autres valeurs de  $\beta_1$  et  $\beta_2$ , ces tableaux ne sont pas applicables.

2.3. Une autre solution est la représentation graphique des tableaux 4 et 5 (voir fig. 7 et 8).

Pour des valeurs intermédiaires de  $t_1$  et  $t_2$ , on peut faire une interpolation directement sur le graphique. Par exemple, pour  $t_1 = 19,2 \text{ } ^\circ\text{C}$  et  $t_2 = 20,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ , on obtient  $K = 1,00020$  (fig. 8).

2.4. En considérant de nouveau l'équation (10), on voit que celle-ci peut être transformée compte tenu du fait que l'expression  $\beta_2 (t_2 - t_0)$  est petite par rapport à 1. On obtient alors

$$E_s^{t_0} = E_p^{t_0} \cdot \frac{\rho_{t_1}}{\rho_{t_2}} [1 + \beta_1 (t_1 - t_0) - \beta_2 (t_2 - t_0)] \quad (11)$$

Si les masses volumiques de l'eau sont exprimées en  $\text{g/cm}^3$ , cette expression peut, du fait que la valeur de  $\rho_{t_2}$  est alors très proche de 1, s'écrire

$$E_s^{t_0} = E_p^{t_0} [1 + \beta_1 (t_1 - t_0) - \beta_2 (t_2 - t_0) + \rho_{t_1} - \rho_{t_2}] \quad (12)$$

Cette expression est facile à utiliser pour toute valeur de  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $\beta_1$  et  $\beta_2$ .

### 3. Conclusions

Les données constructives des cols des jauges étalons, indiquées dans le tableau 1, assurent la sensibilité nécessaire pour ces instruments.

Les figures 1, 2 et 4 représentent les formes généralement choisies des jauges. Du point de vue construction, les éléments principaux sont : le diamètre et le volume du col, le diamètre de la partie cylindrique médiane et les angles  $\alpha$  de raccordage du cône supérieur et du cône inférieur ; avec ces éléments on peut calculer toutes les autres dimensions.

En ce qui concerne les angles  $\alpha$  et les valeurs  $30^\circ$  et  $45^\circ$  couramment utilisées, le calcul montre que les deux assurent une construction appropriée. Dans le cas des cônes inférieurs gauches, on peut choisir pour  $\alpha$  la valeur de  $24^\circ$ .

En ce qui concerne les diamètres des parties cylindriques médianes, les valeurs indiquées dans les tableaux 2 et 3 représentent sans doute les meilleures solutions ; les différentes variantes produisent une variation de tout au plus 2 % de la surface totale, ce qui est acceptable.

Pour déterminer le volume d'une jauge par la méthode volumétrique, nous recommandons l'utilisation de la relation (12) contrôlée grosso modo par le graphique (fig. 7 et 8), pour être sûr qu'on ne fait pas une erreur de signe.

En tenant compte de l'incertitude sur les valeurs de  $\beta_1$  et  $\beta_2$ , les difficultés d'estimation de la température moyenne, l'influence de l'ambiance, etc, nous estimons qu'il est important de remplir les conditions suivantes :

—  $t_1$  (et  $t_2$ ) =  $t_0 \pm < 3 \text{ } ^\circ\text{C}$

— la variation de la température de l'eau pendant une détermination ne doit pas dépasser  $1 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Cela évite de calculer avec une plus grande précision les valeurs de  $K$  et de préparer les tableaux respectifs (paragraphe 2.2.).

De même il est recommandé qu'une détermination de volume ne dépasse pas 2-3 heures de travail (à cause des possibilités de changement des conditions d'ambiance). On ne doit pas perdre de vue que l'erreur relative maximale tolérée pour les jauges secondaires est en général de  $\pm 0,05 \%$ , ce qui impose l'adoption des conditions restrictives énoncées.

Les valeurs de  $K$  comprises dans les tableaux 4 et 5 sont considérées être connues avec une exactitude de  $\pm 1 \cdot 10^{-5}$  due au fait que nous avons utilisé une table de masses volumiques de l'eau à cinq décimales. L'appareillage mathématique peut par conséquent assurer une exactitude 50 fois meilleure que l'erreur maximale tolérée pour les jauges.

### Bibliographie

- R. KRACH : Mesurage du volume des fluides, Revue de Métrologie Pratique et Légale N° 1/1953, France.
- M. AMBARD, R. DEFIX : Les problèmes métrologiques posés par l'étalonnage et l'emploi des récipients mesurés, Revue de Métrologie Pratique et Légale, Supplément 1960, France.
- CSERE LASZLO : Précision des mesurages avec récipients-étalons, Mérésügyi Közlemények N° 4/1963, Hongrie.
- A. NADOLO : Corrections de température lors de la détermination de la capacité par la méthode volumétrique, Metrologia Aplicata N° 3/1967, Roumanie.
- A. NADOLO, C. CHITU : Critère pour l'établissement des dimensions principales des mesures étalons de volume (jauges), INSYMET, 1972, Bratislava, Tchécoslovaquie.
- Norme Roumanie (STAS) 2018-51 - La densité de l'eau entre 0°C et 100°C.

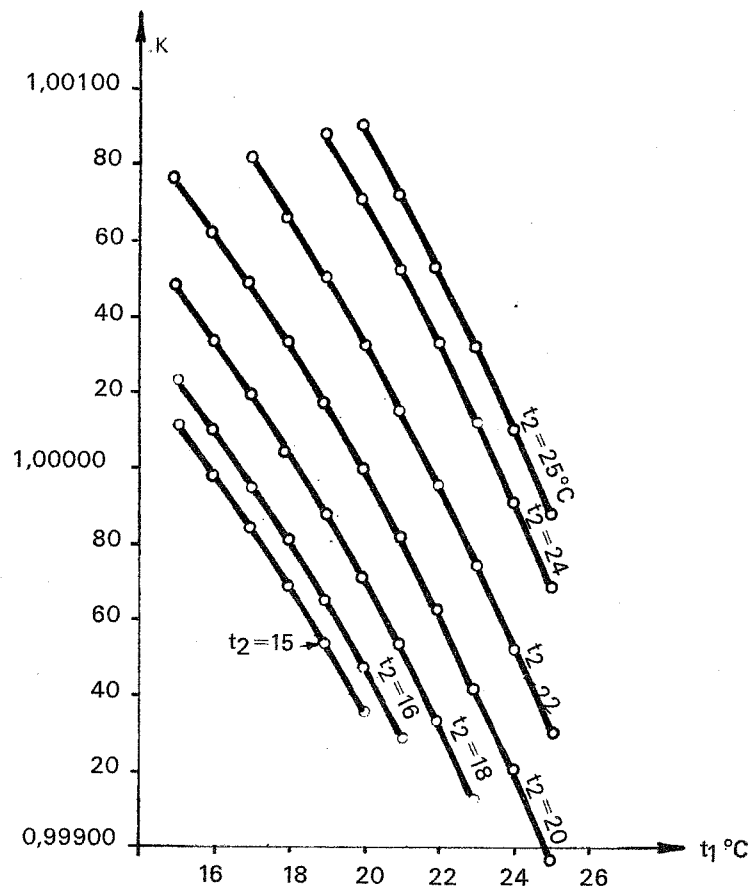


Fig. 7

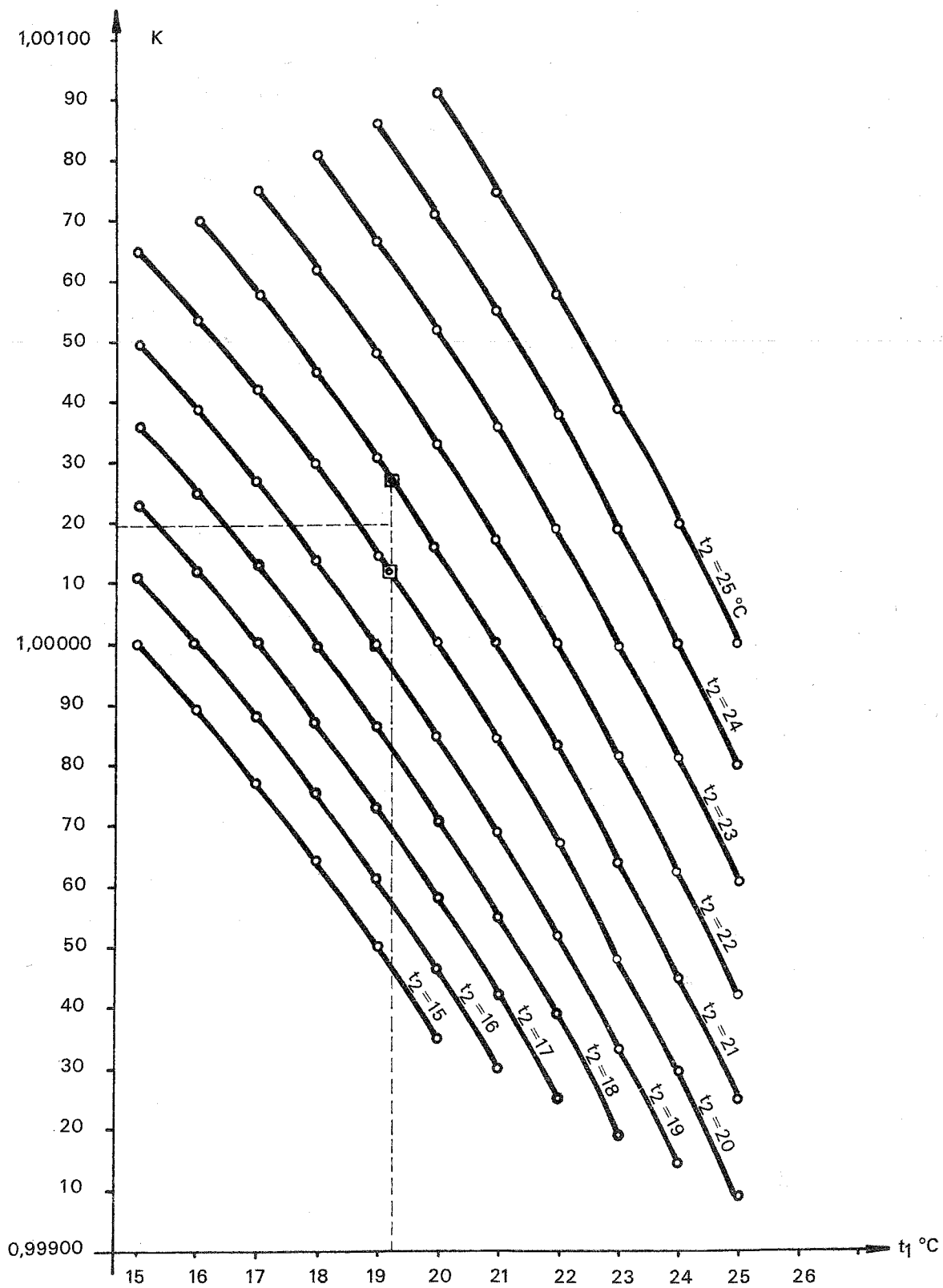


Fig. 8

TABLEAU 1

Volume nominal dm <sup>3</sup>	Jauge secondaire			Jauge primaire		
	<i>d</i> col	erreur maximale tolérée	<i>V</i> pour 1 mm	<i>d</i> col	erreur maximale tolérée	<i>V</i> pour 1 mm
	mm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	mm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>
100	80	50	5,0	60	25	2,8
	100	50	7,9	80	25	5,0
200	120	100	11,3	80	50	5,0
	—	—	—	100	50	7,9
500	180	250	25,4	130	125	13,3
1 000	250	500	49,0	—	—	—
2 000	360	1 000	101,8	—	—	—
5 000	560	2 500	246,3	—	—	—
10 000	800	5 000	512,0	—	—	—



TABLEAU 2

Volume nominal dm <sup>3</sup>	Variante 1 Fig. 3		Variante 2 Fig. 4		Variante 3 Fig. 4	
	$\alpha$	$d$ mm	$\alpha$	$D$ mm	$\alpha$	$D$ mm
100	32° 8'	570	41° 50'	582	45°	554
200		717		733		698
500		975		995		948
1 000		1 226		1 254		1 194
2 000		1 545		1 580		1 505
5 000		2 097		2 144		2 042
10 000		2 641		2 701		2 573

TABLEAU 3

Volume nominal dm <sup>3</sup>	Variante 4 Fig. 6		Variante 5 Fig. 6		Variante 6 Fig. 1	
	$\alpha$	$d$ mm	$\alpha$	$d$ mm	$\alpha$	$d$ mm
100	32° 8'	550	30°	551	30°	547
200		693		693		689
500		940		941		935
1 000		1 185		1 186		1 178
2 000		1 493		1 494		1 485
5 000		2 026		2 027		2 016
10 000		2 553		2 555		2 540

TABLEAU 4

VALEURS DE K POUR  $\beta_1 = 27 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ;  $\beta_2 = 51 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ;  $t_0 = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$ 

$t_1$ °C	$t_2$ °C										
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
15	1,00012	1,00023	1,00035	1,00048	1,00062	1,00077					
16	0,99999	1,00010	1,00022	1,00034	1,00048	1,00063	1,00079				
17	0,99984	0,99995	1,00007	1,00020	1,00034	1,00049	1,00065	1,00082			
18	0,99969	0,99980	0,99992	1,00005	1,00019	1,00034	1,00050	1,00067	1,00086		
19	0,99953	0,99964	0,99976	0,99988	1,00002	1,00017	1,00033	1,00050	1,00069	1,00088	
20	0,99935	0,99946	0,99958	0,99971	0,99985	1,00000	1,00016	1,00033	1,00052	1,00071	1,00091
21		0,99928	0,99940	0,99953	0,99967	0,99982	0,99998	1,00015	1,00033	1,00052	1,00072
22			0,99921	0,99933	0,99947	0,99962	0,99978	0,99995	1,00014	1,00033	1,00053
23				0,99912	0,99926	0,99941	0,99957	0,99974	0,99993	1,00012	1,00032
24					0,99905	0,99920	0,99936	0,99952	0,99971	0,99990	1,00010
25						0,99897	0,99913	0,99930	0,99949	0,99968	0,99988

TABLEAU 5

VALEURS DE K POUR  $\beta_1 = \beta_2 = 51 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ;  $t_0 = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$ 

$t_1$ °C	$t_2$ °C										
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
15	1,00000	1,00011	1,00023	1,00036	1,00050	1,00065					
16	0,99989	1,00000	1,00012	1,00025	1,00039	1,00054	1,00070				
17	0,99977	0,99988	1,00000	1,00013	1,00027	1,00042	1,00058	1,00075			
18	0,99964	0,99975	0,99987	1,00000	1,00014	1,00029	1,00045	1,00062	1,00081		
19	0,99950	0,99961	0,99973	0,99986	1,00000	1,00015	1,00031	1,00048	1,00067	1,00086	
20	0,99935	0,99946	0,99958	0,99971	0,99985	1,00000	1,00016	1,00033	1,00052	1,00071	1,00091
21		0,99930	0,99942	0,99955	0,99969	0,99984	1,00000	1,00017	1,00036	1,00055	1,00075
22			0,99925	0,99938	0,99952	0,99967	0,99983	1,00000	1,00019	1,00038	1,00058
23				0,99919	0,99933	0,99948	0,99964	0,99981	1,00000	1,00019	1,00039
24					0,99914	0,99929	0,99945	0,99962	0,99981	1,00000	1,00020
25						0,99909	0,99925	0,99942	0,99961	0,99980	1,00000

ROUMANIE

## SOME FUNDAMENTAL CONCEPTS in METROLOGY

by Dr Aurel MILLEA

National Institute of Metrology, Bucharest

*SUMMARY — This paper contains some thoughts useful in teaching of metrology; they characterize measurements and quantities and classify the metrological properties of instruments. It will be followed by a second paper written in the same spirit which classifies in a general way the methods of measurement.*

*RESUME — Cet article contient des réflexions utiles pour l'enseignement de la métrologie en caractérisant mesures et grandeurs et en classifiant les propriétés métrologiques des instruments. Il sera suivi d'un deuxième article écrit dans le même esprit classifiant d'une façon générale les méthodes de mesure.*

The development of various branches of science and technology requires the periodic revision of certain fundamental concepts, particularly those of interdisciplinary character. Generally accepted at a given time, many definitions become unsatisfactory in a new context.

It is a good opportunity to consider at this moment some of the basic metrological concepts useful for the teaching of metrology. The following is a short record of thoughts on the subject.

### 1. The measurement

The measurement consists of a sequence of operations with the purpose of obtaining experimentally a quantitative information concerning certain properties of an object or a system.

The information transmitted in a process of measurement is called *measurement information*.

Any measurement involves the object under measurement and the measuring instrument, as essential elements.

The *object under measurement* may be defined as a body, system or phenomenon, one property of which (attribute) is subjected to measurement. Examples : a rod the length of which is measured ; a liquid the flow rate of which is measured ; a battery the voltage of which is measured.

In any measurement, an interaction takes place between the object and the instrument, the latter being influenced by the quantity to be measured, characteristic for the object (Fig. 1). This interaction results in a transfer of information from the object to the instrument. However, the instrument-object interaction leads to undesired effects as well. Such an effect is the disturbance of the object caused by the measuring instrument. Another unwanted effect is that the instrument is influenced not only by the quantity to be measured, but also by other undesired quantities. Accordingly, the concept of « object under measurement » facilitates the explanation of terms such as « interaction error », « influence quantity », etc.

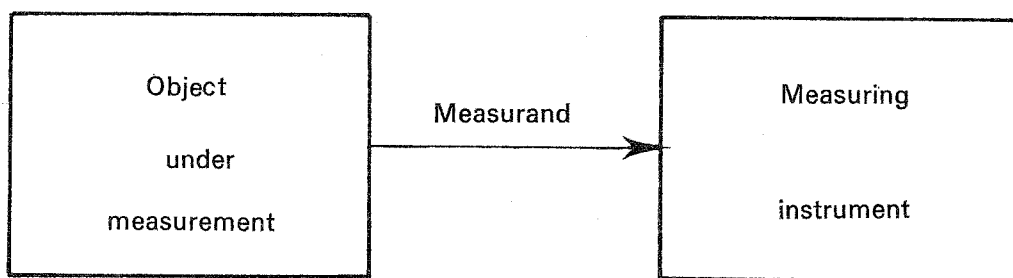


Fig. 1  
The information flow in a measurement

The *measuring instrument* is a technical means that receives and processes the measurement information and transmits it either to an observer or to another system.

When the recipient of the measurement information is an observer, the output signal of the instrument is usually a visual one (analog or digital indication). If the measurement information is transmitted to a technical device, the output signal of the instrument is directly recorded in analog or digital form, subjected to further evaluation and processing or used for control purposes.

Therefore, all direct indicating, comparing and recording instruments, as well as transducers and converters may be regarded as measuring instruments.

## 2. Quantities involved in the measurement

In its interaction with the object under measurement and the environment, the measuring instrument is influenced in general by several quantities. One of these quantities is the *mesurand* (quantity to be measured)  $x$ , and the others are the *influence quantities*  $q_1, q_2, \dots, q_n$ . In the presence of all these quantities, the measuring instrument generates the output  $y$  (Fig. 2) given by the equation

$$y = f(x, q_1, q_2, \dots, q_n) \quad (1)$$

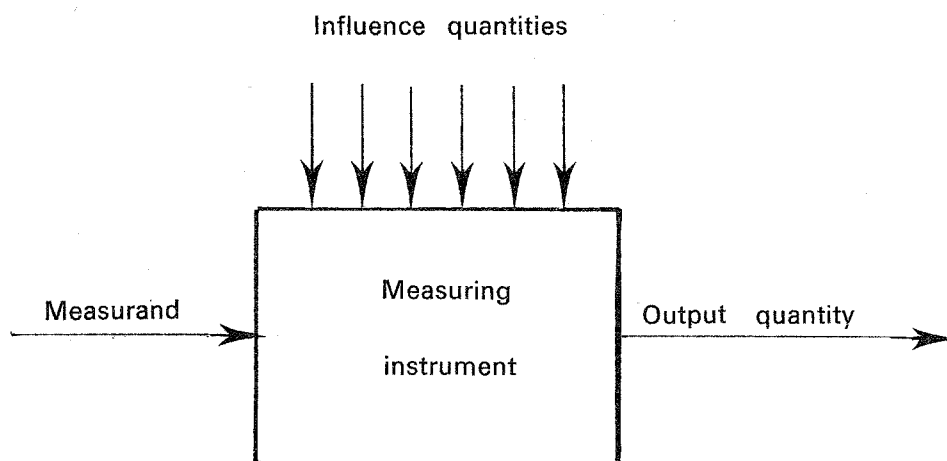


Fig. 2  
Quantities involved in the operation of a measuring instrument

A small variation of the output, caused by slight changes of the measurand and the influence quantities, may be written as follows :

$$y = \frac{\delta f}{\delta x} \Delta x + \frac{\delta f}{\delta q_1} \Delta q_1 + \frac{\delta f}{\delta q_2} \Delta q_2 + \dots + \frac{\delta f}{\delta q_n} \Delta q_n \quad (2)$$

The factor  $\delta f/\delta x$  represents the *useful sensitivity* of the instrument, while the factors  $\delta f/\delta q_i$  are the *parasitic sensitivities* of the instrument. The useful sensitivity should have a definite and stable value. The parasitic sensitivities are not required to have specific values, but must remain within permissible limits.

The *measurand* is one of the measurable quantities of the object under measurement (the conditions of measurability will be discussed below). The measuring instrument « selects » the desired measurand, among the quantities characteristic for the object. An ideal instrument responds only to the measurand, being insensitive to other quantities.

The *influence quantities* are quantities whose measurement is not desired, but exerting an effect upon the measuring instrument.

The influence quantities originate from the object under measurement or the environment.

Examples of influence quantities due to the object under measurement are : density and viscosity of a fluid of which the flow rate is being measured ; frequency of an AC voltage being measured ; power factor for active power or energy measurement ; magnitudes of two AC signals of which the phase angle difference is being measured ; magnitude of a voltage of which the frequency is being measured.

### 3. Conditions of measurability

A body, system or phenomenon may have measurable and non-measurable properties. To ascertain their measurability, let us assume that we are able to « sweep » over the entire range of possible « levels » (« intensities ») of that property. We shall call the set of all possible « levels » of the property the *set of states* (for example, the set of hardness values from the softest to the hardest possible material). *To measure a property means to establish a correspondence between the set of states and the set of real numbers.*

Accordingly, we can measure a property if we can assign to each element of the set of states a real number. Two conditions should be fulfilled to this end.

a. *The set of states should be an ordered set* (a set in which a total strict order relation is given). Specifically, in such a set relations as greater than (>) and smaller than (<) can be established between every pair of its elements. This permits the elements of the set to be arranged in a unique sequence, so that any of its terms be greater than the previous one.

In the case of quantities directly accessible to our senses, we have no difficulties in establishing such ordered relations. Thus, we intuitively can always - at least in principle - take decisions like longer or shorter, heavier or lighter, warmer or colder. Based on proper definitions which, in every case, eventually lead to an experiment - thus, to observable facts - our ability to handle such ordered relations may be extended to any quantity.

However, there exists a great number of properties which do not lend themselves to this kind of « ordering ». For example, it is difficult or impossible to establish - even in principle - relations such as more or less beautiful, more or less valuable, more or less comfortable, more or less tasty, etc.

b. *A unique correspondence should be effectively established between the set of states and the set of real numbers*, so that to each element of the set of states one real number and only one can be assigned. This conventionally adopted correspondence is called a *reference-value scale* and it includes the choosing of the unit of measurement as well. The

reference-value scale implies the **exact** description of the experiment needed for its reproduction, so that it can be applied in the same conditions everywhere and at any time.

Most quantities are *additive quantities*, whose addition can be precisely and unequivocally defined (length, mass, time, electric **current**, energy, etc.). Other quantities, called *non-additive quantities*, behave differently in this respect (temperature defined by IPTS, hardness, pH, photographic film sensitivity, etc.).

### 3.1. Additive quantities

The additive quantities are characterized by a clear physical meaning of their addition and multiplication by a numerical factor : we can speak about the sum of two or more lengths, masses, forces, voltages, etc. We can equally say that a length is K times greater than another length, a mass is K times greater than another mass, etc. For the addition of such quantities simple physical experiments can be imagined : measures of lengths placed end to end, weights put on the same **pan** of a balance, etc.

The reference-value scale for additive quantities is constructed making use of their additive properties. For example, to **construct** the length reference-value scale, rulers of length equal to the unit of length are **juxtaposed**; fractions of the unit may be determined by using identical pairs of rulers of 1/2, 1/4, 1/8 ... of the unit and so forth. Similar procedures are available for producing reference-value scales for mass, for time, etc. It is obvious that the described operation consists essentially of a *repeated summation of the unit of measurement*. In order to define an additive quantity, it is therefore sufficient to adopt the unit of measurement. The quantity may be expressed by the product of a number  $v$  and a unit of measurement  $u$  :

$$x = v \cdot u \quad (3)$$

When the unit is changed, the number is inversely proportional to the unit, allowing simple conversion factors to be used.

### 3.2. Non-additive quantities

The addition and multiplication by a numerical factor of non-additive quantities are, in general, physically meaningless. Thus, in the case of a temperature defined by the IPTS, it is useless to speak of the sum of two temperatures, or say that a given temperature is two or three times greater than another temperature. Similarly, we can not speak of the sum of two hardness values, of two pH values, etc.

The reference-value scale for non-additive quantities is defined by conventionally adopting a number of reference values (« fixed points ») and of interpolation relationships. A numerical value is assigned to every reference value of the scale. At the same time, it is necessary to describe the method of measurement.

For non-additive quantities, the relationship  $x = v \cdot u$  between the quantity, the number and the unit of measurement no longer holds. When the symbol of the unit is written after a numerical value, for example  $-16^{\circ}\text{C}$ , this does not mean a multiplication of the numerical value and the unit. In this case, the symbol  $^{\circ}\text{C}$  simply shows that the respective temperature has been expressed by using the Celsius temperature scale. The fact that in the case of non-additive quantities multiples of the unit are practically not used, is an indication that we intuitively avoid the multiplication by numerical factors of these quantities. Even the transition from a unit to another requires a more complicated relationship (e.g. the conversion formula from Fahrenheit to Celsius degrees).

### 3.3. The definition of the unit of measurement

It follows from the above considerations that each quantity and its unit of measurement should be defined by adopting a reference-value scale. The difference between the additive and the non-additive quantities consists merely in the fact that for the former the scale can be constructed by superposition (and the only arbitrary choice is that of the unit of measurement), whereas for the latter the adoption of more reference values is necessary (thus, the simple choice of a unit of measurement is not sufficient).

In this light, we believe that the difficulty of defining the pair of terms « unit of measurement » and « value of a quantity » can be avoided. Indeed, in the usual version, these definitions are not independent of each other but form a vicious circle. As a matter of fact, the unit of measurement may be defined as an « element of the set of states (of the given quantity) which corresponds to the element 1 of the set of real numbers, in accordance with the adopted reference-value scale ».

#### 4. On the sources of errors

Errors of measurement are classified according to several criteria, such as mode of expression (absolute, relative, reduced), occurrence in repeated measurements (systematic, random), time variation of the measurand (static, dynamic), conditions of measurement (intrinsic, complementary), etc.

Our feeling is that a general classification of the errors of measurement according to the possible *sources* generating them is also needed\*.

Fig. 3, showing the main factors involved in a measurement, suggests that errors of measurement can originate from :

- the measuring instrument,
- the object under measurement,
- the instrument-object interaction, and
- the environment.

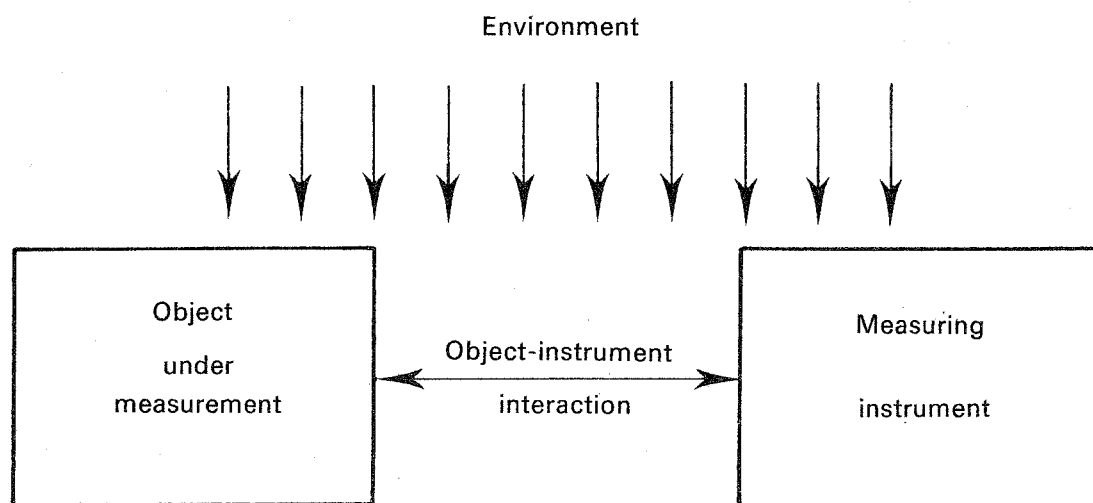


Fig. 3

Main sources of errors in a measurement

These errors may be called « instrumental error », « modeling error », « interaction error », and « environmental error » respectively.

*Instrumental error* : error originating from the instrument used for the measurement. Instrumental errors are dealt with in detail in VML (1978), deserving no further comments.

\* In part, these ideas may be found in the Romanian standard STAS 2872-74 « Errors of measurement. Terminology ».

*Modeling error* : error due to the replacement of the object under measurement by a more or less idealized model.

In a process of measurement, the object under measurement is necessarily subjected to a mathematical and physical idealization. In this way, certain of its properties, characteristic quantities and imperfections are disregarded. Examples : measurement of the diameter of a rod whose cross section is not exactly circular ; measurement of the density of a nonhomogeneous substance ; measurement of the RMS value of a nonsinusoidal AC voltage with an average-value voltmeter.

When the measurand exhibits a time dependence, the results of repeated measurements show a dispersion, that may also be considered as a modeling error (the adopted model assumes a constant measurand).

Errors due to influence quantities arising from the object under measurement may equally be included in the category of modeling errors (considering that the model is free of influence quantities).

*Interaction error* : error due to the disturbing effect exerted by the instrument on the object under measurement.

The instrument-object interaction results in an energy exchange. The disturbance caused by this effect depends on the energy required by the instrument in a measurement, as compared to the available energy of the object under measurement.

As a consequence, the measurand reaches a value which differs from that it had before the measurement. Examples : deformation of the test object caused by a mechanical length measuring instrument ; temperature change of a fluid caused by the immersion of a thermometer ; power consumption of a voltmeter from the circuit in which the voltage is measured.

*Environmental error* : error due to factors external to the object under measurement and the measuring instrument.

It is supposed that the external factors mentioned in the definition can act on both the object under measurement and the measuring instrument.

Examples : errors due to atmospheric temperature, humidity, pressure ; errors due to gravitational, electric, magnetic, electromagnetic and other fields of external origin ; errors due to the operator.

## 5. Main types of instrumental errors

An important classification criterion of instrumental errors is their dependence on the measured value. From this point of view, four most significant types of errors may be distinguished, which might be called « offset error », « sensitivity error », « linearity error » and « hysteresis error ». Fig. 4 illustrates these errors, for the simplest case of a linear transfer function  $y = f(x)$ .

*Offset error* : instrumental error independent of the measured value (constant absolute error within the measuring range of the instrument). The offset error is equivalent to the zero error.

*Sensitivity error* : instrumental error proportional to the measured value (constant relative error within the measuring range of the instrument).

*Linearity error* : instrumental error exhibiting a nonlinear dependence on the measured value. It is usually defined as a deviation from the « best straight line » (the instrument transfer characteristic after subtraction of offset and sensitivity errors).

*Hysteresis error* : instrumental error depending on the values of the measurand taken in previous measurements. In practice, the hysteresis error is determined as the difference between the indications of the instrument when the same value of the measurand is reached by slowly increasing or decreasing it.



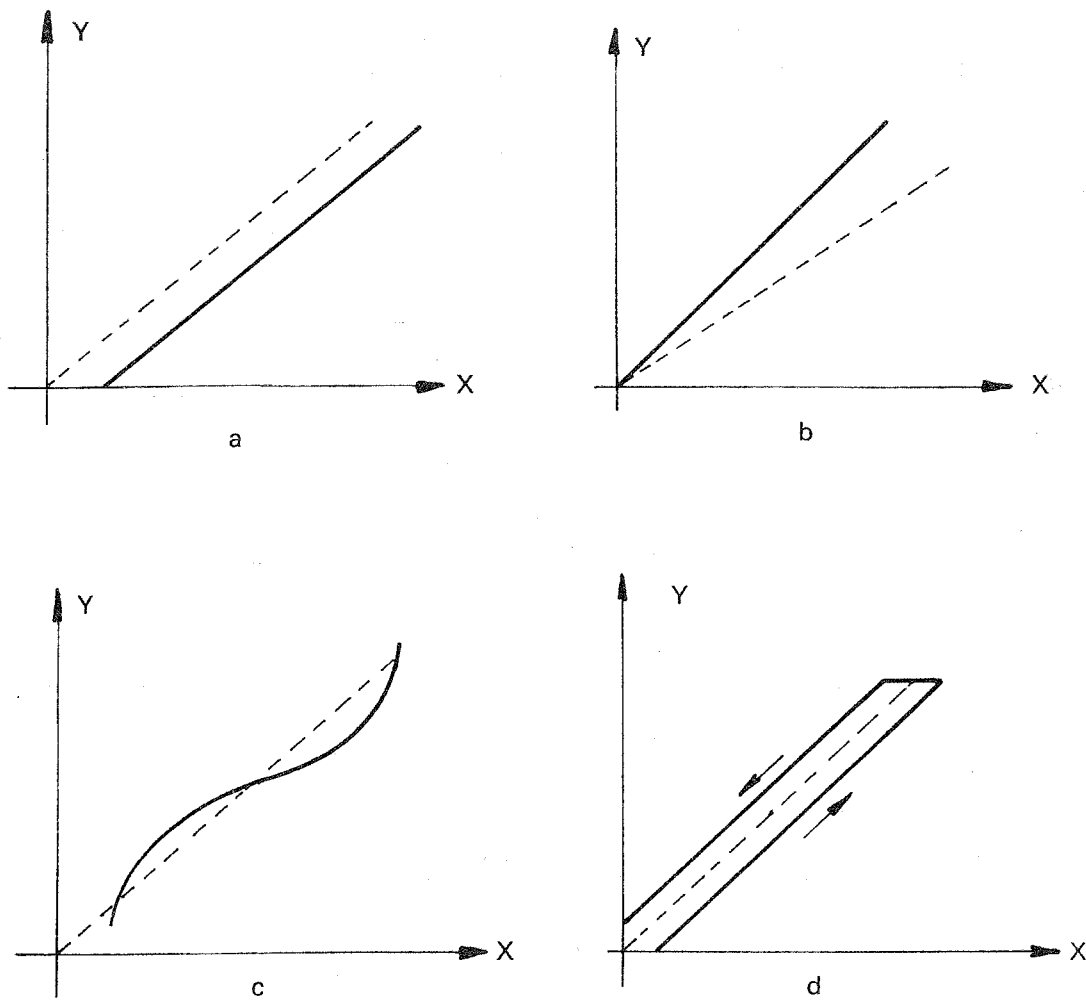


Fig. 4

Main types of instrumental errors : a. Offset error - b. Sensitivity error  
 c. Linearity error - d. Hysteresis error

In general, most instrumental errors in practice are combinations of these four types of errors.

Instrumental errors may best be characterized by setting permissible limits upon each of these errors.

## 6. The terms « sensitivity », « resolution » and « discrimination threshold »

The terms « sensitivity », « resolution », « discrimination » and « discrimination threshold » are frequently given different meanings in metrology. A possible interpretation of these concepts, taking account of the actual practice, is as follows.

The *sensitivity* of a measuring instrument is the quotient of a small variation of its output quantity and the corresponding variation of the measurand :

$$S = \frac{dy}{dx} \quad (4)$$

The output  $y$  of analog instruments may be expressed in number of scale intervals, angle or displacement. In the case of instruments with electrical output (transducers),  $y$  is usually a voltage or a current. The concept of sensitivity is in general not applicable to digital instruments.

The *resolution* of a measuring instrument is the smallest change in the measurand that can be noticed on the indicating device of the instrument.

The fact has to be emphasized that if so defined, the resolution depends solely on the indicating device of the instrument. It is given by a scale interval or a fraction thereof (for analog instruments), by a digit (for digital instruments), etc. The resolution may equally be expressed in units of the measurand or in relative units.

The *discrimination threshold* of a measuring instrument is the smallest change of the measurand that can be evaluated with the instrument, in given operating conditions of the respective instrument.

The discrimination threshold depends on :

- the resolution of the instrument ;
- the fluctuations of the indication due to internal or external disturbing factors (noise, interference, instability, etc.) ;
- the sensitivity of the null detector (in instruments based on a null method of measurement).

Thus, the discrimination threshold is at least equal or higher than the resolution.

The triplet of characteristics « sensitivity », « resolution » and « discrimination threshold » describes satisfactorily the behaviour of the instrument undergoing small variations of the measurand.

The sensitivity may be regarded as a transfer characteristic of the instrument, the resolution as an output characteristic and the discrimination threshold as an input characteristic.

A particular significance of these terms is often found in relation with instruments using null methods of measurement. For example, in a DC resistance bridge, the resolution is given by the balancing device of the bridge (one digit on the last decade or one division on the slidewire indicator), whereas the discrimination threshold is determined by the null detector of the bridge.

## 7. Conclusion

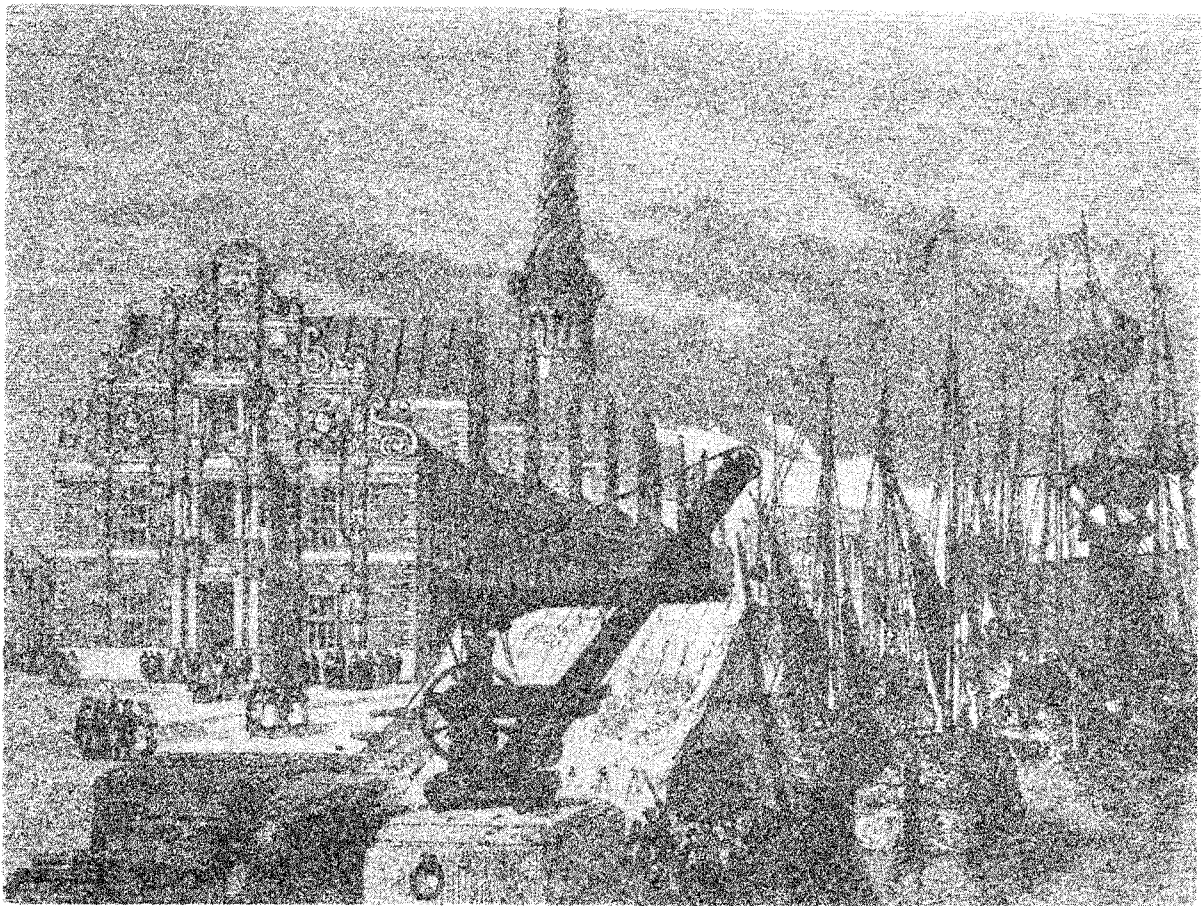
Several basic concepts in metrology have been discussed, attempting a more logical presentation as a basis for better terminology and definitions. Although certain ideas emerge from the modern theory of measurement, a more practical rather than abstract approach was sought with a view of adapting these concepts to applied metrology.

## REUNIONS

---

Groupes de travail	Dates	Lieux
SP 7 - Sr 2    Mesure des masses. Généralités. Dispositifs électroniques	} 19-23 sept. 1983	ALEXANDRIA U.S.A.
SP 2 - Sr 6    Instruments électroniques		
SP 11 - Sr 3    Balances manométriques	sept. 1983 <i>(provisoire)</i>	BRATISLAVA TCHECOSLOVAQUIE
SP 5 - Sr 16    Compteurs d'eau	3e trimestre 1983 <i>(provisoire)</i>	EAST KILBRIDE ROYAUME-UNI
SP 5 - Sr 15    Compteurs et ensembles de mesure de liquides cryogéniques	novembre 1983 ou début 1984 <i>(provisoire)</i>	PARIS FRANCE
SP 27            Principes généraux de l'utilisation des matériaux de référence en métrologie légale	novembre 1983 <i>(provisoire)</i>	MINSK U.R.S.S.
SP 22            Principes du contrôle métrologique	1er trim. 1984 <i>(provisoire)</i>	PARIS FRANCE

---



### **19e REUNION DU COMITE INTERNATIONAL DE METROLOGIE LEGALE**

Le Comité International de Métrologie Légale (CIML) a tenu sa 19e réunion à Copenhague (Danemark) du 3 au 5 mai 1983, commémorant ainsi le tricentenaire de la première Loi Danoise sur les Poids et Mesures édictée le 1er mai 1683 par le Roi Christian V.

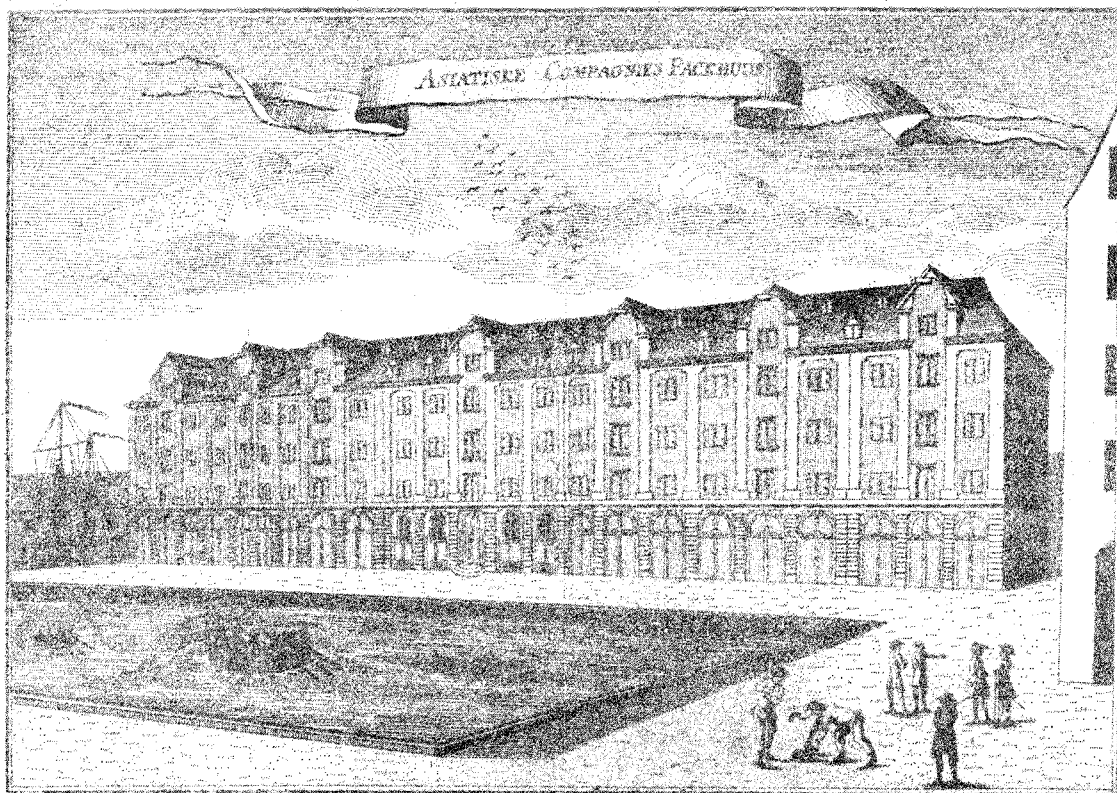
La session a été officiellement ouverte par Mr STETTER, Ministre Danois de l'Industrie et par Mr BEYER, Président du Conseil de Métrologie.

Sous la direction de Mr BIRKELAND, son Président, le Comité a ensuite examiné l'ensemble des aspects administratifs, financiers et techniques relatifs à l'OIML. Une attention particulière a été portée aux problèmes de planification des travaux et de politique à long terme ainsi qu'à la certification. Deux Secrétariats-rapporteurs dans le domaine de la pollution de l'eau et des pesticides et substances toxiques, seront mis en activité. Tous les deux seront placés sous la responsabilité des Etats-Unis d'Amérique.

Par ailleurs, deux projets de Recommandations, sur les sonomètres et les humidimètres pour grains de céréales et graines oléagineuses, ont été adoptés à titre provisoire avant leur sanction définitive par la Conférence en octobre 1984.

Enfin, le Comité a, à l'unanimité, élu son deuxième Vice-Président en la personne de Mr le Prof. Dr.-Ing. W. MÜHE, Membre du CIML, République Fédérale d'Allemagne.

La dernière demi-journée a permis aux participants de visiter le « Musée des Techniques » près d'Elseur, où une exposition spéciale consacrée aux poids et mesures au Danemark a été inaugurée.



### **19th MEETING OF THE INTERNATIONAL COMMITTEE OF LEGAL METROLOGY**

The International Committee of Legal Metrology (CIML) held its 19th meeting in Copenhagen (Denmark) from 3 to 5 May 1983, thus commemorating the tricentenary of the first Danish Law on Weights and Measures which was introduced by King Christian V on the 1st of May 1683.

The meeting was officially opened by Mr. STETTER, Danish Minister for Industry and by Mr. BEYER, President of the Metrology Council.

Under the chairmanship of Mr. BIRKELAND, its President, the Committee then examined the whole of the administrative, financial and technical aspects relative to OIML. Particular attention was given to the problems of planning of work and long-term policy and also of certification. Two Reporting Secretariats in the field of water pollution and pesticides and toxic substances will be set up. Both will be placed under the responsibility of U.S.A.

Furthermore, two draft Recommendations, for sound level meters and for moisture meters for cereal grains and oilseeds, were provisionally adopted before their final sanction by the Conference in October 1984.

Finally, the Committee has unanimously elected its second Vice-President in the person of Prof. Dr.-Eng. W. MÜHE, CIML Member for the Federal Republic of Germany.

During the last half-day the participants were given a chance to visit the « Technical Museum » near Elsinor in which a special exhibition of Weights and Measures in Denmark was opened.

## INFORMATIONS

### MEMBRES DU COMITE

La composition du Comité International de Métrologie Légale (CIML) a subi, au cours de ces derniers mois, les modifications suivantes :

ESPAGNE — Monsieur Manuel CADARSO MONTALVO a été désigné pour représenter son Pays au Comité. Cette place était vacante depuis le départ à la retraite de Monsieur Roberto RIVAS en 1981.

INDE — Monsieur S. HAQUE, nouveau Directeur, Weights & Measures, représente son Pays au Comité, en remplacement de Monsieur S. CHANDRASEKHARAN, appelé à d'autres fonctions.

JAPON — Monsieur M. KAWATA a été nommé Président de Agency of Industrial Science and Technology. Son successeur à la Direction Générale du National Research Laboratory of Metrology, Monsieur Kozo IIZUKA, a été désigné pour représenter son Pays au Comité.

SRI LANKA — Monsieur H.L.K. GOONETILLEKE nous a informé de son départ à la retraite. Nous attendons la prochaine désignation de son successeur.

VENEZUELA — Monsieur Hernan REYES CABRERA occupe les fonctions de Directeur du Servicio Nacional de Metrologia, en remplacement de Monsieur A. PEREZ GUANCHEZ, et représente son Pays au CIML.

### INDEX KWIC DES NORMES INTERNATIONALES

L'ISO vient de publier un répertoire comprenant les titres de normes édités par 24 organisations internationales dont l'OIML.

Dans ce répertoire la désignation de chaque document apparaît sous tous les mots-clefs importants qui figurent dans son titre. Les mots-clefs sont disposés par ordre alphabétique dans une colonne au centre de la page, le reste du titre étant placé de droite et de gauche sur la même ligne dans la mesure de l'espace disponible. Chaque document figure par conséquent dans le répertoire autant de fois qu'il y a de mots-clefs dans le titre.

Cette présentation relevant de l'informatique permet à l'utilisateur de rechercher rapidement un document même sans en connaître le titre exact. Selon l'ISO, de telles recherches sont de plus en plus nécessaires. Citons l'ISO :

« La nécessité d'une identification rapide de toutes les normes internationales dans un domaine donné est devenue de plus en plus importante compte tenu des engagements gouvernementaux dans le cadre de *l'Accord sur les obstacles techniques au commerce du GATT*, dénommé *Code de la normalisation du GATT*. Ce dernier oblige les signataires à veiller à ce que les règlements techniques élaborés pour leur pays tiennent compte des normes internationales et à encourager également les organismes non-gouvernementaux, qui peuvent s'occuper de normalisation au plan national, à faire de même.

L'index KWIC des normes internationales devrait donc devenir une source de référence essentielle pour les autorités gouvernementales nationales, les organismes à activités normatives et les bibliothèques techniques. »

On peut se procurer l'index KWIC auprès des organismes nationaux de normalisation membres de l'ISO.

### COMMISSION DES COMMUNAUTES EUROPEENNES

Le Journal Officiel des Communautés Européennes L 252 du 27 août 1982 publie les directives suivantes :

82/621/CEE : Directive de la Commission, du 1er juillet 1982, portant adaptation de la directive 76/891/CEE du Conseil concernant le rapprochement des législations des Etats membres relatives aux compteurs d'énergie électrique.

82/622/CEE : Directive de la Commission, du 1er juillet 1982, portant deuxième adaptation au progrès technique de la directive 73/360/CEE du Conseil concernant le rapprochement des législations des Etats membres relatives aux instruments de pesage à fonctionnement non automatique.

82/623/CEE : Directive de la Commission, du 1er juillet 1982, portant troisième adaptation au progrès technique de la directive 71/318/CEE du Conseil concernant le rapprochement des législations des Etats membres relatives aux compteurs de volume de gaz.

82/624/CEE : Directive de la Commission, du 1er juillet 1982, portant adaptation au progrès technique de la directive 76/765/CEE du Conseil concernant le rapprochement des législations des Etats membres relatives aux alcoomètres et aéromètres pour alcool.

82/625/CEE : Directive de la Commission, du 1er juillet 1982, portant adaptation au progrès technique de la directive 77/313/CEE du Conseil concernant le rapprochement des législations des Etats membres relatives aux ensembles de mesurage de liquides autres que l'eau.

## **ETATS-UNIS D'AMERIQUE**

Le rapport de la « 67th National Conference on Weights and Measures (NCWM) » de 1982 vient d'être publié par le National Bureau of Standards sous la forme de NBS Special Publication No. 645. Ce rapport donne des détails sur un programme important d'approbation de modèle (NTAP) à l'échelon national pour les instruments soumis au contrôle légal. Le rapport fait sur plusieurs points référence à la coopération avec l'OIML. Il fait également une comparaison des lois sur les produits préemballés et donne des détails sur les modifications introduites aux Etats-Unis en ce qui concerne la vérification des instruments de pesage ainsi que sur un nouveau programme de formation d'agents de vérification.

Une autre publication « Calibration and Related Services of the National Bureau of Standards, NBS Special Publication No 250 » vient d'être révisée en 1982. Cette publication décrit les étalonnages qui peuvent couramment être effectués par le NBS ainsi que les programmes d'assurance métrologique. Chaque chapitre spécifique à la grandeur considérée donne des références précieuses à d'autres publications où l'on peut trouver davantage de détails sur les méthodes et techniques de mesure.

La publication « Directory of International and Regional Organizations Conducting Standards-Related Activities, NBS Special Publication No 649 » est un répertoire de 360 pages décrivant les activités de 272 organisations internationales et régionales s'occupant de normalisation, certification, agréments de laboratoires et activités similaires.

## **ROUMANIE**

L'Institut National de Métrologie (INMB), Bucarest, a en plus de ses activités de conservation des étalons nationaux, de dissémination des unités de mesure et d'approbation de modèle, également développé une fabrication à grande échelle d'étalons et instruments de grande exactitude. Un nouveau catalogue de ses produits vient de paraître en langue anglaise, « Products Catalogue », qui comprend 84 pages, chaque page étant réservée à un instrument ou produit différent. Beaucoup de produits inclus sont des instruments utilisés pour la vérification et l'étalonnage : poids en acier inoxydable, thermocouples étalons, manomètres à piston, potentiomètres et ponts de grande exactitude, transformateurs étalons de courant et de tension ainsi que des instruments d'étalonnage pour transformateurs, instruments de mesure de grandeurs magnétiques, détecteurs de zéro, etc. La gamme des produits présentés témoigne de la haute technicité de l'INMB.

## **VENEZUELA**

Nous signalons la parution d'une nouvelle revue en langue espagnole « Metrologia » éditée au Venezuela sous la direction de notre membre du CIML.

Cette revue contient des articles d'intérêt général, des projets de lois et réglementations, approbations de modèle, etc. mais également des articles originaux du domaine de la métrologie scientifique et appliquée.

On retrouve dans le numéro 4 reçu par le Bureau, également traduits en espagnol, des textes publiés par l'OIML ainsi qu'un discours prononcé par son Président.

Le tirage est de 5 000 exemplaires et l'abonnement peut être souscrit à

Revista Metrologia  
Avenida Francisco Javier Ustariz  
Edif. Parque Residencial  
San Bernardino  
Caracas



## INFORMATION

### COMMITTEE MEMBERS

The composition of the International Committee of Legal Metrology (CIML) has, during the last few months, experienced the following changes :

SPAIN — Mr Manuel CADARSO MONTALVO was nominated to represent his Country on the Committee. This position was vacant since the retirement of Mr Roberto RIVAS in 1981.

INDIA — Mr S. HAQUE, the new Director Weights & Measures, represents his Country on the Committee, replacing Mr S. CHANDRASEKHARAN who has been called to other duties.

JAPAN — Mr M. KAWATA was nominated President of the Agency of Industrial Science and Technology. His successor at the General Directorate of the National Research Laboratory of Metrology, Mr Kozo IIZUKA, was nominated to represent his Country on the Committee.

SRI LANKA — Mr H.L.K. GOONETILLEKE has informed us about his retirement. His successor on the Committee is expected to be nominated shortly.

VENEZUELA — Mr Hernan REYES CABRERA is the present Director of the National Service of Metrology replacing Mr A. PEREZ GUANCHEZ and represents his Country on the CIML.

### KWIC — INDEX OF INTERNATIONAL STANDARDS

ISO has just published a directory comprising the titles of standards issued by 24 international organisations including OIML.

In this directory the designation of each document is listed for all important key-words included in its title. The key-words are arranged in alphabetic order in a central vertical column of the page with the remainder of the title to the right and to the left on the same line as space permits. Each document is thus entered as many times as there are key-words in the title.

This presentation common in informatics allows rapid research of a document without knowing its exact title. The need for such research has recently increased as according to ISO :

« The need for rapid identification of all international standards in a given field has become increasingly important as a result of government commitments under the *GATT Agreement on Technical Barriers to Trade*, otherwise referred to as the *GATT Standards Code*. This obliges signatories to ensure that technical regulations drafted for their countries take account of international standards and to encourage even non-governmental bodies, which may be engaged in standardization at national level, to take similar action.

The KWIC index of international standards should therefore become a key reference source for national governmental authorities, standards bodies and technical libraries. »

The KWIC Index may be purchased from the national standards organisations members of ISO.

### COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES

The Official Journal of the European Communities L252 of 27 August 1982 published the following directives :

82/621/EEC : Commission Directive of 1 July 1982 adapting to technical progress Council Directive 76/891/EEC on the approximation of the laws of the Member States relating to electrical energy meters.

82/622/EEC : Commission Directive of 1 July 1982 adapting to technical progress for the second time Council Directive 73/360/EEC on the approximation of the laws of the Member States relating to non-automatic weighing machines.

82/623/EEC : Commission Directive of 1 July 1982 adapting to technical progress for the third time Council Directive 71/318/EEC on the approximation of the laws of the Member States relating to gas volume meters.

82/624/EEC : Commission Directive of 1 July 1982 adapting to technical progress Council Directive 76/765/EEC on the approximation of the laws of the Member States relating to alcoholometers and alcohol hydrometers.

82/625/EEC : Commission Directive of 1 July 1982 adapting to technical progress Council Directive 77/313/EEC on the approximation of the laws of the Member States relating to measuring systems for liquids other than water.

## **U.S.A.**

The NBS Special Publication No 645 is the « Report of the 67th National Conference on Weights and Measures (NCWM), 1982 ». The report gives details about an important National Type Approval Programme (NTAP) for instruments subject to legal control. The report makes frequent references to cooperation with OIML. It also makes a comparison of packaging laws, gives details of modified test procedures for weighing machines as well as about the new National Training Programme for Weights and Measures officials.

The NBS Special Publication No 250 « Calibration and Related Services of the National Bureau of Standards » has been revised in 1982. This publication provides descriptions of the currently available NBS calibration services, special test services and measurement assurance programs. Each section describing specific services contains valuable references to other publications giving more detail about the measurement techniques and procedures used.

The NBS Special Publication No 649 « Directory of International and Regional Organizations Conducting Standards-Related Activities » has been compiled by the Office of Product Standards Policy of the National Bureau of Standards. It describes on 360 pages the work of 272 organisations which conduct standardization, certification, laboratory accreditation and related activities.

## **ROMANIA**

The National Institute of Metrology (INMB), Bucharest, has in addition to its tasks of maintaining the primary national standards, disseminating the units of measurement and carrying out pattern approval of measuring instruments, developed a large-scale manufacturing of standards and highly accurate instruments. A new « Products Catalogue » in English has recently been issued comprising 84 pages, each page covering a different product. Many of the items included concern instruments used in verification and calibration laboratories : stainless steel weights, deadweight manometers, load cells, standard thermocouples, potentiometers and bridges of high accuracy, voltage and current transformer standards and calibrators, null detectors, etc, etc. The range of products described is a witness of the high technical standing of INMB.

## VENEZUELA

We draw the attention to a new review in Spanish language « Metrologia » edited in Venezuela under the direction of our CIML member.

This review contains papers of general interest, draft laws and regulations, pattern approvals, etc but also original articles within the fields of scientific and applied metrology.

Extracts of OIML publications and a speech by its President are reproduced in Spanish translation in the number 4 of this review received by BIML.

The publication is printed in 5 000 copies and subscriptions may be applied for to

Revista Metrologia  
Avenida Francisco Javier Ustariz  
Edif. Parque Residencial  
San Bernardino  
Caracas

## CENTRE DE DOCUMENTATION

### Documents reçus au cours du 2e trimestre 1983

#### BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES — BIPM

Recueil de Travaux du BIPM Volume 7, 1979-1980

Comité Consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées 1re Session - 1981

#### ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION — ISO

ISO Memento, 1983

ISO Catalogue, 1983

KWIC Index of International Standards, 1983

Normes Internationales (en fr. et ang.) :

ISO 1042-1983 : Verrerie de laboratoire - Fioles jaugées à un trait

#### COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE — CEI

Répertoire/Directory, 1983

#### COMMUNAUTE ECONOMIQUE EUROPEENNE — CEE

Journal Officiel des Communautés européennes : L 252 du 27-8-1982 (fr. et ang.) :

Directive 82/621/CEE du 1-7-1982, portant adaptation de la directive 76/891/CEE concernant le rapprochement des législations des Etats membres relatives aux compteurs d'énergie électrique

Directive 82/622/CEE du 1-7-1982, portant deuxième adaptation au progrès technique de la directive 73/360/CEE concernant le rapprochement des législations des Etats membres relatives aux instruments de pesage à fonctionnement non automatique

Directive 82/623/CEE du 1-7-1982, portant troisième adaptation au progrès technique de la directive 71/318/CEE concernant le rapprochement des législations des Etats membres relatives aux compteurs de volume de gaz

Directive 82/624/CEE du 1-7-1982, portant adaptation au progrès technique de la directive 76/765/CEE concernant le rapprochement des législations des Etats membres relatives aux alcoomètres et aréomètres pour alcool

Directive 82/625/CEE du 1-7-1982, portant adaptation au progrès technique de la directive 77/313/CEE concernant le rapprochement des législations des Etats membres relatives aux ensembles de mesurage de liquides autres que l'eau

#### CONSEIL D'ASSISTANCE MUTUELLE ECONOMIQUE — SEV

Secretariat, normes (en russe)

ST SEV 403-76 : Métrologie. Précision des étalons. Méthodes de l'expression

ST SEV 629-77 : Echelle pH des solutions aqueuses

ST SEV 630-77 : Métrologie. Aréomètres. Valeurs de coefficients de tension superficielle des liquides

ST SEV 717-77 : Métrologie. Poids jusqu'à 50 kg. Prescriptions techniques fondamentales. Méthodes de vérification

ST SEV 718-77 : Métrologie. Manomètres à piston. Méthode de vérification

ST SEV 720-77 : Métrologie. Mesures de longueurs à bouts plans

ST SEV 721-77 : Métrologie. Mesures de longueurs à bouts plans. Méthodes de vérification des mesures étalons

ST SEV 1052-78 : Métrologie. Unités de grandeurs physiques

ST SEV 1053-78 : Métrologie. Réservoirs de stockage, mesureurs cylindriques verticaux. Méthodes géométriques de jaugeage

ST SEV 1054-78 : Métrologie. Mesures-étalons métalliques de capacité. Prescriptions techniques. Méthodes et moyens de vérification

ST SEV 1055-78 : Métrologie. Blocs de référence de dureté. Prescriptions techniques. Méthodes de vérification

- ST SEV 1056-78 : Métrologie. Compérateurs et transformateurs thermoélectriques de courant alternatif et continu. Méthodes de vérification
- ST SEV 1057-78 : Métrologie. Thermomètres de travail à résistance. Prescriptions techniques générales
- ST SEV 1058-78 : Métrologie. Thermomètres de travail à résistance. Méthodes de vérification
- ST SEV 1059-78 : Métrologie. Thermomètres thermoélectriques de travail. Prescriptions techniques générales
- ST SEV 1060-78 : Métrologie. Thermomètres thermoélectriques de travail. Méthodes de vérification
- ST SEV 1061-78 : Métrologie. Lampes-étalons à ruban de tungstène. Attestation métrologique
- ST SEV 1062-78 : Métrologie. Thermomètres-étalons électriques à résistance de platine. Prescriptions générales techniques
- ST SEV 1708-78 : Métrologie. Prescriptions générales concernant l'essai et l'approbation de modèle d'instruments de mesure
- ST SEV 1709-79 : Métrologie. Ampèremètres, voltmètres, wattmètres, varmètres. Méthodes de vérification
- ST SEV 1710-79 : Métrologie. Thermomètres-étalons électriques à résistance de platine. Méthode de vérification
- ST SEV 1973-79 : Métrologie. Unités de grandeurs physiques. Symboles des unités pour l'impression avec un jeu réduit de caractères
- ST SEV 1974-79 : Métrologie. Manomètres à éléments récepteurs élastiques. Méthodes de vérification
- ST SEV 2607-80 : Métrologie. Pieds à coulisse. Méthodes et moyens de vérification
- ST SEV 2608-80 : Métrologie. Diviseurs de tension mesureurs à courant continu. Méthodes de vérification
- ST SEV 2609-80 : Métrologie. Mesures-étalons de la force électromotrice. Méthodes de vérification
- ST SEV 2610-80 : Mesures de la résistance électrique. Méthode de vérification
- ST SEV 2612-80 : Métrologie. Inclinomètres. Méthodes et moyens de vérification
- ST SEV 3068-81 : Métrologie. Manomètres et vacuomètres avec dispositifs de contact. Méthodes de vérification
- ST SEV 3069-81 : Métrologie. Manomètres, manovacuumètres et vacuomètres avec indication à distance. Méthodes de vérification
- ST SEV 3070-81 : Métrologie. Manomètres, manovacuumètres et vacuomètres enregistreurs. Méthodes de vérification
- ST SEV 3071-81 : Métrologie. Compensateurs à courant continu. Méthodes de vérification
- ST SEV 3073-81 : Métrologie. Compteurs usuels d'énergie électrique. Méthodes de vérification
- ST SEV 3074-81 : Métrologie. Générateurs d'impulsions. Méthodes de vérification

COMMONWEALTH SCIENCE COUNCIL/UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION — CSC/UNESCO

CSC (82) MS-19 : Report on a Intercomparison of temperature standards (Sept. 1982)

AFRICAN REGIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION — ARSO

Annual Report for the year ending Dec. 1981

INDUSTRIAL GASES COMMITTEE — IGC

IGC Note technique 1/78 : Activité et objet

REPUBLIQUE FEDERALE D'ALLEMAGNE

Physikalisch- Technische Bundesanstalt

Anforderungen und Prüfungsbestimmungen der PTB (PTB-Anforderungen) für Selbsttätige Waagen zum Abwägen (SWA) nach Anlage 10 Abschnitt 1 der Eichordnung  
 Anforderungen und Prüfungsbestimmungen der PTB (PTB-Anforderungen) für Selbsttätige Waagen zum diskontinu erlichen Wägen (SWW) nach Anlage 10 Abschnitt 2 des Eichordnung

Entwurf vom Januar 1983 zur Neufassung der Eichordnung Anlage 15 Abschnitt 2 (EO 15-2) Medizinische Elektrothermometer

Anforderungen und Prüfungsbestimmungen der PTB (PTB-Anforderungen) für Medizinische Elektrothermometer für die Bauartzulassung zur Eichung

## REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE ALLEMANDE

Amt für Standardisierung, Messwesen und Warenprüfung

ASMW-VM 200 (7-1982) : **V**olumen ; Volumenmessmittel ; Allgemeine Festlegungen für die Zulassung und **E**ichung

TGL 190-360/01 (4-1978) : **G**asfortleitungs - und - Verteilungsanlagen ; Gasdruck-Regelanlagen ; Technische **F**orderungen

TGL 190-379/12 (5-1980) : **G**aswirtschaft ; Begriffe ; Gasvolumenmessung

TGL 34126 (9-1977) : Gas ; **B**ezugszustand ; Normzustand-Standardzustand

Richtlinie zur Ermittlung der **E**insatzbedingungen für Gasmengenmesseinrichtungen (1-2-1982)

## AUTRICHE

Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen

La Métrologie Légale en Autriche (all., fr., ang.) avril 1982

## CANADA

Direction de la métrologie légale

La Participation Canadienne à l'OIML, 1983

## CUBA

Comite Estatal de Normalizacion

NC 67-02 (Abril 1982) : Recipientes cilindricos horizontales para gas licuado. Parametros y dimensiones principales

NC 97-30 (Junio 1982) : Identificacion de las partes de los embalajes para los ensayos

NC 03-00-01 (Nov. 1980) : Sistema Unico de Documentacion Tecnologica. Principios generales

NC 03-01-08 (Nov. 1980) : Sistema Unico de Documentacion Tecnologica. Control normalizativo

NC 03-01-09 (Nov. 1980) : Sistema Unico de Documentacion Tecnologica. Terminos y definiciones

NC 03-05-01 (Nov. 1980) : Sistema Unico de Documentacion Tecnologica. Control de la calidad del proceso tecnologico. Reglas de presentacion de los documentos

NC 03-05-02 (Nov. 1980) : Sistema Unico de Documentacion Tecnologica. Reglas de presentacion de la carta de mediciones

NC 03-05-03 (Nov. 1980) : Sistema Unico de Documentacion Tecnologica. Reglas de presentacion de los documentos para los ensayos

NC 90-01-28 (Sept. 1981) : Medidor de calibre interior con indicador con valor de division de 10  $\mu$ m y limite de medicion hasta 1000 mm. Metodos y medios de verificacion

NC 90-06-26 (Nov. 1981) : Medidas de masa patrones de 5 ; 10 y 20 kg. Especificaciones de calidad

NC 90-14-10 (Nov. 1981) : Termometros termoelectricos de platino rodioplatino. Metodos y medios de verificacion

NC 90-15-23 (Dic. 1981) : Amperímetros, voltímetros, wattímetros y varímetros de trabajo. Metodos y medios de verificacion (Metodo de comparacion)

NC 90-15-24 (Dic. 1981) : Cajas de resistencia de corriente directa. Metodos y medios de verificacion

NC 90-19-08 (Feb. 1982) : Generadores de senales de alta frecuencia 0,1 hasta 35 MHz. Metodos y medios de verificacion

NC 90-19-09 (Mayo 1982) : Osciloscopios. Metodos y medios de verificacion

## DANEMARK

Dansk Institut for Provnig og Justering

Takster pr. 1. April 1983

## ETATS-UNIS D'AMERIQUE

National Bureau of Standards

NBS Special Publication 645 : Report of the 67th National Conference on Weights and Measures, 1982

NBS Special Publication 250 : Calibration and related Measurement Services of the NBS (1982 Edition)

## FRANCE

Association Française de Normalisation  
Catalogue AFNOR 1983

### Réglementation métrologique

Décret n° 82-768 du 9-9-1982 : Organisation de l'Administration centrale du ministère de la Recherche et de l'Industrie modifié par décret n° 82-824 du 28-9-1982  
Arrêté du 19-10-1982 relatif au recrutement des techniciens de la métrologie  
Arrêté n° 82-105/A du 10-11-1982 relatif à la publicité des prix de vente à l'unité de mesure de certains produits préemballés

## JAPON

Japan Electric Meters Inspection Corporation  
Outline of the JEMIC, 1982

Agency of Industrial Science and Technology  
AISI Tsukuba Research Center, 1982

## PAYS-BAS

Dienst van het IJkwezen  
IJKwetgeving I, Aanvulling nr. 30 (Febr. 1983)

## POLOGNE

Polski Komitet Normalizacji Miar i Jakości  
Dziennik Normalizacji i Miar : Nr. 20, 21-1982

## ROUMANIE

National Institute of Metrology  
Products Catalogue, 1983

## ROYAUME UNI DE GRANDE-BRETAGNE ET D'IRLANDE DU NORD

National Physical Laboratory  
Points of Contact, 1983 - A brief Guide and Directory

National Weights and Measures Laboratory  
Statutory Instruments 1983 N° 530 : Weights and Measures - The Measuring Instruments (EEC Requirements) (Amendment) Regulations 1983

## SUEDE

Statens Provningsanstalt  
SPFS 1982:19 (LM:Q 02) Allmänna bestämmelser vid beställning av typkontroll av värmemätare 13-12-1982  
SPFS 1982:20 (LM:Q 01) Kontrollbestämmelser för värmemätare 13-12-1982  
SPFS 1983:6 (LM:J 01) Allmänna föreskrifter om kröning av redskap 28-2-1983

## TANZANIE

The Weights and Measures Act, 1982 (N° 20 of 1982)

## URSS

Gosudarstvennyi Komitet SSSR po Standartam  
State system for ensuring the uniformity of measurements :  
Gost 8.001-80 Rules for conducting the state tests of measuring means  
Gost 8.018-82 State primary standard and state verification schedule for means measuring temperature coefficient of linear expansion in the range from 90 to 1800 K  
Gost 8.034-82 State primary standard and state verification schedule for means measuring exposure dose, exposure dose rate and fluent energy of X and gamma radiation

- Gost 8.035-82 State primary standard and state verification schedule for means measuring absorbed dose and absorbed dose rate of beta-radiation
- Gost 8.117-82 Diode slideback voltmeters. Methods and means of verification
- Gost 8.198-76 State special standard and state verification schedule for means measuring impulse coherent radiation power in the wavelength range from 0.4 to 10.6  $\mu\text{m}$
- Gost 8.278-78 (ST SEV 2608-80) D.C. measuring voltage dividers. Methods and means of verification
- Gost 8.302-78 Compensated fluid micromanometers with micrometric screw, type 250 MKB. Methods and means of verification
- Gost 8.315-78 Reference materials. Basic statements
- Gost 8.383-80 State tests of means for measurements. General statements
- Gost 8.384-80 Organization and procedures for metrological analysis of technical requirements to the development of measuring apparatus
- Gost 8.470-82 State verification schedule for means of measuring volume of liquid
- Gost 8.471-82 (ST SEV 2606-80) Machines for textile web lengths measuring. Methods and means of verification
- Gost 8.472-82 Piezoabsorption hygrometers. Methods and means of verification
- Gost 8.473-82 State special standard and state verification schedule for measuring exposure dose, mean exposure rate, mean energy fluence and mean density of pulsed X ray radiation fluence energy
- Gost 8.474-82 State special standard and state verification schedule for means of measuring out-of-roundness
- Gost 8.475-82 Standard noise figure and equivalent noise temperature of the amplifiers and the receivers. Measuring technique
- Gost 8.476-82 State special standard and state verification schedule for means measuring linear accelerometers in the range of frequencies from 0.5 to 30 Hz
- Gost 8.477-82 State verification schedule for liquid level measuring means
- Gost 8.478-82 (ST SEV 3071-81) D.C. measuring potentiometers. Methods and means of verification
- Gost 8.479-82 (ST SEV 718-77) Piston pressure gauges. Methods and means of verification
- Gost 8.480-82 State verification schedule for means of measuring moisture of grain and grain products

#### VENEZUELA

Nouveau périodique reçu  
 Metrologia Vol. I N° 4 Juin-Juillet 1982



# RECOMMANDATIONS INTERNATIONALES

R.I. N°

- Vocabulaire de métrologie légale (termes fondamentaux)  
*Vocabulary of legal metrology (fundamental terms)*
- 1 — Poids cylindriques de 1 g à 10 kg (de la classe de précision moyenne)  
*Cylindrical weights from 1 g to 10 kg (medium accuracy class)*
- 2 — Poids parallélépipédiques de 5 à 50 kg (de la classe de précision moyenne)  
*Rectangular bar weights from 5 to 50 kg (medium accuracy class)*
- 3 — Réglementation métrologique des instruments de pesage à fonctionnement non automatique  
*Metrological regulations for non automatic weighing machines*
- 4 — Fioles jaugées (à un trait) en verre  
*Volumetric flasks (one mark) in glass*
- 5 — Compteurs de liquides autres que l'eau à chambres mesureuses  
*Meters for liquids other than water with measuring chambers*
- 6 — Prescriptions générales pour les compteurs de volume de gaz  
*General specifications for volumetric gas meters*
- 7 — Thermomètres médicaux (à mercure, en verre, avec dispositif à maximum)  
*Clinical thermometers (mercury -in-glass, with maximum device)*
- 8 — Méthode étalon de travail destinée à la vérification des instruments de mesure du degré d'humidité des grains  
*Standard working method for checking instruments for measuring the moisture content of grain*
- 9 — Vérification et étalonnage des blocs de référence de dureté Brinell  
*Verification and calibration of Brinell hardness standardized blocks*
- 10 — Vérification et étalonnage des blocs de référence de dureté Vickers  
*Verification and calibration of Vickers hardness standardized blocks*
- 11 — Vérification et étalonnage des blocs de référence de dureté Rockwell B  
*Verification and calibration of Rockwell B hardness standardized blocks*
- 12 — Vérification et étalonnage des blocs de référence de dureté Rockwell C  
*Verification and calibration of Rockwell C hardness standardized blocks*
- 14 — Saccharimètres polarimétriques  
*Polarimetric saccharimeters*
- 15 — Instruments de mesure de la masse à l'hectolitre des céréales  
*Instruments for measuring the hectolitre mass of cereals*
- 16 — Manomètres des instruments de mesure de la tension artérielle (sphygmomanomètres)  
*Manometers for instruments for measuring blood pressure (sphygmomanometers)*

- 17 — Manomètres, vacuomètres, manovacuumètres indicateurs (instruments usuels)  
*Indicating pressure gauges, vacuum gauges and pressure-vacuum gauges (ordinary instruments)*
- 18 — Pyromètres optiques à filament disparaissant  
*Optical pyrometers of the disappearing filament type*
- 19 — Manomètres, vacuomètres, manovacuumètres enregistreurs (instruments usuels)  
*Recording pressure gauges, vacuum gauges, and pressure-vacuum gauges (ordinary instruments)*
- 20 — Poids des classes de précision  $E_1$   $E_2$   $F_1$   $F_2$   $M_1$  de 50 kg à 1 mg  
*Weights of accuracy classes  $E_1$   $E_2$   $F_1$   $F_2$   $M_1$  from 50 kg to 1 mg*
- 21 — Taximètres  
*Taximeters*
- 22 — Tables alcoométriques internationales  
*International alcoholometric tables*
- 23 — Manomètres pour pneumatiques de véhicules automobiles  
*Tyre pressure gauges for motor vehicles*
- 24 — Mètre étalon rigide pour agents de vérification  
*Standard one metre bar for verification officers*
- 25 — Poids étalons pour agents de vérification  
*Standard weights for verification officers*
- 26 — Seringues médicales  
*Medical syringes*
- 27 — Compteurs de volume de liquides (autres que l'eau). Dispositifs complémentaires  
*Volume meters for liquids (other than water). Ancillary equipment*
- 28 — Réglementation technique des instruments de pesage à fonctionnement non-automatique  
*Technical regulations for non-automatic weighing machines*
- 29 — Mesures de capacité de service  
*Capacity serving measures*
- 30 — Mesures de longueur à bouts plans (Calibres à bouts plans ou cales-étalons)  
*End standards of length (gauge blocks)*
- 31 — Compteurs de volume de gaz à parois déformables  
*Diaphragm gas meters*
- 32 — Compteurs de volume de gaz à pistons rotatifs et compteurs de volume de gaz à turbine  
*Rotary piston gas meters and turbine gas meters*
- 33 — Valeur conventionnelle du résultat des pesées dans l'air  
*Conventional value of the result of weighing in air*
- 34 — Classes de précision des instruments de mesure  
*Accuracy classes of measuring instruments*

- 35 — Mesures matérialisées de longueur pour usages généraux  
*Material measures of length for general use*
- 36 — Vérification des pénétrateurs des machines d'essai de dureté  
*Verification of indenters for hardness testing machines*
- 37 — Vérification des machines d'essai de dureté (système Brinell)  
*Verification of hardness testing machines (Brinell system)*
- 38 — Vérification des machines d'essai de dureté (système Vickers)  
*Verification of hardness testing machines (Vickers system)*
- 39 — Vérification des machines d'essai de dureté (système Rockwell B, F, T - C, A, N)  
*Verification of hardness testing machines (Rockwell systems B, F, T - C, A, N)*
- 40 — Pipettes graduées étalons pour agents de vérification  
*Standard graduated pipettes for verification officers*
- 41 — Burettes étalons pour agents de vérification  
*Standard burettes for verification officers*
- 42 — Poinçons de métal pour agents de vérification  
*Metal stamps for verification officers*
- 43 — Fioles étalons graduées en verre pour agents de vérification  
*Standard graduated glass flasks for verification officers*
- 44 — Alcoomètres et aréomètres pour alcool  
*Alcoholometers and alcohol hydrometers*
- 45 — Tonneaux et futailles  
*Casks and barrels*
- 46 — Compteurs d'énergie électrique active à branchement direct (de la classe 2)  
*Active electrical energy meters for direct connection (class 2)*
- 47 — Poids étalons pour le contrôle des instruments de pesage de portée élevée  
*Standard weights for testing of high capacity weighing machines*
- 48 — Lampes à ruban de tungstène pour l'étalonnage des pyromètres optiques  
*Tungsten ribbon lamps for calibration of optical pyrometers*
- 49 — Compteurs d'eau (destinés au mesurage de l'eau froide)  
*Water meters (intended for the metering of cold water)*
- 50 — Instruments de pesage totalisateurs continus à fonctionnement automatique  
*Continuous totalising automatic weighing machines*
- 51 — Trieuses pondérales de contrôle et trieuses pondérales de classement  
*Checkweighing and weight grading machines*
- 52 — Poids hexagonaux. Classe de précision ordinaire de 100 g à 50 kg  
*Hexagonal weights. Ordinary accuracy class, from 100 g to 50 kg*
- 53 — Caractéristiques métrologiques des éléments récepteurs élastiques utilisés pour le mesurage de la pression. Méthodes de leur détermination  
*Metrological characteristics of elastic sensing elements used for measurement of pressure. Determination methods*

- 54 — Echelle de pH des solutions aqueuses  
*pH scale for aqueous solutions*
- 55 — Compteurs de vitesse, compteurs mécaniques de distances et chronotachygraphes des véhicules automobiles - Réglementation métrologique  
*Speedometers, mechanical odometers and chronotachographs for motor vehicles. Metrological regulations*
- 56 — Solutions-étalons reproduisant la conductivité des électrolytes  
*Standard solutions reproducing the conductivity of electrolytes*
- 57 — Ensembles de mesure de liquides autres que l'eau équipés de compteurs de volumes. Dispositions générales  
*Measuring assemblies for liquids other than water fitted with volume meters. General provisions.*
- 

## DOCUMENTS INTERNATIONAUX

### D.I. N°

- 1 — Loi de métrologie  
*Law on metrology*
- 2 — Unités de mesure légales  
*Legal units of measurement*
- 3 — Qualification légale des instruments de mesure  
*Legal qualification of measuring instruments*
- 4 — Conditions d'installation et de stockage des compteurs d'eau froide  
*Installation and storage conditions for cold water meters*
- 5 — Principes pour l'établissement des schémas de hiérarchie des instruments de mesure  
*Principles for the establishment of hierarchy schemes for measuring instruments*
- 

Note — Recommandations internationales et Documents internationaux peuvent être acquis au  
*International Recommendations and International Documents may be purchased from*  
Bureau International de Métrologie Légale, 11, rue Turgot, 75009 PARIS.

# ORGANISATION INTERNATIONALE DE MÉTROLOGIE LÉGALE

BUREAU INTERNATIONAL DE MÉTROLOGIE LÉGALE

11, RUE TURGOT — 75009 PARIS — FRANCE

## ETATS MEMBRES

ALGERIE	INDONESIE
REP. FEDERALE D'ALLEMAGNE	IRLANDE
REP. DEMOCRATIQUE ALLEMANDE	ISRAEL
AUSTRALIE	ITALIE
AUTRICHE	JAPON
BELGIQUE	KENYA
BULGARIE	LIBAN
CAMEROUN	MAROC
CANADA	MONACO
CHYPRE	NORVEGE
REP. DE COREE	PAKISTAN
REP. POP. DEM. DE COREE	PAYS-BAS
CUBA	POLOGNE
DANEMARK	ROUMANIE
EGYPTE	ROYAUME-UNI DE GRANDE-BRETAGNE ET D'IRLANDE DU NORD
ESPAGNE	SRI LANKA
ETATS-UNIS D'AMERIQUE	SUEDE
ETHIOPIE	SUISSE
FINLANDE	REP. UNIE DE TANZANIE
FRANCE	TCHECOSLOVAQUIE
GRECE	TUNISIE
GUINEE	U.R.S.S.
HONGRIE	VENEZUELA
INDE	YOUgoslavie

## MEMBRES CORRESPONDANTS

Albanie - Botswana - Colombie - Equateur - Fidji - Hong Kong - Irak - Jamaïque - Jordanie - Koweït -  
Luxembourg - Mali - Maurice - Nepal - Nouvelle-Zélande - Panama - Philippines - Portugal - Syrie -  
Trinité et Tobago - Turquie

# ORGANISATION INTERNATIONALE DE MÉTROLOGIE LÉGALE

BUREAU INTERNATIONAL DE MÉTROLOGIE LÉGALE  
11, RUE TURGOT — 75009 PARIS — FRANCE

## MEMBRES

du

## COMITE INTERNATIONAL de METROLOGIE LEGALE

### ALGERIE

Membre à désigner par son Gouvernement

### REPUBLIQUE FEDERALE D'ALLEMAGNE

Mr W. MÜHE  
Chef des Bureaux Technico-Scientifiques,  
Physikalisch-Technische Bundesanstalt,  
Bundesallee 100  
3300 BRAUNSCHWEIG.

### REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE ALLEMANDE

Mr H.W. LIERS  
Directeur de la Métrologie Légale,  
Amt für Standardisierung, Messwesen  
und Warenprüfung,  
Fürstenwalder Damm 388  
1162 BERLIN.

### AUSTRALIE

Mr T.J. PETRY  
Executive Director  
National Standards Commission,  
P.O. Box 282  
NORTH RYDE, N.S.W. 2113.

### AUTRICHE

Mr F. ROTTER  
Président,  
Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen  
Arltgasse 35  
A-1163 WIEN.

### BELGIQUE

Madame M.L. HENRION  
Inspecteur Général  
Service de la Métrologie  
24-26, rue J.A. De Mot  
B-1040 Bruxelles

### BULGARIE

Mr P. ZLATAREV  
Directeur Général du Centre National  
de Métrologie  
Comité d'Etat pour la Science et le  
Progrès Technique  
Département à la Normalisation  
21, rue du 6 Septembre  
1000 SOFIA

### CAMEROUN

Mr E. NDOUGOU  
Directeur du Service des Poids et Mesures  
Direction des Prix et des Poids et Mesures  
Boîte postale 493  
DOUALA.

### CANADA

Mr R. KNAPP  
Director, Legal Metrology Branch  
Consumer and Corporate Affairs  
Tunney's Pasture  
Standards Building  
Ottawa, Ontario K1A 0C9

### CHYPRE

Mr M. EROKOKRITOS  
Chief Industrial Officer  
Ministry of Commerce and Industry  
NICOSIA.

### REPUBLIQUE DE COREE

Mr KIM Sung-Hwan  
Chef de la Division Métrologie  
Bureau des Services d'Extension  
Bureau du Développement Industriel  
Ministère du Commerce et de l'Industrie  
SEOUL

**REPUBLIQUE POP. DEM. DE COREE**

Mr HO SU GYONG  
Director, Central Metrological Institute,  
Metrological Committee  
Committee of the Science and Technology  
of the State of the D.P.R. of Korea  
Sosong guyok Ryonmod dong  
PYONGYANG.

**CUBA**

Monsieur J. OCEGUERA  
C/o Mr SERRA ALMER  
Comité Estatal de Normalizacion  
Egido 610  
Zona Postal 1  
Ciudad de LA HABANA.

**DANEMARK**

Mr E. REPSTORFF HOLTVEG  
Directeur, DANTEST  
Amager Boulevard 115  
DK 2300 KØBENHAVN S.

**EGYPTE**

Mr F.A. SOBHY  
Président,  
Egyptian Organization for standardization  
and quality control  
2 Latin America Street, Garden City  
CAIRO.

**ESPAGNE**

M. M. CADARSO MONTALVO  
Comision nacional de Metrologia y Metrotecnica  
3 calle del General Ibanez Ibero  
MADRID-3.

**ETATS-UNIS D'AMERIQUE**

Mr D.E. EDGERLY  
Manager, International Legal Metrology Program  
Office of Product Standards Policy  
Bldg. 221, room A 353  
National Bureau of Standards  
WASHINGTON D.C. 20234

**ETHIOPIE**

Membre à désigner par son Gouvernement  
Correspondance adressée à Weights  
and Measures Inspection Section  
Ethiopian Standards Institution,  
P.O. Box 2310  
ADDIS ABABA.

**FINLANDE**

Madame U. LÄHTEENMÄKI  
Director of the Metrology Department  
Technical Inspectorate  
Box 204  
SF 00181 HELSINKI 18.

**FRANCE**

Mr P. AUBERT  
Chef du Service des Instruments de Mesure  
Ministère de la Recherche et de l'Industrie  
2, Rue Jules-César  
75012 PARIS.

**GRECE**

Madame M. GITZENI  
Fonctionnaire technique  
de la Direction des Poids et Mesures  
Direction Générale Technique  
Ministère du Commerce  
ATHENES

**GUINEE**

Mr B. CONDE  
Directeur du Service National  
de Métrologie Légale,  
Ministère du Commerce Intérieur  
CONAKRY.

**HONGRIE**

Mr M. GACSI  
Président, Országos Mérésügyi Hivatal,  
P.O. Box 19  
H-1531 BUDAPEST

**INDE**

Mr S. HAQUE  
Director, Weights & Measures  
Ministry of Food and Civil Supplies  
Room No. 306, B-Wing,  
Shastri Bhavan  
NEW DELHI 110 001

**INDONESIE**

Mr R. HAROEN  
Direktur Metrologi,  
Departemen Perdagangan, dan Koperasi  
Jalan Pasteur 27  
BANDUNG.

**IRLANDE**

Mr M. FAHY  
Principal Officer,  
Department of Trade, Commerce and Tourism  
Frederik Building, Setanta Centre,  
South Frederik Street  
DUBLIN 2.

**ISRAEL**

Mr A. RONEN  
Controller of Weights, Measures and Standards  
Ministry of Industry and Trade  
P.O.B. 299  
JERUSALEM 94190.

**ITALIE**

Mr C. AMODEO  
Capo dell'Ufficio Centrale Metrico,  
Via Antonio Bosio, 15  
00161 ROMA.

**JAPON**

Mr K. IIZUKA  
Director General  
National Research Laboratory of Metrology  
1-4, 1-Chome, Umezono, Sakura-Mura, Niihari-Gun  
IBARAKI 305.

**KENYA**

Mr P.A. AYATA  
Superintendent of Weights and Measures  
Weights and Measures Department  
Ministry of Commerce  
P.O. Box 41071  
NAIROBI

**LIBAN**

Membre à désigner par son Gouvernement  
Correspondance à adresser à :  
Service des Poids et Mesures,  
Ministère de l'Economie et du Commerce,  
Rue Al-Sourati, imm. Assaf  
RAS-BEYROUTH.

**MAROC**

Mr M. BENKIRANE  
Chef de la Division de la Métrologie Légale  
Direction du Commerce Intérieur,  
Ministère du Commerce et de l'Industrie.  
RABAT.

**MONACO**

Mr A. VATRICAN  
Secrétaire Général,  
Centre Scientifique de Monaco  
16, Boulevard de Suisse  
MC MONTE CARLO.

**NORVEGE**

Mr K. BIRKELAND  
Directeur, Det norske justervesen  
Postbox 6832 ST. Olavs Plass  
OSLO 1.

**PAKISTAN**

Membre à désigner par son Gouvernement  
Correspondance adressée à  
Pakistan Standards Institution  
39-Garden Road, Saddar  
KARACHI-3.

**PAYS-BAS**

Mr A.C. BIJLOO  
Directeur,  
Dienst van het IJkwezen, Hoofddirectie  
Schoemakerstraat 97, Delft. — Postbus 654  
2600 AR DELFT.

**POLOGNE**

Mr T. PODGORSKI  
Président Adjoint,  
Polski Komitet Normalizacji, Miar i Jakosci  
ul. Elektoralna 2  
00-139 WARSZAWA.

**ROUMANIE**

Mr I. ISCRULESCU  
Directeur, Institutul National de Metrologie,  
Sos Vitan-Birzesti nr. 11  
BUCAREST 4.

**ROYAUME-UNI DE GRANDE-BRETAGNE  
ET D'IRLANDE DU NORD**

Mr G. SOUCH  
Director,  
National Weights and Measures Laboratory,  
Department of Trade  
26, Chapter Street  
LONDON SW1P 4NS.

**REPUBLIQUE DEM. SOCIALISTE DE SRI LANKA**

Membre à désigner par son Gouvernement  
Correspondance à adresser à :  
Mr H.L.R.W. MADANAYAKE  
A.C.I.T.  
Measurement Standards and Services Division  
Department of Internal Trade,  
101 Park Road  
COLOMBO 5.

**SUEDE**

Mr R. OHLON  
Ingénieur en Chef, Statens Provningsanstalt,  
P.O. BOX 857  
S-501 15 BORAS.

**SUISSE**

Mr A. PERLSTAIN  
Directeur, Office Fédéral de Métrologie,  
Lindenweg 50  
3084 WABERN/BE.

**REPUBLIQUE UNIE DE TANZANIE**

Mr M. KABALO  
Principal Inspector, Weights & Measures  
Weights and Measures Bureau  
P.O. Box 313  
DAR ES SALAAM.

**TCHECOSLOVAQUIE**

Mr T. HILL  
Président, Urad pro normalizaci a mereni,  
Václavské náměstí c.19  
113 47 PRAHA 1 — NOVE MESTO.

**TUNISIE**

Membre à désigner par son Gouvernement  
Correspondance à adresser à :  
Monsieur le Chef du Service  
des Poids et Mesures  
Ministère de l'Economie Nationale  
1, rue Lavoisier  
TUNIS.

**U.R.S.S.**

Mr L.K. ISSAEV  
Chef du Département de Métrologie,  
Gosstandart,  
Leninsky Prospect 9  
117049 MOSCOU.

**VENEZUELA**

Mr H. REYES CABRERA  
Directeur,  
Servicio Nacional de Metrologia  
Ministerio de Fomento,  
Av. Javier Ustariz, Edif. Parque Residencial  
Urb. San Bernardino  
CARACAS.

**YOUgoslavIE**

Mr N. BEVK  
Ingénieur, Sous-Directeur,  
Bureau Fédéral des Mesures et Métaux Précieux  
Mike Alasa 14  
11000 BEOGRAD.



## **PRESIDENCE**

Président ..... K. BIRKELAND, Norvège  
1er Vice-Président ... L.K. ISSAEV, U.R.S.S.  
2e Vice-Président ... W. MÜHE, Rép. Féd. d'Allemagne

## **CONSEIL DE LA PRESIDENCE**

K. BIRKELAND, Norvège, Président	
L.K. ISSAEV, U.R.S.S., V/Président	W. MÜHE, Rép. Féd. d'Allemagne, V/Président
H.W. LIERS, Rép. Dém. Allemande	D.E. EDGERLY, Etats-Unis d'Amérique
P. AUBERT, France	G. SOUCH, Royaume-Uni
A. PERLSTAIN, Suisse	
Le Directeur du Bureau International de Métrologie Légale	

## **BUREAU INTERNATIONAL DE METROLOGIE LEGALE**

Directeur	B. ATHANE
Adjoint au Directeur	S.A. THULIN
Adjoint au Directeur	F. PETIK
Ingénieur Consultant	A.B. TURSKI
Administrateur	Ph. LECLERCQ

## **MEMBRES D'HONNEUR (\*)**

J. STULLA-GOTZ, Autriche — Président du Comité  
H. KONIG, Suisse — Vice-Président du Comité  
H. MOSER, Rép. Féd. d'Allemagne — Membre du Conseil de la Présidence  
F. VIAUD, France — Membre du Conseil de la Présidence  
M.D.V. COSTAMAGNA — Premier Directeur du Bureau  
V. ERMAKOV, U.R.S.S. — Vice-Président du Comité  
A.J. van MALE, Pays-Bas — Président du Comité

(\*) Note : Cette liste ne comprend pas les Membres d'Honneur décédés.

Grande Imprimerie de Troyes, 130, rue Général-de-Gaulle, 10000 TROYES  
Dépôt légal n° 6808 - Juin 1983

