

ESSENTIAL FOR METROLOGY IN CHEMISTRY: INTERCONTINENTALLY UNDERSTOOD CONCEPTS AND ASSOCIATED TERMS

PARTE ESENȚIALĂ PENTRU METROLOGIA ÎN CHIMIE: CONCEPTE ȘI TERMENI ASOCIAȚI ÎNȚELEȘI INTERCONTINENTAL

Paul De Bièvre

Abstract: Unambiguous and consistent concepts and associated terms should govern the description of the results of chemical measurements. This is not yet the case as numerous international workshops have shown over the last decade and as the chemical literature amply and continuously demonstrates. A number of concepts and associated terms in measurement are here discussed, which are used ambiguously in the daily work of field laboratories, in the chemical literature, in ISO Guides and Standards and in regulatory documents, etc. They illustrate the need for clarification of relevant concept definitions. The consistent use of the recently revised edition of the 1993 *International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology*, (for short: “VIM 2”), henceforth (2008) referred to as “JCGM 200: 2008 + Corrigendum 2010”, *International vocabulary of metrology—Basic and general concepts and associated terms –VIM*, (for short: “VIM 3”), is a step in the direction to achieve this goal.

Key words: metrology, VIM, metrological terminology

Rezumat: Descrierea rezultatelor măsurărilor chimice ar trebui guvernată de concepte și termeni asociați consistenți și clari. Multe seminariile internaționale au arătat în ultimul deceniu că acest deziderat nu este încă realizat și literatura chimică demonstrează continuu și amplu acest aspect. În articol sunt discutați o serie de concepte și termeni asociați în măsurare ambiguu folosiți în activitatea zilnică a laboratoarelor de rutină, în literatura chimică, în Ghiduri și standarde ISO precum și în documente de reglementare etc. Aceasta ilustrează necesitatea pentru clarificarea definițiilor conceptelor relevante. Utilizarea consistentă a recent revizuite, în anul 2008, a ediției din 1993 a *Vocabularului Internațional de Termeni Generali și Fundamentali din Metrologie* (pe scurt „VIM 2”), respectiv “JCGM 200: 2008 + Corrigendum 2010”, *Vocabularul Internațional de Metrologie – Concepte generale și fundamentale și termeni asociați – VIM* (pe scurt „VIM 3”) este un pas în direcția atingerii acestui scop.

Cuvinte cheie: metrologie, VIM, terminologie metrologică

1. INTRODUCTION

‘Metrology’ is the “science of measurement and its application” [VIM 3, entry 2.2] [1], and “. . . includes all theoretical and practical aspects of measurement, whatever the measurement uncertainty and field of application” [1] where measurement is understood as a “process of experimentally obtaining one or more quantity values that can reasonably be attributed to a quantity” [VIM 3, entry 2.1] [1].

[Note: Concepts are identified within single quotes. Quotations are given in double quotes when they are intended to be emphasized.]

These definitions set the scene for thinking about concepts and terms used in all measurements, including any chemical measurement. All measurements have fundamentally identical conceptual foundations. The use of the results may be located in many and very different applications. It

1. INTRODUCERE

„Metrologia” este „știința măsurării și a aplicațiilor sale” [VIM 3, art.2.2] [1] și „... include toate aspectele practice și teoretice ale măsurării, indiferent de incertitudinea de măsurare și aria de aplicare” [1], în care, măsurarea este înțeleasă ca „un proces de obținere experimentală a uneia sau mai multor valori care pot fi atribuite în mod rezonabil unei mărimi” [VIM 3, art.2.1] [1].

(Notă: Conceptele sunt identificate în interiorul unui singur citat. Citatele sunt date în duble citări când se intenționează a fi subliniate)

Aceste definiții stabilesc cadrul pentru gândirea conceptelor și termenilor utilizați în toate măsurările, inclusiv în oricare măsurare chimică. Toate măsurările au fundamente conceptuale esențialmente identice. Utilizarea rezultatelor poate fi localizată în aplicații numeroase și foarte diferite. Este util de reflectat în legătură cu motivele pentru care se

is useful to think about the reasons why one performs measurements:

(a) to assist in moving from qualitative knowledge (something is larger, taller, bigger than something else) to quantitative knowledge (something is so many times larger, taller, bigger, than something else) which carries much more information and

(b) to *communicate* the magnitude of the quantities **1** we use in describing our observations of nature and in carrying out our scientific experiments using measurements.

1 The concept with the associated term 'quantity' is used here in its metrological meaning, not in the meaning 'amount'. An unfortunate language evolution has taken place: the original French term '*quantité*' (meaning 'amount') was borrowed by the English language to mean 'amount'. However, the term which is used in French to mean the things we measure, '*grandeur*' (concentration, volume, time, mass, temperature), had no corresponding term in the English language. Thus, 'quantity' started to be used in English to also be the translation for '*grandeur*'. This is a recipe for confusion. Hence, 'quantity' is a term covering two different concepts in English. This illustrates a potential problem that awaits translators.

In measurement, it would be good to reserve 'quantity' exclusively for the things we measure and not use it (any longer) to mean 'amount'.

In communication between parties, a language is needed as a vehicle for the ideas we want to exchange. When the measurement results are described in such a language, concepts about measurement are needed which are understood in the same way by the communicating parties. Commonly agreed terms in one language are therefore necessary for *labelling* these concepts. In addition, having a set of *internationally agreed terms* in one language is the necessary basis for any translation of these terms and their use in other languages. Consistent terminology is essential for clarity in understanding when speaking to each other as well as in reading and in writing. Conversely, a lack of clarity in our writings is known to affect unwillingly the clarity of our thinking.

We have several means available for the communication of measurement results

languages:
mathematical equations pictures sentences
languages need tools:
symbols pictograms terms

We have to attach the same meaning to the same tools.

efectuează măsurări:

(a) pentru a sprijini trecerea de la cunoștințe calitative (ceva este mai larg, mai înalt, mai mare decât altceva) la cunoștințe cantitative (ceva este de atâtea ori mai larg, mai înalt, mai mare decât altceva) care poartă mult mai multă informație, și

(b) pentru a *comunica* magnitudinea mărimii – a se vedea paragraful numerotat 1 – pe care o folosim în descrierea observațiilor noastre referitoare la natura și efectuarea propriilor experimente științifice folosind măsurări.

1. Conceptul cu termenul asociat „mărime” este utilizat aici în sensul său metrologic și nu înțelesul de „cantitate”. O regretabilă evoluție lingvistică a avut loc: termenul francez original „*quantité*” (cu sensul „amount”) a fost împrumutat de limba engleză pentru a însemna „cantitate”. Cu toate acestea, termenul care este utilizat în limba franceză pentru a înțelege lucrurile pe care le măsurăm „*grandeur*” (concentrație, volum, timp, masă, temperatură) nu are un termen corespondent în limba engleză. Astfel, „quantity” a început să fie utilizat în engleză pentru a traduce și „*grandeur*”. Aceasta este o rețetă pentru confuzie. Prin urmare, „*grandeur*” este un termen care acoperă două concepte diferite în engleză. Aceasta ilustrează o potențială problemă care îi așteaptă pe traducători.

În măsurare, ar fi bine să se păstreze termenul „quantity” exclusiv pentru lucrurile pe care noi le măsurăm și să nu se (mai) utilizeze pentru a înțelege „amount”.

În comunicarea dintre părți, este nevoie de o limbă ca un vehicul pentru ideile pe care vrem să le schimbăm. Când rezultatele măsurării sunt descrise într-o astfel de limbă, sunt necesare concepte referitoare la măsurare care să fie înțelese în același mod de părțile care comunică. Prin urmare, sunt necesari termeni comun agreeți într-o limbă pentru *denumirea* acestor concepte. Suplimentar, existența unui set de *termeni agreeți internațional* într-o limbă reprezintă baza necesară pentru orice traducere a acestor termeni și utilizarea lor în alte limbi. Terminologia consistentă este esențială pentru claritate în înțelegere când vorbim unul cu celălalt dar și pentru citit și scris. Invers, se știe că o lipsă de claritate în scrierea noastră afectează fără voie claritatea gândirii noastre.

Avem mai multe mijloace disponibile pentru comunicarea rezultatelor măsurărilor.

exprimare:
ecuații matematice desene propoziții
exprimări necesită mijloace:
simboluri pictograme termeni

Trebuie să atașăm aceeași înțelegere aceluiași

mijloace.

We have several languages available to communicate about measurement

languages:

mathematical equations

pictures

sentences

languages need tools:

symbols

pictogrammes

terms

We have to attach the same meaning to the same tools.

Some of the oldest and most needed Commissions of the International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) and the International Union of Pure and Applied Physics (IUPAP) are Commissions on symbols, nomenclature, units: SUNAMCO for IUPAC, ICTNS for IUPAC.

PB00021

Fig 1. Means of communication

Fig 1. Mijloace de comunicare

We have several means available for communication about measurements and their results: mathematical equations, pictures and sentences. See Fig 1. All three need adequate tools to carry out that task: symbols, pictograms and terms. These tools must mean the same thing to all those working in the same or similar field. From these tools, pictures are the most readily understood. Symbols are also understood rather well, especially in mathematics, physics and chemistry. Terms and their relation to well-defined concepts hidden behind them have always been more of a problem. This was recognized at an early stage, and, indeed, some of the oldest commissions of the International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) and the International Union of Pure and Applied Physics (IUPAP) aim at a common understanding of symbols (as well as of nomenclature, units and terms):

– the SUNAMCO (Symbols, Units, Nomenclature, and Atomic Mass Committee) of the IUPAC,

– the ICTNS (Interdivisional Committee for Terminology, Nomenclature and Symbols) of the IUPAC.

The basic and general terms for measurement have been systematically addressed in the ‘*International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology*’, in its first edition “VIM 1” [2], in its second edition “VIM 2” [3] and in its thoroughly revised edition “VIM 3” [1], henceforth called “JCGM 200:2008, *International vocabulary*

Avem mai multe mijloace disponibile pentru comunicare în legătură cu măsurările și rezultatele acestora: ecuații matematice, desene și propoziții. A se vedea Fig.1. Toate cele trei necesită mijloace adecvate pentru a duce la bun sfârșit această sarcină: simboluri, pictograme și termeni. Aceste mijloace trebuie să semnifice același lucru pentru cei care lucrează în același domeniu sau în domenii similare. Dintre aceste mijloace, desenele sunt cel mai rapid de înțeles. Simbolurile sunt de asemenea înțelese destul de ușor, în special în matematică, fizică și chimie. Termenii și relațiile lor cu conceptele ascunse în spatele lor au constituit întotdeauna o problemă mai frecventă. Acest fapt a fost recunoscut într-o etapă inițială și, într-adevăr, unele din cele mai vechi comisii a Uniunii Internaționale de Chimie Pură și Aplicată (IUPAC) și a Uniunii Internaționale de Fizică Pură și Aplicată (IUPAP) ținesc înțelegerea comună a simbolurilor (precum și nomenclatura, unități și termeni):

- SUNAMCO (Comitetul pentru Masă Atomică, Nomenclatură, Unități, și Simboluri) al IUPAC,

- ICTNS (Comitetul Inter-divizional pentru Terminologie, Nomenclatură și Simboluri) al IUPAC.

Termenii generali și fundamentali pentru măsurare au fost abordați sistematic în „*Vocabularul Internațional de Termeni Generali și Fundamentali în Metrologie*” în prima sa ediție „VIM 1” [2], în a doua sa ediție „VIM2” [3] precum și în ediția sa atent revizuită „VIM 3” [3], respectiv „JCGM 200:2008, *Vocabularul Internațional de metrologie*

of metrology—Basic and general concepts and associated terms –VIM”. On the global scene at the start of the 21st century, agreement is needed on the definitions of the common concepts (labeled by associated terms) we use in communicating science and technology worldwide. VIM 3 aims at assisting in this task.

2 2 “VIM” is an acronym derived from “Vocabulaire de Metrologie”, the “International vocabulary of metrology –Basic and general concepts and associated terms – VIM. Both English and French languages are official languages in this matter.

“Objects, concepts, designations, and definitions are fundamental to terminology . . .” [4] and “concepts are not to be confused with abstract or imagined objects” (i.e. we observe concrete, abstract or imagined objects in a given context, conceptualize them in our minds and then attribute a *designation* to the concept rather than to the objects themselves’ [4]). The best way to achieve this is to define a concept in an international vocabulary and assign a specific term to each concept. Such an international vocabulary in metrology has been available, in a first edition for 23 years [2] and in a second edition [3] for 13 years. It has been little used in the chemical measurement community at large with the exception of the clinical measurement field (which, in matters of consistent concepts and associated terms, is probably 10-15 years ahead of any other domain in chemistry), as well as in more refined physico-chemical and purely ‘metrological’ measurement laboratories. They were thought to be applicable only in “high level metrology” where more significant digits are being pursued in a measurement result in the framework of fundamental research, rather than being pushed by daily practice.

The statement that “the concept of measurement covers a wide range of activities and purposes” [5] is certainly true in chemistry: many new measurement methods have been developed in the chemical field during the last few decades, and some of them have a profound societal impact, such as advanced biochemical, clinical and DNA measurements. A common vocabulary for all of them is essential for worldwide communication. Such a vocabulary is defined in ISO 1087-1:2000 as a “terminological dictionary that contains designations and definitions from two or more subject fields” [6].

At the end of the 20th century, several reasons became apparent for a fundamental revision of VIM2:

(a) our thinking about chemical measurement had evolved because of better understanding of the process of measurement; this required the definition of basic and general concepts to be widened to

– *Concepte și termeni asociați generali și fundamentali – VIM*”. Pe scară globală, la începutul secolului al 21-lea, este necesară punerea de acord a definițiilor conceptelor comun acceptate (denumite prin termeni asociați) pe care îi folosim în comunicarea științei și tehnologiei pe scară mondială. VIM 3 are ca obiectiv să dea o mână de ajutor pentru aceasta.

2. 2 „VIM” este un acronim derivat de la „Vocabular de metrologie”, „Vocabularul Internațional de metrologie – Concepte și termeni asociați generali și fundamentali” – VIM. Ambele limbi, engleză și franceză, sunt oficiale în acest document.

„Obiectele, conceptele, domeniile de aplicare și definițiile sunt fundamentale pentru terminologie...., se conceptualizează într-un vocabular internațional și se atribuie un termen specific fiecărui concept. Un astfel de vocabular internațional în metrologie a fost disponibil într-o primă ediție timp de 23 de ani [2] și, într-o a doua ediție, timp de 13 ani. El a fost puțin utilizat în comunitatea de măsurări chimice pe scară largă cu excepția domeniului de măsurări clinice (care, în probleme de concepte consistente și termeni asociați, este probabil cu 10-15 ani înaintea oricărui domeniu al chimiei) precum și în laboratoare de măsurare „metrologice” pure și fizico-chimice mai exacte. Acestea au fost gândite să fie aplicabile doar în „metrologia de înalt nivel”, unde într-un rezultat al măsurării din cadrul cercetării fundamentale cifrele semnificative sunt mai mult studiate decât în practica curentă.

Afirmația conform căreia „conceptul de măsurare acoperă un domeniu vast de activități și scopuri” [5] este cu siguranță adevărată în chimie: au fost dezvoltate multe metode de măsurare în domeniul chimic de-a lungul ultimelor decenii și, câteva dintre acestea, au un impact profund asupra societății, ca de exemplu măsurările biochimice, clinice și ADN. Un vocabular comun pentru toate acestea este esențial pentru comunicarea mondială. Un astfel de vocabular este definit în ISO 1087-1:2000 drept un „dicționar terminologic care conține denumiri și definiții din două sau mai multe domenii de specialitate „ [6].

La sfârșitul secolului al 20-lea, au devenit vizibile mai multe argumente pentru o revizuire fundamentală a VIM2:

(a) gândirea noastră despre măsurarea chimică a evoluat din cauza înțelegerii mai bune a procesului de măsurare; acest fapt a necesitat lărgirea conceptelor generale și fundamentale pentru a cuprinde aceste înțelegeri îmbunătățite, ca de exemplu:

- „incertitudinea de măsurare” este o parte intrinsecă a oricărui „rezultat al măsurării”;

accommodate these improved understandings such as

– the ‘measurement uncertainty’ being an intrinsic part of any ‘measurement result’,

– ‘measurand’ is the quantity which we *intend* to measure and

– there is no such thing as a true value in nature, only— and conventionally—in the concepts developed in our minds to describe nature,

(b) the need for a VIM to fully encompass chemical measurement; VIM 1 and VIM 2 were mostly written with physics and engineering in mind,

(c) the development in the last 20 years of biochemical measurements and their various applications such as the measurement of ‘biological activity’ had to be covered by the definitions of basic concepts in measurement,

(d) ISO Guides and Standards were—and still are— not written using a consistent common vocabulary; this requires an up-to-date edition in which chemical measurement is also fully covered,

(e) VIM 2 [3] was “neither fully coherent nor terminologically quite satisfactory” [7],

(f) the publication, after 15 years of work, in 1993/1995 of the *ISO Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement* (GUM) [8], initiated by the CIPM; it constituted a fundamental change in the thinking about a ‘measurement result’ and its ‘measurement uncertainty’; this had to be reflected in the definition of the concepts involved; it is to be noted that the GUM is still not fully understood and applied in the chemical measurement community 15 years after its inception 3.

(g) clarity in important documents for global use has become of paramount importance in, for example, settlement of disputes in global trade by the World Trade Organisation (WTO), in the drafting and implementation of European Commission (EC) Directives governing global trade and in mutual acceptability of measurement results across borders in areas such as clinical chemistry, greenhouse gas measurements and in the CIPM Mutual Recognition Arrangements [9].

3 Over the period 1998–2005, I made a systematic sounding in my audiences for lectures and seminars on ‘Metrology in Chemistry’ worldwide. Less than 5% of the attendants in many tens of audiences knew about the existence of a VIM or GUM, let alone used them, with one single exception where the percentage rose to 10% (due to the presence in the audience of . . . historians in chemistry).

Thus, the preparation of a third edition (“VIM 3”) was initiated in 1997. It was released on the

– „măsurand” este mărimea pe care *intenționăm* a o măsura și

– nu există în natură o valoare adevărată, doar – și convențională – în conceptele dezvoltate în mintea noastră pentru a descrie natura,

(b) necesitatea unui VIM pentru a cuprinde complet măsurarea chimică; VIM 1 și VIM 2 au fost elaborate în special având în minte fizica și ingineria;

(c) dezvoltarea în ultimii 20 de ani a măsurărilor chimice și a aplicațiilor lor variate, de exemplu măsurarea „activității biologice” trebuie să fie acoperită de definițiile conceptelor fundamentale din metrologie;

(d) Ghidurile și standardele ISO nu au fost și încă nu sunt scrise utilizând un vocabular comun consistent; aceasta necesită o ediția actualizată în care măsurarea chimică este de asemenea complet acoperită;

(e) VIM 2 [3] „nu a fost nici complet coerent și nici terminologic destul de satisfăcător” [7];

(f) publicarea după 15 ani de muncă, în 1993/1995 a *Ghidului ISO pentru Exprimarea Incertitudinii în Măsurare* (GUM) [8], inițiat de CIPM; aceasta a constituit o schimbare fundamentală în gândire, referitor la un „rezultat de măsurare” și la „incertitudinea sa de măsurare”; acest fapt trebuia să se reflecte în definiția conceptelor implicate; trebuie observat faptul că, în comunitatea măsurării chimice, GUM nu este încă complet înțeles și aplicat la 15 ani de la introducerea sa – a se vedea paragraful numerotat 3.

(g) claritatea în documentele importante pentru utilizare globală a devenit de importanță extremă, de exemplu rezolvarea disputelor în comerțul global de către Organizația Mondială a Comerțului (OMC), schițarea și implementarea Directivelor Comisiei Europene (CE) care guvernează schimburile globale și acceptabilitatea mutuală a rezultatelor măsurării de-a lungul frontierelor în domenii cum ar fi chimia clinică, măsurări de gaze cu efect de seră și Aranjamentele de Recunoaștere Reciprocă ale CIPM [9].

3. În perioada 1998-2005 am făcut un sondaj sistematic în publicul participant la cursurile și seminarele referitoare la „Metrologia în chimie” organizate pretutindeni. Mai puțin de 5 % dintre participanți, în mai multe zeci din audiență, știau despre existența unui VIM sau unui GUM, lăsați singuri să le utilizeze, cu o singură excepție, unde procentul a crescut la 10 % (datorită prezenței în audiență a „, istoricilor în chimie).

Ca urmare, prepararea unei a treia ediții („VIM 3”) a fost inițiată în 1997. A fost lansată pe pagina web a BIPM în forma finală în anul 2008 [1], sub

BIPM web site in final form in 2008 [1], under the authority of the Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM) representing the Bureau International des Poids et Mesures (BIPM), the International Electrotechnical Commission (IEC), the International Federation of Clinical Chemistry (IFCC), the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), the International Organization for Standardization (ISO), the International Union for Pure and Applied Chemistry (IUPAC), the International Union for Pure and Applied Physics (IUPAP) and the Organisation Internationale pour la Metrologie Lé gale (OIML).

Ideally, every term in a vocabulary should designate only one concept, in order to minimize confusion, but, “constructing a single vocabulary of metrology that is able to unambiguously encompass and harmonize all of the approaches is difficult” [5]. Thus, an ideal vocabulary proved to be elusive, the main reason being that much laboratory jargon has gained so much “civil rights” by frequent usage, that the measurement community wants to find it recognized in a vocabulary to support their position in case they are involved in discussions and settlement of disputes or, simply, to see *their* interpretation and use of terms confirmed, regardless of whether these terms are consistent with each other or not. In VIM 3, the consistency between concepts was considered to be of overriding importance, rather than the consecration of jargon into official use, as frequently demanded. Unfortunately, a few exceptions to the rule of consistency had to be made under high pressure from acquired ‘civil rights’ of laboratory jargon.

Quantity value of measurand

autoritatea Comitetului Comun pentru Ghiduri în Metrologie (JCGM) reprezentând Biroul Internațional de Măsuri și Greutăți (BIPM), Comisia Internațională de Electrotehnică (IEC), Federația Internațională de Chimie Clinică (IFCC), Cooperarea Internațională pentru Acreditarea Laboratorului (ILAC), Organizația Internațională de Standardizare (ISO), Uniunea Internațională pentru Chimie Pură și Aplicată (IUPAC), Uniunea Internațională de Fizică Pură și Aplicată (IUPAP) și Organizația Internațională pentru Metrologie Legală (OIML).

În mod ideal, fiecare termen într-un vocabular ar trebui să indice doar un concept, pentru a minimiza confuzia, dar „construirea unui singur vocabular de metrologie care să fie capabil să cuprindă și să armonizeze toate abordările este dificilă” [5]. Astfel, un vocabular ideal s-a dovedit a fi evaziv, în principal deoarece mare parte din limbajul uzual de laborator a câștigat atât de multe „drepturi civile” prin utilizarea frecventă, încât comunitatea de măsurare dorește să-l regăsească într-un vocabular care să susțină poziția ei în cazul în care este implicată în discuții și acorduri ale disputelor, sau, simplu, pentru a vedea interpretarea *ei* și utilizarea termenilor confirmată indiferent dacă acești termeni sunt consistenți sau nu unul cu altul. În VIM 3, consistența dintre concepte a fost considerată a fi de importanță de prim rang, față de consacrarea limbajului în utilizare oficială, așa cum a fost frecvent cerut. Din păcate, câteva excepții de la regula consistenței au trebuit să se facă sub presiunea mare din partea „drepturilor civile” acumulate de limbajul uzual de laborator.

Valoarea mărimii a măsurandului

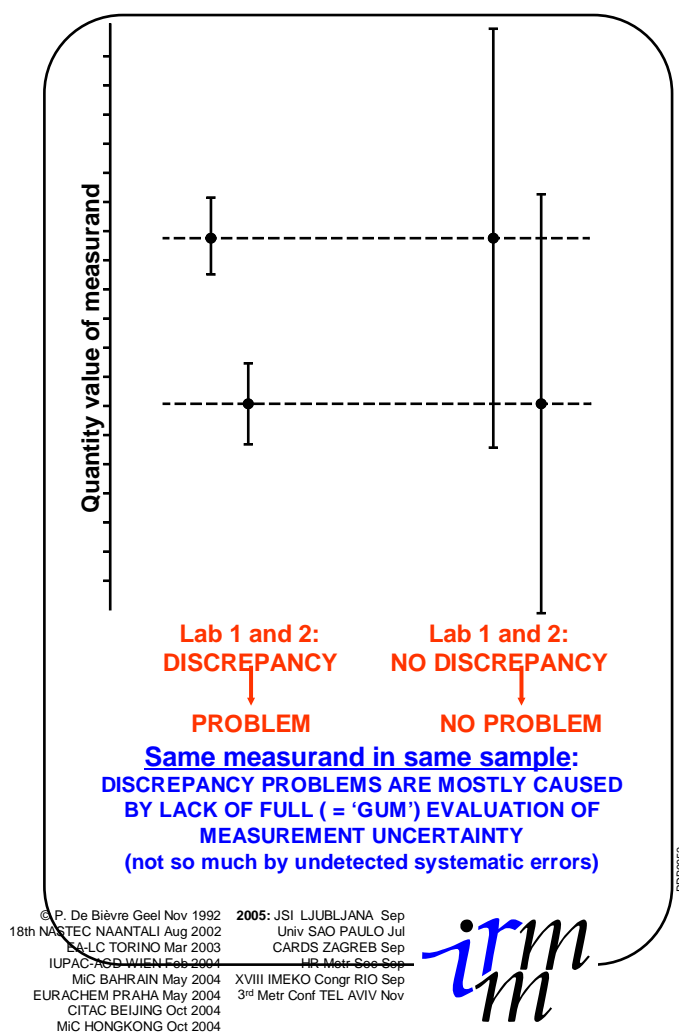


Fig 2. The same measurand in the same sample: discrepancy problems are mostly caused by lack of full (= 'GUM') evaluation of measurement uncertainty (not so much by undetected systematic errors).

Fig.2 Același măsurand în aceeași probă: problemele de discrepanță sunt cauzate de cele mai multe ori de lipsa unei evaluări complete (= "GUM") a incertitudinii de măsurare (și nu atât de erori sistematice nedetectate)

The clarification given by VIM 3 by delivering a more consistent set of concepts will now be illustrated by way of a few examples of revised concept definitions with their associated terms (the labels of concepts).

A central concept in measurement is 'measurand'. The definition of 'measurand' in VIM 2 is a 'particular quantity subject to measurement' [VIM 2, entry 2.6] [3]. This definition has probably contributed to a paradoxical situation. Chemists can argue that they comply with the definition of 'measurand' when they deliver as 'measurement uncertainty' of a result of a chemical measurement some form of uncertainty of the electric current measurement of their instrument [4] consisting of a repeatability or a reproducibility statement (or the performance specification by the manufacturer of the instrument), whereas chemical measurements usually have chemical steps involved such as a

Clarificarea oferită de VIM 3 prin livrarea unui set mai consistent de concepte va fi ilustrată în continuare prin intermediul câtorva exemple de definiții revizuite de concepte cu termenii lor asociați (denumirile conceptelor).

Un concept esențial în măsurare este cel de „măsurand”. Definiția pentru „măsurand” în VIM 2 este „o mărime particulară supusă măsurării” [VIM 2, art.2.6] [3]. Această definiție a contribuit probabil la o situație paradoxală. Chimii pot susține că ei respectă definiția pentru „măsurand” când furnizează ca „incertitudine de măsurare” a unui rezultat al unei măsurări chimice o formă de incertitudine a măsurării de intensitate de curent furnizată de instrumentul lor [4], constând dintr-o declarație de repetabilitate sau reproductibilitate (sau specificația de performanță a producătorului instrumentului), cu toate că măsurările chimice au de obicei etape chimice implicate, cum ar fi prepararea chimică a

chemical preparation of the sample prior to the electric measurement. In many cases, these chemical operations have much larger variabilities than the instrumental measurement. Hence, on formal grounds (i.e. the VIM 2 definition of the 'measurand') the major contribution to the final 'measurement uncertainty' of the 'measurement result,' i.e. the variability of the chemical operations prior to the electric current measurement could be ignored. Hence, the definition of 'measurand' might have been at the origin of the frequent observation in the past that a pair of measurement results obtained for the same measurand in the same material appear to show differences which are significant, not because they are real, but because the measurement uncertainties of each of the measurement results are underestimated (i.e. the so-called 'error bars' indicated are too small) since they reflect only the measurement uncertainty of the electric measurement. See Fig 2. The revised VIM 3 definition of 'measurand' as the 'quantity intended to be measured' makes any chemical pre-treatment of the sample carrying the measurand an intrinsic part of the process of measurement. Thus, the variability unavoidably associated with each such chemical operation in the process of measurement becomes an integral part of the final measurement uncertainty of the measurement result.

4 Most of the measuring systems of the modern chemist make use of the impressive array of electric measurement instrumentation which measures electric currents after atoms and molecules have been converted into charged particles (ions).

A further point about the concept 'measurand': it is quite current to use the identification of the analyte (component, chemical compound, such as atoms of Cd or molecules of a dioxin) as 'measurand' whereas in chemical measurement—as in any other measurement—*quantities* are measured; for example, in spectrometric measurements, the quantity 'intended to be measured' is 'concentration' (amount-of- substance per volume, unit: mol/litre) or 'mass fraction' (mass per mass, unit: kg/kg) or content (amount-of-substance per mass, unit: mol/kg) or amount fraction (amount-of-substance per amount-of-substance, unit: mol/mol). The new definition clarifies this by defining measurand as a 'quantity intended to be measured' (VIM3, entry 2.3) [1].

The new definition also enables us to settle the old—and ongoing—discussion about the uncertainty of sampling being part of the measurement uncertainty: if the measurand is defined before the measurement to be the concentration in the sample submitted, then the

probei înainte de măsurarea electrică. În multe cazuri, aceste operații chimice au mult mai multe variabilități decât măsurarea instrumentală. În consecință, pe baze formale (adică definiția pentru „măsurand” din VIM 2), ar putea fi ignorată contribuția majoră în „incertitudinea de măsurare” finală a „rezultatului măsurării”, adică variabilitatea operațiilor chimice înainte de măsurarea intensității de curent. Așadar, definiția pentru „măsurand” ar fi putut fi la originea observației frecvente în trecut conform căreia o pereche de rezultate de măsurare obținute pentru același măsurand în același material par că indică diferențe semnificative, nu datorită faptului că sunt reale ci deoarece incertitudinile de măsurare ale fiecăruia dintre rezultatele de măsurare sunt sub-estimate (adică așa-numitele „bare de eroare” indicate sunt prea mici), deoarece ele reflectă doar incertitudinea de măsurare a măsurării electrice. A se vedea Fig.2. Definiția revizuită în VIM 3 pentru „măsurand” drept „mărimea intenționată a fi măsurată” face ca orice pre-tratare a probei care poartă măsurandul să fie o parte intrinsecă a procesului de măsurare. Astfel, variabilitatea inevitabilă asociată cu fiecare astfel de operații chimice în procesul de măsurare devine o parte integrantă a incertitudinii de măsurare a rezultatului măsurării.

4 Majoritatea sistemelor de măsurare ale chimistului modern utilizează aria impresionantă de instrumentație de măsurare electrică care măsoară intensități de curent după ce atomi și molecule au fost convertiți în particule încărcate electric (ioni).

Un punct suplimentar despre conceptul de „măsurand”: este destul de curentă utilizarea identificării analitului (component, compus chimic, cum ar fi atomi de Cd sau molecule ale unei dioxine) drept „măsurand” în timp ce în măsurarea chimică—ca în oricare altă măsurare—*mărimile* sunt măsurate; de exemplu, în măsurări spectrometrice, mărimea „intenționată a se măsura” este „concentrația” (cantitate de substanță per volum, unitate de măsură: mol/litru) sau „fracția masică” (masă per masă, unitate de măsură kg/kg) sau conținut (cantitate de substanță per masă, unitate de măsură: mol/kg) sau fracție în cantitate de substanță (cantitate de substanță per cantitate de substanță, unitate de măsură: mol/mol). Noua definiție clarifică aceasta prin definirea măsurandului ca o „mărime intenționată a fi măsurată” (VIM 3, art. 2.3) [1].

Noua definiție permite totodată să se aplaneze discuția veche, dar încă prezentă, referitoare la faptul că incertitudinea eșantionării este o parte a incertitudinii de măsurare: dacă, înainte de măsurare, măsurandul este definit ca fiind concentrația în eșantionul transmis, atunci prelevarea unui material

sampling of a material is not part of the measurement and therefore cannot contribute to the measurement uncertainty of the measurement result. On the other hand, if the analyst has accepted that a particular measurand is a concentration of a specified chemical compound in, for example, a large geological layer or sediment, a sampling plan will have to be developed by a suitable sampling method. This then becomes a part of the whole process of measurement and the resulting sampling uncertainty will have to be an inherent part of the measurement uncertainty of the final measurement result, consistent with the definition of the measurand.

There has always been a problem with incompletely defined measurands. Another example is the measurement of the amount of, for example, *leachable Cd* in the measurement of a ceramic plate rather than the amount of *total Cd* in the plate. In such a definition, the measurement procedure ('detailed description of a measurement. . .' [VIM 3, entry 2.6] [1]) describes an empirical procedure suitable for obtaining the intended measurement result. It is of great practical importance for the intended use of the measurement result and has, therefore, to be included in the definition of the measurand. Thus, it is useful to have a concept of measurand which accommodates an operationally defined measurand, i.e. a measurand defined by its very measurement procedure.

A 'measurement' entails the concept of the 'measurement result'. Traditionally, few chemical measurement results encompassed a form of measurement uncertainty, sometimes not at all. The goal and the end of the operation 'measurement' is to make an estimate of a value (or a value range), for a 'measurand', e.g. 'concentration'. This encompasses the *evaluation* of some form of possible error or uncertainty at the end of the operation called 'measurement' and raises the question whether the 'measurement uncertainty' is a part of the 'measurement result'. In the VIM2 definition (VIM 2, entry 3.1) [3], this was not the case, at least not unambiguously. Yet the usefulness of a result or even the ability to compare it with another result or even the fitness for an intended use all depend on the 'measurement uncertainty' of the result. See again figure 2. Whether two results are equivalent to each other, or are simply interchangeable for a specified use, depends, in the first place, on their respective measurement uncertainties, not so much on the magnitude of their quantity values. Thus, a complete (in the GUM sense of the term) measurement uncertainty must be a part of the measurement result, in order for this result to be meaningful. If a definition of the 'measurement result' thus revised is combined with a revised definition of 'measurand' ('quantity intended to be measured') in the case of

nu este parte a măsurării și, prin urmare, nu poate contribui la incertitudinea de măsurare a rezultatului măsurării. Pe de altă parte, dacă analistul a acceptat ca un anumit măsurand să fie de exemplu o concentrație a unui compus chimic specificat într-un larg strat geologic sau sediment, trebuie să se dezvolte un plan de eșantionare, printr-o metodă de prelevare potrivită. Apoi, aceasta devine o parte a întregului proces de măsurare și incertitudinea rezultantă de eșantionare va trebui să fie o parte inerentă a incertitudinii de măsurare a rezultatului final de măsurare, consistent cu definiția măsurandului.

Întotdeauna a fost o problemă cu măsuranzi incomplet definiți. Un alt exemplu este măsurarea cantității de *Cd solubilizat* în măsurarea unui disc ceramic față de cantitatea de *Cd total* în disc. Într-o astfel de definiție, procedura de măsurare („descrierea detaliată a măsurării ...” [VIM 3, art.2.6] [1]) descrie o procedură empirică potrivită pentru a obține rezultatul de măsurare intenționat. Ea este de o mare importanță practică pentru utilizarea intenționată a rezultatului măsurării și, prin urmare, trebuie să fie inclusă în definiția măsurandului. Astfel, este util să avem un concept pentru măsurand care să cuprindă un măsurand definit operațional, adică un măsurand definit de procedura sa de măsurare.

O „măsurare” atrage după sine conceptul de „rezultat al măsurării”. Tradițional, puține rezultate de măsurare chimică cuprind o formă de incertitudine de măsurare, uneori chiar de loc. Scopul și finalul operației de „măsurare” este cel de a estima o valoare (sau un domeniu de valori), pentru un „măsurand”, de exemplu „concentrație”. Aceasta cuprinde *evaluarea* unor forme de erori posibile sau incertitudini la finalul operației denumite „măsurare” și ridică întrebarea dacă „incertitudinea de măsurare” este o parte a „rezultatului măsurării”. În definiția din VIM 2 (VIM 2 art.3.1) [3], aceasta nu a fost situația, cel puțin nu ferit de ambiguitate. Cu toate acestea, utilitatea unui rezultat sau chiar abilitatea de a-l compara cu alt rezultat sau chiar adecvarea de scopul intenționat, toate depind pe „incertitudinea de măsurare”. A se vedea din nou figura 2. Dacă două rezultate sunt echivalente sau simplu interschimbabile pentru o utilizare specificată, aceasta depinde în primul rând de incertitudinile lor de măsurare și mai puțin de mărimea valorilor mărimii. Astfel, o incertitudine de măsurare completă (în sensul GUM al termenului) trebuie să fie o parte a rezultatului măsurării, pentru ca acest rezultat să aibă sens. Dacă o definiție a „rezultatului măsurării”, astfel revizuite, este combinată cu o definiție revizuită pentru „măsurand” („mărimea intenționată a fi măsurată”), în cazul „concentrației” urmează că variabilitatea operației chimice necesare

'concentration' it again follows that the variability of the chemical operation needed on a chemical sample in order to perform the *intended* measurement ('concentration') becomes a component of the combined measurement uncertainty of the measurement result, notably making it larger. The definition of 'measurand' influences the construction of the measurement budget. In VIM 3, entry 2.9, [1] this is taken care of by defining the measurement result as a 'set of quantity values being attributed to a measurand together with any other available relevant information' accompanied by an explanatory note saying that 'a measurement result is generally expressed as a single measured quantity value and a measurement uncertainty' (VIM 3, entry 2.9) [1].

This change in the definition of the 'measurement result' requires a clearer definition of the 'measurement uncertainty'. The new insight in the 'measurement uncertainty' (GUM) (end of the 20th century thinking), as a measure of doubt [8], is basically different from the older, pre-GUM concept confidence (in a true value/error) accompanied by a confidence level (19th–20th century thinking). The GUM approach to the measurement uncertainty provides a more refined means than the classical approach for describing the perceived quality of a measurement result. Because of this large change in approach, 'there is not always a clear demarcation between approaches, but rather a blending of concepts and terminologies from one new approach to another' [5]. It is worth noting that the measurement uncertainty is first evaluated to identify the potential sources of measurement uncertainties, then calculated by combining the values of the various contributions from all possible measurement uncertainty sources to the full measurement uncertainty budget. This GUM approach fits much better the needs of the chemical measurement through the requirement that the measurement uncertainty be obtained through Type A and Type B evaluations [8]. The GUM evaluation of the measurement uncertainty requires the evaluation of all possible uncertainty sources and recognizes that 'the quality and utility of the uncertainty quoted for the result of a measurement therefore ultimately depends on the understanding, critical analysis, and integrity of those who contribute to the assignment of its value' [8]. The chemical literature is awash with a large variety of 'error' statements, which in most cases are just a measure of the spread of results of replicate measurements, i.e. repeatability or reproducibility, evaluated by Type A evaluation. These are only a part of the full measurement uncertainty budget ($A + B$). its definition of measurement uncertainty [1] contributes to an important clarification of the meaning of all these terms. It is interesting to note that the 'measurement

pe o probă chimică pentru a efectua măsurarea *intenționată* („concentrație”) devine o componentă a incertitudinii compuse de măsurare a rezultatului măsurării, lărgindu-l notabil. Definiția pentru „măsurand” influențează construcția bugetului de incertitudine. În VIM 3, art 2.9 [1] se consideră acest aspect prin definirea rezultatului măsurării ca „un set de valori ale mărimii care este atribuit unui măsurand împreună cu orice altă informație relevantă”, însoțită de o notă explicativă care afirmă că „un rezultat de măsurare este în general exprimat ca o singură valoare a mărimii măsurate și o incertitudine de măsurare” (VIM 3, art.2.9) [1].

Această modificare în definiția „rezultatului măsurării” necesită o definiție mai clară pentru „incertitudinea de măsurare”, Noua înțelegere a „incertitudinii de măsurare” (GUM) (gândirea de la sfârșitul secolului al 20-lea), ca o măsură a nesiguranței [8], este fundamental diferită de cea veche, conceptul de încredere anterior GUM (într-o valoare adevărată/eroare) însoțit de un nivel de încredere (gândirea secolului al 19-lea – 20-lea). Abordarea GUM a incertitudinii de măsurare furnizează mijloace mai exacte decât abordarea clasică pentru descrierea calității observate a unui rezultat de măsurare. Din cauza acestei schimbări profunde în abordare, „nu este întotdeauna o demarare clară între abordări, mai degrabă, însă, un amestec de concepte și terminologii de la o nouă abordare la alta” [5]. Merită să fie observat faptul că incertitudinea de măsurare este întâi evaluată, pentru a identifica sursele potențiale de incertitudini de măsurare, și apoi calculată, prin compunerea valorilor variatelor contribuții din toate sursele posibile de incertitudine de măsurare într-un bilanț complet de incertitudine de măsurare. Această abordare GUM se potrivește mai bine necesităților măsurării chimice prin cerința ca incertitudinea de măsurare să fie obținută prin evaluările de Tip A și Tip B [8]. Evaluarea GUM a incertitudinii de măsurare cere evaluarea tuturor surselor posibile de incertitudine și recunoaște că „utilitatea și calitatea incertitudinii declarate pentru rezultatul unei măsurări depinde, astfel, în cele din urmă, de înțelegerea, analiza critică și integritatea celor care contribuie la atribuirea valorii sale” [8]. Literatura chimică este îmbibată cu o largă varietate de declarații de „eroare”, care, în multe cazuri sunt doar o măsură a împrăstierii rezultatelor măsurărilor replicate, adică repetabilitatea sau reproductibilitatea, evaluate prin evaluarea de Tip A. Acestea sunt doar o parte a bilanțului complet de incertitudine de măsurare ($A+B$). Definiția incertitudinii de măsurare [1] contribuie la o clarificare importantă a sensului acestor termeni. Este interesant de notat faptul că „incertitudinea de măsurare” poate fi evaluată doar după măsurare

uncertainty' can only be evaluated after the measurement since it is only generated during the very measurement and by the very process of measuring.

Determination of the 'fitness-for-purpose' of a measurement result is a current expression in the chemical literature (in many cases without detailing the purpose). It is useful that this purpose is formulated unambiguously *before* the measurement and that it is *quantified*. One or both are sometimes missing. It is more clarifying to use the expression 'fitness for intended use' as the verb "intend" thereby enters the description of a property of the measurement result in a similar way as is the case in the definition of 'measurand'.

What is also needed is the concept of 'target measurement uncertainty'. Missing, but required to establish fitness for intended use in VIM 1 and VIM 2, was the definition of a concept corresponding to a *pre-set* measurement uncertainty, based on grounds which are *external* to the measurement system. For example, a pre-set measurement uncertainty for the measured amount of U or Pu is needed to avoid the possibility that a critical amount of U and Pu (potentially sufficient to make an atomic bomb) is hidden in the measurement uncertainty of the measured U or Pu amount declared to the international nuclear inspectors of the International Atomic Energy Agency.

I therefore coined the concept of 'target for measurement uncertainty' (TMU) in 1976, which was only truly accepted for publication some years later [10–12]. It is a goal for which nuclear measurement laboratories must aim in order to underpin with a sufficiently small uncertainty their declarations of possession of nuclear materials. It is a measurement uncertainty required to be achieved in order to avoid the possibility that a critical amount of nuclear material can be accumulated within a declared measurement uncertainty and could therefore be systematically hidden from the international nuclear material control (by the IAEA).

The comparison of an actually achieved measurement result with a TMU determines the (degree of) quality of the measurement result.

Previous VIMs did not contain this concept. In judging a measurement result, or when 'validating' it, the concept 'maximum permissible error' is often used, a concept unclear by itself as no criterion for 'permissible' is usually given. In addition, the use of the term 'error' is ambiguous. Often performance characteristics of a measurement method were used as criteria for deciding the 'fitness-for-purpose', which is a circular reasoning. The formal inclusion of the concept target measurement uncertainty in VIM 3, entry 2.34 [1], settles these ambiguities, especially if combined with a definition of

întrucât este doar generată în timpul acelei măsurări și de către acel proces de măsurare.

Determinarea „adecvării la scop” a unui rezultat al măsurării reprezintă o expresie curentă în literatura chimică (în multe cazuri fără detalierea scopului). Este util ca acest scop să fie formulat *înaintea* măsurării și ca el să fie *cuantificat*. Una sau ambele lipsesc uneori. Aduce mai multă clarificare utilizarea expresiei „adecvare la scop” decât verbul „a intenționa”, deoarece se introduce descrierea unei proprietăți a rezultatului măsurării într-o manieră similară ca în cazul definiției pentru „măsurand”.

Ceea ce este de asemenea necesar este conceptul de „incertitudine de măsurare țintă”. Ceea ce lipsea în VIM 1 și VIM 2, dar cerut pentru a stabili adecvarea la scop, era definiția conceptului care corespunde unei incertitudini de măsurare *prestabilită*, bazată pe temeuri care sunt *externe* sistemului de măsurare. De exemplu, o incertitudine de măsurare prestabilită pentru cantitatea de substanță măsurată de U și Pu (potențial suficientă să se construiască o bombă atomică) este ascunsă în incertitudinea de măsurare a cantității măsurate de U sau Pu declarate inspectorilor pentru energia nucleară internațională din Agenția Internațională pentru Energie Atomică.

De aceea, am născocit conceptul de „incertitudine de măsurare țintă” (TMU) în 1976, care a fost cu adevărat acceptată pentru publicare câțiva ani mai târziu [10-12]. Este un obiectiv pentru care laboratoarele de măsurare nucleare trebuie să și-l impună pentru a susține declarațiile lor de posesie de materiale nucleare cu o incertitudine suficient de mică. Este nevoie să se atingă o incertitudine de măsurare pentru a evita posibilitatea ca o cantitate critică de material nuclear să poată fi acumulată cu o incertitudine de măsurare declarată și ar putea, prin urmare, să fie ascunsă de controlul internațional al materialului nuclear (de către IAEA).

Compararea unui rezultat de măsurare obținut de fapt cu TMU determină (gradul de) calitatea rezultatului măsurării.

VIM-urile anterioare nu conținea acest concept. În judecarea unui rezultat de măsurare, sau când se „validează”, conceptul de „eroare maxim permisă” se utilizează frecvent un concept neclar prin el însuși, deoarece, uzual, nu se indică nici un criteriu pentru „permis”. Suplimentar, utilizarea termenului de „eroare” este ambiguă. Deseori, caracteristicile de performanță ale unei metode de măsurare au fost utilizate drept criterii pentru a decide „adecvarea la scop”, ceea ce este o argumentare circulară. Includerea formală a conceptului de incertitudine de măsurare țintă în VIM 3, art.2.34 [1], rezolvă aceste ambiguități, în special dacă este combinată cu o definiție a măsurandului.

De importanță covârșitoare este conceptul de

measurand.

Of overriding importance is the concept of 'metrological traceability'. In any measurement, the measurement result must show proof of its scientific authority as opposed to being a mere declaration of an isolated figure. This requires that a 'trace' must be visible between the measurement result up to the definition of a measurement unit (through the realization or embodiment of this unit in a material). Yet, in practical work and in current parlance, a measurement result is often considered as 'traceable' to a measuring system, or to an instrument, or to a process, or to a material (or sample) or to an institute. In measurement, we are interested in the 'traceability' of a measurement result to another value, commonly accepted as *stated reference*, ultimately, but not necessarily to (the definition of) the chosen measurement unit, e.g. an SI or other. In VIM 3, entry 2.41 [1], 'metrological traceability' is defined as a "property of a measurement result whereby the result can be related to a reference through a documented unbroken chain of calibrations, each contributing to the measurement uncertainty".

If the measurand in a chemical measurement is defined as a 'particular quantity subject to measurement' [VIM 2, entry 2.6] [3], and that is interpreted as an electric current measurement only, or as a measurement of a ratio of electric currents in the classical sample-to-standard sequence, what is the ultimate 'reference'? Maybe (the definition of) the ampere. With a revised definition of 'measurand as the "quantity intended to be measured" [VIM 3, entry 2.3] [1] and of the 'measurement result' (encompassing measurement uncertainty) [VIM 3, entry 2.9] [1], the (ultimate) reference for metrological traceability of an 'amount-of-substance concentration' (amount-of-substance per volume) is the definition of the unit mol/L through its *realization* by a 'primary reference measurement procedure' [VIM 3, entry 2.8] [1] (which includes a *primary preparation procedure* as possibility). 'Quantity values' are carried by (or embodied in) references such as a 'calibrator' (a specific form of a 'measurement standard' taking the form of a 'certified reference material' CRM) or they can be produced by a device (e.g. an atomic clock, which is also a CRM) or they can be obtained by using a 'reference measurement procedure' [VIM 3, entry 2.7] [1]. In the latter case, the measurand is operationally defined.

Since 'measurement' requires the choice of a 'measurement standard' or 'calibrator' which—for obvious reasons—is made *before* the actual measurement is started, a (short or longer) 'calibration hierarchy' is thereby conceived and established consisting of by its very nature a reference for the

„trasabilitate metrologică”. În orice măsurare, rezultatul măsurării trebuie să arate o dovadă a autorității sale științifice cu totul altfel decât doar o declarație a unui număr izolat. Aceasta cere să fie vizibilă o „urmă” de la rezultatul măsurării la definiția unei unități de măsură (prin realizarea sau materializarea acestei unități într-un material). În continuare, în activitatea practică și în limbajul curent, un rezultat al măsurării este deseori considerat ca „trasabil” la un sistem de măsurare, sau la un instrument, sau la un proces, sau la un material (sau eșantion) sau la un institut. În măsurări suntem interesați de „trasabilitatea” unui rezultat al măsurării la altă valoare, comun acceptată ca *referință* declarată, și în cele din urmă, dar nu neapărat necesar, la (definiția unei) unități de măsură aleasă, de exemplu una SI sau alta stabilită prin convenție. În VIM 3, art.2.41 [1] „trasabilitatea metrologică” este definită ca proprietatea unui rezultat al măsurării prin care rezultatul poate fi raportat la o referință prin intermediul unui lanț neîntrerupt documentat de etalonări, fiecare contribuind la incertitudinea de măsurare”.

Dacă într-o măsurare chimică măsurandul este definit ca „mărima particulară supusă măsurării” [VIM 2, art. 2.6] [3] și aceasta este interpretată doar ca o măsurare de intensitate de curent – a se vedea paragraful numerotat 4, sau ca o măsurare de raport de intensități de curent, în secvența clasică etalon-etalon, care este cea din urmă „referință”? Poate (definiția) amperului. Cu o definiție revizuită a „măsurandului” drept „mărima intenționată a se măsura” [VIM 3, art.2.3] [1] și a „rezultatului măsurării” (cuprinzând incertitudinea de măsurare) [VIM 3, art.2.9] [1], referința (ultimă) pentru trasabilitatea metrologică a unei „concentrații în cantitate de substanță” (cantitate de substanță per volum) este definiția unității mol/L prin *realizarea* ei printr-o „procedură primară de măsurare” [VIM 3, art.2.8] [1] (care include pe cât posibil o *procedură primară de preparare*). „Valorile mărimii” sunt purtate de (sau materializate în) referințe cum ar fi „calibrator” (o formă specifică de „etalon de măsurare” care ia forma unui „material de referință certificat” MRC) sau care pot fi produse printr-un dispozitiv (de exemplu un ceas atomic, care este de asemenea un MRC) sau care pot fi obținute prin utilizarea unei „proceduri de măsurare de referință” [VIM 3, art.2.6] [1]. În ultima situație, măsurandul este definit operațional.

Deoarece „măsurandul” cere alegerea unui „etalon de măsurare” sau „calibrator”, care, pentru motive evidente, este produs *înaintea* măsurării propriu-zise, este concepută și stabilită o „ierarhie de etalonare” (mai scurtă sau mai lungă), constând din însăși natura referinței pentru etalonarea planificată (sistemul de măsurare al utilizatorului final etalonat

planned calibration. Such a calibration hierarchy can be very short (the end-user's measuring system calibrated by means of a calibrator purchased from a CRM producer) or very long (several consecutive measuring systems with their respective calibrators). This depends on the level in the calibration hierarchy which was designated to be necessary for the intended use of the measurement result. The calibration hierarchy goes down from the chosen reference to the 'measured quantity value'. 'Metrological traceability' (i.e. traceability of a 'measurement result') goes up from the 'measured quantity value' to the chosen reference. It is the inverse of any chosen 'calibration hierarchy'. The path of the 'metrological traceability' of the 'measurement result' after the measurement is the inverse of the 'calibration hierarchy' chosen before the measurement is carried out. Hence, a predictable 'metrological traceability chain' [VIM 3, entry 2.42] [1] a posteriori to the measurement is the inverse of a 'calibration hierarchy' decided a priori to the measurement.

prin intermediul unui calibrator achiziționat de la un producător de MRC) sau foarte lung (diferite sisteme de măsurare consecutive cu calibratori lor). Aceasta depinde de nivelul în ierarhia de etalonări care a fost stabilită a fi necesară pentru utilizarea intenționată a rezultatului măsurării. Ierarhia de etalonări merge în jos de la referința aleasă la „valoarea mărimii măsurate”. „Trasabilitatea metrologică” (adică trasabilitatea unui „rezultat al măsurării”) merge în sus de la „valoarea mărimii măsurate” la referința aleasă. Este inversul oricărei „ierarhii de etalonare”. Calea „trasabilității metrologice” a „rezultatului măsurării” după măsurare este inversă „ierarhiei de etalonare” aleasă înainte ca măsurarea să fie efectuată. Așadar, un „lanț de trasabilitate metrologică” predictibil [VIM 3, art.2.42] [1] ulterior măsurării este invers „ierarhiei de etalonare” decisă anterior măsurării.

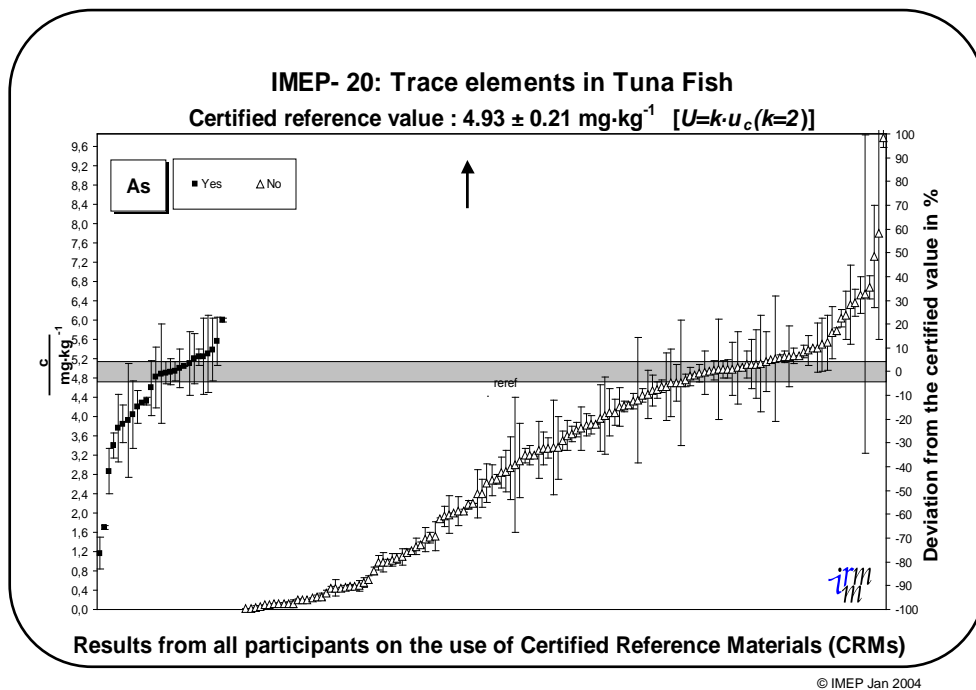


Fig 3. Results from all participants on the use of certified reference materials (CRMs). It cannot be “assumed” automatically that results of chemical measurements are always normally distributed.

Fig.3 Rezultatele tuturor participanților în utilizarea de materiale de referință certificate (MRC). Nu se poate „presupune” automat că rezultatele măsurărilor chimice sunt întotdeauna normal distribuite

A very useful consequence of 'metrological traceability' is 'comparability of measurement results'. Comparability is directly related to the term comparison. It is useful to remember that any measurement is a comparison with a measurement standard and, ultimately, with a measurement unit. Comparability of two measurement results is generated by both results being traceable to the same stated reference, e.g. through a documented unbroken chain of calibrations, to a realization of

O consecință foarte utilă a „trasabilității metrologice” este „comparabilitatea rezultatelor măsurării”. Comparabilitatea este direct legată de termenul comparare. Este util de reamintit că orice măsurare este o comparare cu un etalon de măsurare și, în cele din urmă, cu o unitate de măsură. Comparabilitatea a două rezultate ale măsurării este generată dacă ambele rezultate sunt trasabile la aceeași referință declarată, de exemplu printr-un lanț neîntrerupt și documentat de comparații la o realizare

that unit. Thus, a common reference for the two results is established. A measurement unit 5 is a quantity value fixed and agreed to be the unit on a measurement scale for the same quantity as the measurand and either given the value '1' or, sometimes, another value by common agreement. A simple example is the duration of a fixed number of stated energy transitions in a ^{133}Cs atom, first measured, then fixed by agreement and conveniently named '1second'). In common parlance, comparability is mostly used to indicate that the quantity values are of the same magnitude, a very different meaning. Only one is acceptable on the truly international scene and that must be fixed in a common vocabulary. This is now done and the metrological comparability of measurement results is defined in VIM3, 2.46, as the 'comparability of measurement results, for quantities of a given kind, that are metrologically traceable to the same reference' [1]. Two 'comparable' values need not be of the same magnitude. The correct translation of the definition of comparability in other languages may be one of the most important and most difficult tasks in the near future.

5 A unit is mostly—and by convention—given the value 1, but other values for a unit can be *defined*.

Further examples of lack of truly international understanding. It is not widely understood that the almost automatic assumption of a 'normal distribution' of chemical measurement results is questionable unless proven otherwise since

(a) the number of results is usually too small (well under the 30–50 required as a minimum for the assumption to be fulfilled) and hence unsuitable as the basis for valid conclusions and

(b) they rarely belong to a homogeneous population, a condition for 'normal distribution', as is the case, e.g. in so-called interlaboratory comparisons, where they are usually obtained by different measurement methods and/or different measurement techniques and/or different operators yielding numerous documented cases where the distribution around a 'reference value' does not seem normal; see Fig 3 [13], IMEP-20; the applicability of the concept 'normal distribution' to chemical measurement results must be clearly understood worldwide in the same way; also the question must be asked whether it is indicated or even permissible to automatically assume the normal distribution of chemical measurement results when no time or money is available to perform a large enough number of measurements or to perform them by the same measurement method, technique or operator.

a acelei unități. Astfel, este realizată o referință comună pentru ambele rezultate. O unitate de măsură este o valoare a mărimii fixată și agreată a fi unitatea pe o scară de măsurare pentru aceeași mărime ca măsurandul și este reprezentată fie de valoarea „1” sau, uneori, prin acord comun, de altă valoare. Un exemplu tipic este durata unui număr determinat de tranziții energetice stabilite într-un atom ^{133}Cs , întâi măsurat și apoi fixat prin acord și denumit convențional „1 secundă”). În limbaj comun, comparabilitatea este cel mai mult utilizată pentru a indica că valorile mărimii sunt de aceeași mărime, ceea ce este un sens foarte diferit. Doar unul este cu adevărat acceptat pe scară internațională și acesta trebuie fixat într-un vocabular comun. Aceasta este acum realizată și comparabilitatea metrologică a rezultatelor măsurării este definită în VIM 3, 2.46, drept „comparabilitatea rezultatelor măsurării, pentru mărimi de o anumită natură, care sunt trasabile metrologic la aceeași referință” [1]. Două valori „comparabile” nu trebuie să fie de aceeași magnitudine. Traducerea corectă a definiției comparabilității în alte limbi poate să fie una din cele mai importante și dificile sarcini în viitorul apropiat.

5 O unitate este în special – și prin convenție – dată de valoarea 1, dar alte valori pentru o unitate pot fi *definite*.

Alte exemple de lipsă a adevăratei înțelegeri internaționale. Pe scară largă, nu este înțeles faptul că presupunerea aproape automată a unei „distribuții normale” a rezultatelor chimice este pusă sub semnul întrebării dacă nu este dovedită, deoarece:

(a) numărul de rezultate este uzual prea mic (mult sub 30-50 minimul cerut pentru ca presupunerea să fie îndeplinită) și, astfel, nepotrivită ca bază pentru concluzii valide și

(b) rareori aparțin unei populații omogene, o condiție pentru „distribuția normală”, ca, de exemplu, în cazul a așa-numitelor comparații interlaboratoare, unde rezultatele se obțin uzual prin diferite metode de măsurare și/sau diferite tehnici de măsurare și/sau diferiți operatori care oferă numeroase cazuri documentate în care distribuția în jurul „valorii de referință” nu pare a fi normală; a se vedea Fig 3 [3], IMEP-20; aplicabilitatea conceptului de „distribuție normală” rezultatelor măsurărilor chimice trebuie să fie clar înțeleasă în același fel, pretutindeni; de asemenea, trebuie ridicată întrebări dacă este indicat, sau chiar permis, să se presupună automat distribuția normală a rezultatelor chimice atunci când nu sunt disponibile resurse financiare și de timp pentru a efectua un număr suficient de măsurări sau să fie efectuate prin aceeași metodă de măsurare, tehnică sau operator.

2. THE TRANSLATION PROBLEM

Correct translation is known to be very difficult. It is even doubted whether it can be done exactly. In any language, each term covers a 'field', resulting from its history and the context in which it is used. It follows that a common concept must be truly internationally understood—and a common definition of that concept truly internationally accepted—before any valid translation of a term can be attempted, as this must be based on a truly common understanding of the underlying concept. With VIM 3, the possibility of such a translation will become a reality for chemical measurements as soon as VIM 3 is freely available on the website of BIPM (agreed at the Joint Committee for Guides in Metrology, JCGM, chaired by the Director of BIPM).

The use of VIM 3 should go further. There is a need to implement a commonly agreed metrological language in ISO Guides and Standards, ILAC Multilateral Agreements within ILAC, Mutual Recognition Arrangements under CIPM and its Consultative Committees, EC Directives, WTO documents and probably many others. This would ensure consistency and compliance worldwide with common truly internationally understood concepts and associated internationally agreed terms in one language, presumably English. Only then can consistent and compliant translations be made in other languages. VIM3 makes this now also possible for chemical measurement results.

3. CONCLUSIONS

On the global scene, clear border-crossing agreements are needed. Such agreements can only last if they are based on common understanding. Good understanding can only be based on clarity in the communication tools used. Proper communication presupposes commonly understood concepts with associated terms. Common and truly internationally understood concepts and associated terms are the necessary tools in languages where measurements are involved. Unambiguous terms describing concepts are needed in at least one language in order to achieve coherence and clarity before the needed translation into other languages is meaningful.

REFERENCES

- [1] BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP OIM, *International vocabulary of metrology—Basic and general concepts and associated terms – VIM, JCGM 200:2008 + Corrigendum*, www.bipm.org/vim
- [2] BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP and OIML *International Vocabulary of Basic and General Terms in*

2. PROBLEMA TRADUCERII

Se știe că traducerea corectă este foarte dificilă. Este chiar neîncredere în faptul că poate fi efectuată exact. În orice limbă, fiecare termen acoperă un „domeniu”, care rezultă din istoria sa și din contextul în care este utilizat. Urmează că un concept comun trebuie să fie cu adevărat înțeles internațional – și o definiție comună a aceluși concept cu adevărat acceptată internațional – înainte să se încerce orice traducere validă a unui termen, deoarece aceasta trebuie să se bazeze pe o înțelegere comună a conceptului pe care-l subliniază. Datorită VIM 3, posibilitatea unei astfel de traduceri va deveni realitate pentru măsurările chimice având în vedere și faptul că VIM 3 este disponibil liber pe website-ul BIPM (agreat de Comitetul Reunit pentru Ghiduri în Metrologie, JCGM, prezidat de Directorul BIPM).

Utilizarea VIM 3 trebuie să continue. Este necesar să se implementeze un limbaj metrologic comun agreat în Ghidurile și Standardele ISO, în Aranjamentele Multilaterale ILAC din cadrul ILAC, Aranjamentele de Recunoaștere Mutuală ale CIPM și ale Comitetelor sale Consultative, Directivele CE, documentele OMC și probabil în multe altele. Aceasta ar asigura pretutindeni consistența și acordul cu concepte într-adevăr înțelese comun internațional și cu termeni asociați agreeți internațional într-o limbă, probabil engleza. Doar atunci, se pot face traduceri consistente și concordante în alte limbi. VIM 3 face posibil acest lucru pentru rezultatele măsurării chimice.

3. CONCLUZII

La scară globală, sunt necesare acorduri clare transfrontaliere. Asemenea acorduri pot dăinui doar dacă sunt bazate pe înțelegere comună. Buna înțelegere se poate baza doar pe claritatea în mijloacele de comunicare folosite. Comunicarea adecvată presupune concepte comun înțelese și termeni asociați. Concepte comune și cu adevărat înțelese internațional și termenii asociați sunt mijloacele necesare în limbajele în care sunt implicate măsurări. Sunt necesari termeni clari care descriu concepte, cel puțin într-o limbă, pentru a atinge coerența și claritatea înainte ca nevoia de traducere în alte limbi să aibă sens.

REFERENCES

- [1] BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP OIM, *International vocabulary of metrology—Basic and general concepts and associated terms – VIM, JCGM 200:2008 + Corrigendum*, www.bipm.org/vim
- [2] BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP and OIML *International Vocabulary of Basic and General Terms in*

- Metrology*, (ISO, Geneva) (1983, amended 1985)
- [3] BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML *International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology* edn 2, 1993 (ISO, Geneva)
- [4] ISO/DIS7041999 *Terminology Work—Principles and Methods*, ISO/TC 37/SC 1 (ISO, Geneva)
- [5] Ehrlich C, Dybkaer R and Woeger W Evolution of philosophy and description of measurement result (preliminary rationale for VIM 3), *Accred Qual Assur* **12** (2007) 201–18, presented at NCSLI (National Conf. of Standards Laboratories Int.) Symp. (Nashville, TN, USA, August 2006)
- [6] ISO1087-1: *Terminology Work – Vocabulary, Part I: Theory and Application*, 2000 (ISO, Geneva)
- [7] Dybkaer R, *An Ontology on Property for Physical, Chemical and Biological Systems*, (APMS Suppl. No 117) vol 112, 2004, p 17
- [8] BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML 1993/1995, *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM)*, (International Organization for Standardization, Geneva)
- [9] CIPM and BIPM 1999 *Mutual Recognition Arrangements* www.bipm.org
- [10] De Bièvre P *et al* 1987, 1987 Target Values for uncertainty components in fissile isotope and element assay, *Proc. IAEA Symp. Nucl. Safeguards Technol. (Wien, 1986)* pp 649–62
- [11] Deron S *etal* 1994, 1993 International Target Values for uncertainty components in measurements of nuclear materials for Safeguards purposes, *ESARDA Bulletin* 23 (Joint Research Centre ISPRA)
- [12] Kuhn E *etal* 1994, 1993 International Target Values for uncertainty components in fissile isotope and element assay for the effective safeguarding of nuclear materials, *IAEA STR-294 (Wien)*
- [13] http://www.irmm.jrc.be/interlaboratory_comparisons/imep/Pages/index.aspx

This paper is an amended version of a paper published in METROLOGIA 45 (2008) 335-341

About the author

Paul De Bièvre, Independent Consultant on Metrology in Chemistry (MiC), Duineneind 9, B-2460 Kasterlee, Belgium E-mail: paul.de.bievre@skynet.be

- Metrology*, (ISO, Geneva) (1983, amended 1985)
- [3] BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML *International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology* edn 2, 1993 (ISO, Geneva)
- [4] ISO/DIS7041999 *Terminology Work—Principles and Methods*, ISO/TC 37/SC 1 (ISO, Geneva)
- [5] Ehrlich C, Dybkaer R and Woeger W Evolution of philosophy and description of measurement result (preliminary rationale for VIM 3), *Accred Qual Assur* **12** (2007) 201–18, presented at NCSLI (National Conf. of Standards Laboratories Int.) Symp. (Nashville, TN, USA, August 2006)
- [6] ISO1087-1: *Terminology Work – Vocabulary, Part I: Theory and Application*, 2000 (ISO, Geneva)
- [7] Dybkaer R, *An Ontology on Property for Physical, Chemical and Biological Systems*, (APMS Suppl. No 117) vol 112, 2004, p 17
- [8] BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML 1993/1995, *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM)*, (International Organization for Standardization, Geneva)
- [9] CIPM and BIPM 1999 *Mutual Recognition Arrangements* www.bipm.org
- [10] De Bièvre P *et al* 1987, 1987 Target Values for uncertainty components in fissile isotope and element assay, *Proc. IAEA Symp. Nucl. Safeguards Technol. (Wien, 1986)* pp 649–62
- [11] Deron S *etal* 1994, 1993 International Target Values for uncertainty components in measurements of nuclear materials for Safeguards purposes, *ESARDA Bulletin* 23 (Joint Research Centre ISPRA)
- [12] Kuhn E *etal* 1994, 1993 International Target Values for uncertainty components in fissile isotope and element assay for the effective safeguarding of nuclear materials, *IAEA STR-294 (Wien)*
- [13] http://www.irmm.jrc.be/interlaboratory_comparisons/imep/Pages/index.aspx

Acest articol este o versiune amendată a articolului publicat în METROLOGIA 45 (2008) 335-341

Despre autor

Paul De Bièvre, Consultant independent în Metrologie în Chimie (MiC), Duineneind 9, B-2460 Kasterlee, Belgia E-mail: paul.de.bievre@skynet.be