



Lignes directrices d'EA
pour l'expression de
l'incertitude des résultats
d'essais quantitatifs

PURPOSE

The purpose of this document is to harmonise the evaluation of uncertainties associated with measurement and test results within EA. To achieve this, recommendations and advice are given for the evaluation of those uncertainties.

OBJECTIF

L'objectif de ce document est d'harmoniser l'évaluation des incertitudes associées au résultat de mesure et d'essai au sein d'EA. Pour atteindre cet objectif, des recommandations et conseils quant à l'évaluation de ces incertitudes sont donnés.

Original en anglais

Version française © Cofrac 2004.

Authorship

The EA Expert group on uncertainty of measurement prepared this document on behalf of the EA Laboratory Committee.

Official Language

The text may be translated into other languages as required. The English language version remains the definitive version.

Copyright

The copyright of this text is held by EA. The text may not be copied for resale.

Further information

For further information about this publication, contact your National member of EA. Please check our website <http://www.european-accreditation.org> for up-to-date information.

Date of endorsement : November 2003

Date of implementation : November 2004

Transitional period : -----

Auteur

Le groupe d'experts d'EA "Incertitude de mesure" a préparé ce document pour le Comité Laboratoire d'EA.

Langue officielle

Le texte peut être traduit dans d'autres langues si nécessaire. La version en langue anglaise demeure la version originale.

Copyright

Le copyright de ce texte est détenu par EA. Le texte ne peut pas être copié pour la vente. La traduction en langue française a été réalisée par le Cofrac.

Informations complémentaires

Pour plus d'informations au sujet de cette publication, contactez le membre d'EA de votre pays (www.cofrac.fr). Vous pouvez également consulter notre site Internet pour des informations mises à jour à <http://www.european-accreditation.org>.

Date d'approbation : Novembre 2003

Date d'application : Novembre 2004

Période de transition : -----

Ce document est la propriété du Cofrac. La traduction française a été assurée par le Cofrac, sous l'animation de Stéphane LAUDREL (Cofrac) et de Marc PRIEL (LNE), membres du groupe d'expert EA ayant rédigé la version anglaise du document, et avec la participation des organismes d'accréditation Belge (BELAC) et Suisse (SAS) et de l'Union Economique et Monétaire Ouest Africaine (UEMOA) qui disposent de fait des droits de diffusion de ce document.

CONTENTS

- 1 INTRODUCTION
- 2 SCOPE OF APPLICATION
- 3 POLICY STATEMENT
- 4 BRIEF SUMMARY OF THE GUM
- 5 TUTORIAL ON MEASUREMENT AND QUANTITATIVE TESTING
 - 5.1 Requirements
 - 5.2 Specific difficulties of uncertainty evaluation in testing
- 6 USE OF VALIDATION AND METHOD PERFORMANCE DATA FOR UNCERTAINTY EVALUATION
 - 6.1 Sources of method performance and validation data
 - 6.2 Data accumulated during validation and verification of a test method prior to application in the testing environment
 - 6.3 Interlaboratory study of test methods performance according to ISO 5725 or equivalent
 - 6.4 Test or measurement process quality control data
 - 6.5 Proficiency testing data
 - 6.6 Significance of uncertainty contributions
 - 6.7 Use of prior study data
- 7 REPORTING RESULTS OF A QUANTITATIVE TEST
- 8 STEPWISE IMPLEMENTATION OF THE UNCERTAINTY CONCEPT
- 9 ADVANTAGES OF UNCERTAINTY EVALUATION FOR TESTING LABORATORIES
- 10 REFERENCES
- 11 BIBLIOGRAPHY
- 12 APPENDIX

SOMMAIRE

- 1 INTRODUCTION
- 2 DOMAINE D'APPLICATION
- 3 DECLARATION DE POLITIQUE
- 4 BREF RESUME DU GUM
- 5 RECOMMANDATIONS DIDACTIQUES RELATIVES AUX MESURES ET AUX ESSAIS QUANTITATIFS
 - 5.1 Exigences
 - 5.2 Difficultés spécifiques quant à l'évaluation de l'incertitude dans le domaine des essais
- 6 UTILISATION DES DONNEES DE VALIDATION ET D'EXECUTION DE LA METHODE POUR L'EVALUATION DE L'INCERTITUDE
 - 6.1 Sources des données d'exécution et de validation de la méthode
 - 6.2 Données accumulées pendant la validation et la vérification d'une méthode d'essai avant son application dans le contexte de l'essai.
 - 6.3 Etude comparative interlaboratoires sur les performances des méthodes d'essai selon ISO 5725 ou équivalent
 - 6.4 Données issues du processus de contrôle de la qualité des essais ou de mesure
 - 6.5 Données d'essai d'aptitude
 - 6.6 Composantes significatives de l'incertitude
 - 6.7 Utilisation de données d'études antérieures
- 7 EXPRESSION DES RESULTATS D'UN ESSAI QUANTITATIF
- 8 MISE EN OEUVRE PROGRESSIVE DU CONCEPT D'INCERTITUDE
- 9 AVANTAGES DE L'EVALUATION DE L'INCERTITUDE POUR LES LABORATOIRES D'ESSAI
- 10 REFERENCES
- 11 BIBLIOGRAPHIE
- 12 ANNEXES

1 INTRODUCTION

The Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM) [1] is recognised by EA as the master document on measurement uncertainty. Therefore, consistency with the GUM is generally required for specific guidance or recommendations for the evaluation of measurement uncertainty in any field of application associated with EA activity.

In general, the GUM is also applicable in testing, although there are decisive differences between measurement and testing procedures. The very nature of some testing procedures may make it difficult to apply the GUM strictly. Section 6 provides guidance on how to proceed in such cases.

Wherever possible accredited testing laboratories are required, when reporting the uncertainties associated with quantitative results, to do so in accordance with the GUM. A basic requirement of the GUM is the use of a model for the evaluation of uncertainty. The model should include all quantities that can contribute significantly to the uncertainty associated with the test result. There are circumstances, however, where the effort required developing a detailed model is unnecessary. In such a case other identified guidance should be adopted, and other methods based, for example on validation and method performance data be used.

To ensure that clients benefit fully from laboratories' services, accredited testing laboratories have developed appropriate principles for their collaboration with clients. Clients have the right to expect that the test reports are factually correct, useful and comprehensive. Depending on the situation, clients are also interested in quality features, especially

- the reliability of the results and a quantitative statement on this reliability, i.e. uncertainty
- the level of confidence of a conformity statement about the product that can be inferred from the testing result and the associated expanded uncertainty.

1 INTRODUCTION

Le Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM) [1] est reconnu par EA comme le document de référence en matière d'incertitude de mesure. Par conséquent, la conformité au GUM est généralement requise pour des conseils ou des recommandations spécifiques à l'évaluation de l'incertitude de mesure dans toute application associée à l'activité d'EA.

En général, le GUM est également applicable aux essais, bien qu'il existe des différences significatives entre les procédures de mesure et d'essai. La nature de certaines procédures d'essai peut rendre difficile l'application rigoureuse du GUM. Le chapitre 6 propose des indications sur la façon de procéder dans de tels cas.

Chaque fois que possible les laboratoires accrédités sont tenus, lorsqu'ils sont amenés à indiquer des incertitudes associées aux résultats d'essais quantitatifs, de les exprimer conformément au GUM. Une exigence de base du GUM est l'utilisation d'un modèle pour l'évaluation de l'incertitude. Le modèle doit inclure tous les paramètres susceptibles de contribuer de façon significative à l'incertitude associée au résultat de l'essai. Cependant, il y a des circonstances où les efforts requis pour développer un modèle détaillé n'est pas nécessaire. Dans ce cas, d'autres approches doivent être adoptées et d'autres méthodes basées, par exemple, sur la validation de la méthode et les données d'exécution seront utilisées.

Afin de s'assurer que les clients bénéficient pleinement de leurs services, les laboratoires d'essai accrédités ont adopté des principes appropriés en ce qui concerne leur collaboration avec les clients. Les clients sont en droit d'attendre que les rapports d'essai soient factuellement corrects, utiles et compréhensibles. Selon la situation, les clients s'intéressent également à des aspects de qualité, en particulier :

- La fiabilité des résultats et une indication quantitative de cette fiabilité, comme par exemple l'incertitude.
- Le niveau de confiance d'une déclaration de conformité relative au produit qui peut être inféré du résultat de l'essai et de son incertitude élargie associée.

Other quality features such as repeatability, intermediate precision reproducibility, trueness, robustness and selectivity are also important for the characterisation of the quality of a test method.

This document does not deal with the use of uncertainty in conformity assessment. In general, the quality of a test result does not reflect the best achievable or the smallest uncertainty. Section 2 defines the scope of application of this guide and Section 3 presents a policy statement jointly made by EUROLAB, EURACHEM and EA. Sections 4, 5 and 6 are tutorial. Section 4 provides a brief summary of the GUM. Section 5 summarises the existing requirements according to ISO/IEC 17025 [7] and the strategy for the implementation of uncertainty evaluation. It also addresses some difficulties associated with uncertainty evaluation in testing. Section 6 explains the use of validation and method performance data for evaluating uncertainty in testing. EA requirements on reporting the result of a measurement are given in Section 7. Guidance on a stepwise implementation of uncertainty in testing is provided in Section 8. The benefits of elaborating the uncertainty associated with the values obtained in quantitative testing are indicated in Section 9.

D'autres critères de qualité tels que la répétabilité, la reproductibilité, la fidélité intermédiaire, la justesse, la robustesse et la sélectivité sont également importants dans le cadre de la caractérisation de la qualité d'une méthode d'essai.

Ce document ne traite pas de l'utilisation de l'incertitude dans l'évaluation de la conformité. En général, la qualité d'un résultat d'essai ne reflète pas la meilleure incertitude ou la plus faible possible. Le chapitre 2 définit le domaine d'application de ce guide et le chapitre 3 présente une déclaration de politique adoptée conjointement par EUROLAB, EURACHEM et EA. Les chapitres 4, 5 et 6 ont un but pédagogique. Le chapitre 4 expose un bref résumé du GUM. Le chapitre 5 résume les exigences de la norme ISO/CEI 17025 [7] et la stratégie pour la mise en oeuvre de l'évaluation de l'incertitude. Il aborde également quelques difficultés associées à l'évaluation dans le domaine des essais. Le chapitre 6 explique l'utilisation de données de validation et d'exécution de méthode pour l'évaluation de l'incertitude associée aux résultats des essais. Les exigences d'EA sur la façon de rapporter le résultat d'une mesure sont exposées dans le chapitre 7. Des indications sur la mise en oeuvre progressive de l'évaluation de l'incertitude associée aux résultats des essais se trouvent dans le chapitre 8. Le chapitre 9 présente enfin les avantages de la détermination de l'incertitude associée aux résultats obtenus dans des essais quantitatifs.

2 SCOPE OF APPLICATION

This document is intended to provide guidance for the evaluation¹ of uncertainty in quantitative testing. Any test involving the determination of a numerical value of a measurand or a characteristic is called quantitative testing. For the evaluation of uncertainty in calibration, EA-4/02 [11] should be consulted.

3 POLICY STATEMENT

Extract from ILAC-G17:2002 "Introducing the Concept of Uncertainty of Measurement in Testing in Association with the Application of the Standard ISO/IEC 17025" [15] :

- 1. The statement of uncertainty of measurement should contain sufficient information for comparative purposes;*
- 2. The GUM and ISO/IEC 17025 form the basic documents but sector specific interpretations may be needed;*
- 3. Only uncertainty of measurement in quantitative testing is considered for the time being. A strategy on handling results from qualitative testing has to be developed by the scientific community;*
- 4. The basic requirement should be either an estimation of the overall uncertainty, or identification of the major components followed by an attempt to estimate their size and the size of the combined uncertainty;*
- 5. The basis for the estimation of uncertainty of measurement is to use existing experimental data should be used (quality control charts, validation, round robin tests, PT, CRM, handbooks etc.);*

¹ The term *evaluation* has been used in preference to the term *estimation*. The former term is more general and is applicable to different approaches for uncertainty. This choice is also made to be consistent with the vocabulary used in GUM.

2 DOMAINE D'APPLICATION

Ce document a pour but de fournir des indications sur l'évaluation¹ de l'incertitude associée aux essais quantitatifs. Tout essai impliquant la détermination d'une valeur numérique d'une grandeur ou d'une caractéristique est appelé essai quantitatif. Pour l'évaluation d'une incertitude en étalonnage, consultez le document EA-4/02 [11].

3 DECLARATION DE POLITIQUE

Extrait du document ILAC-G17:2002 « Introduction du concept de l'incertitude des mesures dans les essais en association avec l'application de la norme ISO/CEI 17025 » [15] :

- 1. La déclaration d'incertitude de mesure doit contenir des informations suffisantes afin de pouvoir comparer les résultats ;*
- 2. Le GUM et l'ISO/CEI 17025 constituent les documents de base mais des interprétations sectorielles spécifiques peuvent être nécessaires ;*
- 3. Seule l'incertitude de mesure associée aux essais quantitatifs est considérée pour l'instant. Une stratégie sur le traitement des résultats d'essais qualitatifs doit être mise au point par la communauté scientifique ;*
- 4. L'exigence de base doit être une estimation de l'incertitude globale ou une identification des principales composantes suivie d'une tentative d'évaluation de leur contribution à l'incertitude composée ;*
- 5. La base de l'estimation de l'incertitude de mesure est l'utilisation des données expérimentales existantes (cartes de contrôle de qualité, validation, essais comparatifs interlaboratoires, essai d'aptitude, matériaux de référence certifié, "handbook", etc.) ;*

¹ Le terme *évaluation* a été utilisé de préférence au terme *estimation*. Le premier terme est plus général et s'applique à différentes approches sur l'incertitude. Ce choix a également été fait par souci de cohérence avec le vocabulaire utilisé dans le GUM.

6. When using a standard test method there are three cases:

- when using a standardised test method, which contains guidance to the uncertainty evaluation, testing laboratories are not expected to do more than to follow the uncertainty evaluation procedure as given in the standard²;
- if a standard gives a typical uncertainty of measurement for test results, laboratories are allowed to quote this figure if they can demonstrate full compliance with the test method;
- if a standard implicitly includes the uncertainty of measurement in the test results there is no further action necessary².

Testing laboratories should not be expected to do more than take notice of, and apply the uncertainty-related information given in the standard, i.e. quote the applicable figure, or perform the applicable procedure for uncertainty estimation. Standards specifying test methods should be reviewed concerning estimation and statement of uncertainty of test results, and revised accordingly by the standards organisation.

7. The required depth of the uncertainty estimations may be different in different technical fields. Factors to be taken into account include:

- common sense;
- influence of the uncertainty of measurement on the result (appropriateness of the determination);
- appropriateness;
- classification of the degree of rigour in the determination of uncertainty of measurement.

8. In certain cases it can be sufficient to report only the reproducibility;

9. When the estimation of the uncertainty of measurement is limited any report of the uncertainty should make this clear;

10. There should be no development of new guides where usable guides already exist.

² The laboratories have to demonstrate full compliance with the test methods.

6. Lors de l'utilisation d'une méthode d'essai normalisée, trois cas se présentent :

- Lorsque la méthode d'essai normalisée contient des indications relatives à l'évaluation de l'incertitude, il n'est pas attendu des laboratoires d'essais qu'ils fassent plus que suivre la procédure d'évaluation de l'incertitude telle qu'elle apparaît dans les normes² ;
- Si une norme mentionne une incertitude de mesure typique dans les résultats d'essai, les laboratoires sont autorisés à indiquer ce chiffre s'ils peuvent démontrer une conformité totale avec la méthode d'essai ;
- Si une norme inclut implicitement l'incertitude des mesures dans les résultats de l'essai, aucune autre action n'est nécessaire².

Il n'est pas attendu des laboratoires d'essai qu'ils fassent plus que prendre en compte et appliquer les informations liées à l'incertitude données par la norme, c'est-à-dire indiquer le chiffre applicable ou mettre en oeuvre la procédure applicable pour l'estimation de l'incertitude. Les normes qui spécifient des méthodes d'essais devraient être réexaminées en ce qui concerne l'estimation et la déclaration de l'incertitude des résultats d'essai et revues en conséquence par les organismes de normalisation.

7. Le niveau d'exigence requis pour les estimations de l'incertitude peut être différent dans différents domaines techniques. Les facteurs à prendre en considération incluent :

- le bon sens ;
- l'influence de l'incertitude de mesure sur le résultat (adéquation de la détermination) ;
- l'opportunité ;
- la classification des degrés d'exigence dans la détermination de l'incertitude de mesure.

8. Dans certains cas, il peut être suffisant de rapporter uniquement la reproductibilité ;

9. Lorsque l'estimation de l'incertitude de mesure est partielle, tout rapport relatif à l'incertitude doit le faire apparaître clairement;

10. Il ne doit pas y avoir de développement de nouveaux guides lorsque des guides utilisables existent déjà.

² Les laboratoires doivent faire preuve d'une conformité totale avec les méthodes d'essai.

4 BRIEF SUMMARY OF THE GUM

The GUM is based on sound theory and provides a consistent and transferable evaluation of measurement uncertainty and supports metrological traceability. The following paragraphs provide a brief interpretation of the basic ideas and concepts.

Three levels in the GUM can be identified. These are basic concepts, recommendations and evaluation procedures. Consistency requires the basic concepts to be accepted and the recommendations to be followed. The basic evaluation procedure presented in the GUM, the law of propagation of uncertainty, applies to linear or linearised models (see below). It should be applied whenever appropriate, since it is straightforward and easy to implement. However, for some cases more advanced methods such as the use of higher-order expansion of the model or the propagation of probability distributions may be required.

The basic concepts in uncertainty evaluation are

- the knowledge about any quantity that influences the measurand is in principle incomplete and can be expressed by a probability density function (PDF) for the values attributable to the quantity based on that knowledge
- the expectation value of that PDF is taken as the best estimate of the value of the quantity
- the standard deviation of that PDF is taken as the standard uncertainty associated with that estimate
- the PDF is based on knowledge about a quantity that may be inferred from
 - repeated measurements—Type A evaluation
 - scientific judgement based on all the available information on the possible variability of the quantity—Type B evaluation.

4 BREF RESUME DU GUM

Le GUM se base sur une théorie bien fondée et propose une évaluation de l'incertitude de mesure logique en elle-même et transférable et soutient la traçabilité métrologique. Les paragraphes suivants présentent une brève interprétation des idées et des concepts de base.

Dans le GUM, trois niveaux peuvent être identifiés. Il s'agit de concepts de base, de recommandations et de procédures d'évaluation. La cohérence veut que les concepts de base soient acceptés et que les recommandations soient suivies. La procédure d'évaluation présentée dans le GUM, à savoir la loi de propagation de l'incertitude, s'applique à des modèles linéaires ou linéarisés (voir ci-après). Elle doit être appliquée, chaque fois que cela est approprié, du fait de sa simplicité et de sa facilité de mise en oeuvre. Toutefois, dans certains cas, des méthodes plus avancées telles que l'utilisation d'un modèle développé à un ordre supérieur ou la propagation de la distribution de la probabilité peuvent être requises.

Les concepts de base de l'évaluation de l'incertitude sont :

- La connaissance relative à toute grandeur influençant le mesurande (la grandeur à mesurer) est par principe incomplète et peut être exprimée par une fonction de densité de probabilité (FDP) pour les valeurs attribuables à cette grandeur en se fondant sur la connaissance que l'on en a.
- L'espérance mathématique de cette FDP est considérée comme la meilleure estimation de la valeur de la grandeur.
- L'écart-type de cette FDP est considéré comme l'incertitude-type associée à cette estimation.
- La FDP est basée sur la connaissance relative à une grandeur qui peut être déduite de :
 - mesures répétées—Evaluation de type A
 - évaluation scientifique basée sur toutes les informations disponibles sur la variation possible de la grandeur—Evaluation de type B.

This document interprets the GUM as based on

- a model formulated to account for the interrelation of the input quantities that influence the measurand
- corrections included in the model to account for systematic effects; such corrections are essential for achieving traceability to stated references (e.g. CRMs, reference measurement procedures, SI units).
- the reporting of the result of a measurement that specifies the value and a quantitative indication of the quality of that result
- the provision, when required, of an interval about the result of a measurement that may be expected to encompass a large fraction of the values that could reasonably be attributed to the measurand. This interval, often expressed in terms of an expanded uncertainty, is a very suitable quantitative indication of the quality of the result. The expanded uncertainty is often expressed as a multiple of the standard uncertainty. The multiplying factor is termed the coverage factor k (see Section 7).

The evaluation procedure comprises four parts:

- Derivation of the model of the measurement. Because in general this is the most difficult part of the evaluation, the use of a cause-effect-relationship linking the input quantities to the measurand is recommended
- The provision of probability density functions (PDFs) for the input quantities to the model, given information about these quantities. In many cases in practice, it is necessary to specify only the expectation value and standard deviation of each PDF, i.e. the best estimate of each quantity and the standard uncertainty associated with that estimate

Ce document interprète le GUM comme étant fondé sur :

- Un modèle conçu pour représenter l'interrelation des grandeurs d'entrée influençant le mesurande.
- Des corrections incluses dans le modèle pour représenter les effets systématiques; ces corrections sont essentielles pour obtenir la traçabilité par rapport aux références établies (par exemple, les MRC, les méthodes de mesure de référence, les unités du système international SI).
- La présentation d'un résultat de mesure qui spécifie sa valeur et une indication quantitative de la qualité de ce résultat.
- La mention, si nécessaire, d'un intervalle concernant le résultat de mesure pouvant être considéré comme englobant une fraction importante des valeurs qui peuvent être raisonnablement attribuées au mesurande. Cet intervalle, souvent exprimé en termes d'incertitude élargie, est une indication quantitative de la qualité du résultat très appropriée. L'incertitude élargie est souvent exprimée en tant que multiple de l'incertitude-type. Le facteur multiplicateur est appelé facteur d'élargissement k (voir chapitre 7).

La procédure d'évaluation comporte quatre parties :

- La dérivation du modèle de la mesure. Comme il s'agit en général de la partie la plus difficile de l'évaluation, l'utilisation d'une relation de cause à effet reliant les grandeurs d'entrée au mesurande est recommandée.
- L'établissement des fonctions de densité de probabilité (FDP) pour les grandeurs d'entrée du modèle, sur la base des informations sur ces grandeurs. Dans de nombreux cas pratiques, il est nécessaire de spécifier uniquement l'espérance mathématique et l'écart-type de chaque FDP, c'est-à-dire la meilleure estimation de chaque grandeur et l'incertitude-type associée à cette estimation.

- Propagation of uncertainty. The basic procedure (the law of propagation of uncertainty) can be applied to linear or linearised models, but is subject to some restrictions. A working group of the Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM) is preparing guidance for a more general method (the propagation of PDFs) that includes the law of propagation of uncertainty as a special case
- Stating the complete result of a measurement by providing the best estimate of the value of the measurand, the combined standard uncertainty associated with that estimate and an expanded uncertainty (Section 7).

The GUM [1] provides guidance on stating a complete result of a measurement in its section 7, titled "Reporting uncertainty". Section 7 in this document follows the recommendations of the GUM and provides some more detailed guidance. Note that the GUM permits the use of either the combined standard uncertainty $u_c(y)$ or the expanded uncertainty $U(y)$, *i.e.* the half width of an interval having a stated level of confidence, as a measure of uncertainty. However, if the expanded uncertainty is used, one must state the coverage factor k , which is equal to the value of $U(y)/u_c(y)$.

For the evaluation of the uncertainty associated with the measurand Y one needs only to know

- the model, $Y = f(X_1, \dots, X_N)$,
- the best estimates x_i of all input quantities X_i and
- the uncertainties $u(x_i)$ and the correlation coefficients $r(x_i, x_j)$ associated with x_i and with x_i and x_j .

The best estimate x_i is the expected value of the PDF for X_i , $u(x_i)$ is the standard deviation of that PDF and $r(x_i, x_j)$ is the ratio of the covariance between x_i and x_j and the product of the standard deviations.

To state the combined standard uncertainty $u_c(y)$ associated with the measurement result y , no further knowledge of the PDF is required. To state the half width of an interval having a stated level of confidence, *i.e.* an expanded uncertainty, it is necessary to know the PDF. This requires more knowledge since the two parameters, expectation value and standard deviation, do not fully specify a PDF unless it is known to be Gaussian.

- La propagation de l'incertitude. La procédure de base (la loi de propagation de l'incertitude) peut être appliquée à des modèles linéaires ou linéarisés mais fait l'objet de quelques restrictions. Un groupe de travail du Comité commun pour les guides en métrologie (JCGM) est en train de préparer des conseils pour une méthode plus générale (la propagation des FDP) qui inclut la loi de propagation de l'incertitude en tant que cas particulier.
- La déclaration du résultat complet d'une mesure en fournissant la meilleure estimation de la valeur du mesurande, l'incertitude-type composée associée à cette estimation et une incertitude élargie (Section 7).

Le GUM [1] propose des recommandations pour l'expression du résultat complet d'une mesure dans son chapitre 7 intitulé « Expression de l'incertitude ». Le chapitre 7 de ce document suit les recommandations du GUM et apporte quelques indications plus détaillées. Notez que le GUM permet l'utilisation de l'incertitude-type composée $u_c(\mathbf{y})$ ou de l'incertitude élargie $U(\mathbf{y})$, c'est-à-dire la moitié de la largeur d'un intervalle ayant un niveau fixe de confiance, en tant que mesure d'incertitude. Cependant, si l'incertitude élargie est utilisée, il faut exposer le facteur k qui est égal à la valeur de $U(\mathbf{y})/u_c(\mathbf{y})$.

Pour l'évaluation de l'incertitude associée au mesurande Y , il suffit de connaître :

- le modèle, $Y = f(X_1, \dots, X_N)$,
- les meilleures estimations x_i de toutes les grandeurs d'entrée X_i et
- les incertitudes $u(x_i)$ ainsi que les coefficients de corrélation $r(x_i, x_j)$ associés à x_i et à x_i et x_j .

La meilleure estimation x_i est l'espérance mathématique de la FDP pour X_i , $u(x_i)$ est l'écart-type de cette FDP et $r(x_i, x_j)$ est le rapport de covariance entre x_i et x_j et le produit des écarts-types.

Pour fixer l'incertitude-type composée $u_c(\mathbf{y})$ associée au résultat des mesures y , aucune autre connaissance de la FDP n'est requise. Pour fixer la moitié de la largeur d'un intervalle ayant un niveau fixé de confiance, c'est-à-dire une incertitude élargie, il est nécessaire de connaître la FDP. Cela nécessite plus de connaissance étant donné que les deux paramètres, l'espérance mathématique et l'écart-type, ne spécifient pas pleinement une FDP à moins que celle-ci ne soit gaussienne.

Section 7 provides guidance on obtaining the expanded uncertainty in those cases where a Gaussian PDF is not assumed for the measurand *Y*.

Le chapitre 7 apporte des recommandations pour obtenir l'incertitude élargie dans les cas où une FDP gaussienne ne serait pas adaptée pour le mesurande *Y*.

5 TUTORIAL ON MEASUREMENT AND QUANTITATIVE TESTING

5.1 Requirements

In principle, the standard ISO/IEC 17025 does not include new requirements concerning measurement uncertainty but it deals with this subject in more detail than the previous version of this standard:

“5.4.6 Estimation of uncertainty of measurement

5.4.6.1 *A calibration laboratory, or a testing laboratory performing its own calibrations, shall have and shall apply a procedure to estimate the uncertainty of measurement for all calibrations and types of calibrations.*

5.4.6.2 *Testing laboratories shall have and shall apply procedures for estimating uncertainty of measurement. In certain cases the nature of the test method may preclude rigorous, metrologically and statistically valid, calculation of uncertainty of measurement. In these cases the laboratory shall at least attempt to identify all the components of uncertainty and make a reasonable estimation, and shall ensure that the form of reporting of the result does not give a wrong impression of the uncertainty. Reasonable estimation shall be based on knowledge of the performance of the method and on the measurement scope and shall make use of, for example, previous experience and validation data.*

5 RECOMMANDATIONS DIDACTIQUES RELATIVES AUX MESURES ET AUX ESSAIS QUANTITATIFS

5.1 Exigences

En principe, la norme ISO/CEI 17025 n'inclut pas de nouvelles exigences concernant l'incertitude de mesure mais traite de ce sujet plus en détail que dans la version précédente de cette norme :

« 5.4.6 Estimation de l'incertitude de mesure

5.4.6.1 *Un laboratoire d'étalonnages ou un laboratoire d'essais procédant à ses propres étalonnages doit disposer d'une procédure, qu'il doit appliquer pour estimer l'incertitude de mesure de tous les étalonnages et de tous les types d'étalonnage.*

5.4.6.2 *Les laboratoires d'essais doivent aussi posséder et appliquer des procédures pour estimer l'incertitude de mesure. Dans certains cas, la nature de la méthode d'essai exclut un calcul rigoureux, métrologiquement et statistiquement valable, de l'incertitude de mesure. Dans de tels cas, le laboratoire doit au moins tenter d'identifier toutes les composantes de l'incertitude et faire une estimation raisonnable, tout en assurant que la manière d'en rendre compte ne donne pas une impression erronée de l'incertitude. Une estimation raisonnable doit se baser sur une connaissance de la performance de la méthode et sur le domaine de la mesure et faire appel, par exemple, à l'expérience acquise et aux données de validation antérieures.*

NOTE 1 The degree of rigor needed in an estimation of uncertainty of measurement depends on factors such as:

- *the requirements of the test method ;*
- *the requirements of the client ;*
- *the existence of narrow limits on which decisions on conformance to a specification are based.*

NOTE 2 In those cases where a well-recognized test method specifies limits to the values of the major sources of uncertainty of measurement and specifies the form of presentation of calculated results, the laboratory is considered to have satisfied this clause by following the test method and reporting instructions (see 5.10).

5.4.6.3 *When estimating the uncertainty of measurement, all uncertainty components, which are of importance in the given situation shall be taken into account using appropriate methods of analysis.*

NOTE 1 Sources contributing to the uncertainty include, but are not necessarily limited to, the reference standards and reference materials used, methods and equipment used, environmental conditions, properties and conditions of the item being tested or calibrated, and the operator.

NOTE 2 The predicted long-term behaviour of the tested and/or calibrated item is not normally taken into account when estimating the measurement uncertainty.

NOTE 3 For further information, see ISO 5725 and the Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (see bibliography)''.

NOTE 1 Le degré de rigueur requis dans une estimation de l'incertitude de mesure dépend de facteurs tels que - les exigences de la méthode d'essai;

- *les exigences du client;*
- *l'existence de limites étroites sur lesquelles la décision de conformité à une spécification est basée.*

NOTE 2 Dans les cas où une méthode d'essai bien établie précise des limites des valeurs des principales sources d'incertitude de mesure et spécifie la forme de présentation des résultats calculés, le laboratoire est considéré comme ayant satisfait cette clause s'il suit la méthode d'essai et les instructions concernant les rapports (voir 5.10).

5.4.6.3 *Lorsqu'on estime l'incertitude de mesure, il faut prendre en compte, en utilisant des méthodes d'analyse appropriées, toutes les composantes de l'incertitude qui ont une importance dans la situation donnée.*

NOTE 1 Parmi les sources d'incertitude figurent, sans caractère d'exhaustivité, les étalons de référence et les matériaux de référence, les méthodes et l'équipement utilisés, les conditions ambiantes, les propriétés et la condition de l'objet soumis à l'essai ou étalonné, et l'opérateur.

NOTE 2 Le comportement prévu à long terme de l'objet soumis à l'essai et/ou étalonné n'est normalement pas pris en compte lors de l'estimation de l'incertitude de mesure.

NOTE 3 Pour de plus amples informations, voir l'ISO 5725 et le Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (voir bibliographie).

5.2 Specific difficulties of uncertainty evaluation in testing

The terms “test result” and “measurement result” correspond to two well-defined concepts. In metrology the word “measurand” as defined in VIM [2, clause 2.6] is used and in testing the word “characteristic” as defined in ISO 3534-2 [6] is preferred.

<p>Measurand (VIM 2.6) Particular quantity subject to measurement</p> <p>(measurable) quantity (VIM 1.1) attribute of a phenomenon, body or a substance that may be distinguished qualitatively and determined quantitatively</p>	<p>Characteristic (ISO 3534) A property which helps to differentiate between items of a given population</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

The difference between the terminology used in “measurement” and “testing” activities will be more clearly seen upon comparing the definitions of the two operations:

<p>Measurement (VIM 2.1) Set of operations having the object of determining a value of a quantity</p>	<p>Test (ISO/IEC Guide 2 [3]) Technical operation that consist of the determination of one or more characteristics of a given product, process or service according to a specified procedure</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

5.2 Difficultés spécifiques quant à l'évaluation de l'incertitude dans le domaine des essais

Les termes « résultat d'essai » et « résultat de mesure » correspondent à deux concepts bien définis. En métrologie, le mot « mesurande » tel qu'il est défini dans le VIM [2, clause 2.6] est utilisé et, pour les essais, on préfère le mot « caractéristique » tel qu'il est défini dans ISO 3534-2 [6].

<p>Mesurande (VIM 2.6) Grandeur particulière soumise à mesurage.</p> <p>Grandeur (mesurable) (VIM 1.1) Attribut d'un phénomène, un corps ou une substance qui peut être distingué qualitativement et déterminé quantitativement.</p>	<p>Caractère (ISO 3534) Propriété qui permet d'identifier ou de différencier des individus d'une population donnée.</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

La différence entre la terminologie utilisée dans des activités de « mesure » et d'« essai » sera plus clairement mise en évidence en comparant les définitions des deux opérations :

<p>Mesure (VIM 2.1) Ensemble d'opération ayant pour but de déterminer une valeur d'une grandeur</p>	<p>Essai (ISO/CEI Guide 2 [3]) Opération technique qui consiste à déterminer une ou plusieurs caractéristiques d'un produit, processus ou service donné, selon un mode opératoire spécifié.</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

A measurand as defined by the VIM is therefore a particular case of a characteristic as defined by ISO 3534, in the sense that a well-defined characteristic can be regarded as a measurand. In particular, a quantitative characteristic is a 'quantity' in the VIM definition, and in the course of a test the value of that quantity will be determined by measurement. It follows that the properties of measurement results and quantitative test results can be expected to be identical. Further, in both cases an appropriate definition of the measurand or of the characteristic is essential. Here, "appropriate" means sufficiently detailed and related to the process of measuring or testing and sometimes also related to the further use of the result.

There are, however, important differences in the practice of measurement (as seen in calibration and in testing), and these affect the practice of uncertainty evaluation:

A *measurement process* typically yields a result that in principle is independent of the measurement method apart from different uncertainties associated with different methods. For example, temperature values indicated by a mercury thermometer and a platinum resistance thermometer can be expected to be similar (to an extent dictated by their associated uncertainties), but the uncertainty associated with the former value will be much larger than that associated with the latter.

A *test result* typically depends on the method and on the specific procedure used to determine the characteristic, sometimes strongly. In general, different test methods may yield different results, because a characteristic is not necessarily a well-defined measurand.

Un mesurande tel que défini dans le VIM est donc un cas particulier d'une caractéristique telle que définie par l'ISO 3534 dans le sens où une caractéristique bien définie peut être considérée comme un mesurande. En particulier, une caractéristique quantitative est une « grandeur » dans la définition du VIM et, au cours d'un essai, la valeur de cette grandeur sera déterminée par la mesure. Il s'ensuit que l'on peut s'attendre à ce que les propriétés des résultats de mesure et des résultats d'essai quantitatifs soient identiques. De plus, dans les deux cas, une définition appropriée du mesurande ou de la caractéristique est essentielle. Ici, « appropriée » signifie « suffisamment détaillée et en relation avec le processus de mesure ou d'essai » et parfois aussi « en relation avec l'utilisation ultérieure du résultat ».

Il y a, toutefois, des différences importantes dans la pratique de la mesure (tel que considéré dans le cas de l'étalonnage et de l'essai) et cela affecte la pratique de l'évaluation de l'incertitude :

Un *processus de mesure* produit habituellement un résultat qui est en principe indépendant de la méthode de mesure en dehors de différentes incertitudes associées à différentes méthodes. Par exemple, on peut s'attendre à ce que les valeurs de température indiquées par un thermomètre à mercure et un thermomètre à résistance de platine soient similaires (jusqu'à un point imposé par leurs incertitudes associées) bien que l'incertitude associée à la première valeur soit beaucoup plus importante que celle associée à la deuxième.

Un *résultat d'essai* dépend habituellement de la méthode et de la procédure spécifique utilisée pour déterminer la caractéristique, parfois de façon très importante. En général, différentes méthodes d'essai peuvent produire différents résultats car une caractéristique n'est pas nécessairement un mesurande bien défini.

In *measurement procedures*, environmental and operational conditions will either be maintained at standardised values or be measured in order to apply correction factors and to express the result in terms of standardised conditions. For example, in dimensional measurements the temperatures of workpieces will be measured in order to correct the result for the effects of thermal expansion, and in gas flow measurement pressure and temperature will either be maintained at specified values or measured and used as a basis for correction.

Test methods are often determined by conventions. These conventions reflect different concerns or aims:

- the test must be representative of the real conditions of use of the product
- the test conditions are often a compromise between extreme conditions of use
- the test conditions must be easily reproducible in a laboratory
- individual test conditions should control the variability in the test result.

To achieve the last aim, a nominal value and a tolerance for the relevant conditions are defined. The test temperature is often specified, e.g. $38.0\text{ °C} \pm 0.5\text{ °C}$. However, not all conditions can be controlled. This lack of knowledge introduces variability to the results. A desirable feature of a test method is to control such variability.

For tests, an indicator (such as a physical quantity) is used to express the test results. For instance, the ignition time is often used as an indicator for a burning test. The uncertainty associated with the measurement of the ignition time adds variability to the test results. However, this contribution to the variability is generally dwarfed by contributions inherent in the test method and uncontrolled conditions, although this aspect should be confirmed.

Dans les *procédures de mesure*, les conditions environnementales et opérationnelles seront maintenues à des valeurs de référence ou mesurées, afin d'appliquer des facteurs de correction et d'exprimer le résultat en fonction de conditions normalisées. Par exemple, dans des mesures dimensionnelles, les températures des pièces seront mesurées afin de corriger le résultat en tenant compte des effets de dilatation thermique et, pour une mesure de débit de gaz, la pression et la température seront maintenues à des valeurs spécifiques ou mesurées et utilisées comme base pour les corrections.

Les méthodes d'essai sont souvent déterminées par convention. Ces conventions reflètent différents buts ou préoccupations :

- L'essai doit être représentatif des conditions réelles d'utilisation du produit.
- Les conditions d'essai sont souvent un compromis entre les conditions extrêmes d'utilisation.
- Les conditions d'essai devraient être facilement reproductibles dans un laboratoire.
- Les conditions d'essai singulières doivent permettre de maîtriser la variabilité du résultat de l'essai.

Pour parvenir à ce dernier objectif, une valeur nominale et une tolérance pour les conditions en question sont définies. La température de l'essai est souvent spécifiée, par exemple $38,0\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$. Cependant, toutes les conditions ne peuvent pas être maîtrisées. Ce manque de connaissance introduit une certaine variabilité au niveau des résultats. Une caractéristique souhaitable de la méthode d'essai est le contrôle de cette variabilité.

Pour les essais, un indicateur (une grandeur physique par exemple) est utilisé pour exprimer les résultats d'essai. Ainsi, le temps d'allumage est souvent utilisé comme un indicateur dans un essai au feu. L'incertitude associée à la mesure du temps d'allumage s'ajoute à la variabilité des résultats d'essai. Toutefois, cette contribution à la variabilité est généralement mineure par rapport aux contributions inhérentes à la méthode d'essai et à des conditions mal maîtrisées, bien que cet aspect devrait être confirmé.

Testing laboratories should scrutinise all elements of the test method and the conditions prevailing during its application in order to evaluate the uncertainty associated with a test result.

In principle, the mathematical model describing the test procedure can be established as proposed in the GUM. However, the derivation of the model may be infeasible for economic or other reasons. In such cases alternative approaches may be used. In particular, the major sources of variability can often be assessed by interlaboratory studies as stated in ISO 5725 [8], which provides estimates of repeatability, reproducibility and (sometimes) trueness of the method.

Despite the differences in terminology above, for the purposes of this document, a quantitative test result is considered to be a measurement result in the sense used in the GUM. The important distinction is that a comprehensive mathematical model, which describes all the effects on the measurand, is less likely to be available in testing. The evaluation of uncertainty in testing may therefore require the use of validation and method performance studies as described in section 6.

6 USE OF VALIDATION AND METHOD PERFORMANCE DATA FOR UNCERTAINTY EVALUATION

6.1 Sources of method performance and validation data

The observed performance characteristics of test methods are often essential in evaluating the uncertainty associated with the results (Section 4). This is particularly true where the results are subject to important and unpredictable effects, which can best be considered as random effects, or where the development of a comprehensive mathematical model is impractical. Method performance data also very frequently includes the effect of several sources of uncertainty simultaneously and its use may accordingly simplify considerably the process of uncertainty evaluation. Information on test method performance is typically obtained from

Les laboratoires d'essai doivent examiner minutieusement tous les éléments de la méthode d'essai et les conditions pendant son application afin d'évaluer l'incertitude associée au résultat d'essai.

En principe, le modèle mathématique décrivant la procédure d'essai peut être établi comme cela est proposé dans le GUM. Cependant, la dérivation du modèle peut être infaisable pour des raisons économiques ou autres. Dans ce cas, des approches alternatives peuvent être utilisées. En particulier, les sources principales de la variabilité peuvent souvent être évaluées par des comparaisons interlaboratoires tel que cela est présenté dans ISO 5725 [8] ce qui fournit des estimations de la répétabilité, de la reproductibilité et (parfois) de la justesse de la méthode.

Malgré les différences de terminologie ci-dessus, pour les besoins de ce document, un résultat d'essai quantitatif est considéré comme étant un résultat de mesure dans le sens utilisé dans le GUM. La distinction importante est qu'il est probable qu'un modèle mathématique complet décrivant tous les effets sur le mesurand sera moins aisé à obtenir dans le domaine des essais. L'évaluation de l'incertitude lors des essais peut donc requérir l'utilisation d'études de validation et d'exécution de la méthode tel que cela est décrit dans le chapitre 6.

6 UTILISATION DES DONNEES DE VALIDATION ET D'EXECUTION DE LA METHODE POUR L'EVALUATION DE L'INCERTITUDE

6.1 Sources des données d'exécution et de validation de la méthode

Les caractéristiques d'exécution des méthodes d'essai observées sont souvent essentielles dans l'évaluation de l'incertitude associée aux résultats (chapitre 4). Ceci est particulièrement vrai lorsque les résultats sont sujets à des effets importants et imprévisibles, qui peuvent être considérés à juste titre comme des effets aléatoires, ou lorsque la mise au point d'un modèle mathématique complet est peu réaliste. Les données de mise en oeuvre de la méthode incluent fréquemment les effets de plusieurs sources d'incertitude simultanément et leur utilisation peut par conséquent simplifier considérablement le processus d'évaluation de l'incertitude. Les informations relatives à l'exécution de la méthode d'essai sont habituellement obtenues à partir de :

- data accumulated during validation and verification of a test method prior to its application in the testing environment
- interlaboratory studies according to ISO 5725
- accumulated quality control (that is, check sample) data
- proficiency testing schemes as described in EA-3/04 [10].

This section provides general guidance on the application of data from each of these sources.

6.2 Data accumulated during validation and verification of a test method prior to application in the testing environment

6.2.1 In practice, the fitness for purpose of test methods applied for routine testing is frequently checked through method validation and verification studies. The data so accumulated can inform the evaluation of uncertainty for test methods. Validation studies for quantitative test methods typically determine some or all of the following parameters:

Precision. Studies within a laboratory will obtain precision under repeatability conditions and intermediate conditions, ideally over time and across different operators and types of test item. The observed precision of a testing procedure is an essential component of overall uncertainty, whether determined by a combination of individual variances or by a study of the complete method in operation.

Bias. The bias of a test method is usually determined by studying relevant reference materials or test samples. The aim is typically to identify and eliminate significant bias. In general, the uncertainty associated with the determination of the bias is an important component of overall uncertainty.

- données accumulées pendant la validation et la vérification d'une méthode d'essai avant sa mise en application dans le contexte de l'essai,
- études comparatives interlaboratoires conformément à ISO 5725,
- données de contrôle de qualité accumulées (par exemple, échantillon de contrôle),
- programmes d'essai d'aptitude tel que cela est décrit dans EA-3/04 [10].

Ce chapitre apporte des recommandations générales sur l'application des données pour chacune de ces sources.

6.2 Données accumulées pendant la validation et la vérification d'une méthode d'essai avant son application dans le contexte de l'essai.

6.2.1 En pratique, l'aptitude à l'emploi des méthodes d'essai appliquée à des essais de routine est souvent contrôlée par des études de vérification et de validation de méthode. Les données ainsi accumulées peuvent fournir des informations pour l'évaluation de l'incertitude pour les méthodes d'essai. Les études de validation pour les méthodes d'essai quantitatif déterminent habituellement quelques-uns ou l'ensemble des paramètres suivants :

Fidélité. Les études réalisées au sein d'un laboratoire permettront d'obtenir une fidélité dans des conditions de répétabilité et des conditions intermédiaires, idéalement dans le temps et avec différents opérateurs et échantillons testés. La fidélité de la procédure d'essai observée est une composante essentielle de l'incertitude globale, qu'elle soit déterminée par une combinaison de variances individuelles ou par une étude de la méthode complète en application.

Biais. Le biais de la méthode d'essai est habituellement déterminé par l'étude de matériaux de référence pertinents ou d'échantillons d'essai. Le plus souvent, le but est d'identifier et d'éliminer tout biais significatif. En général, l'incertitude associée à la détermination du biais est une composante essentielle de l'incertitude globale.

Linearity. Linearity is an important property of methods used to make measurements over a range of values. Correction for significant non-linearity is often accomplished by the use of non-linear calibration functions. Alternatively, the effect is avoided by the choice of a restricted operating range. Any remaining deviations from linearity are normally sufficiently accounted for by the use of overall precision data. If these deviations are negligible compared with the uncertainties associated with calibration, additional uncertainty evaluation is not required.

Capability of detection. The lower limit of operability of a test method may be established. The value obtained is not directly relevant to the evaluation of uncertainty. The uncertainty in the region at or near this lower limit is likely to be significant compared with the value of the result, leading to practical difficulties in assessing and reporting uncertainty. Reference to appropriate documentation on the treatment and reporting of results in this region is accordingly recommended [13].

Selectivity and specificity. These terms relate to the ability of a test method to respond to the appropriate measurand in the presence of interfering influences, and are particularly important in chemical testing. They are, however, qualitative concepts and do not directly provide uncertainty information, though the influence of interfering effects may in principle be used in uncertainty evaluation [12].

Robustness or ruggedness. Many method development or validation protocols require that the sensitivity to particular parameters be investigated directly. Ruggedness data can therefore provide information on the effect of important parameters, and is particularly important in establishing whether a given effect is significant [13].

Linéarité. La linéarité est une propriété importante des méthodes utilisées pour réaliser des mesures sur une série de valeurs. Des corrections relatives à une non-linéarité significative sont souvent réalisées en utilisant des fonctions d'étalonnage non-linéaires. Une alternative est de limiter le domaine d'utilisation de la méthode. Tout écart de linéarité restant est normalement pris en compte par l'utilisation de données de fidélité globales. Si ces écarts sont négligeables par rapport aux incertitudes associées à l'étalonnage, une évaluation de l'incertitude supplémentaire ne s'impose pas.

Capacité de détection. La limite inférieure de l'utilisation d'une méthode d'essai peut être établie. La valeur obtenue n'a pas forcément un sens pour l'évaluation de l'incertitude. L'incertitude se situant dans la zone ou à proximité de cette limite inférieure est susceptible d'être importante par rapport à la valeur du résultat, entraînant des difficultés pratiques quant à son évaluation et son expression. Une documentation appropriée sur le traitement et le rapport des résultats dans cette zone est par conséquent recommandée. [13].

Sélectivité et spécificité. Ces termes concernent la capacité d'une méthode d'essai à donner des résultats appropriés en présence d'interférences et ils sont particulièrement importants dans le domaine des essais chimiques. Ce sont toutefois des concepts qualitatifs qui ne fournissent pas directement d'informations sur l'incertitude, bien que l'incidence des interférences puisse en principe être exploitée dans l'évaluation de l'incertitude [12].

Robustesse. Plusieurs méthodes de développement ou protocoles de validation exigent que l'aptitude à réagir face à des conditions particulières soit étudiée. Des données de robustesse peuvent donc fournir des informations sur l'effet de paramètres importants et sont particulièrement intéressantes pour déterminer si un effet donné est significatif ou pas [13].

6.2.2 Experimental studies of method performance should be carried out carefully. In particular:

- *Representativeness* is essential: as far as possible, studies should be conducted to provide a realistic survey of the number and range of effects operating during normal use of the method, as well as covering the range of values and sample types within the scope of the method. Estimates of precision covering a wide variety of sources of variation are particularly appropriate in this respect.
- Where factors are suspected to interact, the effect of interaction should be taken into account. This may be achieved either by ensuring random selection from different levels of interacting parameters, or by careful systematic design to obtain both variance and covariance information.
- In carrying out studies of overall bias, it is important that the reference materials and values are relevant to the materials under routine test.

Careful experimental design is accordingly invaluable in ensuring that all relevant factors are duly considered and properly evaluated.

6.2.3 The general principles of applying validation and performance data to uncertainty evaluation are similar to those applicable to the use of performance data (above). However, it is likely that the performance data available will adequately cover fewer contributions. Correspondingly further supplementary estimates will be required. A typical procedure is:

- Compile a list of relevant sources of uncertainty. It is usually convenient to include any measured quantities held constant during a test, and to incorporate appropriate precision terms to account for the variability of individual measurements or the test method as a whole. A cause and effect diagram [13] is a very convenient way to summarise the uncertainty sources, showing how they relate to each other and indicating their influence on the uncertainty associated with the result.

6.2.2 Les études expérimentales sur l'exécution de la méthode doivent être menées avec soin. En particulier :

- *La représentativité* est essentielle : autant que possible, les études doivent être menées pour fournir une vision réaliste du nombre et de l'importance des facteurs d'influence qui se manifestent au cours de l'utilisation normale de la méthode. Les études devraient également veiller à couvrir l'étendue des valeurs et des types d'échantillons à l'intérieur du domaine d'application de la méthode. Les estimations de fidélité permettant de faire varier un grand nombre de sources d'influence sont particulièrement appropriées à cet égard.
- Lorsque des facteurs sont supposés interagir, l'effet d'une interaction doit être pris en considération. Cela peut être réalisé en assurant une sélection aléatoire à différents niveaux des paramètres d'interaction ou par une planification systématique adaptée afin d'obtenir aussi bien des informations relatives à la variance qu'à la covariance.
- En menant les études de biais global, il est important que les matériaux de référence ainsi que les valeurs soient appropriés aux objets soumis aux essais de routine.

Une planification d'expérience est par conséquent précieuse pour assurer que tous les facteurs pertinents sont dûment considérés et correctement évalués.

6.2.3 Les principes généraux de l'application des données de validation et de mise en œuvre des méthodes à l'évaluation de l'incertitude sont similaires à ceux appliqués à l'utilisation des données d'exécution (ci-dessus). Cependant, il est probable que les données d'exécution disponibles couvrent moins de contributions. En conséquence, des estimations supplémentaires seront requises. Voici une procédure type :

- Dresser une liste des sources pertinentes de l'incertitude. Il est habituellement pratique d'inclure toute grandeur mesurée maintenue constante au cours d'un essai et d'incorporer les termes de fidélité appropriés pour rendre compte de la variabilité des mesures individuelles ou de la totalité de la méthode d'essai. Un schéma de cause à effet [13] est une façon très pratique de résumer les sources d'incertitude en montrant de quelle façon elles se rattachent les unes aux autres et en indiquant leur influence sur l'incertitude associée au résultat.

- Assemble the available method performance and calibration data
- Check to see which sources of uncertainty are adequately accounted for by the available data. It is not generally necessary to obtain separately the effects of all contributions; where several effects contribute to an overall performance figure, all such effects may be considered to be accounted for. Precision data covering a wide variety of sources of variation are therefore particularly useful as they will often encompass many effects simultaneously (but note that in general precision data alone are insufficient unless all other factors are assessed and shown to be negligible)
- For any sources of uncertainty not adequately covered by existing data, either seek additional information from the literature or existing data (certificates, equipment specifications, etc.) or, plan experiments to obtain the required additional data.

6.3 Interlaboratory study of test methods performance according to ISO 5725 or equivalent

6.3.1 Interlaboratory studies according to ISO 5725 typically provide the repeatability standard deviation s_r and reproducibility standard deviation s_R (both as defined in ISO 3534-1 [5]) and may also provide an estimate of trueness (measured as bias with respect to a known reference value). The application of these data to the evaluation of uncertainty in testing is discussed in detail in ISO TS 21748 [9]. The general principles are:

- i) Establishing the relevance of method performance data to measurement results from a particular measurement process. Section 6.2 of this document provides details of the measures required.

- Rassembler les données disponibles sur l'étalonnage et la mise en oeuvre de la méthode.
- Procéder à un contrôle afin de voir quelles sources d'incertitude sont prises en compte de façon adéquate par les données disponibles. Il n'est généralement pas nécessaire d'obtenir séparément les effets de toutes les composantes ; lorsque plusieurs effets contribuent à une composante globale, l'ensemble de ces effets peut être considéré comme étant pris en compte. Les données de fidélité couvrent un grand nombre de sources de variation et sont donc particulièrement utiles car elles englobent simultanément plusieurs effets (mais il faut noter qu'en général les données de fidélité seules sont insuffisantes sauf si tous les autres facteurs sont évalués et jugés négligeables).
- Pour toute source d'incertitude non couverte de façon adéquate par les données existantes, chercher des informations supplémentaires à partir de documents ou données existants (certificats, spécifications relatives au matériel, etc.) ou planifier des expériences pour les obtenir.

6.3 Etude comparative interlaboratoires sur les performances des méthodes d'essai selon ISO 5725 ou équivalent

6.3.1 Les études comparatives interlaboratoires selon ISO 5725 fournissent habituellement l'écart-type de répétabilité s_r et l'écart-type de reproductibilité s_R (tous deux sont définis dans ISO 3534-1 [5]) et peuvent également fournir une estimation de la justesse (mesurée en tant que biais par rapport à une valeur de référence connue). L'application de ces données à l'évaluation de l'incertitude dans le domaine des essais est traitée en détail dans ISO TS 21748 [9]. Les principes généraux sont :

- i) Etablir la pertinence des données de performance de la méthode par rapport aux résultats de mesure obtenus à partir d'un processus de mesure particulier. Le chapitre 6.2 de ce document présente des détails quant aux mesures requises.

- ii) Establishing the relevance of method performance data to the test item by identifying differences in sample treatment, sampling, or expected level of response between the laboratory's test item and those test items examined in a collaborative study. An adjustment of the reproducibility standard deviation to take account of, for example, changes in precision with level of response may be necessary.
- iii) Identifying and evaluating the additional uncertainties associated with factors not adequately covered by the interlaboratory study (see 6.3.2).
- iv) Using the principles of the GUM to combine all the significant contributions to uncertainty, including the reproducibility standard deviation (adjusted if necessary), any uncertainty associated with the laboratory component of bias for the test method, and uncertainties arising from additional effects identified in iii).

These principles are applicable to test methods that have been subjected to interlaboratory study. For these cases, reference to ISO TS 21748 is recommended for details of the relevant procedure. The EURACHEM/CITAC guide [12] also gives guidance on the application of interlaboratory study data in chemical testing.

6.3.2 The additional sources (6.3.1 iii)) that may need particular consideration are:

- Sampling. Collaborative studies rarely include a sampling step. If the method used in-house involves sub-sampling, or the measurand is a bulk property of a small sample, the effects of sampling should be investigated and their effects included
- Pre-treatment. In most studies, samples are homogenised, and may additionally be stabilised, before distribution. It may be necessary to investigate and add the effects of the particular pre-treatment procedures applied in-house

- ii) Etablir la pertinence des données de performance de la méthode quant à l'élément testé en identifiant les différences dans le traitement de l'échantillon, l'échantillonnage ou le niveau de réponse entre l'élément testé par le laboratoire et ceux qui ont été examinés pendant l'étude commune. Un réajustement de l'écart-type de reproductibilité pour rendre compte, par exemple, des changements de fidélité avec un niveau de réponse peut être nécessaire.
- iii) Identification et évaluation des incertitudes supplémentaires associées aux facteurs non couverts par l'étude comparative interlaboratoires (voir 6.3.2).
- iv) Utilisation des principes du GUM pour combiner toutes les contributions significatives à l'incertitude, y compris l'écart-type de reproductibilité (ajusté si nécessaire), toute incertitude associée à la composante de biais du laboratoire relative à la méthode d'essai et les incertitudes provenant des effets supplémentaires identifiés au paragraphe iii).

Ces principes sont applicables à des méthodes d'essai qui ont fait l'objet d'une étude comparative interlaboratoires. Dans ces cas-là, des informations complémentaires peuvent être obtenues dans ISO TS 21748 sur la procédure en question. Le guide EURACHEM/CITAC [12] donne également des conseils sur l'application des données d'étude comparative interlaboratoires dans le domaine des analyses chimiques.

6.3.2 Les sources supplémentaires (6.3.1 iii)) qui peuvent nécessiter un examen particulier sont :

- Echantillonnage. Les comparaisons interlaboratoires incluent rarement une étape d'échantillonnage. Si la méthode utilisée en interne implique un sous-échantillonnage ou si le mesurande est une propriété relative à un matériau en vrac issu d'un petit échantillon, les effets de l'échantillonnage doivent être étudiés et leurs effets inclus.
- Pré-traitement. Dans la plupart des comparaisons, les échantillons sont homogénéisés et peuvent également être stabilisés avant distribution. Il peut être nécessaire d'étudier et prendre en compte l'influence des procédures de pré-traitement particulières appliquées en interne.

- Method bias. Method bias is often examined prior to or during interlaboratory study, where possible by comparison with reference methods or materials. Where the bias itself, the standard uncertainties associated with the reference values used, and the standard uncertainty associated with the estimated bias are all small compared with the reproducibility standard deviation, no additional allowance need be made for the uncertainty associated with method bias. Otherwise, it will be necessary to make such allowance.
 - Variation in conditions. Laboratories participating in a study may tend to steer their results towards the means of the ranges of the experimental conditions, resulting in underestimates of the ranges of results possible within the method definition. Where such effects have been investigated and shown to be insignificant across their full permitted range, however, no further allowance is required.
 - Changes in sample type. The uncertainty arising from samples with properties outside the range covered by the study will need to be considered.
- Biais de la méthode. Le biais de la méthode est souvent examiné avant ou pendant l'étude comparative interlaboratoires, lorsque cela est possible par comparaison avec les méthodes de référence ou les matériaux de référence. Lorsque le biais lui-même, les incertitudes-types associées aux valeurs de référence utilisées et l'incertitude-type associée au biais estimé sont faibles par rapport à l'écart-type de reproductibilité, aucune prise en compte supplémentaire n'est demandée au niveau de l'incertitude associée au biais de la méthode. Autrement, il sera nécessaire de procéder à cette prise en compte.
 - Variation des conditions. Les laboratoires participant à une comparaison peuvent avoir tendance à fixer leurs conditions expérimentales vers les valeurs moyennes des étendues des conditions expérimentales, ce qui entraîne une sous-estimation de l'étendue de résultats possibles lors de la mise en oeuvre de la méthode. Toutefois, lorsque de tels effets ont été étudiés et jugés insignifiants pour l'étendue définie, aucune autre prise en compte n'est requise.
 - Changements au niveau des types d'échantillons. L'incertitude provenant des échantillons qui présentent des valeurs de caractéristiques extérieures à l'étendue couverte par l'étude devra être examinée.

6.4 Test or measurement process quality control data

6.4.1 Many test or measurement processes are subject to control checks based on periodic measurement of a stable, but otherwise typical, test item to identify significant deviations from normal operation. Data obtained in this way over a long period of time provide a valuable source of data for uncertainty evaluation. The standard deviation of such a data set provides a combined estimate of variability arising from many potential sources of variation. It follows that if applied in the same way as method performance data (above), the standard deviation provides the basis for an uncertainty evaluation that immediately accounts for the majority of the variability that would otherwise require evaluation from separate effects.

6.4 Données issues du processus de contrôle de la qualité des essais ou de mesure

6.4.1 Un grand nombre de processus de mesure ou d'essai sont sujets à des contrôles basés sur des mesures d'un élément testé régulièrement, jugé stable tout en étant caractéristique et permettant d'identifier des écarts significatifs par rapport à une utilisation normale de la méthode. Les données obtenues de cette façon, sur une période de temps relativement longue, fournissent une source valable de données pour une évaluation de l'incertitude. L'écart type de ces données offre une estimation combinée de la variabilité provenant de plusieurs sources potentielles de variation. Il s'ensuit que si elles sont utilisées de la même manière que les données de performance de la méthode (ci-dessus), l'écart-type fournit les bases pour une évaluation de l'incertitude qui rend immédiatement compte de la plus grande partie de la variabilité qui, autrement, devrait exiger une évaluation à partir d'effets individuels.

6.4.2 Quality control (QC) data of this kind will not generally include sub-sampling, the effect of differences between test items, the effects of changes in the level of response, or inhomogeneity in test items. QC data should accordingly be applied with caution to similar materials, and with due allowance for additional effects that may reasonably apply.

6.4.3 Data points from QC data that gave rise to rejection of measurement and test results and to corrective action should normally be eliminated from the data set before calculating the standard deviation.

6.5 Proficiency testing data

6.5.1 Proficiency tests are intended to check periodically the overall performance of a laboratory, and are best used for that purpose (EA-3/04 [10] and references cited therein). A laboratory's results from its participation in proficiency tests can accordingly be used to check the evaluated uncertainty, since that uncertainty should be compatible with the spread of results obtained by that laboratory over a number of proficiency test rounds.

6.5.2 In general, proficiency tests are not carried out sufficiently frequently to provide good estimates of the performance of an individual laboratory's implementation of a test method. Additionally, the nature of the test items circulated will typically vary, as will the expected result. It is thus difficult to accumulate representative data for well-characterised test items. Furthermore, many schemes use consensus values to assess laboratory performance, which occasionally lead to apparently anomalous results for individual laboratories. Their use for the evaluation of uncertainty is accordingly limited.

However, in the special case where

- the types of test items used in the scheme are appropriate to the types tested routinely
- the assigned values in each round are traceable to appropriate reference values, and
- the uncertainty associated with the assigned value is small compared with the observed spread of results,

6.4.2 Les données de contrôle qualité (CQ) de cette nature n'incluent généralement pas l'influence du sous-échantillonnage, les effets dus aux différences entre les éléments testés, les effets dus aux changements du niveau de réponse ou à l'hétérogénéité des éléments testés. Les données CQ doivent par conséquent être appliquées avec précaution à des matériaux similaires et avec une prise en compte des effets additionnels pouvant raisonnablement être appliqués.

6.4.3 Les valeurs des données CQ qui occasionnent un rejet de la mesure ou des résultats d'essai et qui déclenchent une action corrective doivent normalement être éliminées de la série de données avant le calcul de l'écart-type.

6.5 Données d'essai d'aptitude

6.5.1 Les essais d'aptitude sont destinés à vérifier régulièrement la performance globale d'un laboratoire, et sont les meilleurs outils utilisés dans ce but (voir EA-3/04 [10] et références citées). Les résultats d'un laboratoire à partir de sa participation à des essais d'aptitude peuvent par conséquent être utilisés pour contrôler l'incertitude évaluée, étant donné que cette incertitude doit être compatible avec la dispersion des résultats obtenus par ce laboratoire au cours d'un certain nombre d'essais d'aptitude.

6.5.2 En général, les essais d'aptitude ne sont pas menés assez fréquemment pour offrir de bonnes estimations sur la performance d'une méthode d'essai par un laboratoire individuel. De plus, la nature des éléments testés lors des essais d'aptitude change habituellement, tout comme le résultat attendu. Il est donc difficile de collecter des données représentatives pour des éléments testés. En outre, beaucoup de programmes utilisent des valeurs de consensus pour évaluer la performance des laboratoires, ce qui mène occasionnellement à des résultats apparemment anormaux pour certains laboratoires. Leur utilisation pour l'évaluation de l'incertitude est par conséquent limitée. Cependant, dans les cas particuliers où :

- les types d'éléments testés utilisés dans les comparaisons sont appropriés aux objets testés habituellement,
- les valeurs acceptées dans chaque comparaison sont traçables à des valeurs de référence appropriées, et
- l'incertitude associée à la valeur acceptée est faible par rapport à la dispersion des valeurs observées,

the dispersion of the differences between the reported values and the assigned values obtained in repeated rounds provides a basis for an evaluation of the uncertainty arising from those parts of the measurement procedure within the scope of the scheme.

6.5.3 Systematic deviation from traceable assigned values and any other sources of uncertainty (such as those noted in connection with the use of interlaboratory study data obtained in accordance with ISO 5725) must also be taken into account.

6.5.4 It is recognised that the above approach is relatively restricted. Recent guidance from EUROLAB [14] suggests that proficiency testing data may have wider applicability in providing a preliminary estimate of uncertainty in some circumstances.

6.6 Significance of uncertainty contributions

6.6.1 Not all the uncertainty sources identified during an uncertainty evaluation will make a significant contribution to the combined uncertainty; indeed, in practice it is likely that only a small number will. Those few clearly need careful study to obtain reliable estimates of their contributions. A preliminary estimate of the contribution of each component or combination of components to the uncertainty should therefore be made, by judgement if necessary, and attention paid to those that are most significant.

6.6.2 In deciding whether an uncertainty contribution can be neglected, it is important to consider

- The relative sizes of the largest and the smaller contributions. For example, a contribution that is one fifth of the largest contribution will contribute at most 2% of the combined standard uncertainty
- The effect on the reported uncertainty. It is imprudent to make approximations that materially affect the reported uncertainty or the interpretation of the result
- The degree of rigour justified for the uncertainty evaluation, taking into account the client and regulatory and other external requirements identified, for example, during contract review.

la dispersion des différences entre les valeurs rapportées et les valeurs acceptées obtenues dans des comparaisons répétées fournit les bases pour l'évaluation de l'incertitude provenant de ces composantes de la méthode de mesure dans le cadre de son domaine d'application.

6.5.3 L'écart systématique par rapport aux valeurs acceptées traçables et toute autre source d'incertitude (comme celles se rapportant à l'utilisation de données d'étude comparative interlaboratoires obtenues conformément à ISO 5725) doivent également être pris en considération.

6.5.4 Il est reconnu que l'approche ci-dessus est relativement restreinte. Des recommandations récentes d'EUROLAB [14] suggèrent que les données d'essai d'aptitude soient plus largement utilisées pour une estimation préliminaire de l'incertitude dans certaines circonstances.

6.6 Composantes significatives de l'incertitude

6.6.1 Toutes les sources d'incertitude identifiées au cours de l'évaluation de l'incertitude n'apporteront pas une contribution significative à l'incertitude composée. En effet, en pratique, il est probable que ce ne sera le cas que pour une faible partie de ces composantes. Celles-ci nécessitent clairement une étude consciencieuse pour obtenir des estimations fiables de leurs contributions. Une estimation préliminaire de la contribution de chaque composante ou association de composantes de l'incertitude doit donc être réalisée, par appréciation si nécessaire, et il faut prêter attention à celles qui sont les plus significatives.

6.6.2 Pour décider si une contribution à l'incertitude peut être négligée, il est important d'examiner :

- L'importance relative de la plus grande et de la plus petite des contributions. Par exemple, une contribution égale à un cinquième de la contribution la plus importante contribuera au maximum à 2% de l'incertitude-type composée.
- Les effets sur l'incertitude exprimée. Il est imprudent de faire des approximations qui affectent l'incertitude exprimée ou l'interprétation du résultat.
- Le degré de rigueur justifié pour l'évaluation de l'incertitude, prenant en considération les exigences identifiées du client, des règlements et autres exigences externes, par exemple, lors de la revue d'un contrat.

6.7 Use of prior study data

In order to use the results of prior studies of the method to evaluate the uncertainty, it is necessary to demonstrate the validity of applying prior study results. Typically, this will consist of:

- Demonstration that a precision comparable to that obtained previously can be achieved
- Demonstration that the use of the bias data obtained previously is justified, typically through the determination of bias on relevant reference materials (see, for example, ISO Guide 33 [4]), by satisfactory performance on relevant proficiency schemes, or other interlaboratory comparisons
- Continued performance within statistical control as shown by regular QC sample results and the implementation of effective analytical quality assurance procedures.

Where the conditions above are met, and the method is operated within its scope and field of application, it is normally acceptable to apply the data from prior studies (including validation studies) directly to uncertainty evaluations in the laboratory in question.

For methods operating within their defined scope, when the reconciliation stage shows that all the identified sources have been included in the validation study or when the contributions from any remaining sources have been shown to be negligible, the reproducibility standard deviation s_R may be used as the combined standard uncertainty.

If there are any significant sources of uncertainty that are not included in the validation study their contribution is evaluated separately and combined with s_R to obtain the overall uncertainty.

6.7 Utilisation de données d'études antérieures

Afin d'utiliser les résultats d'études antérieures de la méthode pour évaluer l'incertitude, il est nécessaire de démontrer le bien fondé de l'utilisation des résultats d'études antérieures. Habituellement, cela consiste à :

- Démontrer qu'une fidélité comparable à celle obtenue précédemment peut être atteinte.
- Démontrer que l'utilisation des données de biais précédemment obtenues est justifiée, habituellement par la détermination du biais concernant les matériaux de référence pertinents (voir, par exemple, le Guide ISO 33 [4]), par une participation aux programmes d'aptitude pertinents ou d'autres comparaisons interlaboratoires.
- Exercer un suivi permanent de la méthode par contrôle statistique tel que cela est montré par les résultats de mesure périodiques CQ sur des échantillons-types et mise en oeuvre de méthodes analytiques d'assurance qualité efficaces.

Lorsque les conditions ci-dessus sont réunies et que la méthode est mise en pratique dans son domaine d'application, il est normalement acceptable d'utiliser les données d'études antérieures (y compris les études de validation) pour les appliquer aux évaluations de l'incertitude dans le laboratoire en question.

Pour les méthodes mises en pratique au sein de leur domaine d'application, lorsque l'étape de conciliation montre que toutes les sources identifiées ont été prises en compte dans l'étude de validation ou lorsque les contributions de toute source restante ont été démontrées comme étant négligeables, l'écart-type de reproductibilité s_R peut être utilisé en tant qu'incertitude-type composée.

Si des sources d'incertitude significatives ne sont pas prises en compte dans l'étude de validation, leur contribution sera évaluée séparément et combinée avec s_R afin d'obtenir l'incertitude globale.

7 REPORTING RESULTS OF A QUANTITATIVE TEST

A quantitative test always yields a value, which should preferably be expressed in SI units. The guidance in this section should be followed if an associated uncertainty is also to be reported (see ISO/IEC 17025 [7]).

- 7.1 Once the expanded uncertainty has been calculated for a specified level of confidence (typically 95%), the test result y and the expanded uncertainty U should be reported as $y \pm U$ and accompanied by a statement of confidence. This statement will depend on the nature of the probability distribution; some examples are presented below.

All clauses below that relate to a 95% level of confidence require modification if a different level of confidence is required.

7.1.1 Normal distribution

It is generally safe to assume a normal distribution from the viewpoint of providing a coverage interval at the 95% level of confidence when the model is linear in the input quantities *and* one of the following three possibilities applies:

1. There is a single, dominant contribution to the uncertainty, which arises from a normal distribution, and the corresponding degrees of freedom exceed 30.
2. The three largest uncertainty contributions are of comparable size.
3. The three largest contributions are of comparable size, *and* the effective degrees of freedom³ exceed 30.

Under these circumstances the following statement can be made:

³ The effective degree of freedom can be estimated by one of the following:

- taking the effective degree of freedom for a single, dominant contribution
- using the Welch-Satterthwaite formula given in the GUM and EA-4/02
- (approximately) by taking the number of degrees of freedom for the largest contribution.

7 EXPRESSION DES RESULTATS D'UN ESSAI QUANTITATIF

Un essai quantitatif produit toujours une valeur qui doit de préférence être exprimée en unités du SI. Les conseils contenus dans ce chapitre doivent être suivis lorsqu'une incertitude associée au résultat doit également être exprimée (voir ISO/CEI 17025 [7]).

- 7.1 Une fois l'incertitude élargie calculée pour un niveau de confiance spécifié (habituellement 95%), le résultat de l'essai y et l'incertitude élargie U doivent être exprimés en tant que $y \pm U$ et être accompagnés d'une déclaration du niveau de confiance. Cette déclaration dépendra de la nature de la distribution de la probabilité. Quelques exemples sont présentés ci-après.

Toutes les clauses ci-après concernent un niveau de confiance de 95% et nécessitent une modification si un niveau de confiance différent est requis.

7.1.1 Distribution normale

Il est généralement approprié d'adopter une distribution normale pour établir un intervalle avec un niveau de confiance de 95% lorsque le modèle est linéaire au niveau des grandeurs d'entrée *et* que l'une des trois possibilités suivantes s'applique :

1. Il y a une composante unique et dominante à l'incertitude qui provient d'une distribution normale et le nombre de degrés de liberté correspondants est supérieur à 30.
2. Les trois composantes à l'incertitude les plus importantes sont d'importance comparable.
3. Les trois composantes à l'incertitude les plus importantes sont d'importance comparable *et* les nombres effectifs de degrés de liberté³ sont supérieurs à 30.

Dans ces circonstances, la déclaration suivante peut être faite :

³ Le nombre effectif de degré de liberté peut être estimé à travers l'un des éléments suivants :

- En prenant le nombre effectif de degré de pour une contribution unique dominante.
- En utilisant la formule de Welch-Satterthwaite donnée dans le GUM et dans EA-4/02
- (approximativement) en prenant le nombre de degrés de liberté pour la contribution la plus importante.

The reported expanded uncertainty is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor $k = 2$, which for a normal distribution provides a level of confidence of approximately 95%.

Note: Normality should NOT be assumed if the measurement model is significantly non-linear in the region of interest, particularly if uncertainties in input values are large compared with the input values themselves. Under these circumstances, reference to more advanced texts, e.g. the GUM, is necessary.

7.1.2 *t*-distribution

The *t*-distribution may be assumed if the conditions for normality (above) apply but the degrees of freedom is less than 30. Under these circumstances the following statement (in which the appropriate numerical values are substituted for *XX* and *YY*) can be made:

*The reported expanded uncertainty is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor $k = XX$, which for a *t*-distribution with $\nu_{\text{eff}} = YY$ effective degrees of freedom provides a level of confidence of approximately 95%.*

7.1.3 Dominant (non-normal) contributions in a Type B evaluation of uncertainty

If the uncertainty associated with the measurement result is dominated by a contribution resulting from an input quantity that is non-normal and that contribution is so large that a normal or *t*-distribution is not obtained when the quantity is convolved with the remaining input quantities, special consideration should be given to obtaining a coverage factor that will provide a level of confidence of approximately 95%. For an additive model, i.e. when the measurand can be expressed as a linear combination of the input quantities, the PDF for the measurand can be obtained by convolving, i.e propagating, the PDFs for the input quantities. Even in this case, and almost always when the model is non-linear, the mathematics required can, however, be difficult. A practical approach is to make the assumption that the resulting distribution will be little different in form from that of the dominant component.

L'incertitude élargie exprimée est fondée sur une incertitude-type multipliée par un facteur d'élargissement $k = 2$ qui, pour une distribution normale, offre un niveau de confiance d'approximativement 95%.

Note : La normalité ne doit PAS être adoptée si le modèle de mesure est significativement non-linéaire dans la zone concernée, particulièrement si les incertitudes au niveau des valeurs des grandeurs d'entrée sont importantes par rapport aux valeurs des grandeurs d'entrée elles-mêmes. Dans ces conditions, on peut se référer à des textes plus complets, par exemple le GUM, si nécessaire.

7.1.2 Distribution *t*

La distribution *t* peut être adoptée si les conditions liées à la normalité (ci-dessus) s'appliquent et si les degrés de liberté sont inférieurs à 30. Dans de telles circonstances, la déclaration suivante (dans laquelle les valeurs numériques appropriées sont remplacées par *XX* et *YY*) peut être faite :

*L'incertitude élargie exprimée est fondée sur une incertitude-type multipliée par un facteur d'élargissement $k = XX$ qui, pour une distribution *t* avec un nombre efficace de degrés de liberté $\nu_{\text{eff}} = YY$, offre un niveau de confiance d'approximativement 95%.*

7.1.3 Contributions dominantes (non-gaussienne) dans une évaluation de l'incertitude de type B

Si l'incertitude associée au résultat de mesure est dominée par une composante provenant d'une grandeur d'entrée qui est non-gaussienne et si son importance est telle qu'une distribution normale ou *t* n'est pas obtenue lorsque cette grandeur est soumise à une convolution avec les autres grandeurs d'entrée restantes, il convient de procéder à un examen particulier pour obtenir un facteur d'élargissement qui procurera un niveau de confiance d'approximativement 95%. Pour un modèle additif, c'est-à-dire lorsque le mesurande peut être exprimé en tant que combinaison linéaire des grandeurs d'entrée, la FDP du mesurande peut être obtenue par convolution, c'est-à-dire propagation, des FDP pour les grandeurs d'entrée. Même dans ce cas et presque toujours lorsque le modèle est non-linéaire, les mathématiques requises peuvent toutefois être difficiles. Une approche pratique consiste à émettre l'hypothèse selon laquelle la distribution résultante sera légèrement différente dans la forme par rapport à celle de la composante dominante.

In many cases a rectangular distribution will be assigned to a dominant non-normal input quantity. In such a case a rectangular distribution can then be assigned to the measurand. An expanded uncertainty at the 95% level of confidence can be obtained by multiplying the combined uncertainty by $0,95\sqrt{3} = 1,65$. Under these circumstances the following statement can be made:

The reported expanded uncertainty is dominated by a single component of uncertainty for which a rectangular probability distribution has been assumed. A coverage factor of 1.65 (= $0,95\sqrt{3}$) has therefore been used in order to provide a level of confidence of approximately 95%.

- 7.2 For the purposes of this document the term *approximately* is interpreted as meaning *effectively* or *for most practical purposes*.**
- 7.3 Reference should also be made to the method by which the uncertainties have been evaluated.**
- 7.4 In some testing situations it may not be possible to evaluate a metrologically sound numerical values for each component of uncertainty; in such circumstances the means of reporting should be such that this is clear. For example, if the uncertainty is based only on repeatability without consideration being made to other factors then this should be stated.
- 7.5 Unless sampling uncertainty has been fully taken into account, it should also be made clear that the result and the associated uncertainty apply to the tested sample only and do not apply to any batch from which the sample may have been taken.
- 7.6 The number of decimal digits in a reported uncertainty should always reflect practical measurement capability. In view of the process for evaluating uncertainties, it is rarely justified to report more than two significant digits. Often a single significant digit is appropriate. Similarly, the numerical value of the result should be rounded so that the last decimal digit corresponds to the last digit of the uncertainty. The normal rules of rounding can be applied in both cases.

Dans de nombreux cas, une distribution rectangulaire sera attribuée à une grandeur d'entrée dominante non-gaussienne. Dans un tel cas, une distribution rectangulaire peut donc être attribuée au mesurande. Une incertitude élargie au niveau de confiance de 95% peut être obtenue en multipliant l'incertitude composée par $0,95\sqrt{3} = 1,65$. Dans ces circonstances, la déclaration suivante peut être faite :

L'incertitude élargie exprimée est dominée par une composante unique de l'incertitude pour laquelle une distribution de probabilité rectangulaire a été adoptée. Un facteur d'élargissement de 1,65 (= $0,95\sqrt{3}$) a donc été utilisé afin d'offrir un niveau de confiance d'approximativement 95%.

- 7.2 Pour les besoins de ce document, le terme *approximativement* est interprété comme signifiant *en réalité* ou *pour la plupart des cas pratiques*.**
- 7.3 Des références doivent également être faites à la méthode utilisée pour évaluer les incertitudes.**
- 7.4 Dans certaines situations d'essai, il peut ne pas être possible d'évaluer des valeurs numériques valables métrologiquement pour chaque composante de l'incertitude. Dans de telles circonstances, la façon d'exprimer l'incertitude devrait rendre ce fait clair. Par exemple, si l'incertitude est fondée uniquement sur la répétabilité sans examen d'autres facteurs, cela doit être mentionné.
- 7.5 Sauf si l'incertitude d'échantillonnage a pleinement été prise en considération, le fait que le résultat et l'incertitude associée s'appliquent à l'échantillon testé uniquement et ne s'appliquent pas à tout lot à partir duquel l'échantillon a pu être prélevé doit être mentionné clairement.
- 7.6 Le nombre de chiffres décimaux utilisé pour exprimer une incertitude doit toujours refléter une capacité de mesure pratique. Compte tenu du processus d'évaluation de l'incertitude, il est rarement justifié de rapporter plus de deux chiffres significatifs. Souvent, un unique chiffre significatif est approprié. De façon similaire, la valeur numérique du résultat doit être arrondie de façon à ce que le dernier chiffre décimal corresponde au dernier chiffre de l'incertitude. Les règles normales d'arrondi peuvent être appliquées dans ces deux cas.

For example, if a result of 123.456 units is obtained, and an uncertainty of 2.27 units has resulted from the evaluation, the use of two significant decimal digits would give the rounded values 123.5 units \pm 2.3 units.

- 7.7 The test result can usually be expressed as $y \pm U$. However there may be situations where the upper and lower bounds are different; for example if cosine errors are involved. If such differences are small then the most practical approach is to report the expanded uncertainty as \pm the larger of the two. However, if there is a significant difference between the upper and lower values they should be evaluated and reported separately. This may be achieved, for example, by determining the shortest coverage interval at the desired level of confidence in the PDF for the measurand.

For example, for an uncertainty of +6.5 units and -6.7 units, for practical purposes ± 6.7 units could simply be stated. However, if the values were +6.5 units and -9.8 units they should be separated, e.g. +6.5 units; -9.8 units.

8 STEPWISE IMPLEMENTATION OF THE UNCERTAINTY CONCEPT

It is recognised that the knowledge of mathematical modelling and the determination of the various influence factors is generally different in different testing fields.

This aspect has to be taken into account when implementing ISO/IEC 17025. Laboratories cannot in general be expected to initiate scientific research to assess the uncertainties associated with their measurements and tests. The respective requirements of the accreditation bodies should be adapted according to the current state of knowledge in the respective testing field.

If a mathematical model as a basis for the evaluation of measurement uncertainty is not available, laboratories can

Par exemple, si un résultat de 123,456 unités est obtenu et qu'une incertitude de 2,27 unités a résulté de l'évaluation, l'utilisation de deux chiffres décimaux significatifs donnera les valeurs arrondies 123,5 unités \pm 2,3 unités.

- 7.7 Le résultat de l'essai peut habituellement être exprimé en tant que $y \pm U$. Cependant, il peut y avoir des situations où les limites supérieure et inférieure soient différentes, par exemple si des erreurs de cosinus sont impliquées. Si de telles différences sont faibles, l'approche la plus pratique est d'exprimer l'incertitude élargie comme étant \pm la plus importante des deux. Toutefois, s'il y a une différence significative entre les valeurs supérieure et inférieure, elles doivent être évaluées et exprimées séparément. Cela peut être réalisé, par exemple, en déterminant l'intervalle le plus court au niveau de confiance souhaité dans la FDP pour le mesurande.

Ainsi, pour une incertitude de +6,5 unités et -6,7 unités, pour des raisons pratiques, $\pm 6,7$ unités peuvent simplement être déclarées. Cependant, si les valeurs sont +6,5 unités et -9,8 unités, elles doivent être séparées, par exemple : +6,5 unités ; -9,8 unités.

8 MISE EN OEUVRE PROGRESSIVE DU CONCEPT D'INCERTITUDE

Il est reconnu que la connaissance de la modélisation mathématique et la détermination des nombreux facteurs d'influence sont généralement différentes dans différents domaines d'essai.

Cet aspect doit être pris en considération lors de la mise en oeuvre de la norme ISO/CEI 17025. On ne peut, en général, pas attendre des laboratoires qu'ils entament des recherches scientifiques pour évaluer les incertitudes associées à leurs mesures et essais. Les exigences respectives des organismes d'accréditation doivent être adaptées en fonction de l'état actuel des connaissances dans le domaine d'essai respectif.

Si un modèle mathématique en tant que base pour l'évaluation de l'incertitude de mesure n'est pas disponible, les laboratoires peuvent :

- list those quantities and parameters that are expected to have a significant influence on the uncertainty and estimate their contribution to the overall uncertainty
- use data concerning repeatability or reproducibility that might be available from validation, internal quality assurance or interlaboratory comparisons
- refer to data or procedures given in the relevant testing standards
- combine the approaches mentioned above.

Laboratories should strive to refine their uncertainty evaluations, where appropriate, taking into account for instance

- recent data from internal quality assurance in order to broaden the statistical basis for the uncertainty evaluation
- new data from the participation in interlaboratory comparisons or proficiency tests
- revisions of the relevant standards
- specific guidance documents for the respective testing field.

Consequently, accreditation bodies will be able to redefine their requirements concerning measurement uncertainty according to the development of knowledge in the field. In the long term differences in the requirements for different sectors on the manner in which measurement uncertainty is evaluated will diminish. Laboratories should, however, select the most suitable approach for their area and evaluate measurement uncertainty to the extent appropriate to the intended use.

9 ADVANTAGES OF UNCERTAINTY EVALUATION FOR TESTING LABORATORIES

There are several advantages linked with the evaluation of measurement uncertainty in testing, although the task can be time-consuming.

- Measurement uncertainty assists in a quantitative manner in important issues such as risk control and the credibility of test results

- Dresser une liste des grandeurs et des paramètres qui sont susceptibles d'avoir une influence sur l'incertitude et estimer leur contribution à l'incertitude globale.
- Utiliser des données concernant la répétabilité ou la reproductibilité qui peuvent être disponibles à partir de documents relatifs à la validation, à l'assurance qualité interne ou aux comparaisons interlaboratoires.
- Se référer à des données ou à des procédures présentées dans les normes d'essai appropriées.
- Combiner les approches mentionnées ci-dessus.

Les laboratoires doivent s'efforcer de perfectionner leurs évaluations de l'incertitude, lorsque cela est approprié, en prenant en considération par exemple :

- Des données récentes d'assurance qualité interne afin d'élargir la base statistique pour l'évaluation de l'incertitude.
- De nouvelles données provenant de la participation à des comparaisons interlaboratoires ou à des essais d'aptitude.
- Des révisions des normes appropriées.
- Des documents de conseils spécifiques au domaine d'essai respectif.

Par conséquent, les organismes d'accréditation seront capables de redéfinir leurs exigences concernant l'incertitude de mesure suivant l'évolution des connaissances dans le domaine. A long terme, les différences d'exigences pour les différents secteurs concernant la manière selon laquelle l'incertitude de mesure est évaluée diminueront. Les laboratoires doivent, toutefois, sélectionner l'approche la plus convenable dans leur domaine et évaluer l'incertitude de mesure à un degré approprié à l'utilisation souhaitée.

9 AVANTAGES DE L'ÉVALUATION DE L'INCERTITUDE POUR LES LABORATOIRES D'ESSAI

Il y a plusieurs avantages liés à l'évaluation de l'incertitude de mesure dans les essais, bien que la tâche puisse prendre beaucoup de temps.

- L'incertitude de mesure contribue de façon quantitative à des points importants tels que le contrôle des risques et la crédibilité des résultats d'essai.

- A statement of measurement uncertainty can represent a direct competitive advantage by adding value and meaning to the result
- The knowledge of quantitative effects of single quantities on the test result improves the reliability of the test procedure. Corrective measures may be implemented more efficiently and hence become more cost-effective
- The evaluation of measurement uncertainty provides starting points for optimising the test procedures through a better understanding of the test process
- Clients such as product certification bodies need information on the uncertainty associated with results when stating compliance with specifications
- Calibration costs can be reduced if it can be shown from the evaluation that particular influence quantities do not substantially contribute to the uncertainty.

10 REFERENCES

- [1] Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML. International Organization for Standardization, Printed in Switzerland, ISBN 92-67-10188-9, First Edition, 1993. Corrected and reprinted 1995.
- [2] International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology (VIM). International Organization for Standardization, 1993 (under revision).
- [3] ISO/IEC Guide 2:1996, Standardization and related activities - General vocabulary
- [4] ISO Guide 33:2000, Uses of certified reference materials
- [5] ISO/IEC 3534-1:1994, Statistics - Vocabulary and symbols Part 1: Probability and general statistical terms

- Une déclaration de l'incertitude de mesure peut représenter un avantage concurrentiel direct en ajoutant de la valeur et de la signification au résultat.
- La connaissance des effets quantitatifs de grandeurs uniques sur le résultat de l'essai améliore la fiabilité de la procédure de l'essai. Des mesures correctives peuvent être mises en oeuvre de façon plus efficace et donc devenir plus rentables.
- L'évaluation de l'incertitude de mesure apporte des éléments pour optimiser les procédures d'essai au travers une meilleure compréhension du processus d'essai.
- Des clients tels que les organismes de certification de produit ont besoin d'informations sur l'incertitude associée aux résultats lorsqu'ils déclarent la conformité aux spécifications.
- Les coûts d'étalonnage peuvent être réduits s'il peut être démontré à partir de l'évaluation que des grandeurs d'influence particulières ne contribuent pas de façon substantielle à l'incertitude.

10 REFERENCES

- [1] Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure. BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML. Organisation internationale pour la normalisation, Imprimé en Suisse, ISBN 92-67-10188-9, Première Edition, 1993. Corrigé et réimprimé en 1995.
- [2] Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie (VIM). Organisation internationale pour la normalisation, 1993 (en cours de révision).
- [3] ISO/CEI Guide 2:1996, Normalisation et activités connexes – Vocabulaire général
- [4] ISO Guide 33:2000, Utilisation des matériaux de référence certifiés
- [5] ISO/IEC 3534-1:1994, Vocabulaire et symboles - Partie 1 : Probabilité et termes statistiques généraux

[6] ISO/IEC 3534-2:1994, Statistics - Vocabulary and symbols Part 2: Statistical quality control

[7] ISO/IEC 17025:1999, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories

[8] ISO/IEC 5725: 1994, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results

[9] ISO/TS 21748: 2004, - Guidance for the use of repeatability, reproducibility and trueness estimates in measurement uncertainty estimation

[10] EA-3/04, Use of Proficiency Testing as a Tool for Accreditation in Testing (with EUROLAB and EURACHEM) Aug 2001

[11] EA-4/02 Expression of the Uncertainty of Measurements in Calibration (including supplements 1 and 2 to EA-4/02) (*previously EAL-R2*), Dec 1999

[12] EURACHEM / CITAC Guide CG 4, Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement (second edition) 2000

[13] EURACHEM, The Fitness for Purpose of Analytical Methods (ISBN 0- 948926-12-0) 1998

[14] EUROLAB, Technical report No.1/2002, June 2002.

[15] ILAC G17:2002, Introducing the Concept of Uncertainty of Measurement in Testing in Association with the Application of the Standard ISO/IEC 17025, November 2002

11 BIBLIOGRAPHY

AFNOR FD X 07-021 Métrologie et application de la statistique – Aide à la démarche pour l'évaluation et l'utilisation de l'incertitude des mesures et des résultats d'essais (1999) (Help to the process for the evaluation and the use of the measurement and test result uncertainty)

S L R Ellison, V Barwick. Accred. Qual. Assur. (1998) 3 101 – 105.

[6] ISO/CEI 3534-2:1994, Vocabulaire et symboles - Partie 2 : Maîtrise statistique de la qualité

[7] ISO/CEI 17025:1999, Prescriptions générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnage et d'essais

[8] ISO/CEI 5725: 1994, Exactitude (justesse et fidélité) des résultats et des méthodes de mesure

[9] ISO/TS 21748: 2004, Lignes directrices relatives à l'utilisation d'estimations de la répétabilité, de la reproductibilité et de la justesse dans l'évaluation de l'incertitude de mesure

[10] EA-3/04, Utilisation des essais d'aptitude en tant qu'outil pour l'accréditation dans le cadre des essais (avec EUROLAB et EURACHEM), août 2001

[11] EA-4/02 Expression de l'incertitude de mesure en étalonnage (incluant les suppléments 1 et 2 à EA-4/02) (*précédemment EAL-R2*), déc. 1999

[12] EURACHEM / CITAC Guide EURACHEM / CITAC Quantifier l'incertitude dans les mesures analytiques (deuxième édition), version française téléchargeable sur le site du Laboratoire National d'Essais www.lne.fr

[13] EURACHEM, The Fitness for Purpose of Analytical Methods (ISBN 0- 948926-12-0) 1998

[14] EUROLAB, Technical report No.1/2002, June 2002.

[15] ILAC G17:2002, Introducing the Concept of Uncertainty of Measurement in Testing in Association with the Application of the Standard ISO/IEC 17025, November 2002

11 BIBLIOGRAPHIE

AFNOR FD X 07-021 Métrologie et application de la statistique – Aide à la démarche pour l'évaluation et l'utilisation de l'incertitude des mesures et des résultats d'essais (1999) (Aide au processus pour l'évaluation et l'utilisation de l'incertitude du résultat de la mesure et de l'essai)

S L R Ellison, V Barwick. Accred. Qual. Assur. (1998) 3 101 – 105.

12 APPENDIX

Inventory of documents (normative and non normative, existing or in the process of drafting) on measurement uncertainty (Document established by the CEN / WG 122 and the EA group « uncertainty ») synthesis prepared by Bernd Siebert.

12 ANNEXES

Inventaire des documents (normatifs et non normatifs, existant ou en cours d'élaboration) sur l'incertitude de mesure (Document établi par le CEN / WG 122 et le groupe EA « incertitude ») synthèse préparée par Bernd Siebert.

Appendix: Alphabetic list of documents / Annexes : Liste alphabétique des documents

CEAL	Measurement uncertainty for environmental laboratories
CEN 12282	In vitro diagnostic medical devices- Measurement of quantities in samples of biological origin – Description of reference materials
CEN ISO 18153	In vitro diagnostic medical devices- Measurement of quantities in samples of biological origin – Metrological traceability of values for catalytic concentration of enzymes assigned to calibration and control materials.
CEN/ISO 17511	In vitro diagnostic medical devices- Measurement of quantities in samples of biological origin – Metrological traceability of values assigned to calibration and control materials.
CLAS Reference Document 5	General Guidelines for Evaluating and Expressing the Uncertainty of Accredited laboratories' Measurement Results.
DIN (DRAFT) 32646	Chemische Analyse -Erfassungs- und Bestimmungsgrenze als Verfahrenskenn-größen - Ermittlung in einem Ringversuch unter Vergleichs-bedingungen - Begriffe, Bedeutung, Vorgehensweise
DIN 1319 Teil 3 Teil 4	DIN 1319 Teil 3."Auswertung v. Messungen einer einzelnen Messgröße, Messunsicherheit"; DIN 1319 Teil 4 "Behandlung von Unsicherheiten bei der Auswertung von Messungen"
DIN 32645	Chemische Analytik -Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenze - Ermittlung unter Wiederholbedingungen - Begriffe, Verfahren, Auswertung
DIN 51309	Kalibrierung von Drehmomentmessgeräten für statische Drehmomente (Februar 1998)
DIN 58932-3	Haematology- Determination of the concentration of blood corpuscles- Par 3 Determination of the concentration of erythrocytes; Reference method
DIN 58932-4	Haematology- Determination of the concentration of blood corpuscles- Part 4: Determination of leucocytes; reference method
DKD R 7-1	Kalibrierung elektronischer nichtselbsttätiger Waagen
DKD R 7-1 Blatt 1 bis 3	Kalibrierung elektronischer nichtselbsttätiger Waagen
EA-10/03	Calibration of Pressure Balances (July 1997)
EA-10/04	Uncertainty of Calibration Results in Force Measurement (August 1996)
EA-10/14	EA Guidelines on the Calibration of Static Torque Measuring Devices (June 2000)
EA-4/02	Expression of the uncertainty of measurement in Calibration
EA-4/02 / DKD-3, E1	Angabe der Meßunsicherheit bei Kalibrierungen / Expression of the Uncertainty of Measurements in Calibration
EN 13274-1 to -8	Respiratory protective devices – Methods of test – Parts 1 to 8
EN 550(1984), EN 552 (1984), EN 554(1984), EN ISO 14967 (2000) and EN ISO 14160(1998)	Sterilization of medical devices (CEN/TC 204)
EN 875, EN 876, EN 895, EN 910, EN 1043-1, EN 1043-2, EN 1321, EN 1320, PrEN ISO 17641-2, prEN ISO 17641-3	Destructive testing of welds (CEN/TC 121/SC 5)

Appendix: Alphabetic list of documents – continued / Annexes : Liste alphabétique des documents - suite

EN 970, EN 1290, EN 1435, EN 1713, EN 1714	Non-destructive testing of welds (CEN/TC 121/WG 13)
EN ISO 14253-1	Geometrical product specification (GPS). Inspection by measurement of workpieces and measuring equipments. Part 1 : decision rules for proving conformance or non-conformance with specifications.
EN ISO 4259	Petroleum products - Determination and application of precision data in relation to methods of test
EN 12286	In vitro diagnostic medical devices- Measurement of quantities in samples of biological origin – Presumptions of reference measurement procedures.
EN 24185	Measurement of liquid flow in closed conduits - Weighing method (ISO 4185:1980)
EN 29104	Measurement of fluid flow in closed conduits -- Methods of evaluating the performance of electromagnetic flow-meters for liquids
EN ISO 2922	Acoustics – Measurement of noise emitted by vessels on inland water ways and harbours
EN ISO 4871	Acoustics – Declaration and verification of noise emission values of machinery and equipment
EN ISO 5167	Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices - Part 1: Orifice plates, nozzles and Venturi tubes inserted in circular cross-section conduits running full
EN ISO 6817	Measurement of conductive liquid flow in closed conduits - Methods using electromagnetic flow-meters (ISO 6817:1992)
EN ISO 9300	Measurement of gas flow by means of critical flow Venturi nozzles
EN ISO-8316	Measurement of liquid flow in closed conduits - Method by collection of the liquid in a volumetric tank (ISO 8316:1987)
ENV ISO 13530	Water Quality – Guide to analytical quality control for water analysis (ISO/TR 13530:1997)
EURACHEM	Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement
EUROLAB	EUROLAB Technical Report “Measurement Uncertainty – a collection for beginners”
FD X 07-021	Fundamental standards - Metrology and statistical applications - Aid in the procedure for estimating and using uncertainty in measurements and test results (AFNOR)
GUM	Guide to the Expression of uncertainty in measurement
Hanser Verlag	Method for the estimation of uncertainty of hardness testing machines; PC file for the determination (NOTE: This is a comprehensive technical book, but not discussed in the context of this inventory.)
ISO TS 14253-2	GPS - Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment -- Part 2: Guide to the estimation of uncertainty in GPS measurement, in calibration equipment and in product verification
ISO 11200-ISO 11205	Acoustics – Determination of emission sound pressure levels of noise sources (series of standards in 6 parts)
ISO 11453	Statistical interpretation of data - Tests and confidence intervals relating to proportions (1996)
ISO 11843-1	Capability of detection - Part 1: Terms and definitions (1997)
ISO 11843-2	Capability of detection - Part 2: Methodology in the linear calibration case (2000)
ISO 13752	Air quality - Assessment of uncertainty of a measurement method under field conditions using a second method as reference (1998)

Appendix: Alphabetic list of cited documents – continued / Annexes : Liste alphabétique des documents - suite

ISO 14111	Natural gas - Guidelines for traceability in analysis –
ISO 15195	Clinical Laboratory medicine – Requirements for reference measurement Laboratories
ISO 16269-7	Statistical interpretation of data - Part 7: Median - Estimation and confidence interval (2001)
ISO 3095	Acoustics – Measurement of noise emitted by railbound vehicles.
ISO 3534-1	Statistics - Vocabulary and symbols - Part 1: Probability and general statistical terms (1993)
ISO 3534-2	Statistics - Vocabulary and symbols - Part 2: Statistical quality control (1993)
ISO 3534-3	Statistics - Vocabulary and symbols - Part 3: Design of experiments (1999)
ISO 362	Acoustics – Measurement of noise emitted by accelerating road vehicles –Engineering Method
ISO 3740-3747	Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure (series of standards in 8 parts).
ISO 5479	Statistical interpretation of data - Tests for departure from the normal distribution (1997)
ISO 5725-1	Accuracy (trueness and precision) of measurement method and results - Part 1: General principles and definitions (1994)
ISO 5725-2	Accuracy (trueness and precision) of measurement method and results - Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method (1994)
ISO 5725-3	Accuracy (trueness and precision) of measurement method and results - Part 3: Intermediate measures of the precision of a standard measurement method (1994)
ISO 5725-4	Accuracy (trueness and precision) of measurement method and results - Part 4: Basic method for the determination of the trueness of a standard measurement method (1994)
ISO 5725-5	Accuracy (trueness and precision) of measurement method and results - Part 5: Alternative methods for the determination of the precision of a standard measurement method (1998)
ISO 5725-6	Accuracy (trueness and precision) of measurement method and results - Part 6: Use in practice of accuracy values (1994)
ISO 6142	Gas analysis - Preparation of calibration gas mixtures - Gravimetric method
ISO 6143	Gas analysis - Comparison method for determining and checking the composition of calibration gas mixtures
ISO 6144, ISO 6145-1, ISO/TR 14167, ISO/DIS 14912, etc.	Gas analysis - Volumetric methods and quality aspects (<i>several documents</i>)
ISO 6879	Air quality - Performance characteristics and related concepts for air quality measuring methods (1995)
ISO 6974-1	Natural gas - Determination of composition with defined uncertainty by gas chromatography - Part 1: Guidelines for tailored analysis
ISO 7574-1 to ISO 7574-4	Acoustics – Statistical methods for determining and verifying noise emission values of machinery and equipment (series of standards in 4 parts).....
ISO 8466-1	Water quality - Calibration and evaluation of analytical methods and estimation of performance characteristics - Part 1: Statistical evaluation of the linear calibration function (1990)
ISO 8466-2	Water quality - Calibration and evaluation of analytical methods and estimation of performance characteristics - Part 2: Calibration strategy for non-linear second order calibration functions(1993)

Appendix: Alphabetic list of cited documents – continued / Annexes : Liste alphabétique des documents - suite

ISO 9169	Air quality - Determination of performance characteristics of a measurement method (1996)
ISO 9614-1 to ISO 9614-3	Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity (series of standards in 3 parts)..
VIM	International vocabulary of basic and general terms in metrology (1993)
ISO CD 7507-1	Petroleum and liquid petroleum products - Calibration of vertical cylindrical tanks - Part 1: Strapping Method
ISO DIS 11222	Air quality – Determination of the uncertainty of the time average of air quality measurements
ISO DIS 14956	Air quality — Evaluation of the suitability of a measurement procedure by comparison with a required measurement uncertainty
ISO TR 10017	Guidance on statistical techniques for ISO 9001:1994 (1999)
ISO TR 13425	Guide for the selection of statistical methods in standardization and specification (1995)
ISO TR 13530	Water quality - Guide to analytical quality control for water analysis (1997)
ISO TR 13843	Water quality - Guidance on validation of microbiological methods (2000)
ISO TR 20461	Bestimmung der Messunsicherheit von Volumenmessungen nach dem geometrischen Verfahren
ISO/TR 5168	Measurement of fluid flow - Evaluation of uncertainties
ISO/TR 7066-1	Assessment of uncertainty in calibration and use of flow measurement devices - Part 1: Linear calibration relationships
M3003 (UKAS)	The expression of uncertainty and confidence in measurement
NEN 3114	Accuracy of measurements - Terms and definitions (1990)
NEN 6303	Vegetable and animal oils and fats - Determination of repeatability and reproducibility of methods of analysis by interlaboratory tests (1988, in Dutch)
NEN 7777 Draft	Environment - Performance characteristics of measurement methods (2001 in Dutch)
NEN 7778 Draft	Environment - Equivalency of measurement methods(2001in Dutch)
FD V 03-116	Analyse des produits agricoles et alimentaires. Guide d'application des données métrologiques (AFNOR)
NIST Technical Note 1297	Guidelines for evaluating and expressing uncertainty of NIST measurement results
NKO-PR2.8 (EA-4/02 in Dutch)	Uitdrukken van de meetonzekerheid (vertaling van EAL-R2) (translation in Dutch of EAL-R2)
NPR 2813 (NEN, Netherlands)	Uncertainty of length measurement – Terms, definitions and guidelines
NPR 7779 Draft	Environment - Evaluation of the uncertainty of measurement results (2002 in Dutch)
prEN ISO 15011-1, prEN ISO 15011-2, prEN ISO 15011-3, EN ISO 10882-1, EN ISO 10882-2	Health and safety in welding and allied processes (CEN/TC 121/SC 9)
prEN ISO 8655-1	prEN ISO 8655-1 Piston operated volumetric apparatus – terms prEN ISO 8655-1 Piston operated volumetric apparatus – gravimetric test methods.
prISO 11904-1	Acoustics – Determination of sound immissions from sound sources placed close to the ears – Part 1: Technique using microphones in real ears (MIRE-technique)...
SINAL DT-0002	Guida per la valutazione e la espressione dell'incertezza nelle misurazioni –

Appendix: Alphabetic list of cited documents – continued / Annexes : Liste alphabétique des documents - suite

SINAL DT-0002/1	Guida per la valutazione e la espressione dell'incertezza nelle misurazioni, esempi applicativi di valutazioni dell'incertezza nelle misurazioni elettriche –
SINAL DT-0002/3	Guida per la valutazione e la espressione dell'incertezza nelle misurazioni, avvertenze per la valutazione dell'incertezza nel campo dell'analisi chimica –
SINAL DT-0002/4	Guida per la valutazione e la espressione dell'incertezza nelle misurazioni, esempi applicativi di valutazione dell'incertezza nelle misurazioni chimiche
SINAL DT-0002/5	Guida per la valutazione e la espressione dell'incertezza nelle misurazioni, esempio applicativo per misurazioni su materiali strutturali
SIT Doc-519	Introduzione ai criteri di valutazione dell'incertezza di misura nelle tarature.
SIT/Tec-003/01	Linea guida per la taratura di bilance –
TELARC Technical Guide Number 5	Precision and Limits of Detection for Analytical Methods
UKAS Publ. ref: LAB12	The Expression of Uncertainty in Testing
VDI 24449-Part 3	Measurement methods test criteria – General method for the determination of the uncertainty of calibratable measurement methods
VDI/VDE 2620 Entwurf	Unsichere Messungen und ihre Wirkung auf das Messergebnis (Dez. 1998)
VDI/VDE 2622, BI 2 Entw	Kalibrieren von Messmitteln für elektrische Größen - Methoden zur Ermittlung der Messunsicherheit (Okt. 1999)