



**Université Cadi Ayyad
Faculté des Sciences Semlalia de Marrakech (FSSM)
Département de Chimie
Laboratoire de Chimie Organique Appliquée
Équipe Analyse et Contrôle de Qualité**

Cours de :

Métrologie

CHAPITRE I :

Notions de base

**Dr Mohammed EL KAHLAOUI
Octobre 2011**

Histoire de la mesure¹

"L'homme est la mesure de toutes choses" Protagoras (sophiste grec 485-411 avJC)

1) Les balbutiements

Jusqu'au XVIIIème siècle il n'existait aucun système de mesure unifié. Malgré les tentatives de Charlemagne et de nombreux rois après lui, visant à réduire le nombre de mesures existantes, la France comptait parmi les pays les plus inventifs et les plus chaotiques dans ce domaine. En 1795, il existait en France plus de sept cents unités de mesure différentes.

Nombre d'entre elles étaient empruntées à la morphologie humaine. Leur nom en conservait fréquemment le souvenir : le doigt, la palme, le pied, la coudée, le pas, la brasse, ou encore la toise, dont le nom latin *tensa* - de *brachia* - désigne l'étendue des bras. Ces unités de mesures n'étaient pas fixes : elles variaient d'une ville à l'autre, d'une corporation à l'autre, mais aussi selon la nature de l'objet mesuré. Ainsi, par exemple, la superficie des planchers s'exprimait en pieds carrés et celle des tapis en aunes carrées.

Les mesures de volume et celles de longueur n'avaient aucun lien entre elles. Pour chaque unité de mesure les multiples et sous multiples s'échelonnaient de façon aléatoire, ce qui rendait tout calcul extrêmement laborieux. Pour comprendre les difficultés qu'entraînaient de tels systèmes, il convient de considérer le mode actuel de la mesure du temps, survivance de l'ancien système de subdivisions. Dans ce système, tout calcul implique une conversion préalable.

Source d'erreurs et de fraudes lors des transactions commerciales, cette situation portait aussi préjudice au développement des sciences. A mesure que l'industrie et le commerce prenaient de l'ampleur, la nécessité d'une harmonisation se faisait de plus en plus pressante.

2) Une mesure universelle : le mètre

Politiques et scientifiques, vont tenter de réformer cet état de fait. Leur idée est d'assurer l'invariabilité des mesures en les rapportant à un étalon emprunté à un phénomène naturel, un étalon universel qui, ainsi que Condorcet le rêvait déjà en 1775, ne serait fondé sur aucune vanité nationale, permettant l'adhésion de toutes les nations étrangères.

Le climat de réforme qui suivit les événements révolutionnaires permit de précipiter le choix d'un étalon. Les cahiers de doléance réclamaient cette mesure universelle pour s'affranchir de l'arbitraire des unités de mesure seigneuriales.

Le 16 février 1791, sur la proposition Du Chevalier JC de Borda - l'inventeur du pendule et du "cercle répétiteur" qui portent son nom - une commission chargée de fixer la base de l'unité des mesures est constituée. La commission, composée de Borda, Condorcet, Laplace, Lagrange et Monge doit opérer son choix entre trois références possibles : la longueur du pendule simple à secondes à la latitude de 45°, la longueur du quart du cercle de l'équateur, ou enfin la longueur du quart du méridien terrestre.

Alors que le pendule battant la seconde présentait l'inconvénient de faire intervenir des durées, et de varier selon les points du globe (la longueur du pendule aurait dû être corrigée en fonction de l'intensité de la pesanteur), le méridien apparaissait comme la solution la plus simple à calculer et la plus universelle.

¹ <http://www.metrologie-francaise.fr/fr/histoire/histoire-mesure.asp>

Le 26 mars 1791 naissait le mètre, dont la longueur était établie comme égale aux dix millionième parties du quart du méridien terrestre. Le mètre concrétisait l'idée d'une " unité qui dans sa détermination, ne renfermait rien ni d'arbitraire ni de particulier à la situation d'aucun peuple sur le globe ".

Mais il restait encore à établir la longueur exacte du méridien, ce qui donna lieu à une véritable épopée pour les géodésiens chargés de cette mission, Pierre-François MECHAIN (1744-1804) et Jean-Baptiste DELAMBRE (1747-1822).

A eux seuls, ces deux hommes vont se charger des opérations de triangulation qui lieront leur nom pour la postérité à cette nouvelle mesure du méridien. Ces travaux prirent près de sept ans et les conduisirent de Dunkerque à Barcelone.

C'est en utilisant le système de la triangulation que les scientifiques du 18e siècle sont parvenus à déterminer une longueur d'un quart de méridien, dont la dix millionième partie donne la valeur du mètre.

3) Le système métrique décimal, une invention révolutionnaire :

L'unité de mesure de base étant déterminée, il " suffisait " désormais d'établir toutes les autres unités de mesure qui en découlaient : le mètre carré et le mètre cube, le litre, le gramme...

Le système métrique décimal est alors institué le 18 germinal an III (7 avril 1795) par la loi " relative aux poids et mesures ". Il s'agit d'un bouleversement majeur des pratiques humaines. La décimalisation introduisait une véritable révolution dans le calcul des surfaces et des volumes. Tout passage d'une surface multiple à un sous-multiple, et vice versa, s'opère par simple glissement de la virgule décimale de deux rangs, de trois rangs s'il s'agit de volume.

Pour déterminer l'unité de masse, la commission préféra l'eau à tout autre corps tel que le mercure ou l'or, en égard à " la facilité de se procurer de l'eau et de la distiller... ". Il fut établi que le kilogramme serait égal à la masse d'un décimètre cube d'eau à une température donnée.

Pour l'usage courant, les premiers étalons du mètre et du kilogramme furent fabriqués en 1799 et déposés aux Archives de la République, dédiés "à tous les hommes et à tous les temps".

Le système métrique décimal à la fois simple et universel commence à se propager hors de France. Le développement des réseaux ferroviaires, l'essor de l'industrie, la multiplication des échanges exigent des mesures précises. Adopté dès le début du 19e siècle dans plusieurs provinces italiennes, le système métrique est rendu obligatoire aux Pays Bas dès 1816 et choisi par l'Espagne en 1849.

En France, après quelques mesures contradictoires, la loi du 4 juillet 1837, sous le ministère de Guizot, permet l'adoption exclusive du système métrique décimal. Il aura fallu près d'un demi-siècle pour aboutir à l'adoption d'un système créé pourtant dans l'enthousiasme sous la Révolution.

Après 1860 les adhésions se multiplient gagnant les pays d'Amérique Latine, et un nombre conséquent de pays, l'ont déjà adopté. Néanmoins, ces pays sont dépendants de la France chaque fois qu'il s'agit d'obtenir des copies exactes des étalons du mètre et du kilogramme. Cette subordination à la France, ajoutée au manque d'uniformité dans l'établissement des copies, risque de compromettre l'unification souhaitée. Pour palier ces difficultés le Bureau international des poids et mesures (B.I.P.M.) voit le jour en 1875, lors d'une conférence internationale diplomatique ; cette dernière aboutit, le 20 mai 1875 à la signature par les plénipotentiaires de 17 Etats du traité connu sous le nom de Convention du mètre.

La mission initiale du BIPM était d'assurer l'établissement du Système Métrique dans le monde entier par la construction et la conservation des nouveaux prototypes du mètre et du kilogramme, de comparer les étalons nationaux à ces prototypes, et de perfectionner les procédés de mesure afin de favoriser les progrès de la métrologie dans tous les domaines.

Néanmoins, le BIPM s'est progressivement orienté vers l'étude des problèmes métrologiques et des constantes physiques qui conditionnent l'exactitude des mesures lors de la définition des unités (tel que la thermométrie par exemple), puis au fil des développements industriels, ses attributions ont été étendues à de nouveaux domaines : les unités électriques (1937), photométriques (1937) ou les étalons de mesure pour les rayonnements ionisants (1960).

4) Du système métrique au Système International d'unités

Le Système international d'unité (SI), successeur du système métrique, est officiellement né en 1960 à partir d'une résolution de la 11ème Conférence générale des poids et mesures. Ce système permet de rapporter toutes les unités de mesure à un petit nombre d'étalons fondamentaux, et de consacrer tous les soins nécessaires à améliorer sans cesse leur définition. C'est là, une des missions des différents laboratoires nationaux de métrologie.

Les définitions des unités de base du SI ont évolué au cours de l'histoire dès que les besoins de précision de certains utilisateurs n'étaient plus satisfaits.

Les méthodes de mesure et les étalons eux-mêmes progressent et se renouvellent constamment ; en effet, plus les unités de mesure ont une définition précise, et plus les valeurs mesurées peuvent être fines. Les travaux concernant les étalons fondamentaux, effectués notamment par les laboratoires nationaux de métrologie du LNE et par le Bureau international des poids et mesures, ne connaîtront sans doute jamais de fin.

L'évolution de la définition du mètre dans le sens de sa dématérialisation en est l'illustration.

L'unité mètre définie par rapport au quart du méridien, avait un caractère universel mais il est certain que sa mise en œuvre soulevait de nombreuses difficultés. C'est pourquoi son étalon fut d'abord le mètre des Archives, puis le prototype international du mètre à partir de 1889.

Le 14 août 1960, le mètre est redéfini comme étant égal à 1 650 763,73 fois la longueur d'onde, dans le vide, d'une radiation orangée de l'atome krypton 86. Cette définition, fondée sur un phénomène physique, marquait le retour à un étalon naturel, reproductible, offrant des garanties de permanence et d'invariabilité permettant d'avoir une exactitude près de cinquante fois supérieure à celle qu'autorisait le prototype international, et une meilleure garantie de conservation à très long terme.

En 1983, suite aux importants travaux sur la vitesse de la lumière et sur les horloges atomiques, le mètre est redéfini en fonction de la vitesse de la lumière, comme égal " à la longueur du trajet parcouru dans le vide par la lumière pendant $1/299\,792\,458$ de seconde ".

Vocabulaire international de métrologie Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM)

JCGM 200:2008

1 Grandeurs et unités

1.1 (1.1) grandeur, f

Propriété d'un phénomène, d'un corps ou d'une substance, que l'on peut exprimer quantitativement sous forme d'un nombre et d'une référence

1.2 (1.1, Note 2) Nature de grandeur, f

Nature, f

Aspect commun à des **grandeurs** mutuellement comparables

1.3 (1.2) Système de grandeurs, m

Ensemble de **grandeurs** associé à un ensemble de relations non contradictoires entre ces grandeurs

1.4 (1.3) grandeur de base, f

Grandeur d'un sous-ensemble choisi par convention dans un **système de grandeurs** donné de façon qu'aucune grandeur du sous-ensemble ne puisse être exprimée en fonction des autres

1.5 (1.4) grandeur dérivée, f

Grandeur définie, dans un système de grandeurs, en fonction des **grandeurs de base** de ce système

1.6 Système international de grandeurs, m

ISQ, m

Système de grandeurs fondé sur les sept **grandeurs de base**: longueur, masse, temps, courant électrique, température thermodynamique, quantité de matière, intensité lumineuse

1.7 (1.5) dimension, f

Dimension d'une grandeur, f

expression de la dépendance d'une **grandeur** par rapport

aux **grandeurs de base** d'un **système de grandeurs** sous la forme d'un produit de puissances de facteurs correspondant aux grandeurs de base, en omettant tout facteur numérique.

1.8 (1.6) grandeur sans dimension, f

Grandeur de dimension un, f

Grandeur pour laquelle tous les exposants des facteurs correspondant aux **grandeurs de base** dans sa **dimension** sont nuls

1.9 (1.7) unité de mesure, f

Unité, f

Grandeur scalaire réelle, définie et adoptée par convention, à laquelle on peut comparer toute autre grandeur de même **nature** pour exprimer le rapport des deux grandeurs sous la forme d'un nombre

1.10 (1.13) unité de base, f

Unité de mesure adoptée par convention pour une **grandeur de base**

1.11 (1.14) unité dérivée, f

Unité de mesure d'une **grandeur dérivée**

1.12 (1.10) unité dérivée cohérente, f

Unité dérivée qui, pour un **système de grandeurs** donné et pour un ensemble choisi d'**unités de base**, est un produit de puissances des unités de base sans autre facteur de proportionnalité que le nombre un

1.13 (1.9) système d'unités, m

Ensemble d'**unités de base** et d'**unités dérivées**, de leurs **multiples** et **sous-multiples**, définis conformément à des règles données, pour un **système de grandeurs** donné

1.14 (1.11) système cohérent d'unités, m

Système d'unités, fondé sur un **système de grandeurs** donné, dans lequel l'**unité de mesure** de chaque **grandeur dérivée** est une **unité dérivée cohérente**

1.15 (1.15) unité hors système, f

Unité de mesure qui n'appartient pas à un **système d'unités** donné

1.16 (1.12) Système international d'unités, m
SI, m

système d'unités, fondé sur le **Système international de grandeurs**, comportant les noms et symboles des unités, une série de préfixes avec leurs noms et symboles, ainsi que des règles pour leur emploi, adopté par la Conférence générale des poids et mesures (CGPM)

1.17 (1.16) multiple d'une unité, m

Unité de mesure obtenue en multipliant une unité de mesure donnée par un entier supérieur à un

1.18 (1.17) sous-multiple d'une unité, m

Unité de mesure obtenue en divisant une unité de mesure donnée par un entier supérieur à un

1.19 (1.18) valeur d'une grandeur, f

Valeur, f

Ensemble d'un nombre et d'une référence constituant l'expression quantitative d'une **grandeur**

1.20 (1.21) valeur numérique, f

Valeur numérique d'une grandeur, f

Nombre dans l'expression de la **valeur d'une grandeur**, autre qu'un nombre utilisé comme référence

1.21 Algèbre des grandeurs, f

Ensemble de règles et opérations mathématiques appliquées aux **grandeurs** autres que les **grandeurs ordinales**

1.22 Équation aux grandeurs, f

Relation d'égalité entre des **grandeurs** d'un **système de grandeurs** donné, indépendante des **unités de mesure**

1.23 Équation aux unités, f

Relation d'égalité entre des **unités de base**, des **unités dérivées cohérentes** ou d'autres **unités de mesure**

1.24 Facteur de conversion entre unités, m

Rapport de deux **unités de mesure** correspondant à des **grandeurs** de même **nature**

1.25 Équation aux valeurs numériques, f

Relation d'égalité entre des **valeurs numériques**, fondée sur une **équation aux grandeurs** donnée et des **unités de mesure** spécifiées

1.26 Grandeur ordinale, f

Grandeur repérable, f

Grandeur, définie par une **procédure de mesure**, adoptée par convention, qui peut être classée avec d'autres grandeurs de même **nature**, selon l'ordre croissant ou décroissant de leurs expressions quantitatives, mais pour laquelle aucune relation algébrique entre ces grandeurs n'existe

1.27 Échelle de valeurs, f

Échelle de mesure, f

Ensemble ordonné de **valeurs** de **grandeurs** d'une **nature** donnée, utilisé pour classer des grandeurs de cette nature en ordre croissant ou décroissant de leurs expressions quantitatives

1.28 (1.22) échelle ordinale, f

Échelle de repérage, f

Échelle de valeurs pour **grandeurs ordinales**

1.29 Échelle de référence conventionnelle, f

Échelle de valeurs définie par un accord officiel

1.30 Propriété qualitative, f**Attribut, m**

Propriété d'un phénomène, d'un corps ou d'une substance, que l'on ne peut pas exprimer quantitativement

2 Mesurages**2.1 (2.1) mesurage, m****Mesure, f**

Processus consistant à obtenir expérimentalement une ou plusieurs **valeurs** que l'on peut raisonnablement attribuer à une **grandeur**

2.2 (2.2) métrologie, f

Science des **mesurages** et ses applications

2.3 (2.6) mesurande, m

Grandeur que l'on veut mesurer

2.4 (2.3) principe de mesure, m

Phénomène servant de base à un **mesurage**

2.5 (2.4) méthode de mesure, f

Description générique de l'organisation logique des opérations mises en œuvre dans un **mesurage**

2.6 (2.5) procédure de mesure, f**Procédure opératoire, f**

Description détaillée d'un **mesurage** conformément à un ou plusieurs **principes de mesure** et à une **méthode de mesure** donnée, fondée sur un **modèle de mesure** et incluant tout calcul destiné à obtenir un **résultat de mesure**

2.7 Procédure de mesure de référence, f**Procédure opératoire de référence, f**

procédure de mesure considérée comme fournissant des **résultats de mesure** adaptés à leur usage prévu pour l'évaluation de la **justesse** de **valeurs mesurées** obtenues à partir d'autres procédures de mesure pour

des **grandeurs** de la même **nature**, pour un **étalonnage**, ou pour la caractérisation de **matériaux de référence**

2.8 Procédure de mesure primaire, f**Procédure opératoire primaire, f**

Procédure de mesure de référence utilisée pour obtenir un **résultat de mesure** sans relation avec un **étalon** d'une **grandeur** de même **nature**

2.9 (3.1) résultat de mesure, m**Résultat d'un mesurage, m**

Ensemble de **valeurs** attribuées à un **mesurande** complété par toute autre information pertinente disponible

2.10 Valeur mesurée, f

Valeur d'une grandeur représentant un **résultat de mesure**

2.11 (2.19) valeur vraie, f**Valeur vraie d'une grandeur, f**

Valeur d'une grandeur compatible avec la définition de la **grandeur**

2.12 Valeur conventionnelle, m**Valeur conventionnelle d'une grandeur, m**

Valeur attribuée à une **grandeur** par un accord pour un usage donné

2.13 (3.5) exactitude de mesure, f**Exactitude, f**

Étroitesse de l'accord entre une **valeur mesurée** et une **valeur vraie** d'un **mesurande**

2.14 Justesse de mesure, f**Justesse, f**

Étroitesse de l'accord entre la moyenne d'un nombre infini de **valeurs mesurées** répétées et une **valeur de référence**

2.15 Fidélité de mesure, f**Fidélité, f**

Étroitesse de l'accord entre les **indications** ou les **valeurs mesurées** obtenues par des **mesurages** répétés du même objet ou d'objets similaires dans des conditions spécifiées

2.16 (3.10) erreur de mesure, f**Erreur, f**

Différence entre la **valeur mesurée** d'une **grandeur** et une **valeur de référence**

2.17 (3.14) erreur systématique, f

Composante de l'**erreur de mesure** qui, dans des **mesurages** répétés, demeure constante ou varie de façon prévisible

2.18 Biais de mesure, m**Biais, m****Erreur de justesse, f**

Estimation d'une **erreur systématique**

2.19 (3.13) erreur aléatoire, f

Composante de l'**erreur de mesure** qui, dans des **mesurages** répétés, varie de façon imprévisible

2.20 (3.6, Notes 1 et 2) condition de répétabilité, f

condition de **mesurage**, dans un ensemble de conditions qui comprennent la même **procédure de mesure**, les mêmes opérateurs, le même **système de mesure**, les mêmes conditions de fonctionnement et le même lieu, ainsi que des **mesurages** répétés sur le même objet ou des objets similaires pendant une courte période de temps

2.21 (3.6) répétabilité de mesure, f**répétabilité, f**

Fidélité de mesure selon un ensemble de **conditions de répétabilité**

2.22 Condition de fidélité intermédiaire, f

Condition de **mesurage**, dans un ensemble de conditions

qui comprennent la même **procédure de mesure**, le même lieu et des **mesurages** répétés sur le même objet ou des objets similaires pendant une période de temps étendue, mais peuvent comprendre d'autres conditions que l'on fait varier

2.23 Fidélité intermédiaire de mesure, f**Fidélité intermédiaire, f**

Fidélité de mesure selon un ensemble de **conditions de fidélité intermédiaire**

2.24 (3.7, Note 2) condition de reproductibilité, f

condition de **mesurage**, dans un ensemble de conditions qui comprennent des lieux, des opérateurs et des **systèmes de mesure** différents, ainsi que des **mesurages** répétés sur le même objet ou des objets similaires

2.25 (3.7) reproductibilité de mesure, f**Reproductibilité, f**

Fidélité de mesure selon un ensemble de **conditions de reproductibilité**

2.26 (3.9) incertitude de mesure, f**Incertitude, f**

Paramètre non négatif qui caractérise la dispersion des **valeurs** attribuées à un **mesurande**, à partir des informations utilisées

2.27 Incertitude définitionnelle, f

Composante de l'**incertitude de mesure** qui résulte de la quantité finie de détails dans la définition d'un **mesurande**

2.28 Évaluation de type A de l'incertitude, f**Évaluation de type A, f**

Évaluation d'une composante de l'**incertitude de mesure** par une analyse statistique des **valeurs mesurées** obtenues dans des conditions définies de **mesurage**

2.29 Évaluation de type B de l'incertitude, f**Évaluation de type B, f**

Évaluation d'une composante de l'**incertitude de mesure** par d'autres moyens qu'une **évaluation de type A de l'incertitude**

2.30 Incertitude-type, f

Incetitude de mesure exprimée sous la forme d'un écart-type

2.31 incertitude-type composée, f

incertitude-type obtenue en utilisant les **incertitudes-types** individuelles associées aux **grandeurs d'entrée** dans un **modèle de mesure**

2.32 incertitude-type relative, f

Quotient de l'**incertitude-type** par la valeur absolue de la **valeur mesurée**

2.33 Bilan d'incertitude, m

Formulation d'une **incertitude de mesure** et des composantes de cette incertitude, ainsi que de leur calcul et de leur combinaison

2.34 incertitude cible, f**Incetitude anticipée, f**

Incetitude de mesure spécifiée comme une limite supérieure et choisie d'après les usages prévus des **résultats de mesure**

2.35 Incertitude élargie, f

Produit d'une **incertitude-type composée** et d'un facteur supérieur au nombre un

2.36 Intervalle élargi, m

Intervalle contenant l'ensemble des **valeurs vraies** d'un **mesurande** avec une probabilité déterminée, fondés sur l'information disponible

2.37 Probabilité de couverture, f

Probabilité que l'ensemble des **valeurs vraies** d'un

mesurande soit contenu dans un **intervalle élargi** spécifié

2.38 Facteur d'élargissement, m

Nombre supérieur à un par lequel on multiplie une **incertitude-type composée** pour obtenir une **incertitude élargie**

2.39 (6.11) étalonnage, m

opération qui, dans des conditions spécifiées, établit en une première étape une relation entre les **valeurs** et les **incertitudes de mesure** associées qui sont fournies par des **étalons** et les **indications** correspondantes avec les incertitudes associées, puis utilise en une seconde étape cette information pour établir une relation permettant d'obtenir un **résultat de mesure** à partir d'une indication

2.40 Hiérarchie d'étalonnage, f

Suite d'**étalonnages** depuis une référence jusqu'au **système de mesure** final, dans laquelle le résultat de chaque étalonnage dépend de celui de l'étalonnage précédent

2.41 (6.10) traçabilité métrologique, f

propriété d'un **résultat de mesure** selon laquelle ce résultat peut être relié à une référence par l'intermédiaire d'une chaîne ininterrompue et documentée d'**étalonnages** dont chacun contribue à l'**incertitude de mesure**

2.42 Chaîne de traçabilité métrologique, f**Chaîne de traçabilité, f**

Succession d'**étalons** et d'**étalonnages** qui est utilisée pour relier un **résultat de mesure** à une référence

2.43 traçabilité métrologique à une unité de mesure, f**Traçabilité métrologique à une unité, f**

Traçabilité métrologique où la référence est la définition d'une **unité de mesure** sous la forme de sa réalisation pratique.

2.44 Vérification, f

Fourniture de preuves tangibles qu'une entité donnée satisfait à des exigences spécifiées

2.45 Validation, f

Vérification, où les exigences spécifiées sont adéquates pour un usage déterminé

2.46 Comparabilité métrologique, f

Comparabilité de **résultats de mesure**, pour des **grandeurs** d'une **nature** donnée, qui sont métrologiquement traçables à une même référence

2.47 Compatibilité de mesure, f**Compatibilité métrologique, f**

propriété d'un ensemble de **résultats de mesure** correspondant à un **mesurande** spécifié, telle que la valeur absolue de la différence des **valeurs mesurées** pour toute paire de résultats de mesure est plus petite qu'un certain multiple choisi de l'**incertitude-type** de cette différence

2.48 Modèle de mesure, m**Modèle, m**

Relation mathématique entre toutes les **grandeurs** qui interviennent dans un **mesurage**

2.49 Fonction de mesure, f

Fonction de **grandeurs**, dont la valeur, lorsqu'elle est calculée en utilisant des **valeurs** connues pour les **grandeurs d'entrée dans le modèle de mesure**, est une **valeur mesurée** de la **grandeur de sortie dans le modèle de mesure**

2.50 Grandeur d'entrée dans un modèle de mesure, f**Grandeur d'entrée, f**

Grandeur qui doit être mesurée, ou grandeur dont la **valeur** peut être obtenue autrement, pour calculer une **valeur mesurée** d'un **mesurande**

2.51 Grandeur de sortie dans un modèle de mesure, f**Grandeur de sortie, f**

Grandeur dont la **valeur mesurée** est calculée en utilisant les **valeurs** des **grandeurs d'entrée dans un modèle de mesure**

2.52 (2.7) grandeur d'influence, f

Grandeur qui, lors d'un **mesurage** direct, n'a pas d'effet sur la grandeur effectivement mesurée, mais a un effet sur la relation entre l'**indication** et le **résultat de mesure**

2.53 (3.15) (3.16) correction, f

Compensation d'un effet systématique connu

3 Dispositifs de mesure**3.1 (4.1) instrument de mesure, m****Appareil de mesure, m**

Dispositif utilisé pour faire des **mesurages**, seul ou associé à un ou plusieurs dispositifs annexes

3.2 (4.5) système de mesure, m

ensemble d'un ou plusieurs **instruments de mesure** et souvent d'autres dispositifs, comprenant si nécessaire réactifs et alimentations, assemblés et adaptés pour fournir des informations destinées à obtenir des **valeurs mesurées** dans des intervalles spécifiés pour des **grandeurs de natures** spécifiées

3.3 (4.6) appareil de mesure indicateur, m**Appareil indicateur, m**

Instrument de mesure qui fournit un signal de sortie porteur d'informations sur la **valeur** de la **grandeur** mesurée

3.4 (4.6) appareil de mesure afficheur, m**Appareil afficheur, m**

Instrument de mesure indicateur dont le signal de sortie est présenté sous forme visuelle

3.5 (4.17) échelle d'un appareil de mesure afficheur, f
Échelle, f

Partie d'un **instrument de mesure afficheur**, constituée d'un ensemble ordonné de repères, associés éventuellement à des nombres ou des **valeurs de grandeurs**

3.6 (4.2) mesure matérialisée, f

Instrument de mesure qui reproduit ou fournit, d'une manière permanente pendant son emploi, des **grandeurs** d'une ou plusieurs **natures**, chacune avec une **valeur** assignée

3.7 (4.3) transducteur de mesure, m

Dispositif, employé en **mesurage**, qui fait correspondre à une **grandeur** d'entrée une grandeur de sortie selon une loi déterminée

3.8 (4.14) capteur, m

Élément d'un **système de mesure** qui est directement soumis à l'action du phénomène, du corps ou de la substance portant la **grandeur** à mesurer

3.9 (4.15) détecteur, m

Dispositif ou substance qui indique la présence d'un phénomène, d'un corps ou d'une substance lorsqu'une **valeur** de seuil d'une **grandeur** associée est dépassée

3.10 (4.4) chaîne de mesure, f

Suite d'éléments d'un **système de mesure** qui constitue un seul chemin du signal depuis le **capteur** jusqu'à l'élément de sortie

3.11 (4.30) ajustage d'un système de mesure, m**Ajustage, m**

Ensemble d'opérations réalisées sur un **système de mesure** pour qu'il fournisse des **indications** prescrites correspondant à des **valeurs** données des **grandeurs** à mesurer

3.12 Réglage de zéro, m

Ajustage d'un système de mesure pour que le système fournisse une **indication** égale à zéro correspondant à une **valeur** égale à zéro de la **grandeur** à mesurer

4 Propriétés des dispositifs de mesure**4.1 (3.2) indication, f**

Valeur fournie par un **instrument de mesure** ou un **système de mesure**

4.2 Indication du blanc, f**Indication d'environnement, f**

Indication obtenue à partir d'un phénomène, d'un corps ou d'une substance semblable au phénomène, au corps ou à la substance en cours d'étude, mais dont la **grandeur** d'intérêt est supposée ne pas être présente ou ne contribue pas à l'indication.

4.3 (4.19) intervalle des indications, m

Ensemble des **valeurs** comprises entre les deux **indications** extrêmes

4.4 (5.1) intervalle nominal des indications, m**Intervalle nominal, m****Calibre, m**

ensemble des **valeurs** comprises entre deux **indications** extrêmes arrondies ou approximatives, que l'on obtient pour une position particulière des commandes d'un **instrument de mesure** ou d'un **système de mesure** et qui sert à désigner cette position

4.5 (5.2) étendue de mesure, f**Étendue nominale, f**

Valeur absolue de la différence entre les valeurs extrêmes d'un **intervalle nominal des indications**

4.6 (5.3) valeur nominale, f

Valeur arrondie ou approximative d'une **grandeur** caractéristique d'un **instrument de mesure** ou d'un **système de mesure**, qui sert de guide pour son

utilisation appropriée

4.7 (5.4) intervalle de mesure, m

Ensemble des **valeurs** de **grandeurs** d'une même **nature** qu'un **instrument de mesure** ou un **système de mesure** donné peut mesurer avec une **incertitude instrumentale** spécifiée, dans des conditions déterminées

4.8 Condition de régime établi, f

Condition de régime permanent, f

condition de fonctionnement d'un **instrument de mesure** ou d'un **système de mesure** dans laquelle la relation établie par un **étalonnage** reste valable même pour un **mesurande** qui varie en fonction du temps.

4.9 (5.5) condition assignée de fonctionnement, f

Condition de fonctionnement qui doit être satisfaite pendant un **mesurage** pour qu'un **instrument de mesure** ou un **système de mesure** fonctionne conformément à sa conception

4.10 (5.6) condition limite de fonctionnement, f

Condition limite, f

Condition de fonctionnement extrême qu'un **instrument de mesure** ou un **système de mesure** doit pouvoir supporter sans dommage et sans dégradation de propriétés métrologiques spécifiées, lorsqu'il est ensuite utilisé dans ses **conditions assignées de fonctionnement**

4.11 (5.7) condition de fonctionnement de référence, f

Condition de référence, f

Condition de fonctionnement prescrite pour évaluer les performances d'un **instrument de mesure** ou d'un **système de mesure** ou pour comparer des **résultats de mesure**

4.12 (5.10) sensibilité, f

Quotient de la variation d'une **indication** d'un **système de mesure** par la variation correspondante de la **valeur** de la **grandeur** mesurée

4.13 Sélectivité, f

propriété d'un **système de mesure**, utilisant une **procédure de mesure** spécifiée, selon laquelle le système fournit des **valeurs mesurées** pour un ou plusieurs **mesurandes**, telles que les valeurs de chaque mesurande sont indépendantes des autres mesurandes ou d'autres **grandeurs** dans le phénomène, le corps ou la substance en cours d'examen

4.14 Résolution, f

Plus petite variation de la **grandeur** mesurée qui produit une variation perceptible de l'**indication** correspondante
NOTE La résolution peut dépendre, par exemple, du bruit (interne ou externe) ou du frottement. Elle peut aussi dépendre de la **valeur** de la grandeur mesurée.

4.15 (5.12) résolution d'un dispositif afficheur, f

Plus petite différence entre **indications** affichées qui peut être perçue de manière significative

4.16 (5.11) seuil de discrimination, m

Seuil de mobilité, m

Mobilité, f

Variation la plus grande de la **valeur** d'une **grandeur** mesurée qui ne produit aucune variation détectable de l'**indication** correspondante

4.17 (5.13) zone morte, f

Intervalle maximal à l'intérieur duquel on peut faire varier la **valeur** de la **grandeur** mesurée dans les deux sens sans provoquer de variation détectable de l'**indication** correspondante

4.18 limite de détection, f

Valeur mesurée, obtenue par une **procédure de mesure** donnée, pour laquelle la probabilité de déclarer faussement l'absence d'un constituant dans un matériau est β , étant donnée la probabilité α de déclarer faussement sa présence

4.19 (5.14) stabilité, f**Constance, f**

Propriété d'un **instrument de mesure**, selon laquelle celui-ci conserve ses propriétés métrologiques constantes au cours du temps

4.20 (5.25) biais instrumental, m**Erreur de justesse d'un instrument, f**

Différence entre la moyenne d'**indications** répétées et une **valeur de référence**

4.21 (5.16) dérive instrumentale, f

Variation continue ou incrémentale dans le temps d'une **indication**, due à des variations des propriétés métrologiques d'un **instrument de mesure**

4.22 Variation due à une grandeur d'influence, f

Différence entre les **indications** qui correspondent à une même **valeur mesurée**, ou entre les **valeurs** fournies par une **mesure matérialisée**, lorsqu'une **grandeur d'influence** prend successivement deux valeurs différentes.

4.23 (5.17) temps de réponse à un échelon, m

Durée entre l'instant où une **valeur** d'entrée d'un **instrument de mesure** ou d'un **système de mesure** subit un changement brusque d'une valeur constante spécifiée à une autre et l'instant où l'**indication** correspondante se maintient entre deux limites spécifiées autour de sa valeur finale en régime établi

4.24 Incertitude instrumentale, f

Composante de l'**incertitude de mesure** qui provient de l'**instrument de mesure** ou du **système de mesure** utilisé

4.25 (5.19) classe d'exactitude, f

Classe d'**instruments de mesure** ou de **systèmes de mesure** qui satisfont à certaines exigences métrologiques destinées à maintenir les **erreurs de mesure** ou les **incertitudes instrumentales** entre des limites spécifiées

dans des conditions de fonctionnement spécifiées

4.26 (5.21) erreur maximale tolérée, f**Limite d'erreur, f**

Valeur extrême de l'**erreur de mesure**, par rapport à une **valeur de référence** connue, qui est tolérée par les spécifications ou règlements pour un **mesurage**, un **instrument de mesure** ou un **système de mesure** donné

4.27 (5.22) erreur au point de contrôle, f

Erreur de mesure d'un **instrument de mesure** ou d'un **système de mesure** pour une **valeur mesurée** spécifiée

4.28 (5.23) erreur à zéro, f

Erreur au point de contrôle lorsque la **valeur mesurée** spécifiée est nulle

4.29 Incertitude de mesure à zéro, f

Incertitude de mesure lorsque la **valeur mesurée** spécifiée est nulle

4.30 Diagramme d'étalonnage, m

Expression graphique de la relation entre une **indication** et le **résultat de mesure** correspondant

4.31 Courbe d'étalonnage, f

Expression de la relation entre une **indication** et la **valeur mesurée** correspondante

5 Étalons**5.1 (6.1) étalon, m**

Réalisation de la définition d'une **grandeur** donnée, avec une **valeur** déterminée et une **incertitude de mesure** associée, utilisée comme référence

5.2 (6.2) étalon international, m

Étalon reconnu par les signataires d'un accord international pour une utilisation mondiale

5.3 (6.3) étalon national, m

Étalon reconnu par une autorité nationale pour servir, dans un état ou une économie, comme base à l'attribution de **valeurs** à d'autres étalons de **grandeurs** de la même **nature**.

5.4 (6.4) étalon primaire, m

Étalon établi à l'aide d'une **procédure de mesure primaire**, ou créé comme objet choisi par convention

5.5 (6.5) étalon secondaire, m

Étalon établi par l'intermédiaire d'un **étalonnage** par rapport à un **étalon primaire** d'une **grandeur** de même **nature**

5.6 (6.6) étalon de référence, m

Étalon conçu pour l'**étalonnage** d'autres étalons de **grandeurs** de même **nature** dans une organisation donnée ou en un lieu donné.

5.7 (6.7) étalon de travail, m

Étalon qui est utilisé couramment pour étalonner ou contrôler des **instruments de mesure** ou des **systèmes de mesure**

5.8 (6.9) étalon voyageur, m

Étalon, parfois de construction spéciale, destiné au transport en des lieux différents

5.9 (6.8) dispositif de transfert, m

Dispositif utilisé comme intermédiaire pour comparer entre eux des **étalons**

5.10 Étalon intrinsèque, m

Étalon fondé sur une propriété intrinsèque et reproductible d'un phénomène ou d'une substance

5.11 (6.12) conservation d'un étalon, f**Maintenance d'un étalon, f**

Ensemble des opérations nécessaires à la préservation des propriétés métrologiques d'un **étalon** dans des

limites déterminées

5.12.Étalon

Utilisé pour des **étalonnages**

5.13 (6.13) matériau de référence, m**RM**

Matériau suffisamment homogène et stable en ce qui concerne des propriétés spécifiées, qui a été préparé pour être adapté à son utilisation prévue pour un **mesurage** ou pour l'examen de **propriétés qualitatives**

5.14 (6.14) matériau de référence certifié, m**MRC**

Matériau de référence, accompagné d'une documentation délivrée par un organisme faisant autorité et fournissant une ou plusieurs valeurs de propriétés spécifiées avec les incertitudes et les traçabilités associées, en utilisant des procédures valables

5.15 commutabilité d'un matériau de référence, f

propriété d'un **matériau de référence**, exprimée par l'étroitesse de l'accord entre, d'une part, la relation entre les **résultats de mesure** obtenus pour une **grandeur** déterminée de ce matériau en utilisant deux **procédures de mesure** données et, d'autre part, la relation entre les résultats de mesure pour d'autres matériaux spécifiés

5.16 donnée de référence, f

Donnée liée à une propriété d'un phénomène, d'un corps ou d'une substance, ou à un système de constituants de composition ou de structure connue, obtenue à partir d'une source identifiée, évaluée de façon critique et vérifiée en exactitude

5.17 donnée de référence normalisée, f

Donnée de référence provenant d'une autorité reconnue

5.18 Valeur de référence, f

Valeur d'une grandeur servant de base de comparaison pour les valeurs de **grandeurs** de même **nature**

Définitions des unités de base du système international

Symbole Définition

m	Le mètre est la longueur du trajet parcouru dans le vide par la lumière pendant une durée de $1/299\,792\,458^{\text{ème}}$ de seconde (1983, 17 ^{ème} CGPM, résolution 1).
kg	Le kilogramme est égal à la masse du prototype international du kilogramme (1889, 1 ^{ère} CGPM, pp. 34-38 et 1901, 3 ^{ème} CGPM, p. 70).
s	La seconde est la durée de 9 192 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133 (1967, 13 ^{ème} CGPM, résolution 1).
A	L'ampère est l'intensité d'un courant constant qui, maintenu dans deux conducteurs parallèles, rectilignes, de longueur infinie, de section circulaire négligeable et placés à une distance de 1 mètre l'un de l'autre, produirait entre ces conducteurs une force égale à $2 \cdot 10^{-7}$ newton par mètre de longueur (1948, 9 ^{ème} CGPM, résolution 2).
K	Le kelvin, unité de température thermodynamique, est la fraction $1/273.16$ de la température thermodynamique du point triple de l'eau (1967, 13 ^{ème} CGPM).
mol	1. La mole est la quantité de matière d'un système comportant autant d'entités élémentaires qu'il y a d'atomes dans 0.012 kilogramme de carbone 12. 2. Lorsqu'on emploie la mole, les entités élémentaires doivent être spécifiées et peuvent être des atomes, des molécules, des ions, des électrons, d'autres particules ou des groupes spécifiés de telles particules (1971, 14^{ème} CGPM, résolution 3).
Cd	La candela est l'intensité lumineuse, dans une direction donnée, d'une source qui émet un rayonnement monochromatique de fréquence 540.1012 Hz et dont l'intensité énergétique dans cette direction est de $1/683^{\text{ème}}$ de watt par stéradian (1979, 16 ^{ème} CGPM, résolution 3).

PRÉFIXES DU SYSTÈME INTERNATIONAL

Multiplicateurs			Diviseurs		
10^{24}	yotta	Y	10^{-1}	déci	d
10^{21}	zetta	Z	10^{-2}	centi	c
10^{18}	exa	E	10^{-3}	milli	m
10^{15}	peta	P	10^{-6}	micro	μ
10^{12}	téra	T	10^{-9}	nano	n
10^9	giga	G	10^{-12}	pico	p
10^6	méga	M	10^{-15}	femto	f
10^3	kilo	k	10^{-18}	atto	a
10^2	hecto	h	10^{-21}	zepto	z
10^1	déca	da	10^{-24}	yocto	y

Liste de sigles

AIEA	Agence internationale pour l'énergie atomique
BIPM	Bureau international des poids et mesures
CCQM	Comité consultatif pour la quantité de matière — Métrologie en chimie
CEN	Comité Européen de Normalisation
CGPM	Conférence générale des poids et mesures
CIPM	Comité International des Poids et Mesures
CMA	Comité Marocain d'Accréditation
CODATA	Committee on Data for Science and Technology
COMAC	<i>(Nouveau)</i> Comité Marocain d'Accréditation
DQN	Direction de la Normalisation et de la Promotion de la Qualité
EUROMET	Association Européenne des Instituts Nationaux de Métrologie
GUM	Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure
ILAC	Coopération internationale sur l'agrément des laboratoires d'essai
IMANOR	Institut Marocain de Normalisation
ISO	Organisation internationale de normalisation
ISO/REMCO	Organisation internationale de normalisation, comité pour les matériaux de référence
JCGM	Comité commun pour les guides en métrologie
JCGM/WG 1	Groupe de travail 1 du Comité commun pour les guides en métrologie
JCGM/WG 2	Groupe de travail 2 du Comité commun pour les guides en métrologie
MICMANE	Ministère de l'Industrie, du Commerce et de la Mise à Niveau de l'Economie
MID	Measuring Instruments Directive (Directive 2004/22/CE du Parlement européen et du Conseil du 31 mars 2004 sur les instruments de mesure)
OIML	Organisation internationale de métrologie légale
SI	Système International d'Unités
SPS	Sanitary and phytosanitary measures (mesures sanitaires et phytosanitaires)
SSM	Système de surveillance en métrologie
UICPA	Union internationale de chimie pure et appliquée
UICPA/CIAAW	Union internationale de chimie pure et appliquée — Commission sur les teneurs isotopiques et les masses atomiques
UIPPA	Union internationale de physique pure et appliquée
UMAQ	Union Marocaine pour la Qualité
VIM,	Vocabulaire international de métrologie — Concepts fondamentaux et généraux et termes associés
VIML	Vocabulaire international des termes de métrologie légale

Liste non exhaustive des normes de Métrologie

Code Marocain	Correspondance	Désignation
NM 15.0.001	NF X 07-001	Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie
NM 15.0.002	NF X 02-001	Principes généraux concernant les grandeurs, les unités et les symboles
NM 15.0.003	NF X 07-010	La fonction métrologique dans l'entreprise
NM 15.0.004	FD X 07-011	Constat de vérification des moyens de mesure
NM 15.0.005	FD X 07-015	Métrologie dans l'entreprise : -raccordement des résultats de mesure aux étalons
NM 15.0.006	ISO 10012-1	Exigences d'assurance de la qualité des équipements de mesure
NM 15.0.007	NF E 10-022	Fiche de vie
NM 15.0.008	FD X 07-016	Modalités pratiques pour l'établissement des procédures d'étalonnage et de vérification des moyens de mesure
NM 15.0.009	NF X 06-044	Détermination de l'incertitude associée au résultat final
NM 15.0.010	X 06-045	Application de la statistique - Traitement des résultats de mesure - Utilisation de grandeurs de référence dans les méthodes de mesure
NM 15.0.011	NF E 02-240	Vérification des tolérances des produits - Déclaration de conformité
NM 15.0.028	FD X 07-012	Métrologie dans l'entreprise - Certificat d'étalonnage des moyens de mesure
NM 15.0.029	NF ISO 5725-1	Application de la statistique - Exactitude (justesse et fidélité) des résultats et méthodes de mesure - Partie 1 : Principes généraux et définitions
NM 15.0.030	NF ISO 5725-2	Partie 2 : Méthode de base pour la détermination de la répétabilité et de la reproductibilité d'une méthode de mesure normalisée
NM 15.0.031	NF ISO 5725-3	Partie 3 : Mesures intermédiaires de la fidélité d'une méthode de mesure normalisée
NM 15.0.032	NF ISO 5725-4	Partie 4 : Méthodes de base pour la détermination de la justesse d'une méthode d'une mesure normalisée
NM 15.0.033	NF ISO 5725 - 6	Partie 6 : Utilisation dans la pratique des valeurs d'exactitude
NM 15.0.055	NM ISO 8258	Cartes de contrôle de Shewhart
	OIML R 79	Etiquetage des préemballages
	OIML R 87	Contenu net des préemballages
NM 15.2.027	R 111	Poids des classes E1 , E2, F1, F2, M1, M2, M3
NM 15.2.028	R 74	Instruments de pesage électriques
NM 15.6.002	ISO 386	Thermomètres de laboratoire à dilatation de liquide dans une gaine de verre- Principes de conception, de construction et d'utilisation
NM 15.8.003	NF E 15-013	PH - mètre solutions étalons pour l'étalonnage d'un pH-mètre