

ORGANISATION INTERNATIONALE
DE MÉTROLOGIE LÉGALE

VOCABULAIRE
de
MÉTROLOGIE LÉGALE
Termes fondamentaux

APPEL aux LECTEURS

Les langues sont en perpétuelle évolution et d'illustres Compagnies se sont depuis des siècles penchées sur la rédaction continue de dictionnaires, toujours en cours de modifications.

Le VOCABULAIRE DE METROLOGIE LEGALE n'échappera pas à ce destin inexorable et, bien que théoriquement conçu pour l' « éternité », il devra certainement subir l'épreuve du temps et recevoir de très importantes corrections et de très importantes améliorations.

Ces améliorations, les rédacteurs de l'ouvrage les attendent du « lecteur » qu'ils remercient vivement d'avance pour toutes ses observations, ses propositions et, surtout, ses critiques qu'ils souhaitent nombreuses.

La Rédaction

ORGANISATION INTERNATIONALE DE MÉTROLOGIE LÉGALE

BUREAU INTERNATIONAL DE MÉTROLOGIE LÉGALE
11, RUE TURGOT — PARIS IX^e — FRANCE

VOCABULAIRE **de** **MÉTROLOGIE LÉGALE** **Termes fondamentaux**

Secrétariat-rapporteur : POLOGNE

RECOMMANDATION INTERNATIONALE
TROISIÈME CONFÉRENCE INTERNATIONALE de MÉTROLOGIE LÉGALE
Paris, 1968

Edition mars 1969
Reproduction interdite

CHAPITRE 0

MÉTROLOGIE

0.1. MÉTROLOGIE

Domaine des connaissances relatives aux mesurages.

Remarques :

1. Les principaux domaines de la métrologie concernent :
les unités de mesure et leurs étalons (leur établissement, reproduction, conservation et transmission),
les mesurages (leurs méthodes, leur exécution, l'estimation de leur précision etc.),
les instruments de mesurage (leurs propriétés examinées du point de vue de leur destination),
les observateurs (leurs qualités se rapportant à l'exécution des mesurages, par ex. la lecture des indications des instruments de mesurage).
2. La métrologie embrasse tous les problèmes aussi bien théoriques que pratiques se rapportant aux mesurages, quelle que soit la précision de ceux-ci.
3. Selon la grandeur envisagée, la métrologie se divise en : métrologie des longueurs, métrologie du temps, etc...
et, selon le domaine d'application, en métrologie industrielle, métrologie technique, métrologie astronomique, métrologie médicale, etc...
4. Sont comprises également dans la métrologie les déterminations des constantes physiques et des propriétés des matériaux et des substances.

0.2. MÉTROLOGIE GÉNÉRALE

Partie de la métrologie qui traite des problèmes communs à toutes les questions métrologiques, indépendamment de la grandeur mesurée.

Exemples :

Les problèmes généraux théoriques et pratiques sur les unités de mesure (la structure d'un système d'unités, le changement des unités de mesure dans les formules par ex.), les problèmes des erreurs de mesurage, les problèmes des qualités métrologiques des instruments de mesurage valables pour n'importe quelle grandeur.

0.3. MÉTROLOGIE APPLIQUÉE

Partie de la Métrologie qui traite des mesurages pour des applications définies.

Remarque :

Par opposition à la métrologie générale, la métrologie appliquée concerne les mesurages d'une certaine grandeur ou bien les mesurages des grandeurs faisant partie d'un certain domaine, selon les exemples donnés au point 0.1, remarque 3.

0.3.1. MÉTROLOGIE TECHNIQUE

Partie de la Métrologie qui traite des problèmes des mesurages dans la technique.

Remarque :

Bien que d'autres domaines soient compris dans la métrologie technique, cette expression est souvent utilisée avec une signification incorrecte pour la seule métrologie des longueurs et des angles.

0.4. MÉTROLOGIE THÉORIQUE

Partie de la Métrologie qui traite des problèmes théoriques de mesurage.

Exemples :

A la métrologie théorique appartiennent, entre autres, la théorie des grandeurs et des unités de mesure, la théorie des erreurs de mesurage, la théorie informationnelle des mesurages.

0.5. TECHNIQUE DES MESURAGES

Partie de la Métrologie qui traite de la technique d'exécution des mesurages.

0.6. MÉTROLOGIE LÉGALE

Partie de la métrologie se rapportant aux unités de mesure, aux méthodes de mesurage et aux instruments de mesurage en ce qui concerne les exigences techniques et juridiques réglementées qui ont pour but d'assurer la garantie publique du point de vue de la sécurité et de la précision convenable des mesurages.

CHAPITRE 1

ORGANISMES ET SERVICES SE RAPPORTANT A LA MÉTROLOGIE LÉGALE

Préambule

A. La métrologie légale, dans chaque État moderne, est dirigée par un Organisme national qui, dans ce Vocabulaire, est appelé « Service national de métrologie légale ».

La constitution de ce Service est souvent différente d'un pays à l'autre.

Toutefois, comme il est fréquemment nécessaire d'utiliser dans les Recommandations de l'Organisation Internationale de Métrologie Légale des expressions qui s'y rapportent et comme évidemment ces expressions doivent être uniformes, le Vocabulaire comprend dans le présent Chapitre une série de termes relatifs à un Service, fictif, mais cependant assez proche des organismes existants.

Naturellement, certains des organes prévus dans ce Service fictif peuvent ne pas exister, en partie ou complètement, au sein des Services réels et inversement ces derniers peuvent en comporter davantage.

Le schéma ainsi présenté pourrait être éventuellement utilisé avec profit lors de la création de nouveaux Services.

B. L'organisation contemporaine de la métrologie comprend, en plus des Services nationaux de métrologie légale, nombre d'Organismes internationaux dont le but final est le maintien de l'uniformité des mesures dans le monde entier.

La métrologie légale est surtout intéressée par les deux Organisations ci-après :

ORGANISATION INTERNATIONALE DES POIDS ET MESURES

instituée par la « Convention internationale du Mètre » — Paris, 1875, et comprenant :

a — la Conférence Générale des Poids et Mesures
qui a pour buts :

— d'élaborer et de provoquer les décisions nécessaires à la propagation et au perfectionnement d'un système international d'unités et d'étalons de mesure;

— de sanctionner les résultats de nouvelles déterminations métrologiques fondamentales et les diverses résolutions scientifiques de portée internationale concernant la métrologie.

b — le Comité International des Poids et Mesures

placé sous l'autorité de la Conférence Générale et qui a pour buts :

- de diriger et de surveiller les travaux du Bureau International des Poids et Mesures ;
- d'instituer la coopération des laboratoires nationaux de métrologie pour l'exécution des travaux métrologiques que la Conférence Générale décide de faire exécuter en commun par les États membres de l'Organisation ;
- de diriger ces travaux et d'en coordonner les résultats ;
- de veiller à la conservation des Étalons internationaux.

c — le Bureau International des Poids et Mesures — B.I.P.M.

fonctionnant sous la surveillance du Comité International et qui a pour buts :

- d'établir les étalons fondamentaux et les échelles des principales grandeurs physiques ;
- de conserver les Étalons prototypes internationaux ;
- d'effectuer les comparaisons des étalons nationaux tels que ceux de longueur, de masse, de température, d'électricité, de photométrie et des radiations ionisantes ;
- d'assurer la coordination des techniques de mesurages correspondantes ;
- d'exécuter et de coordonner les déterminations relatives aux constantes physiques fondamentales.

ORGANISATION INTERNATIONALE DE MÉTROLOGIE LÉGALE - OIML

instituée par la « Convention internationale de Métrologie légale » — Paris, 1955 et qui a pour buts principaux :

- de déterminer les principes généraux de la métrologie légale,
- d'étudier dans un but d'unification les problèmes de caractère législatif et réglementaire de métrologie légale dont la solution est d'intérêt international,
- d'établir un projet de loi et de règlement types sur les instruments de mesurage et leur utilisation,
- d'élaborer un projet d'organisation matérielle d'un service type de vérification et de contrôle des instruments de mesurage,
- de fixer les caractéristiques et les qualités nécessaires et suffisantes que doivent présenter les instruments de mesurage pour qu'ils soient approuvés par les États-membres et pour que leur emploi puisse être recommandé sur le plan international.

L'Organisation Internationale de Métrologie Légale comprend :

la Conférence Internationale de Métrologie Légale,

le Comité International de Métrologie Légale,

le Bureau International de Métrologie Légale — BIML.

1.1. SERVICE NATIONAL DE MÉTROLOGIE LÉGALE

Organisme national ayant pour but de résoudre les problèmes de métrologie légale dans un pays donné.

Remarque :

Les principales fonctions d'un Service national de métrologie légale consistent en général à :

- assurer la conservation des étalons nationaux et garantir leur précision par leur comparaison aux étalons internationaux, garantir et s'il y a lieu donner aux étalons secondaires une précision convenable à leur emploi dans les pays par comparaison aux étalons nationaux ;
- effectuer des travaux scientifiques et techniques dans tous les domaines de la métrologie et des méthodes de mesurage, prendre part aux travaux des autres organismes nationaux intéressés à la métrologie ;
- élaborer les projets de lois se rapportant à la métrologie légale et promulguer la réglementation correspondante ;
- réglementer et conseiller, surveiller et contrôler la fabrication et la réparation des instruments de mesurage ;
- contrôler l'utilisation de ces instruments et des opérations de mesurage lorsque cette utilisation et ces opérations sont couvertes par la garantie publique ;
- éventuellement, détecter les fraudes de mesurage ou de débit de marchandises et déferer leurs auteurs en justice ;
- coordonner l'activité des Autorités de surveillance métrologique qui, bien que ne lui étant pas organiquement assujetties, collaborent avec lui pour assurer le respect de la réglementation de métrologie légale ;
- organiser l'enseignement de la métrologie légale ;
- représenter le pays dans les instances internationales de métrologie légale.

1.1.1. BUREAU NATIONAL DE MÉTROLOGIE LÉGALE

Organisme directeur du Service national de métrologie légale.

1.1.2. INSTITUT NATIONAL DE MÉTROLOGIE LÉGALE

Organisme du Service national de métrologie légale chargé d'exécuter les travaux scientifiques et les recherches se rapportant à l'activité de ce Service.

1.1.3. BUREAU NATIONAL DE VÉRIFICATION

Organisme du Service national de métrologie légale dont l'activité embrasse les objets énumérés aux points 1.1.4 à 1.1.7.

1.1.4. BUREAU RÉGIONAL DE VÉRIFICATION

Organisme du Service national de métrologie légale dont le but est :

- a) d'assurer une précision convenable aux étalons des bureaux locaux de vérification, des bureaux de vérification ambulants et des centres de vérification sur un territoire déterminé,
- b) de surveiller l'activité de ces bureaux, d'effectuer la surveillance métrologique sur ce territoire,
- c) d'exécuter les vérifications de certains instruments de mesurage qui lui sont réservées.

1.1.5. BUREAU LOCAL DE VÉRIFICATION

Organisme du Service national de métrologie légale possédant un siège permanent et dont le but est de vérifier, dans une portion du territoire du bureau régional, certains instruments de mesurage déterminés et d'effectuer la surveillance métrologique dans un domaine de mesurage défini.

1.1.6. BUREAU DE VÉRIFICATION AMBULANT

Organisme du Service national de métrologie légale dont le but est de vérifier les instruments de mesurage appartenant à des catégories déterminées sur une portion du territoire de ce Service et d'effectuer une surveillance métrologique ambulante.

Il peut avoir un siège temporaire dans un bâtiment ou se trouver dans un véhicule spécial.

1.1.7. CENTRE DE VÉRIFICATION

Organisme du Service national de métrologie légale dont le but est de vérifier les instruments de mesurage dans un établissement défini qui fabrique, répare ou utilise des instruments de mesurage déterminés.

1.2. AGENTS DE VÉRIFICATION

Agents du Service national de métrologie légale habilités à exercer les fonctions de vérification.

L'ensemble de ces agents constitue un corps hiérarchisé.

1.3. AUTORITÉS DE SURVEILLANCE MÉTROLOGIQUE

Organismes nationaux indépendants du Service national de métrologie légale et collaborant avec ce Service pour assurer le respect des prescriptions concernant la métrologie légale.

CHAPITRE 2

ACTIVITÉS DU SERVICE DE MÉTROLOGIE LÉGALE

2.1. CONTRÔLE DES INSTRUMENTS DE MESURAGE

Ensemble d'opérations comprenant :

- a) l'essai de modèles d'instruments de mesure en vue de leur approbation,
- b) la vérification ou l'étalonnage d'instruments de mesure,
- c) la surveillance métrologique.

2.2. ESSAI D'UN MODÈLE

Examen d'un ou de plusieurs instruments de mesure d'un même modèle qui sont présentés par un fabricant au Service national de métrologie légale ; cet examen comporte les essais nécessaires en vue de l'approbation du modèle.

2.2.1. APPROBATION D'UN MODÈLE

Décision prise par les Autorités compétentes de l'État, en général par le Service national de métrologie légale, reconnaissant que le modèle d'un instrument de mesure répond aux exigences réglementaires.

2.2.2. APPROBATION D'UN MODÈLE A TITRE PROVISOIRE

Approbation, pour une durée limitée, d'un modèle d'instrument de mesure afin de permettre des essais approfondis de longue durée sur un assez grand nombre d'instruments conformes à ce modèle, mis en service dans les conditions usuelles d'emploi.

Remarque :

La décision d'approbation peut éventuellement fixer le nombre d'instruments dont la construction est autorisée, les lieux d'installation, les accessoires de vérification dont ces instruments doivent être munis.

2.2.3. ADMISSION A LA VÉRIFICATION

Décision prise par les Autorités compétentes de l'État, en général par le Service national de métrologie légale, d'admettre à la vérification des instruments de mesure réglementés sans approbation de modèle.

2.3. EXAMEN D'UN INSTRUMENT DE MESURAGE

Ensemble des opérations effectuées en vue de contrôler que l'instrument de mesure répond aux exigences des règlements sur la vérification ou aux recommandations d'une norme ou à des spécifications techniques....

2.3.1. EXAMEN DE CONFORMITÉ AVEC LE MODÈLE APPROUVÉ

Examen des instruments de mesure en vue de s'assurer de leur conformité avec leur modèle approuvé.

2.3.2. EXAMEN PRÉALABLE

Examen partiel de certains éléments séparés d'un instrument de mesure ou bien d'un instrument entier dont la vérification définitive sera effectuée au lieu d'installation.

2.3.3. EXAMEN ADMINISTRATIF EXTERNE

Ensemble d'opérations, autres que les opérations métrologiques, ayant pour but de contrôler que l'instrument de mesure répond aux conditions réglementaires, en particulier en ce qui concerne les inscriptions, les dimensions, les emplacements de poinçonnage etc...

2.3.4. EXAMEN MÉTROLOGIQUE

Ensemble d'opérations ayant pour but de s'assurer que l'instrument de mesure satisfait aux conditions réglementaires en ce qui concerne ses qualités métrologiques.

2.3.5. EXAMEN DE SURVEILLANCE

Examen d'un instrument de mesure ayant pour but de s'assurer que la marque de poinçonnage est valable, que l'instrument n'a pas subi de transformation après la vérification, et que ses erreurs ne dépassent pas les valeurs maximales tolérées en service.

2.4. VÉRIFICATION

Ensemble d'opérations effectuées par un organisme du Service national de métrologie légale (ou bien par un autre organisme légalement autorisé) ayant pour but de constater et d'affirmer que l'instrument de mesurage satisfait entièrement aux exigences des règlements sur la vérification.

La vérification comprend l'examen et le poinçonnage.

2.4.1. VÉRIFICATION PAR ÉCHANTILLONNAGE

Vérification d'un lot homogène d'instruments de mesurage en se basant sur le résultat de l'examen d'un ou de plusieurs exemplaires de ce lot.

2.4.2. VÉRIFICATION PRIMITIVE

Vérification d'un instrument de mesurage neuf qui n'a pas encore été vérifié auparavant.

2.4.3. VÉRIFICATION ULTÉRIEURE

Toute vérification d'un instrument de mesurage qui suit la vérification primitive :
vérification périodique réglementaire,
vérification après réparation,
ou vérification avant l'expiration de la période de validité de la vérification périodique effectuée soit :
à la demande de l'utilisateur,
parce que la marque de poinçonnage, pour n'importe quelle cause, n'est plus valable pour le restant de cette période de validité.

2.4.4. VÉRIFICATION COMPLÈTE

Vérification ultérieure d'un instrument de mesurage pour laquelle on exige un examen complet de l'instrument, comme lors de la vérification primitive.

Remarque :

En général la vérification après réparation de l'instrument est une vérification complète.

2.4.5. VÉRIFICATION SIMPLIFIÉE

Vérification ultérieure d'un instrument de mesurage pour laquelle on peut admettre un examen simplifié.

2.4.6. VÉRIFICATION PÉRIODIQUE

Vérification ultérieure d'un instrument de mesurage, effectuée périodiquement à des intervalles de temps et suivant des modalités fixées par les règlements.

2.4.7. VÉRIFICATION EXCEPTIONNELLE

Vérification d'un instrument de mesurage exécutée pour des raisons exceptionnelles.

2.4.8. VÉRIFICATION OBLIGATOIRE

Vérification à effectuer pour que l'emploi de l'instrument de mesurage ne soit pas interdit.

2.4.9. PRÉSENTATION A LA VÉRIFICATION [L'ÉTALONNAGE]

Ensemble des opérations administratives, matérielles, etc... qu'effectue la personne qui présente un instrument de mesurage à la vérification [l'étalonnage]

2.4.10. REFUS D'UN INSTRUMENT DE MESURAGE

Décision d'un organisme du Service national de métrologie légale affirmant que l'instrument de mesurage ne répond pas aux exigences réglementaires sur la vérification.

2.4.11. PERTE DE VALIDITÉ DE LA VÉRIFICATION

Abrogation de fait de la validité de la vérification d'un instrument de mesurage lorsque celui-ci ne répond plus aux exigences des règlements.

2.5. ÉTALONNAGE

Ensemble d'opérations ayant pour but de déterminer les valeurs des erreurs d'un instrument de mesurage (et éventuellement d'autres caractéristiques métrologiques).

Remarque :

L'étalonnage peut être effectué en vue de permettre l'emploi de l'instrument en tant qu'étalon.

2.5.1. EXPERTISE MÉTROLOGIQUE

Ensemble d'opérations ayant pour but d'examiner et de certifier, par un organisme compétent, en général à des fins de témoignage, l'état dans lequel se trouve un instrument de mesurage et de déterminer ses qualités métrologiques du moment, entre autres, par rapport aux exigences des règlements qui le concernent.

2.6. SURVEILLANCE MÉTROLOGIQUE

Opération de contrôle que l'on exerce sur la fabrication, la mise en service et la réparation des instruments de mesurage ou encore sur leur utilisation pour s'assurer qu'ils sont utilisés correctement et loyalement.

Elle s'étend aussi au contrôle de la justesse des quantités indiquées sur les produits préparés à l'avance.

2.7. POINÇONNAGE

Ensemble d'opérations ayant pour but l'apposition sur un instrument de mesurage de marques constatant que cet instrument répond aux prescriptions sur la vérification.

Certaines de ces marques peuvent protéger certains éléments de l'instrument qui ont une influence sur ses propriétés métrologiques contre des modifications ou altérations effectuées après la vérification.

2.7.1. OBLITÉRATION DE LA MARQUE DE VÉRIFICATION

Annulation de la ou des marques de vérification lorsqu'il a été constaté que l'instrument de mesurage ne répond plus aux exigences réglementaires.

2.8.1. AJUSTER

Amener un instrument de mesurage à un fonctionnement et à une justesse convenables pour son emploi.

2.8.2. CALIBRER

Fixer matériellement la position des repères (éventuellement de certains repères principaux seulement) d'un instrument de mesurage en fonction des valeurs correspondantes de la grandeur à mesurer.

2.8.3. GRADUER

Exécuter matériellement l'échelle d'un instrument de mesurage à partir de repères déjà déterminés (s'il y a lieu par interpolation entre des repères principaux).

CHAPITRE 3

DOCUMENTS ET MARQUES DU SERVICE DE MÉTROLOGIE LÉGALE

3.1. LOI RELATIVE A LA MÉTROLOGIE LÉGALE

Loi ou, dans certains pays, décret ayant pour objet de fixer les unités légales de mesure, d'instituer et organiser le Service national de métrologie légale ainsi que de rendre obligatoire le contrôle des instruments de mesurage.

3.1.1. PRESCRIPTIONS RELATIVES A LA VERIFICATION D'INSTRUMENTS DE MESURAGE ASSUJETTIS A L'APPROBATION DE MODÈLE [DISPENSES D'APPROBATION DE MODÈLE]

Prescriptions réglementaires fixant les conditions de la vérification d'instruments de mesurage appartenant à une catégorie pour laquelle l'approbation de modèle est obligatoire [à une catégorie pour laquelle il n'est pas exigé d'approbation de modèle].

3.1.2. PRESCRIPTIONS RELATIVES A L'APPROBATION DES MODÈLES D'INSTRUMENTS DE MESURAGE

Prescriptions réglementaires fixant les conditions d'approbation des modèles pour une certaine catégorie d'instruments de mesurage.

3.1.3. SPÉCIFICATION DES INSTRUMENTS DE MESURAGE ASSUJETTIS A LA VÉRIFICATION

Document officiel déterminant les catégories d'instruments de mesurage qui doivent être soumis à la vérification.

3.1.4. INSTRUCTION RELATIVE A LA VÉRIFICATION DE CERTAINS INSTRUMENTS DE MESURAGE

Instruction se rapportant à la méthode imposée pour vérifier certains instruments de mesurage.

3.2. MARQUES D'UN INSTRUMENT DE MESURAGE

Signes portés par un instrument de mesurage permettant de le reconnaître ou témoignant de certains de ses traits caractéristiques ou de sa qualité.

Exemple :

Marque de fabrique, marque de vérification.

3.2.1. MARQUE DE VÉRIFICATION

Signe apposé sur un instrument de mesurage, soit pour certifier qu'il a satisfait aux épreuves de la vérification, soit pour empêcher que certains des organes qui le composent soient enlevés, déplacés, modifiés ou altérés.

3.2.2. MARQUE PRINCIPALE DE VÉRIFICATION

Marque certifiant qu'un instrument de mesurage a satisfait aux épreuves de la vérification.

3.2.3. MARQUE DU BUREAU

Partie de la marque de vérification identifiant le bureau qui a effectué cette vérification.

3.2.4. MARQUE ANNUELLE

Signe indiquant l'année au cours de laquelle la vérification a été effectuée.

3.2.5. MARQUE DE REFUS

Marque indiquant que l'instrument de mesurage ne répond pas aux conditions réglementaires de vérification.

Remarque :

Cette marque est aussi utilisée pour oblitérer les marques de vérifications existant sur l'instrument refusé.

3.2.6. MARQUES DE PROTECTION

Ensemble des marques dont la destruction ou la détérioration suggère que certains des organes composant un instrument de mesurage ont pu être enlevés, déplacés, modifiés ou altérés.

Ces marques sont aussi appelées marques de scellement.

3.2.7. MARQUE D'APPROBATION DE MODÈLE

Marque fixée par la décision d'approbation d'un modèle et apposée sur chaque instrument conforme à ce modèle pour certifier cette conformité.

3.3. POINÇON

Outil portant, en creux ou en relief, la matrice d'une des marques ci-avant et servant à apposer cette marque.

3.3.1. CERTIFICAT DE VÉRIFICATION

Document certifiant que la vérification d'un instrument de mesurage a été effectuée.

Remarque :

Dans le certificat de vérification peuvent être rappelées les prescriptions et les instructions fixant les conditions de cette vérification. Peuvent aussi y être indiqués les résultats obtenus et la durée de validité du document ainsi établi.

3.3.2. CERTIFICAT D'ÉTALONNAGE [D'EXPERTISE]

Document certifiant que l'étalonnage [l'expertise métrologique] d'un instrument de mesurage a été effectué et indiquant les résultats obtenus lors de cette opération.

3.4. INSCRIPTIONS D'IDENTIFICATION D'UN INSTRUMENT DE MESURAGE

Ensemble de mots, de lettres, de chiffres, de signes portés par l'instrument de mesurage indiquant l'origine, la destination de celui-ci, son fonctionnement, ses traits caractéristiques, son mode d'utilisation etc...

Exemples :

a) Balance à équilibre automatique...

Marque de fabrique : AB5

Portée maximale : 15 kg - Portée minimale : 100 g

Échelon $\cong$ 5 g

b) Compteur d'énergie électrique...

Marque de fabrique : C2

Monophasé 2 fils

220 V - 5 A - 50 Hz - 650 t/kWh

Signe de modèle : — Année de fabrication : 1968

CHAPITRE 4

GRANDEURS ET UNITÉS DE MESURE

4.1. GRANDEUR (MESURABLE)

Attribut d'un phénomène ou d'un corps qui est susceptible d'être distinguée qualitativement et déterminée quantitativement.

Remarques :

1. Le terme « grandeur » signifie aussi bien une grandeur avec le sens général qu'une grandeur déterminée.
2. Si aucune confusion n'est à craindre, on peut omettre l'expression « mesurable ».

Exemples :

- a) grandeurs dans un sens général :
longueur, temps, masse, température, dureté, résistance électrique
- b) grandeurs, dans un sens déterminé :
longueur d'une tige, résistance électrique d'un fil

4.1.1. GRANDEUR A MESURER

Grandeur assujettie à un mesurage.

4.1.2. GRANDEUR D'INFLUENCE

Grandeur qui ne fait pas l'objet du mesurage mais qui influe sur la valeur de la grandeur à mesurer ou sur les indications de l'instrument mesureur ou sur la valeur de la mesure matérialisée reproduisant la grandeur.

Remarque :

La grandeur d'influence peut provenir de l'ambiance ou de l'instrument de mesurage lui-même.

4.2. VALEUR D'UNE GRANDEUR DÉTERMINÉE

Grandeur exprimée par le produit d'un nombre par l'unité de mesure.

Exemples :

5 m ... 12 kg ... 20° C

4.2.1. VALEUR VRAIE D'UNE GRANDEUR

Valeur qui caractérise une grandeur parfaitement définie dans les conditions qui existent au moment où cette valeur est examinée.

Remarque :

La valeur vraie d'une grandeur est une notion idéale et en général elle ne peut pas être connue.

On peut cependant dire que la valeur vraie du Kilogramme étalon prototype international déposé au Bureau International des Poids et Mesures est, par définition et dans des conditions déterminées, de 1 kg.

Exemple :

La longueur vraie d'une règle en métal est la longueur qui est déterminée par la distance entre les deux plans des extrémités de la règle, supposés parfaitement parallèles et perpendiculaires à l'axe de celle-ci, lorsque toutes les grandeurs d'influence ainsi que les conditions opératoires sont parfaitement définies.

4.2.1.1. VALEUR CONVENTIONNELLEMENT VRAIE D'UNE GRANDEUR

Valeur approchée de la valeur vraie d'une grandeur telle que, pour la fin à laquelle cette valeur est employée, la différence entre ces deux valeurs peut être négligée.

Remarque :

On détermine généralement la valeur conventionnellement vraie de la grandeur au moyen de méthodes et à l'aide d'instruments d'une précision convenable pour chaque cas particulier.

Exemple :

lorsque un compteur d'énergie électrique, dont les erreurs maximales tolérées sont égales à $\pm 2\%$, est vérifié à l'aide d'un compteur-étalon dont l'erreur d'indication ne dépasse pas $\pm 1\%$, le compteur-étalon indiquera des valeurs conventionnellement vraies de l'énergie électrique pour les buts de la vérification ;

lorsque à son tour le compteur-étalon sera lui-même vérifié à l'aide d'un wattmètre-étalon et d'un chronomètre, les valeurs obtenues représenteront aussi des valeurs conventionnellement vraies pour les buts de cette autre vérification.

4.2.2. VALEUR NUMÉRIQUE D'UNE GRANDEUR

Nombre pur dans l'expression d'une valeur de la grandeur déterminée.

Exemple :

Les nombres 5, 12, 20 dans les exemples du point 4.2.

4.3. SYSTÈME DE GRANDEURS

Ensemble qui comprend un groupe donné de grandeurs de base et de grandeurs dérivées correspondantes et qui embrasse tous les domaines de la science ou bien l'un de ses domaines seulement.

Remarques :

1. Comme dénomination abrégée d'un système de grandeurs défini, on utilise les symboles de l'ensemble de ses grandeurs de base.
2. A chaque système de grandeurs on peut rattacher un nombre quelconque de systèmes d'unités.

Exemples :

système de grandeurs de la mécanique : l, m, t

système de grandeurs de la mécanique et de l'électricité : l, m, t, I

4.3.1. GRANDEUR DE BASE

Dénomination des grandeurs qui, dans un système de grandeurs, sont admises comme étant indépendantes les unes des autres et au moyen desquelles les grandeurs qui en dérivent dans ce système peuvent être exprimées par des équations de définition.

Remarque :

Cette définition ne préjuge pas le nombre des grandeurs que l'on peut admettre comme indépendantes.

Elle ne répond pas non plus à la question de savoir si l'on peut admettre une grandeur donnée comme grandeur de base lorsque certaines autres grandeurs ont déjà été choisies comme telles car, si on a déjà accepté par exemple les grandeurs de base longueur et temps, il n'est plus possible d'accepter la vitesse linéaire comme grandeur indépendante.

Exemple :

Dans le domaine des grandeurs mécaniques, on accepte généralement comme grandeurs de base : la longueur, la masse et le temps et on y ajoute en plus la température pour le domaine des grandeurs thermiques.

4.3.2. GRANDEUR DÉRIVÉE

Grandeur définie dans un système de grandeurs comme étant une fonction des grandeurs de base de ce système.

Exemples :

La force F , définie dans le système de grandeurs l, m, t par l'équation $F = m \cdot \frac{d^2l}{dt^2}$

L'intensité du champ magnétique H à une distance r d'un conducteur rectiligne parcouru par un courant I , dans le système rationalisé des grandeurs l, m, t, I , définie par l'équation $H = I/2\pi r$.

4.3.3. DIMENSION D'UNE GRANDEUR

Expression qui représente une grandeur d'un système comme un produit de puissances des grandeurs de base de ce système, avec un coefficient numérique égal à 1.

Remarques :

1. Les exposants dans la dimension d'une grandeur sont appelés « exposants de dimensions ».
2. Pour faire la distinction entre le symbole d'une grandeur et le symbole de sa dimension, on utilise dans l'impression les caractères italiques pour le premier cas et les romains (capitales) pour le deuxième.

Exemples :

LMT^{-2} = dimension de la force dans le système des grandeurs l, m, t .

$I^{3/2}M^{1/2}T^{-2}\mu^{1/2}$ = dimension de la tension électrique dans le système de grandeurs l, m, t, μ

$L^2MT^{-3}I^{-1}$ = dimension de la même tension électrique dans le système de grandeurs l, m, t, I .

4.3.4. GRANDEUR SANS DIMENSION

Grandeur qui ne dépend d'aucune des grandeurs de base du système donné de grandeurs.

Remarque :

Une grandeur sans dimension s'exprime par le produit des puissances zéro des grandeurs de base du système ; elle diffère pourtant d'un nombre pur car elle a le caractère et les qualités d'une grandeur.

Exemple :

Dans le système de grandeurs l, m, t , l'angle, qui s'exprime par $L^0 M^0 T^0$, est une grandeur sans dimension.

4.4. ÉQUATION ENTRE GRANDEURS

Équation dans laquelle les symboles littéraux représentent des grandeurs.

Remarque :

L'équation entre grandeurs est valable indépendamment des unités de mesure et ne nécessite pas l'utilisation d'unités déterminées à l'avance.

Exemples :

$l = v.t$ — équation entre grandeurs du chemin l parcouru dans un temps t par un mobile animé d'un mouvement uniforme avec la vitesse v ,

$S = \frac{b.h}{2}$ — équation entre grandeurs de l'aire S d'un triangle dont un côté est b et la hauteur correspondante h .

4.4.1. ÉQUATION ENTRE VALEURS NUMÉRIQUES

Équation dans laquelle les symboles littéraux représentent des valeurs numériques correspondant aux unités de mesure utilisées.

Remarques :

1. L'équation entre valeurs numériques, pour les unités d'un système cohérent d'unités de mesure, peut être considérée aussi comme une équation entre grandeurs.

2. Pour éliminer des malentendus, il serait désirable d'utiliser dans les équations entre valeurs numériques des symboles différents de ceux utilisés dans les équations entre grandeurs.

Exemples :

1. $v_{m/s} = \frac{\pi}{60} d_m \omega_{t/m}$ est une équation entre valeurs numériques pour la vitesse linéaire v d'un point situé sur un cercle de diamètre d tournant autour de son centre avec la vitesse angulaire ω valable pour les unités suivantes v en mètre par seconde, d en mètre, ω en tour par minute.

2. On peut présenter l'équation ci-dessus aussi sous la forme $\{v\} = \frac{\pi}{60} \{d\} \{\omega\}$

où $\{v\}$ est la valeur numérique de v pour l'unité m/s

$\{d\}$ est la valeur numérique de d pour l'unité m

$\{\omega\}$ est la valeur numérique de ω pour l'unité t/min

4.4.2. ÉQUATION ENTRE UNITÉS DE MESURE

Équation dans laquelle les symboles littéraux représentent des unités de mesure.

Cette équation a pour objet :

soit de définir les unités de mesure des grandeurs dérivées, dans un certain système d'unités de mesure, à partir des unités des grandeurs de base ou des unités d'autres grandeurs dérivées de ce système,

soit d'établir la relation entre l'unité de mesure d'une grandeur et ses multiples ou sous-multiples,

soit de donner l'équivalence entre les unités de mesure d'une même grandeur dans des systèmes différents d'unités.

Exemples :

$$1 \text{ cm} = 0,01 \text{ m} ; \quad 1 \text{ m}^2 = 1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} ; \quad 1 \text{ W} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ A} ; \quad 1 \text{ m/s} = \frac{1 \text{ m}}{1 \text{ s}} ;$$

$$1 \text{ kp} = 1 \text{ kg} \cdot 9,80665 \text{ m/s}^2 = 9,80665 \text{ N}.$$

Généralement : l'équation entre unités de mesure de l'unité $\{x_{n+1}\}$ exprimée par les unités $[x_1] [x_2] \dots [x_n]$ est la suivante :

$$\{x_{n+1}\} = K [x_1]^{\alpha_1} [x_2]^{\alpha_2} \dots [x_n]^{\alpha_n}$$

où $\alpha_1, \alpha_2 \dots \alpha_n$ et K sont des valeurs numériques.

4.5. ÉCHELLE (DE REPÉRAGE) D'UNE GRANDEUR

Ensemble de valeurs d'une grandeur, déterminées suivant des prescriptions et admises par convention.

Exemples :

Échelle internationale pratique des températures basée sur les températures fixes de fusion ou d'ébullition d'une série de corps purs déterminés et sur l'utilisation d'instruments de mesurage et de formules d'interpolation définis.

Échelle de dureté de Mohs, basée sur les duretés d'une série de minéraux déterminés.

4.6. UNITÉ DE MESURE

Valeur d'une grandeur admise conventionnellement comme ayant une valeur numérique égale à 1.

Remarque :

On fixe l'unité de mesure d'une grandeur pour rendre possible la comparaison quantitative, entre elles, des différentes valeurs de cette même grandeur.

4.6.1. SYMBOLE DE L'UNITÉ DE MESURE

Signe conventionnel désignant l'unité de mesure.

Exemples :

m : symbole du mètre ;

A : symbole de l'ampère ;

° : symbole du degré angulaire.

4.6.2. UNITÉ DE MESURE LÉGALE

Unité de mesure dont l'utilisation est imposée ou admise par un règlement d'État.

4.6.3. UNITÉ DE MESURE DE BASE

Unité de mesure d'une des grandeurs de base.

Remarque :

Des unités de mesure de base découlent les unités de mesure dérivées d'un système d'unités de mesure.

Exemple :

Le mètre est l'unité de base de la grandeur de base « longueur » dans le Système International d'Unités.

Du mètre (conjointement avec d'autres unités de mesure de base) découlent les unités dérivées de ce système : unités de vitesse, de force, de potentiel électrique....

4.6.4. UNITÉ DE MESURE DÉRIVÉE

Unité de mesure d'une grandeur dérivée.

Remarque :

Pour quelques unités dérivées, il existe des noms et des symboles spéciaux, par exemple : newton (N), joule (J), volt (V), comme unités SI de force, d'énergie, de potentiel électrique

Souvent il sera avantageux de ne pas exprimer les unités dérivées au moyen des unités de base mais au moyen d'autres unités dérivées.

Exemples :

Dans le Système International d'Unités (SI) :

$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ = unité de vitesse linéaire,

$1 \text{ Wb} = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-1}$ = unité de flux magnétique, mais cette unité peut aussi être exprimée par deux autres unités dérivées C. Ω par exemple.

4.6.5. UNITÉ DE MESURE COHÉRENTE

Unité de mesure qui s'exprime au moyen des unités de base par une formule dont le coefficient numérique est égal à 1.

Remarques :

1. L'expression « unité de mesure cohérente » est une abréviation d'une dénomination plus précise « unité de mesure dans un système cohérent » car, pour une unité isolée, la notion de cohérence n'a évidemment pas de sens.
2. Cette notion s'applique seulement aux unités de mesure dérivées.

Exemple :

Le newton est l'unité dérivée cohérente de la force dans le Système International (SI) : $1 \text{ N} = 1 \text{ m} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$

4.6.6. UNITÉ DE MESURE HORS-SYSTÈME

Unité de mesure qui n'appartient pas au système d'unités de mesure envisagé.

Exemple :

La calorie, égale à 4,1868 joules, est une unité hors-système de la quantité de chaleur (travail) dans les systèmes d'unités de mesure basés sur le mètre, le kilogramme et la seconde.

4.6.7. UNITÉ DE MESURE MULTIPLE [SOUS-MULTIPLE]

Unité de mesure qui est un multiple [sous multiple] de l'unité et qui est formée selon le principe d'échelonnement admis pour l'unité correspondante.

Exemples :

L'une des unités multiples décimales du mètre est le kilomètre (km) et l'une des unités sous-multiples décimales est le millimètre (mm).

Une des unités multiples non décimales de la seconde est l'heure.

4.7. SYSTÈME D'UNITÉS DE MESURE

Un ensemble d'unités de base et d'unités dérivées relatif à un certain système de grandeurs.

Exemple :

Système d'unités CGS, Système d'unités MKSA, Système International d'Unités (SI).

4.7.1. SYSTÈME COHÉRENT D'UNITÉS DE MESURE

Système d'unités de mesure composé d'un ensemble d'unités de base et d'unités dérivées cohérentes.

Remarque :

Dans le cas d'unités appartenant à un système cohérent, les équations entre valeurs numériques ont la forme des équations entre grandeurs.

Exemple :

Les unités suivantes : m, kg, s, m^2 , m^3 , $\text{Hz} = \text{s}^{-1}$, $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$, $\text{m}^{-3} \cdot \text{kg}$, $\text{N} = \text{m} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$, $\text{m}^{-1} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$, $\text{J} = \text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$, $\text{W} = \text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3}$ représentent un ensemble cohérent d'unités de mesure de la mécanique appartenant au Système International d'Unités (SI).

4.7.2. SYSTÈME MÉTRIQUE DÉCIMAL

Système d'unités de mesure basé sur les prototypes du mètre et du kilogramme ainsi que sur la division décimale.

4.7.3. SYSTÈME INTERNATIONAL D'UNITÉS (SI)

Système cohérent d'unités de mesure fondé sur les six unités de base suivantes :
le mètre, unité de longueur
le kilogramme, unité de masse
la seconde, unité de temps
l'ampère, unité d'intensité du courant électrique
le kelvin, unité de température thermodynamique
la candela, unité d'intensité lumineuse
adopté et recommandé par la Conférence Générale des Poids et Mesures.

CHAPITRE 5

MESURAGES

PRÉAMBULE

Le mot « mesure » a, dans la langue française courante, de très nombreuses significations.

En métrologie il a, parmi d'autres et suivant les cas, le sens :

- d'une valeur (la mesure d'une distance est de 500 mètres)
- d'un résultat (mesure approchée à x % près)
- d'une action (cours de mesures électriques)
- d'un instrument (mesure de capacité).

Aussi, dans les cas ci-dessus, ont été utilisés les termes suivants : valeur d'une grandeur — résultat de mesurage — mesurage — mesure matérialisée.

Lorsqu'il a paru nécessaire de conserver cependant le terme « mesure », celui-ci n'a jamais été employé seul, par exemple : unités de mesure — mesures matérialisées — appareils de mesure.

Toutefois, lorsqu'aucune confusion ni ambiguïté n'est possible, on peut, dans un esprit de simplification, appeler « mesure » l'expression « résultat d'un mesurage ».

5.1. MESURAGE

Ensemble d'opérations expérimentales ayant pour but de déterminer la valeur d'une grandeur (4.2).

5.1.1. PRINCIPE DE MESURAGE

Phénomène physique qui est la base du mesurage.

Exemples :

effet thermoélectrique appliqué dans le mesurage de la température,
équilibre des couples de forces dans les balances à bras égaux,
chute de pression utilisée pour le mesurage du débit.

5.1.2. PROCESSUS DE MESURAGE

Succession des opérations nécessaires à l'exécution d'un mesurage.

Remarque :

Les opérations de mesurage comprennent aussi, s'il y a lieu, les calculs nécessaires pour déterminer la valeur de la grandeur mesurée.

5.2. METHODE DE MESURAGE

Mode de comparaison utilisé dans le mesurage.

Exemples :

méthode de mesurage fondamental,
méthode de mesurage par comparaison,
méthode de mesurage par zéro.

5.2.1. MÉTHODE DE MESURAGE DIRECT

Méthode de mesurage par laquelle la valeur d'une grandeur à mesurer est obtenue directement sans qu'il soit nécessaire d'exécuter des calculs supplémentaires basés sur une dépendance fonctionnelle de la grandeur à mesurer par rapport à d'autres grandeurs réellement mesurées.

Remarques :

1. On considère que la valeur mesurée est obtenue directement même lorsque l'échelle d'un instrument de mesurage comporte des valeurs conventionnelles qui sont reliées aux valeurs correspondantes de la grandeur mesurée à l'aide d'un tableau ou d'un graphique.

2. La méthode de mesurage reste directe même s'il est nécessaire d'exécuter des mesurages supplémentaires pour déterminer les valeurs des grandeurs d'influence (4.1.2) en vue d'effectuer les corrections correspondantes.

Exemples :

mesurage :
d'une masse sur une balance à cadran ou sur une balance à bras égaux,
d'une longueur à l'aide d'une règle à traits ou d'une règle à bouts.

5.2.2. MÉTHODE DE MESURAGE INDIRECT

Méthode de mesurage dans laquelle la valeur d'une grandeur est obtenue à partir de mesurages effectués par des méthodes de mesurage direct d'autres grandeurs liées à la grandeur à mesurer par une relation connue.

Exemples :

mesurage de la masse volumique d'un corps en se basant sur les mesurages de sa masse et de ses dimensions géométriques,

mesurage de la résistivité d'un conducteur en se basant sur les mesurages de sa résistance, de sa longueur et de la surface de sa section.

5.2.3. MÉTHODE DE MESURAGE COMBINATOIRE EN SÉRIES FERMÉES

Méthode de mesurage consistant à déterminer les valeurs d'un certain nombre de grandeurs à mesurer d'après les résultats de mesurages directs ou indirects de diverses combinaisons de ces valeurs et en résolvant le système d'équations correspondantes.

Exemple :

mesurages de la masse de chacun des poids particuliers d'une série de poids, quand la masse de l'un d'eux est connue et quand sont connus les résultats des comparaisons entre elles des masses des différentes combinaisons possibles des poids.

5.2.4. MÉTHODE DE MESURAGE FONDAMENTAL

Méthode de mesurage basée sur les mesurages des grandeurs de base entrant dans la définition de la grandeur.

Remarque :

Cette méthode est parfois appelée « méthode de mesurage absolu ».

Exemples :

mesurage de la pression à l'aide d'un manomètre à piston basé sur la définition de la pression comme étant le rapport entre la force et la surface sur laquelle cette force agit,

mesurage de l'accélération de la pesanteur basé sur le chemin parcouru pendant un certain temps par un corps qui tombe en chute libre,

mesurage de la pression à l'aide d'un manomètre à tube en U avec lequel la pression se déduit tout d'abord de mesurages de masse volumique, d'accélération de la pesanteur et de longueur, ramenés à leur tour à des mesurages de grandeurs de base : longueur, masse, temps.

5.2.5. MÉTHODE DE MESURAGE PAR COMPARAISON

Méthode de mesurage basée sur la comparaison de la valeur d'une grandeur à mesurer à une valeur connue de la même grandeur ou à une valeur connue d'une autre grandeur fonction de la grandeur à mesurer.

Remarques :

1. Un mesurage par comparaison est donc, d'après la définition, aussi bien le mesurage du volume d'un liquide au moyen d'une mesure matérialisée de capacité que le mesurage d'une pression au moyen d'un manomètre à ressort dans lequel la pression se transforme en une déformation d'un élément élastique.

2. Cependant, on considère parfois que c'est seulement dans le cas où la comparaison s'effectue entre deux grandeurs de même nature que la méthode est dite « par comparaison ».

5.2.5.1. MÉTHODE DE MESURAGE PAR COMPARAISON DIRECTE

Méthode de mesurage par comparaison où toute la valeur de la grandeur à mesurer est comparée à une valeur connue de la même grandeur reproduite par une mesure matérialisée qui entre directement dans le mesurage.

Exemples :

mesurage d'une longueur à l'aide d'une règle graduée,

mesurage du volume d'un liquide au moyen d'une mesure matérialisée de capacité,

mesurage d'une masse au moyen d'une balance équilibrant la masse à mesurer du corps considéré par la masse correspondante d'une somme de poids marqués.

5.2.5.1.1. MÉTHODE DE MESURAGE PAR SUBSTITUTION

Méthode de mesurage par comparaison directe dans laquelle la valeur d'une grandeur à mesurer est remplacée par une valeur connue de la même grandeur, choisie de telle manière que les effets provoqués sur le dispositif indicateur par ces deux valeurs soient les mêmes.

Exemple :

Détermination d'une masse, au moyen d'une balance et de poids marqués, par la méthode de substitution de Borda.

5.2.5.1.2. MÉTHODE DE MESURAGE PAR TRANSPOSITION

Méthode de mesurage par comparaison directe dans laquelle la valeur de la grandeur mesurée est d'abord équilibrée par une première valeur connue A de la même grandeur, puis la valeur de la grandeur mesurée est mise à la place de cette valeur connue et de nouveau équilibrée par une autre valeur connue B. Si la position de l'organe indiquant l'équilibre est la même dans les deux cas, la valeur de la grandeur mesurée est égale à $\sqrt{A.B.}$

Exemple :

Détermination d'une masse, au moyen d'une balance et de poids marqués, par la méthode de « double pesée de Gauss ».

5.2.5.2. MÉTHODE DE MESURAGE DIFFÉRENTIEL

Méthode de mesure par comparaison, basée sur la comparaison de la grandeur à mesurer à une grandeur de même espèce de valeur connue peu différente de celle de la grandeur à mesurer, et le mesurage de la différence des valeurs de ces deux grandeurs.

Exemples :

comparaison de deux longueurs au moyen d'un comparateur,
comparaison de deux tensions électriques au moyen d'un voltmètre différentiel.

5.2.5.2.1. MÉTHODE DE MESURAGE PAR ZÉRO

Méthode de mesure différentiel où la différence entre la valeur de la grandeur à mesurer et la valeur connue de la même grandeur qui lui est comparée est amenée à zéro.

Remarque :

La grandeur à mesurer peut être remplacée par une grandeur d'une autre espèce qui, elle, est comparée à une grandeur de la même espèce.

Exemples :

détermination d'une masse lorsque la position finale d'équilibre de la balance est la même que la position initiale,
détermination d'une tension électrique au moyen d'un compensateur, mesurage d'une résistance électrique avec un pont de Wheatstone et un indicateur de zéro.

5.2.5.2.2. MÉTHODE DE MESURAGE PAR COÏNCIDENCE

Méthode de mesure différentiel où une différence très faible entre la valeur de la grandeur à mesurer et la valeur connue de la grandeur de même espèce qui lui est comparée est déterminée par une observation de la coïncidence de certains repères ou signaux.

Exemples :

mesurage du temps par la coïncidence de signaux horaires et des indications d'une horloge,
mesurage de la longueur d'un objet à l'aide d'un pied à coulisse à vernier.

5.2.5.3. MÉTHODE DE MESURAGE PAR DÉVIATION

Méthode de mesure par comparaison dans laquelle la valeur de la grandeur mesurée est déterminée par la déviation d'un dispositif indicateur.

Exemples :

mesurage de la pression au moyen d'un manomètre à aiguille,
mesurage d'une tension électrique au moyen d'un voltmètre à spot lumineux,
mesurage d'une masse au moyen d'une balance à équilibre automatique.

5.3. INDICATION D'UN INSTRUMENT DE MESURAGE

Valeur de la grandeur mesurée indiquée par l'instrument de mesure.

Remarques :

1. La notion d'indication d'un instrument de mesure se rapporte aussi aux mesures matérialisées comme par ex. les poids, les mesures matérialisées de capacité etc... ;
dans ces cas, l'indication équivaut à la valeur nominale de la mesure matérialisée ou bien à sa dénomination.
2. En tant qu'« indication », on entend aussi une indication présumée, obtenue par interpolation de la position de l'index de l'instrument entre des repères voisins.
3. La valeur de la grandeur mesurée peut être indiquée directement en unités de mesure de cette grandeur ou en certaines unités conventionnelles. Dans ce cas, l'indication directe doit être multipliée par la constante de l'instrument.

5.3.1. CONSTANCE D'UN INSTRUMENT DE MESURAGE

Facteur par lequel on doit multiplier l'indication de l'instrument pour obtenir le résultat du mesure.

Remarques :

1. La constante d'un instrument qui indique directement la valeur de la grandeur mesurée est égale à 1.
2. Lorsque l'échelle d'un instrument n'indique pas une unité déterminée ou bien si elle indique des unités de mesure autres que celle relative à la grandeur mesurée, la constante est un nombre concret, lorsque l'échelle est exprimée en unités de la grandeur mesurée, la constante est un nombre abstrait.
3. Les instruments à étendues multiples mais à échelle unique ont plusieurs constantes qui correspondent, par exemple, aux différentes positions d'un commutateur.

5.3.2. OBSERVATION (DE L'INDICATION)

Opération consistant à capter l'indication de l'instrument de mesure.

Remarque :

La « lecture » de l'indication n'est qu'une espèce d'observation parmi tous les genres d'observations — la réception d'un signal acoustique en représente une autre espèce.

5.3.3. VALEUR NOMINALE TOTALE D'UNE MESURE MATÉRIALISÉE

Valeur totale de la grandeur reproduite par la mesure matérialisée et qui est indiquée sur cette mesure.

Remarques :

1. Voir point 5.3 remarque 1.
2. Ce terme s'applique aux mesures matérialisées à plusieurs valeurs distinctes ainsi qu'aux mesures matérialisées graduées (6.1.1 exemples b et c de la remarque 4).

Exemple :

Dans une éprouvette graduée de capacité totale 100 cm^3 , le volume délimité par le trait de 100 cm^3 représente la valeur nominale totale de l'éprouvette.

5.3.4. VALEUR NOMINALE PARTIELLE D'UNE MESURE MATÉRIALISÉE

Valeur de la grandeur partielle reproduite par la mesure matérialisée et indiquée sur cette mesure.

Remarque :

Mêmes remarques qu'au point 5.3.3.

Exemple :

Dans une éprouvette graduée de 100 cm^3 , chaque volume délimité par un trait quelconque, autre que le trait 100, représente un volume nominal partiel de l'éprouvette.

5.3.5. VALEUR CONVENTIONNELLEMENT VRAIE D'UNE MESURE MATÉRIALISÉE

Valeur de la grandeur reproduite par la mesure matérialisée déterminée par un mesurage effectué à l'aide d'instruments de mesurage présentant une erreur globale pratiquement négligeable.

5.4. RÉSULTAT D'UN MESURAGE

Valeur de la grandeur mesurée obtenue lors d'un mesurage.

Remarque :

Lorsque aucune confusion n'est possible, on peut appeler « mesure » le résultat d'un mesurage (voir Préambule).

5.4.1. RÉSULTAT BRUT D'UN MESURAGE

Résultat d'un mesurage avant corrections (8.1.1.1) et avant la détermination de l'incertitude de mesurage (8.1.8.3 ou 8.1.8.4).

Remarque :

Lors d'une série de mesurages d'une même grandeur, le résultat brut du mesurage est la moyenne arithmétique des résultats bruts des mesurages particuliers.

Exemples :

1. On a mesuré à l'aide d'un pied à coulisse le diamètre d'un cylindre ; l'indication lue sur l'instrument : 14,7 mm représente le résultat brut du mesurage.

2. Si dans une série de 10 mesurages du même cylindre on a obtenu en mm les valeurs : 14,9 ; 14,6 ; 14,8 ; 14,6 ; 14,9 ; 14,7 ; 14,7 ; 14,8 ; 14,9 ; 14,8, le résultat brut de cette série de mesurages sera :

$$d = \frac{14,9 + 14,6 + \dots + 14,8}{10} = 14,77 \text{ mm} \approx 14,8 \text{ mm}$$

5.4.2. RÉSULTAT CORRIGÉ D'UN MESURAGE

Résultat d'un mesurage obtenu après avoir apporté au résultat brut du mesurage les corrections nécessaires pour tenir compte des erreurs systématiques de mesurage. Ce résultat est généralement accompagné de l'indication de l'incertitude de mesurage.

Remarque :

Lors d'une série de mesurages, le résultat corrigé du mesurage est la moyenne arithmétique des résultats bruts des mesurages particuliers à laquelle ont été apportées les corrections nécessaires et de laquelle on a déterminé l'incertitude.

Exemple :

On a mesuré une seule fois, à l'aide d'un pied à coulisse, le diamètre d'un cylindre et on a obtenu l'indication 14,7 mm (résultat brut),

au moyen d'un étalon, on a constaté préalablement que la correction à apporter aux résultats donnés par le pied à coulisse pour cette indication est égale à $-0,2$ mm ; de plus on a trouvé que l'incertitude d'un seul mesurage (8.1.8.3) est égale à $\pm 0,35$ mm (avec une probabilité de 99,7 %),

le résultat corrigé d'un seul mesurage est donc :

$$d = (14,7 - 0,2 \pm 0,35) \text{ mm} = (14,5 \pm 0,35) \text{ mm}$$

Pour la série des 10 mesurages de l'exemple 2, point 5.4.1, le résultat corrigé de la série des mesurages sera donc :

$$d = (14,77 - 0,2 \pm \frac{0,35}{\sqrt{10}}) \text{ mm} \approx (14,57 \pm 0,12) \text{ mm}$$

5.4.3. POIDS D'UN MESURAGE

Nombre qui exprime le degré de confiance que l'on a dans le résultat d'un mesurage d'une certaine grandeur par comparaison avec le résultat d'un autre mesurage de cette même grandeur.

5.4.4. MOYENNE PONDÉRÉE

Moyenne arithmétique d'une série de résultats de mesurages calculée après avoir pris en considération le poids de chacun des résultats particuliers.

Exemple :

Les résultats de trois mesurages d'une même grandeur sont : 10,4 ; 10,6 ; 10,1 mm. Si on attribue au premier mesurage un degré de confiance exprimé par le poids 1, au 2^e le poids 2 et au 3^e le poids 1 :

$$\text{la moyenne pondérée} = \frac{10,4 \times 1 + 10,6 \times 2 + 10,1 \times 1}{4} \text{ mm} = 10,42 \text{ mm.}$$

5.5. RÉPÉTABILITÉ DES MESURAGES

Étroitesse de l'accord entre les résultats de mesurages successifs d'une même grandeur effectués avec la même méthode, par le même observateur, avec les mêmes instruments de mesure, dans le même laboratoire, et à des intervalles de temps assez courts.

Remarque :

Le plus souvent, on estime la répétabilité des mesurages sur la base de l'incertitude de mesure (8.1.8.3 et 8.1.8.4) : plus l'incertitude est petite, plus la répétabilité est rigoureuse.

5.5.1. REPRODUCTIBILITÉ DES MESURAGES

Étroitesse de l'accord entre les résultats des mesurages d'une même grandeur dans le cas où les mesurages individuels sont effectués :

suivant différentes méthodes, au moyen de différents instruments de mesure, par différents observateurs, dans différents laboratoires, après des intervalles de temps assez longs par rapport à la durée d'un seul mesurage, dans différentes conditions usuelles d'emploi des instruments utilisés.

Remarques :

1. On parle aussi de reproductibilité lorsque certains seulement des facteurs énumérés ci-dessus sont différents lors des divers mesurages individuels, ces facteurs doivent être bien précisés dans chaque cas particulier.

2. Le plus souvent, on estime la reproductibilité des mesurages d'après l'incertitude de mesure.

Par suite d'un plus grand nombre de sources d'erreurs fortuites, cette incertitude est en général plus grande que pour la détermination de la répétabilité d'un mesurage ; la reproductibilité est inférieure à la répétabilité.

3. Les résultats des mesurages individuels doivent être corrigés des erreurs systématiques.

CHAPITRE 6

INSTRUMENTS DE MESURAGE ET LEUR CLASSIFICATION

6.1. INSTRUMENTS DE MESURAGE

Moyens techniques destinés à exécuter les mesurages et comprenant :
les mesures matérialisées
les appareils mesureurs.

Remarques :

1. Parfois, les transducteurs constituant un ensemble séparable complet sont considérés comme un groupe spécial d'instruments de mesurage.
2. Les instruments de mesurage, les transducteurs de mesurage et les dispositifs auxiliaires de mesurage ont parfois une dénomination commune « moyens de mesurage ».

6.1.1. MESURE MATÉRIALISÉE

Instrument de mesurage reproduisant d'une façon permanente, pendant l'emploi, une ou plusieurs valeurs connues d'une grandeur donnée.

Exemples :

poids
mesure de capacité (à une ou plusieurs valeurs, avec ou sans échelle)
règle (à une ou plusieurs valeurs, avec ou sans échelle)
résistance électrique
condensateur
bobine d'induction
cale-étalon
calibre à mâchoire de contrôle des diamètres de cylindres.

Un manomètre à tube en U, un thermomètre à liquide, un pied à coulisse, un distributeur de carburant à réceptifs mesureurs ne constituent pas des mesures matérialisées bien que certains de ces instruments puissent comporter une telle mesure dans leur ensemble de mesurage.

Remarques :

1. La mesure matérialisée sert à des opérations de mesurage avec ou sans l'aide d'un autre instrument de mesurage.

Certaines mesures reproduisent seulement une valeur d'une grandeur et, pour effectuer avec celles-ci un mesurage, il est nécessaire d'employer, en outre, d'autres instruments de mesurage (par exemple : les poids ne permettent le mesurage d'une masse qu'avec l'aide d'une balance).

Les mesures de ce premier genre s'appellent « mesures matérialisées non-autosuffisantes ».

Les autres mesures matérialisées ont les deux fonctions en même temps, c'est-à-dire reproduisent la valeur de la grandeur et permettent d'effectuer le mesurage sans l'aide d'autres instruments de mesurage (exemples : règles, mesures matérialisées de capacité).

Les mesures de ce deuxième genre s'appellent « mesures matérialisées auto-suffisantes ».

2. Le trait caractéristique de la mesure matérialisée est qu'elle ne possède en général pas d'index.

Dans certains cas, cet index peut appartenir à l'instrument qui, conjointement avec cette mesure, sert au mesurage (par exemple : la balance conjointement avec le poids), ou bien il peut être formé par le corps mesuré même (par exemple : le ménisque formé par le liquide dans le col d'une mesure de capacité à col gradué).

3. Un autre trait caractéristique d'une mesure matérialisée est qu'elle ne comprend en général aucun élément mobile pendant le mesurage.

4. Une mesure matérialisée peut reproduire une seule valeur de la grandeur (mesure matérialisée à une valeur) ou bien plusieurs valeurs distinctes (mesure matérialisée à plusieurs valeurs distinctes) ou enfin peut permettre de reproduire les valeurs de cette grandeur dans une étendue continue (mesures matérialisées graduées).

Les mesures matérialisées à plusieurs valeurs distinctes ne permettent pas, par voie d'interpolation, d'indiquer les valeurs contenues entre les repères.

Exemples pour la remarque 4 :

a) mesures matérialisées à une valeur : cale-étalon — résistances électriques à une seule valeur ;

b) mesure matérialisée à plusieurs valeurs distinctes : calibre à 2 valeurs correspondant aux longueurs limites d'une dimension ;

c) mesures matérialisées graduées : règle graduée — pipette graduée.

5. Les mesures matérialisées peuvent reproduire les valeurs des grandeurs qu'elles concernent avec des précisions diverses mais qui doivent être toujours connues.

6.1.2. APPAREIL MESUREUR

Instrument de mesurage qui sert à transformer la grandeur mesurée, ou l'une des autres grandeurs liées avec celle-ci, en une indication ou une information équivalente.

Exemples :

placard à coulisse — ampèremètre — manomètre — thermomètre — pendule — interféromètre — compteur d'eau — balance.

Remarques :

1. L'appareil mesureur (parfois appelé appareil de mesure) peut :
 - soit indiquer directement la valeur de la grandeur mesurée : « appareil à lecture directe » (par exemple : ampèremètre, manomètre à ressort...),
 - soit indiquer uniquement que la valeur de la grandeur mesurée est égale à une valeur connue de cette même grandeur : « appareil de comparaison » (par exemple : balance à fléau simple, galvanomètre de zéro...),
 - soit enfin permettre de mesurer une petite différence entre la valeur de la grandeur mesurée et une valeur connue de cette même grandeur : « appareil différentiel » (par exemple : indicateur optique d'un comparateur pour mesurer des longueurs...),
2. La plupart des appareils mesureurs comportent une chaîne de mesurage (7.3.1) dans laquelle se produit la transformation de la grandeur mesurée en une grandeur perceptible par un observateur (longueur, angle, son, contraste lumineux...).
3. L'appareil mesureur peut comporter des éléments servant à des fonctions additionnelles ou accessoires (par exemple : régulation automatique, signalisation, dosage, triage, émission de signaux codés...)
4. Pour les appareils mesureurs destinés à mesurer certaines grandeurs définies on utilise, au lieu de la dénomination générale « appareil mesureur », des dénominations spéciales :
 - les uns font apparaître le nom des grandeurs mesurées ou le nom des unités de mesure employées (par exemple : manomètre, thermomètre, planimètre, voltmètre),
 - d'autres rappellent le principe de mesurage utilisé (par exemple : comparateur) ou l'usage auquel l'appareil est destiné (par exemple : dosimètre),
 - d'autres utilisent le nom de l'inventeur ou du constructeur (par exemple : balance Roberval ou Béranger, tube de Pitot, Venturi, compteur de Geiger-Müller),
 - d'autres enfin reprennent la désignation commerciale choisie par le fabricant (par exemple : rotamètre).

6.1.2.1. APPAREIL MESUREUR INDICATEUR

Appareil mesureur qui donne, par une simple indication (unique), la valeur d'une grandeur mesurée (sans imprimer ni enregistrer cette indication).

Remarques :

1. L'indication peut être donnée par un dispositif à variation continue ou discontinue.
2. Par opposition à l'appareil mesureur indicateur, l'appareil mesureur intégrateur ou l'appareil mesureur totalisateur donne la valeur d'une grandeur mesurée par la différence de deux indications (à différents moments).
3. Lorsque l'« appareil mesureur indicateur » envisagé ne peut pas être confondu avec un simple « dispositif indicateur », il est permis de le désigner par l'expression abrégée : « appareil indicateur ».

Exemples :

pied à coulisse — ampèremètre — manomètre.

6.1.2.2. APPAREIL MESUREUR INTÉGRATEUR

Appareil mesureur qui détermine la valeur d'une grandeur au moyen d'une intégration.

Remarques :

1. On assimile à une intégration l'addition de valeurs partielles suffisamment petites.
2. Le dispositif indicateur d'un appareil mesureur intégrateur peut comporter un organe permettant de le remettre à zéro.

Exemples :

compteur de volume des liquides ou des gaz, compteur d'énergie électrique, planimètre, intégrimètre, machine planimétrique, appareil de pesage continu sur un transporteur.

6.1.2.3. COMPTEUR

Appareil mesureur intégrateur qui indique progressivement les valeurs de la grandeur mesurée accumulées pendant un certain temps.

Remarque :

Dans le dispositif indicateur d'un compteur continu, le premier élément mobile (disque, rouleau chiffré, etc) qui a la plus petite valeur d'échelon se déplace ordinairement de façon continue au cours du mesurage.

Cependant, cette continuité de mouvement n'existe pas toujours pour les dispositifs indicateurs de certains autres appareils mesureurs intégrateurs. Exemples : compteur de chaleur à fonctionnement cyclique — moulinet hydrométrique dont le dispositif indicateur est entraîné par des impulsions discontinues.

Exemple :

Un intégrimètre, qui additionne les valeurs successives des aires partielles d'un graphique lorsqu'on suit par le traçoir la courbe qui délimite cette aire, représente un compteur continu. Cependant, le planimètre à contournement qui donne la valeur de l'aire d'une courbe fermée, après avoir entouré totalement cette courbe, est un intégrateur mais pas un compteur.

6.1.2.4. APPAREIL MESUREUR TOTALISATEUR

Appareil mesureur qui détermine la valeur d'une grandeur en faisant la somme de valeurs mesurées partielles.

Si un appareil mesureur totalisateur sert à distribuer des quantités de matière ou d'énergie qui sont constantes pendant une même série d'opérations, et qui sont toujours multiples d'une quantité définie, il est appelé « distributeur discontinu ».

Remarque :

Le dispositif indicateur d'un appareil mesureur totalisateur peut comporter un organe permettant de le remettre au zéro (7.7.).

Exemple :

distributeur discontinu de carburant à une ou deux capacités mesureuses.

6.1.2.5. APPAREIL MESUREUR PRÉDÉTERMINATEUR

Appareil mesureur continu ou discontinu muni d'un dispositif, indicateur ou non, arrêtant automatiquement le mesurage lorsque le résultat atteint une valeur fixée à l'avance.

Exemple :

compteur continu prédéterminateur de carburant.

6.1.2.6. APPAREIL MESUREUR CONDITIONNEUR

Appareil mesureur continu ou discontinu délivrant automatiquement et périodiquement des quantités prédéterminées d'un produit.

6.1.2.7. APPAREIL MESUREUR ENREGISTREUR

Appareil mesureur qui inscrit sur un support d'enregistrement les indications ou informations qu'il donne pour les mesurages effectués d'une ou de plusieurs grandeurs.

L'enregistrement peut être effectué sous forme d'un diagramme (continu ou discontinu) ou par impression de valeurs numériques.

Remarques :

1. Lorsque l'« appareil mesureur enregistreur » envisagé ne peut pas être confondu avec un simple « dispositif enregistreur », il est permis de le désigner par le terme « enregistreur ».

2. Les appareils mesureurs enregistreurs de certaines grandeurs particulières sont désignés par les expressions obtenues soit en ajoutant le mot enregistreur au nom de l'appareil mesureur correspondant (ex. : voltmètre enregistreur, manomètre enregistreur), soit en ajoutant le suffixe « graphe » à une dénomination caractérisant la grandeur mesurée (ex. thermographe, barographe).

3. L'enregistrement s'effectue généralement en fonction d'une autre grandeur (dans la plupart des cas en fonction du temps), mais il peut aussi simplement consister à noter les valeurs successives de la grandeur mesurée.

6.1.3. INSTRUMENT DE MESURAGE USUEL

Instrument de mesure destiné aux mesures usuelles (mais non à la vérification d'autres instruments).

Exemples :

calibre usuel pour le contrôle des dimensions, balance du commerce, compteur d'énergie électrique, machine d'essai des matériaux, instruments de mesure pour le contrôle d'un processus de fabrication.

6.1.4. INSTRUMENT DE MESURAGE ADMISSIBLE A LA VÉRIFICATION

Instrument de mesure conforme à un modèle approuvé suivant les points 2.2.1 ou 2.2.2 ou bien admis à la vérification d'après le point 2.2.3.

6.1.5. INSTRUMENT DE MESURAGE LÉGAL

Instrument de mesure qui répond à toutes les conditions réglementaires exigibles.

6.1.6. INSTRUMENT DE MESURAGE AUXILIAIRE

Instrument qui sert à mesurer les grandeurs d'influence ou bien les grandeurs qui caractérisent les qualités métrologiques d'un instrument de mesure pendant son emploi ou son examen.

Exemples :

thermomètre mesurant la température du gaz ou de l'ambiance pendant le mesure du débit d'un gaz, manomètre différentiel mesurant la perte de charge dans un compteur d'eau, niveau à bulle pour vérifier l'horizontalité d'une balance, « poids d'erreurs » pour la vérification des balances, chronomètre pour contrôler le débit d'un compteur d'hydrocarbures.

6.1.7. TRANSDUCTEUR DE MESURAGE

Instrument qui sert à transformer, suivant une loi déterminée, la grandeur mesurée (ou bien une grandeur déjà transformée de la grandeur mesurée) en une autre grandeur ou en une autre valeur de la même grandeur, avec une précision spécifiée et qui constitue un ensemble pouvant être utilisé séparément.

Remarque :

On utilise aussi la dénomination « traducteur ».

Exemples :

thermocouple (avec tube protecteur, tête et autres éléments supplémentaires), transformateur de mesure, shunt interchangeable pour un ampèremètre.

6.2. DISPOSITIF AUXILIAIRE DE MESURAGE

Dispositif qui n'étant pas par lui-même un instrument de mesurage sert :
soit à maintenir les grandeurs mesurées ou les grandeurs d'influence à des valeurs convenables,
soit à faciliter l'exécution des opérations de mesurage,
soit encore à changer la sensibilité ou l'étendue de mesurage d'un instrument.

Remarque :

Le dispositif auxiliaire peut être un élément organique de l'instrument ou bien un élément séparé.

Exemples :

amplificateur, loupe à lire les indications, thermostat pour vérifier les thermomètres,
pompe d'alimentation, dégazeur, limiteur de débit d'une installation de mesurage avec compteur de liquides.

6.3. INSTALLATION DE MESURAGE

Ensemble de moyens techniques destinés à exécuter une certaine tâche déterminée de mesurage et comprenant tous les instruments de mesurage et les dispositifs auxiliaires, réunis suivant un schéma défini, nécessaires pour appliquer une méthode donnée.

Exemples :

installation pour mesurer la résistivité des matériaux électrotechniques,
installation de mesurage du volume des hydrocarbures par compteur continu.

6.3.1. ÉQUIPEMENT DE MESURAGE

Ensemble d'installations de mesurage destinées à exécuter les mesurages de grandeurs d'une ou plusieurs espèces.

Remarque :

Alors qu'une « installation de mesurage » est constituée par les moyens nécessaires à un mesurage défini, « l'équipement de mesurage » est un ensemble d'instruments ou d'installations qui permettent d'effectuer des mesurages divers.

Exemple :

L'équipement de mesurage d'un bureau de vérification comprend : des étalons de longueur, de capacité, de masse — des instruments de pesage — des socles supports — des réservoirs d'eau, etc...

6.4. ÉTALON

Instrument de mesurage destiné à définir ou matérialiser, conserver ou reproduire l'unité de mesure d'une grandeur (ou un multiple ou sous-multiple de cette unité) pour la transmettre par comparaison à d'autres instruments de mesurage.

6.4.1. MÉTHODE ÉTALON

Mode de reproduction de l'unité de mesure susceptible de remplacer un étalon primaire par :

soit des valeurs fixes de certaines propriétés des corps,
soit des constantes physiques.

Exemples :

méthode étalon de reproduction du mètre en longueurs d'ondes lumineuses,
méthode étalon de reproduction de l'échelle thermométrique à l'aide de six points fixes,
méthode étalon de reproduction de l'unité de temps et des fréquences basée sur l'observation astronomique,
méthode étalon de reproduction de l'unité de masse volumique d'un liquide.

6.4.2. ÉTALON INDIVIDUEL

Instrument de mesurage susceptible de remplir seul le rôle d'un étalon.

Exemples :

étalon en platine de 1 kg (copie de l'étalon international),
étalon en fonte de fer de 1 kg pour la vérification des poids usuels,
cale-étalon, interféromètre-étalon, manomètre-étalon,
pile-étalon, ampèremètre-étalon.

6.4.3. ÉTALON COLLECTIF

Groupe d'instruments de mesurage de même modèle et de mêmes caractéristiques métrologiques associés pour remplir, en commun, par leur moyen, le rôle d'étalon.

La valeur de l'étalon collectif est la moyenne arithmétique pondérée des valeurs fournies par les divers instruments.

Exemples :

étalon collectif de dureté composé par un groupe de blocs de dureté,
étalon collectif de pression matérialisé par un groupe de manomètres à piston,
étalon collectif d'intensité lumineuse constitué par un certain nombre de lampes à incandescence.

6.4.4. ÉTALON PRIMAIRE

Étalon, relatif à une grandeur déterminée, qui présente les plus hautes qualités métrologiques dans un domaine déterminé.

Remarques :

1. La qualité d'étalon primaire est valable aussi bien pour les unités de base que pour les unités dérivées.
2. L'étalon primaire n'est jamais utilisé directement pour des mesurages en dehors de sa comparaison avec les étalons témoins et avec des étalons de référence.

6.4.5. ÉTALON-TÉMOIN

Étalon destiné soit à contrôler l'invariabilité de l'étalon primaire, soit à remplacer cet étalon s'il est endommagé ou s'il a disparu.

Remarque :

L'étalon-témoin n'est, en pratique, jamais utilisé dans les travaux métrologiques courants, même pour la vérification des autres étalons, par exemple.

6.4.6. ÉTALON SECONDAIRE

Étalon dont la valeur est fixée par comparaison directe ou indirecte avec un étalon primaire ou bien par une méthode étalon.

6.4.7. ÉTALON DE RÉFÉRENCE

Étalon secondaire auquel sont comparés les étalons d'un ordre de précision inférieur.

6.4.8. ÉTALON DE TRAVAIL

Étalon qui, étalonné par comparaison avec un étalon de référence, est destiné à vérifier les instruments de mesurage usuels d'une moins grande précision.

6.4.9. ÉTALON INTERNATIONAL

Étalon reconnu par un accord international pour servir de base internationale à la fixation des valeurs de tous les autres étalons de la grandeur donnée.

6.4.10. ÉTALON NATIONAL

Étalon reconnu par une décision officielle nationale pour servir de base dans un pays à la fixation des valeurs de tous les autres étalons de la grandeur donnée.

Remarque :

En général, dans un pays, l'étalon national constitue aussi l'étalon primaire.

6.4.11. PROTOTYPE INTERNATIONAL [NATIONAL]

Ancienne dénomination des Étalons internationaux ou nationaux de longueur et de masse dans le Système métrique décimal d'unités de mesure : Prototype international du mètre — Prototype international du kilogramme.

Remarque :

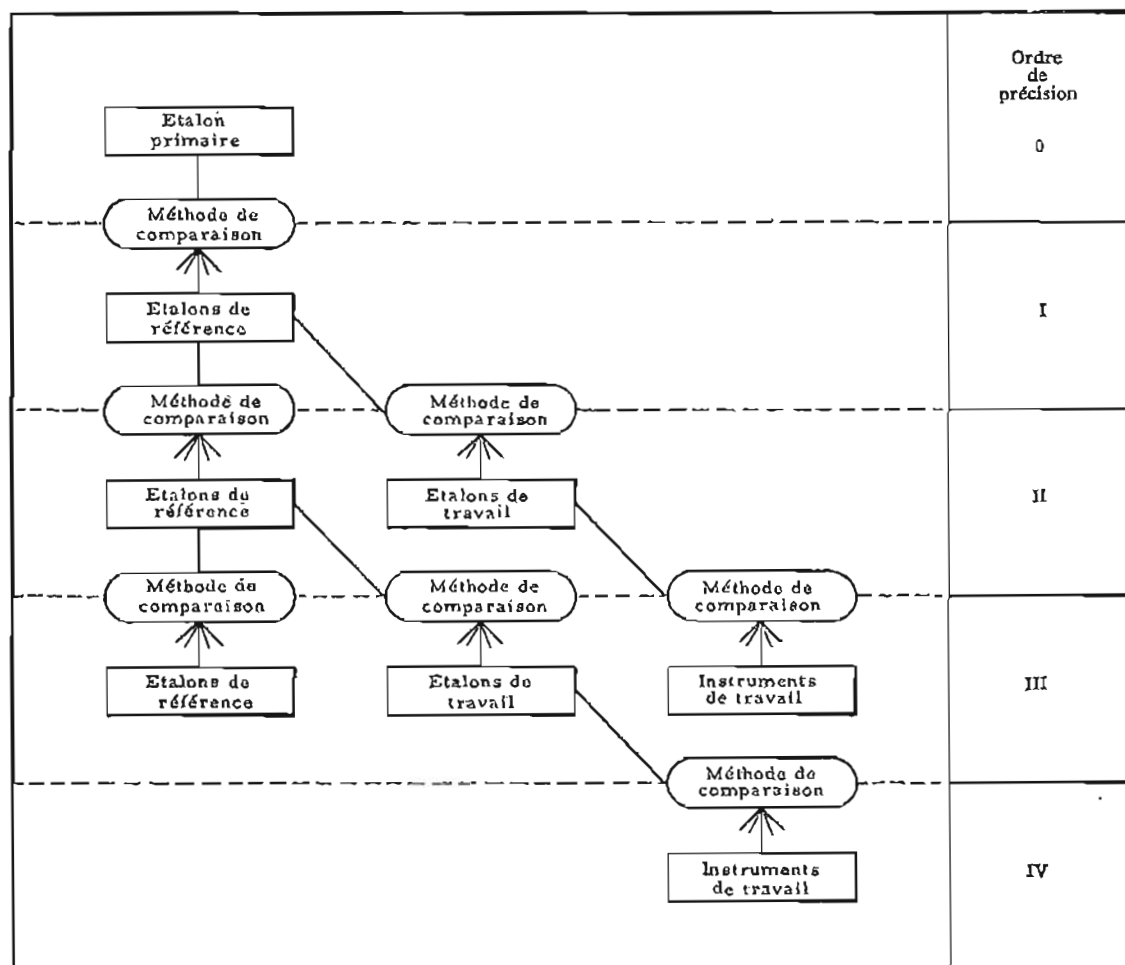
Le terme « prototype », dans le sens ci-dessus, a uniquement une valeur historique et ne devrait pas être utilisé dans les documents officiels concernant les étalons contemporains.

6.5. SCHÉMA D'UNE HIÉRARCHIE DES INSTRUMENTS DE MESURAGE

Schéma qui représente la hiérarchie des instruments de mesurage servant à mesurer une grandeur déterminée suivant la succession et la précision des opérations de transmission de l'unité de mesure de cette grandeur.

Exemple :

Le schéma ci-dessous représente un exemple d'articulation des étalons de référence et des étalons de travail de différents ordres de précision.



CHAPITRE 7

INSTRUMENTS DE MESURAGE CONSTRUCTION ; ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS

7.1. CATÉGORIE D'INSTRUMENTS DE MESURAGE

Ensemble d'instruments de mesure servant à mesurer la même grandeur ou présentant certains traits caractéristiques communs.

Exemples :

ensemble des instruments de pesage,

ensemble de poids,

ensemble des instruments mesureurs de volumes de liquides autres que l'eau,

ensemble des instruments de mesures météorologiques.

7.1.1. SYSTÈME D'UN INSTRUMENT DE MESURAGE

Catégorie d'instruments de mesure fondés sur le même principe de mesure (5.1.1)

Les différentes réalisations pratiques mettant en œuvre un même principe constituent des variantes du système fondé sur ce principe.

Remarques :

1. Le système de l'instrument de mesure fixe le principe de mesure appliqué, sans entrer dans les moyens de réalisation : par exemple, le thermomètre thermoelectrique dans lequel la force thermoelectrique est déterminée soit à l'aide d'un millivoltmètre, soit à l'aide d'un compensateur électrique, est un instrument du système thermoelectrique. Les deux réalisations possibles indiquées ci-dessus constituent deux variantes de ce système.

De même, les balances à bras égaux et les bascules décimales, qui appartiennent au système des instruments de pesage à leviers, correspondent à deux variantes de ce système.

2. L'adjonction de dispositifs supplémentaires qui influent sur les propriétés métrologiques de l'instrument : dispositifs de téléindication, d'enregistrement, de conservation et de reproduction des valeurs mesurées ne change pas le système de l'instrument de mesure mais fixe une de ses variantes.

7.1.2. MODÈLE PROVISOIRE D'UN INSTRUMENT DE MESURAGE

Dispositif reproduisant les formes et le mode de fonctionnement d'un instrument de mesurage utilisant un système déterminé et destiné à l'étude de ses propriétés métrologiques.

Remarques :

1. La conformité de l'instrument définitif au modèle provisoire est obligatoire dans la mesure où il est nécessaire de conserver les propriétés métrologiques exigées du système de l'instrument envisagé.
2. Les dimensions des divers éléments du modèle provisoire pourront ne pas être exactement conformes aux dimensions des éléments qui leur correspondent dans l'exécution définitive.

7.1.2.1. MODÈLE D'UN INSTRUMENT DE MESURAGE

Réalisation définitive d'un instrument de mesurage dont tous les éléments influant sur les qualités métrologiques sont convenablement définis.

Remarques :

1. Les instruments d'un même modèle doivent être conformes entre eux en ce qui concerne l'exécution (dimension, construction, matériaux, technologie) dans les limites de tolérances fixées.
2. Cependant, des instruments d'un même modèle peuvent avoir des étendues de mesurage différentes.

7.1.2.2. MODÈLE APPROUVÉ

Modèle d'un instrument de mesurage ayant reçu la sanction des Autorités compétentes de l'État (2.2.1) en ce qui concerne ses qualités métrologiques réglementaires.

7.1.2.3. EXEMPLAIRE TÉMOIN D'UN MODÈLE APPROUVÉ

Exemplaire d'un instrument de mesurage dont le modèle est approuvé et qui joue le rôle d'un témoin (conjointement à une documentation convenable).

Remarque :

Dans certains cas d'instruments trop importants ou d'un prix de revient trop élevé, une documentation détaillée peut suffire seule.

7.2. SCHÉMA DE STRUCTURE

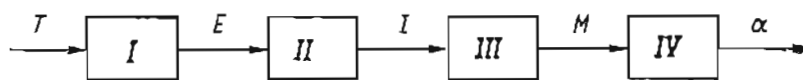
Présentation symbolique de la chaîne de mesure de l'instrument avec indication des grandeurs transformées dans cet instrument.

Remarque :

Les éléments transducteurs sont en général représentés sous forme de rectangles. A côté des lignes de liaison sont placés les symboles des grandeurs qui sortent de l'un des éléments transducteurs et entrent dans le suivant.

Exemple :

Schéma de structure du thermomètre thermoélectrique (thermocouple).



T : température,

E : force électromotrice — I : intensité du courant,

M : couple de rotation,

α : angle de la rotation de l'aiguille,

I : thermocouple,

II : élément transducteur E ,

III : système magnéto-électrique du millivoltmètre

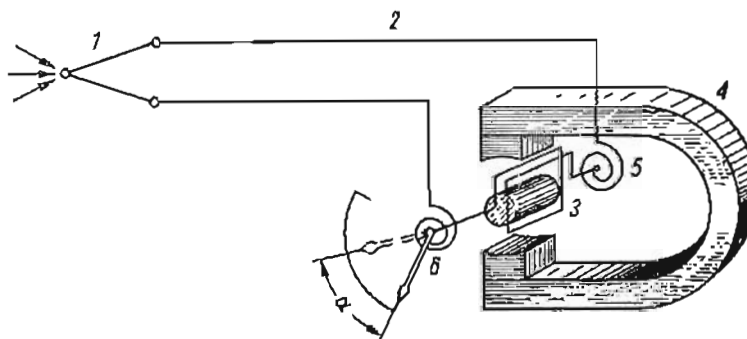
IV : ressort spirale du millivoltmètre

7.2.1. SCHÉMA DE PRINCIPE

Représentation simplifiée des éléments essentiels et de leurs liaisons fonctionnelles d'un instrument de mesure ou d'une installation de mesure.

Exemple :

Schéma de principe du thermomètre thermoélectrique correspondant au schéma de structure présenté au point 7.2.



1 : thermocouple,

2 : fils de jonction,

3 : cadre du galvanomètre,

4 : aimant constant du millivoltmètre,

5 : ressort spirale du millivoltmètre,

6 : aiguille,

α : angle de la rotation de l'aiguille.

7.3. CHAÎNE DE MESURAGE

Suite d'éléments transducteurs et d'organes de liaison d'un instrument de mesurage placés entre le capteur, premier élément de la chaîne, et le dispositif indicateur qui en est le dernier élément.

Exemple :

Le thermomètre thermoélectrique, avec un millivoltmètre comme organe indicateur, peut être présenté comme une suite d'éléments transducteurs suivants :

thermocouple, transformant la température T en une force électromotrice E fonction de T ;

élément transducteur sous forme d'un circuit électrique fermé où sous l'influence de la force électromotrice E se produit le courant I fonction de E ;

système magnétoélectrique d'un millivoltmètre transformant le courant I en couple de rotation M fonction de I ;

ressort transformant le couple de rotation M en angle α fonction de M .

7.3.1. CAPTEUR

Élément d'un appareil mesureur servant à la prise d'informations relatives à la grandeur à mesurer.

Remarque :

Le capteur constitue en même temps le premier élément transducteur.

Exemples :

thermocouple d'un thermomètre, organe déprimogène d'un débitmètre,

tube Bourdon d'un manomètre, flotteur d'un appareil mesureur de niveau.

7.3.1.1. ÉLÉMENT RÉCEPTEUR DU CAPTEUR

Partie sensible du capteur qui se trouve sous l'influence directe de la grandeur mesurée.

7.3.2. ÉLÉMENT TRANSDUCTEUR D'UN APPAREIL MEASUREUR

Transducteur de mesurage (6.1.7) qui, étant une partie d'un appareil mesureur ou d'une installation de mesurage, ne constitue cependant pas un ensemble pouvant être utilisé séparément.

Remarques :

1. Le système d'éléments transducteurs qui composent le thermomètre thermoélectrique est représenté en 7.2.

2. Les divers éléments transducteurs ne sont pas toujours délimités matériellement (par ex. dans le thermomètre thermoélectrique, l'élément transducteur $E \rightarrow I$ n'est pas matériellement distinct de l'élément transducteur $T \rightarrow E$).

7.3.3. DISPOSITIF INDICATEUR

Ensemble des organes d'un appareil mesureur destinés à indiquer les résultats de mesurage.

Exemples :

Dans les appareils mesureurs munis d'un dispositif indicateur simple, ce dispositif se compose généralement d'une échelle et d'un index ; dans les compteurs, le dispositif indicateur (ou bien une partie de celui-ci) est généralement constitué par un totalisateur.

7.3.3.1. INDEX

Partie fixe ou mobile du dispositif indicateur (aiguille, spot lumineux, surface d'un liquide, plume d'enregistrement, pointe etc...) dont la position par rapport aux repères permet de déterminer le résultat du mesurage.

Exemples :

une balance à bras égaux est munie d'une échelle fixe devant laquelle se déplace une aiguille qui forme l'index ;
dans un compteur wattheuremètre à rouleaux, les fenêtres du dispositif indicateur constituent les index fixes au travers desquels apparaissent les chiffres des échelles mobiles.

7.3.3.2. REPÈRE

Trait ou autre signe porté par le dispositif indicateur et correspondant à une ou plusieurs valeurs déterminées de la grandeur mesurée.

Remarque :

Sur les échelles numériques et semi-numériques, les chiffres sont aussi considérés comme des repères.

7.4. ÉCHELLE

Ensemble ordonné de repères portés par le dispositif indicateur de l'instrument de mesurage.

Remarques :

1. Les repères de l'échelle peuvent être chiffrés ou non, la chiffraison peut être abstraite ou correspondre aux unités de mesure utilisées.
2. Certains instruments, dits à étendues multiples, peuvent avoir soit plusieurs échelles, soit une seule échelle à chiffraison changeante ou à commutateur de multiplication.

Exemple : échelle graduée et chiffrée.



7.4.1. CHIFFRAISON D'UNE ÉCHELLE

Ensemble des nombres inscrits sur une échelle et correspondant aux valeurs de la grandeur mesurée déterminées par les repères ou bien indiquant seulement les numéros d'ordre des repères.

7.4.2. ZONE DE L'ÉCHELLE

Ensemble des échelons compris entre deux repères déterminés de l'échelle.

7.4.2.1. ÉTENDUE DE L'ÉCHELLE

Zone comprise entre les repères correspondant à la valeur minimale et la valeur maximale de l'échelle.

Remarques :

1. Certains instruments de mesurage peuvent avoir plusieurs étendues partielles d'échelle, exemple : thermomètres à liquide avec élargissements locaux du tube capillaire.
2. Dans les compteurs, l'étendue du dispositif indicateur remplace l'étendue de l'échelle.

7.4.2.1.1. VALEUR MINIMALE DE L'ÉCHELLE

Valeur de la grandeur mesurée correspondant à la limite minimale de l'échelle.

Remarque :

Dans les instruments à étendues multiples, la « valeur minimale » de l'échelle de l'instrument est égale à la plus petite des valeurs minimales des diverses échelles.

7.4.2.1.2. VALEUR MAXIMALE DE L'ÉCHELLE

Valeur de la grandeur mesurée correspondant à la limite maximale de l'échelle.

Remarque :

Dans les instruments à étendues multiples, la « valeur maximale » de l'échelle de l'instrument est égale à la plus grande des valeurs maximales des diverses échelles.

7.4.3. ÉCHELON

Intervalle entre deux repères successifs quelconques de l'échelle.

Remarques :

1. Dans les échelles à traits, l'échelon est l'intervalle entre les axes de deux traits successifs.
2. Dans une échelle numérique, l'échelon est l'intervalle entre deux nombres consécutifs.

7.4.3.1. LONGUEUR DE L'ÉCHELON

Longueur rectiligne ou curviligne mesurée le long de la base de l'échelle et comprise entre les axes de deux repères consécutifs.

Remarque :

Dans les instruments à étendues multiples, la plus petite des longueurs d'échelon des diverses échelles représente « la longueur de l'échelon de l'instrument ».

7.4.3.2. VALEUR DE L'ÉCHELON

Valeur de la grandeur mesurée correspondant à l'échelon.

Remarques :

1. La valeur de l'échelon est exprimée avec la même unité de mesure que l'indication donnée par l'instrument de mesurage.
2. Dans les instruments à étendues multiples, la plus petite des valeurs d'échelon des diverses échelles représente la « valeur de l'échelon » de l'instrument.

7.4.4. ÉCHELLE A TRAITS

Échelle dont les repères sont constitués par un ensemble de traits.

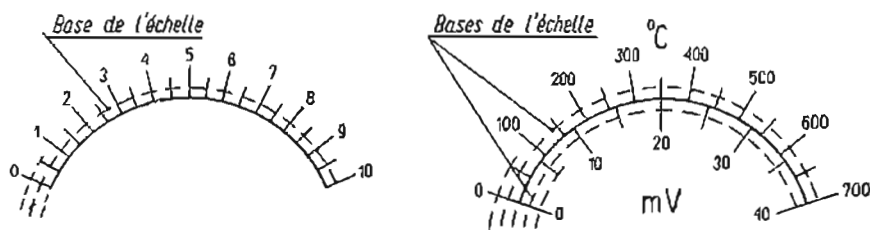
Remarque :

L'échelle à traits est à indication continue.

7.4.4.1. BASE D'UNE ÉCHELLE A TRAITS

Ligne (matérialisée ou non) qui passe par les milieux des repères les plus courts d'une échelle à traits.

Exemples :



7.4.4.2. ÉQUATION D'UNE ÉCHELLE A TRAITS

Équation qui détermine sur la base de l'échelle la position des repères par rapport à l'origine en fonction des indications.

Remarque :

L'échelle est dénommée selon son équation: échelle linéaire, échelle quadratique, etc...

7.4.4.2.1. ÉCHELLE ÉQUIDISTANTE

Échelle dont les échelons ont la même longueur.

Remarque :

Une échelle équidistante peut avoir une valeur d'échelon constante ou variable ; dans le premier cas, elle est dite « régulière ».

7.4.4.2.2. ÉCHELLE A VALEUR D'ÉCHELON CONSTANTE

Échelle dont les échelons ont la même valeur.

Remarque :

Une échelle à valeur d'échelon constante peut avoir une longueur d'échelon constante ou variable ; dans le premier cas, elle est dite « régulière ».

7.4.4.2.3. ÉCHELLE LINÉAIRE

Échelle dont la longueur de chaque échelon est proportionnelle à la valeur de cet échelon (le coefficient de proportionnalité étant constant).

7.4.4.2.4. ÉCHELLE RÉGULIÈRE

Échelle dont les échelons ont la même longueur et la même valeur.

Remarque :

L'échelle régulière représente un cas particulier de l'échelle linéaire.

Exemples :

Fig. 1 : échelle régulière dans toute l'étendue.

Fig. 2 : échelle régulière dans l'étendue de 9 à 36 m³/h.

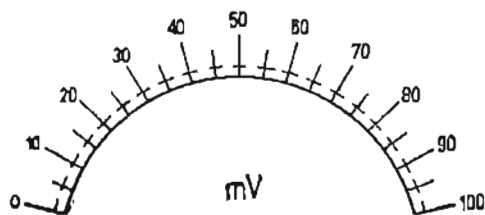


FIG. 1

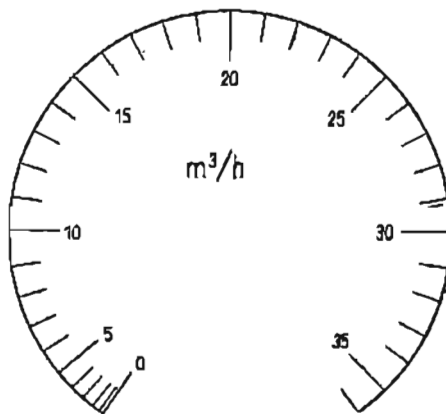


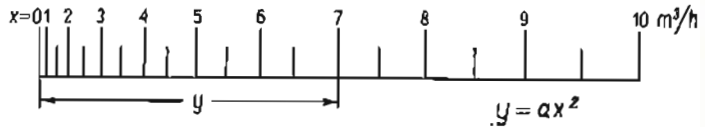
FIG. 2

7.4.2.5. ÉCHELLE NON-LINÉAIRE

Échelle dans laquelle les longueurs des échelons ne sont pas proportionnelles à leurs valeurs.

Exemple :

échelles quadratiques logarithmiques, etc...



7.4.5. ÉCHELLE NUMÉRIQUE

Échelle dont les repères apparaissent de façon discontinue et sont constitués par des chiffres alignés indiquant directement la valeur numérique de la grandeur mesurée.

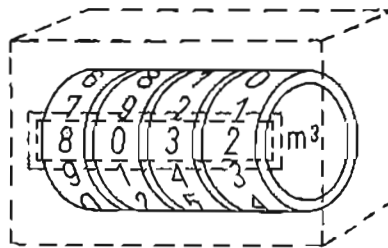
L'échelle numérique est à indication discontinue.

Remarques :

L'ensemble des chiffres constituant une échelle numérique peut être placé sur une ou plusieurs surfaces planes (ou non) sur lesquelles les chiffres à lire apparaissent brusquement.

Exemple :

échelle numérique composée de quatre séries de chiffres placés sur des rouleaux : les chiffres à lire apparaissent dans la fenêtre.



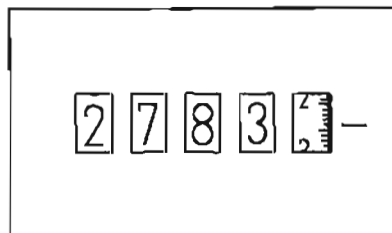
7.4.5.1. ÉCHELLE SEMI-NUMÉRIQUE

Échelle numérique dont le premier chiffre à droite, c'est-à-dire celui qui appartient à l'échelle qui a la plus petite valeur d'échelon, se déplace d'une manière continue et permet la lecture à une fraction de l'intervalle entre deux nombres consécutifs.

Généralement, l'interpolation d'une indication semi-numérique s'effectue au moyen d'une échelle supplémentaire à traits.

Exemple :

Indication du compteur 27832,4



7.5. CADRAN

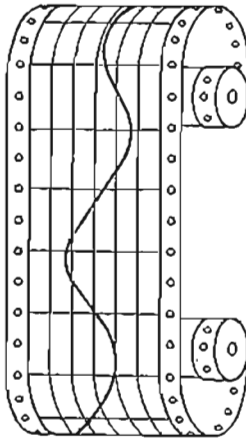
Élément d'un dispositif indicateur portant la ou les échelles.

Remarques :

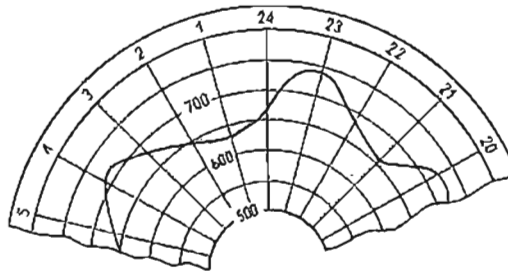
1. Le cadran peut être plan, cylindrique ou tronconique, s'il est cylindrique ou tronconique, on l'appelle « tambour gradué », dans certains instruments optiques, le cadran plan circulaire est souvent appelé « limbe ».
2. Dans les dispositifs indicateurs numériques, les rouleaux ou disques chiffrés remplissent la fonction d'échelle.
3. L'échelle peut être matériellement tracée ou projetée optiquement.

7.6. SUPPORT D'ENREGISTREMENT

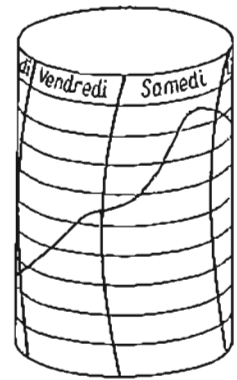
Bande, disque ou feuille (ordinairement en papier) sur laquelle sont enregistrées, sous forme d'un diagramme, les indications d'un appareil mesureur.



Bande



Disque



Feuille

7.7. TOTALISATEUR

Partie ou ensemble d'un dispositif indicateur totalisant les indications d'un appareil mesureur.

Remarques :

1. L'augmentation des indications d'un totalisateur peut se faire d'une façon continue ou discontinue, indépendamment de la continuité ou discontinuité de fonctionnement de l'appareil mesureur.
2. Il existe des totalisateurs qui enregistrent toutes les indications successives de l'appareil lors de l'ensemble de ses mesurages et qui ne peuvent être remis à volonté à zéro et des totalisateurs dits partiels qui n'enregistrent que les indications de l'appareil pour un certain mesurage (ou un certain nombre de mesurages) et qui peuvent être remis à zéro en fin de ces mesurages.

7.8. CYCLE DE FONCTIONNEMENT D'UN APPAREIL MEASUREUR

Ensemble de mouvements consécutifs des organes mobiles d'un appareil mesureur à la fin desquels tous les organes, sauf le dispositif indicateur, reprennent pour la première fois la position qu'ils avaient à l'instant initial.

Remarques :

1. Cette notion s'applique aux instruments à fonctionnement dit « continu ».
2. Le volume cyclique d'un compteur volumétrique est le volume mesuré au cours d'un « cycle » de fonctionnement de ce compteur.

CHAPITRE 8

ERREURS DES RÉSULTATS DE MESURAGES ET ERREURS DES INSTRUMENTS DE MESURAGE

8.1. ERREUR DE MESURAGE

Discordance entre le résultat du mesurage (5.4.) et la valeur de la grandeur mesurée.

Remarques :

1. La valeur de la grandeur mesurée est une valeur de comparaison égale suivant les cas à :
la valeur vraie de la grandeur (généralement inconnue),
la valeur conventionnellement vraie,
la moyenne arithmétique des résultats d'une série de mesurages.
2. La discordance peut être exprimée comme la différence entre ces deux valeurs (8.1.5 — Erreur absolue)
ou bien comme le quotient de cette différence par la valeur de la grandeur mesurée (8.1.6 — Erreur relative).

8.1.1. ERREUR SYSTÉMATIQUE

Erreur qui, lors de plusieurs mesurages, effectués dans les mêmes conditions, de la même valeur d'une certaine grandeur reste constante en valeur absolue et en signe ou qui varie selon une loi définie quand les conditions changent.

Remarques :

1. Les causes des erreurs systématiques peuvent être connues ou inconnues.
2. Une erreur systématique que l'on peut déterminer par le calcul ou par l'expérience doit être éliminée par une correction appropriée.
3. Les erreurs systématiques que l'on ne peut pas déterminer, mais dont la valeur est supposée suffisamment petite par rapport à l'imprécision du mesurage, sont traitées comme des erreurs fortuites dans le calcul de l'incertitude de mesurage.
4. Les erreurs systématiques que l'on ne peut pas déterminer, mais dont la valeur est supposée suffisamment grande par rapport à l'imprécision du mesurage, doivent être évaluées approximativement et prises en considération dans le calcul de l'imprécision du mesurage.

Exemples :

erreurs systématiques constantes :

erreur qui résulte du pesage à l'aide d'un poids dont la masse est supposée égale à sa masse nominale de 1 kg tandis que sa masse vraie conventionnelle est de 1,010 kg,

erreur qui résulte du fait que l'on se sert, à une température ambiante de 20°C, d'une règle calibrée à 0°C sans introduire de correction convenable,

erreur qui résulte de ce que, dans le circuit d'un thermomètre thermoélectrique, se produisent des forces thermoélectriques parasites.

Erreur systématique variable :

erreur d'indication d'un instrument de mesurage occasionnée, lors de plusieurs mesurages consécutifs de la même valeur, par une variation systématique de la température.

8.1.1.1. CORRECTION

Valeur qu'il faut ajouter algébriquement au résultat brut du mesurage (5.4.1.) pour obtenir le résultat corrigé (5.4.2.).

Remarque :

La correction est égale à l'erreur absolue du résultat brut du mesurage changé de signe :

8.1.2. ERREUR FORTUITE

Erreur qui varie d'une façon imprévisible en valeur absolue et en signe lorsqu'on effectue un grand nombre de mesurages de la même valeur d'une grandeur dans des conditions pratiquement identiques.

Remarques :

1. On ne peut pas tenir compte de l'erreur fortuite sous forme d'une correction apportée au résultat brut du mesurage ;

on peut seulement, à la fin d'une série de mesurages exécutés dans des conditions pratiquement identiques (à l'aide du même instrument de mesurage et par le même observateur, dans les mêmes conditions d'ambiance etc...), fixer les limites dans lesquelles se trouve, avec une probabilité donnée, cette erreur.

2. On utilise aussi le terme « erreur accidentelle » ou « erreur aléatoire ».

8.1.3. ERREUR PARASITE

Erreur souvent grossière qui résulte d'une exécution incorrecte du mesurage.

Exemples :

Erreurs qui résultent :

de la lecture fautive d'une indication,

de l'usage d'un instrument devenu défectueux,

du mauvais emploi d'un instrument.

8.1.4. LOI DE COMPOSITION DES ERREURS

Loi reliant l'erreur commise sur le résultat d'un mesurage indirect d'une grandeur aux erreurs commises lors des mesurages directs des grandeurs composantes.

Exemples :

Si la grandeur Y mesurée indirectement est liée avec les grandeurs composantes indépendantes $X_1, X_2, \dots, X_m$ (mesurées directement) par l'équation :

$$Y = F(X_1, X_2, \dots, X_m)$$

a) l'erreur systématique ΔY de mesurage indirect de la grandeur Y s'exprime (en général approximativement seulement) par la loi suivante de composition des erreurs :

$$\Delta Y = \frac{\partial F}{\partial X_1} \Delta X_1 + \frac{\partial F}{\partial X_2} \Delta X_2 + \dots + \frac{\partial F}{\partial X_m} \Delta X_m$$

où $\Delta X_1, \Delta X_2, \dots, \Delta X_m$ représentent les erreurs systématiques de mesurage direct des grandeurs $X_1, X_2, \dots, X_m$

b) L'écart moyen quadratique de mesurage indirect de la grandeur Y s'exprime (en général approximativement seulement) par la loi suivante de composition des écarts moyens quadratiques :

$$s_Y = \sqrt{\left(\frac{\partial F}{\partial X_1}\right)^2 s_1^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial X_2}\right)^2 s_2^2 + \dots + \left(\frac{\partial F}{\partial X_m}\right)^2 s_m^2}$$

où $s_1, s_2, \dots, s_m$ représentent les écarts moyens quadratiques de mesurage direct des grandeurs $X_1, X_2, \dots, X_m$.

Les données partielles dans les formules ci-dessus doivent être calculées pour un point déterminé.

8.1.4.1. ERREUR PARTIELLE

Partie de l'erreur du mesurage indirect d'une grandeur qui résulte de l'erreur commise sur une grandeur composante.

Exemple :

Dans les exemples du 8.1.4 les expressions :

$$\frac{\partial F}{\partial X_1} \Delta X_1, \frac{\partial F}{\partial X_2} \Delta X_2, \dots, \frac{\partial F}{\partial X_m} \Delta X_m$$

ou

$$\frac{\partial F}{\partial X_1} s_1, \frac{\partial F}{\partial X_2} s_2, \dots, \frac{\partial F}{\partial X_m} s_m$$

représentent les erreurs systématiques partielles ou les écarts moyens quadratiques partiels du mesurage direct des grandeurs $X_1, X_2, \dots, X_m$.

8.1.5. ERREUR ABSOLUE

Différence algébrique entre le résultat du mesurage et la valeur de comparaison :
erreur absolue = résultat du mesurage — valeur de comparaison.

Cette valeur de comparaison peut être la valeur vraie, (4.2.1.) la valeur conventionnellement vraie (4.2.1.1.), ou la moyenne arithmétique des résultats d'une série de mesurages.

8.1.5.1. ERREUR ABSOLUE VÉRITABLE

Différence algébrique entre le résultat du mesurage et la valeur conventionnellement vraie (4.2.1.1.) de la grandeur mesurée.

Exemple :

Le résultat d'un mesurage est 10,1 mm ; si la valeur conventionnellement vraie de la grandeur est 10,3 mm l'erreur absolue véritable est $(10,1 - 10,3) \text{ mm} = -0,2 \text{ mm}$.

8.1.5.2. VALEUR ABSOLUE DE L'ERREUR

Valeur de l'erreur, abstraction faite de son signe.

Remarque :

Il faut faire une distinction entre le terme « erreur absolue » et le terme « valeur absolue de l'erreur » ; dans ce dernier cas, le qualificatif « absolue » se rapporte seulement au signe.

Exemple :

Si l'erreur maximale tolérée d'un instrument de mesurage est égale à $\pm 0,2 \text{ mm}$, la valeur absolue de cette erreur est $|\pm 0,2| \text{ mm} = 0,2 \text{ mm}$.

Dans l'exemple cité ci-dessus la valeur absolue de l'erreur est aussi $|\pm 0,2| \text{ mm} = 0,2 \text{ mm}$.

8.1.5.3. ERREUR ABSOLUE APPARENTE

Différence algébrique entre un des résultats d'une série de mesurages et la moyenne arithmétique de l'ensemble des résultats de cette série.

Remarque :

En abrégé, on appelle simplement cette erreur « erreur apparente ».

Exemple :

si les résultats de 5 mesurages d'un même diamètre exécutés à l'aide d'un même pied à coulisse, par le même observateur, à la même température ambiante etc... (et ayant des poids égaux) sont les suivantes :

$d_1 = 15,6 \text{ mm}$; $d_2 = 15,8 \text{ mm}$; $d_3 = 15,8 \text{ mm}$; $d_4 = 15,6 \text{ mm}$; $d_5 = 15,7 \text{ mm}$;

la moyenne arithmétique de ces résultats est égale à $\bar{d} = 1/5 (15,6 + \dots + 15,7) \text{ mm} = 15,7 \text{ mm}$.

et les erreurs apparentes des résultats particuliers sont :

$v_1 = d_1 - \bar{d} = 15,6 \text{ mm} - 15,7 \text{ mm} = -0,1 \text{ mm}$ et $v_2 = d_2 - \bar{d} = 15,8 \text{ mm} - 15,7 \text{ mm} = +0,1 \text{ mm}$ etc.

8.1.6. ERREUR RELATIVE

Quotient de l'erreur absolue par la valeur de comparaison utilisée pour le calcul de cette erreur absolue.

Cette valeur de comparaison peut être la valeur vraie, la valeur conventionnellement vraie, ou la moyenne arithmétique d'une série de mesurages.

Exemple :

On a déterminé la valeur conventionnellement vraie d'une longueur $l = 15,20$ mm et on a trouvé comme résultat du mesurage $l = 15,07$ mm et l'erreur absolue véritable $e = (15,07 - 15,20)$ mm = $-0,13$ mm.

L'erreur relative est :

$$\varepsilon = \frac{e}{l} = -\frac{0,13}{15,2} = -0,0086 = -0,86 \%$$

8.1.7.1. ÉCART MOYEN QUADRATIQUE (ÉCART-TYPE) D'UN SEUL MESURAGE DANS UNE SÉRIE DE MESURAGES

Indice caractérisant la dispersion des résultats obtenus dans une série de n mesurages de la même valeur d'une grandeur mesurée, donné par la formule :

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

x_i étant le $i^{\text{ème}}$ résultat de mesurage ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) et $\bar{x}$ la moyenne arithmétique des n résultats considérés.

Remarque :

1. La valeur s calculée d'après cette définition est en fait une estimation de l'écart moyen quadratique apparent car, d'une part on calcule s d'après des données expérimentales et d'autre part les différences $(x_i - \bar{x})$ représentent les erreurs absolues apparentes.

8.1.7.2. ÉCART MOYEN QUADRATIQUE (ÉCART-TYPE) DE LA MOYENNE ARITHMÉTIQUE D'UNE SÉRIE DE MESURAGES

Indice caractérisant la dispersion de la moyenne arithmétique d'une série de mesurages indépendants de la même valeur d'une grandeur mesurée, donné par la formule :

$$s_r = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

où s est une estimation de l'écart moyen quadratique d'un seul mesurage d'une série et n le nombre de mesurages de la série.

Remarque :

L'augmentation du nombre des mesurages permet de diminuer l'importance des erreurs fortuites, en acceptant comme le résultat d'une série de mesurages une moyenne des résultats particuliers.

8.1.8. INCERTITUDE DE MESURAGE

Caractéristique de la dispersion des résultats de mesurage définie par les erreurs limites.

8.1.8.1. ERREURS LIMITES D'UN SEUL MESURAGE D'UNE SÉRIE

Erreurs extrêmes (en plus et en moins) dont la probabilité de ne pas être dépassées par l'erreur sur un mesurage quelconque d'une série a une valeur P telle que l'on peut estimer que la différence $1 - P$ est négligeable.

Remarques :

1. On calcule en général les erreurs limites d'un seul mesurage comme le produit de l'écart moyen quadratique d'un seul mesurage d'une série par un nombre t (entier ou fractionnaire) ; on a alors : $e_1 = +ts$ et $e_2 = -ts$ où s est défini selon 8.1.7.1 et le nombre t est fixé en fonction de la probabilité P de ne pas dépasser les valeurs e_1 ou e_2 .

Dans le cas de la loi de la distribution normale des erreurs et pour un suffisamment grand nombre de mesurages, on pose souvent $t = 3$, ce qui correspond à la probabilité $P = 99,73\%$ de ne pas dépasser dans la série de mesurages les valeurs $e_1 = 3s$ et $e_2 = -3s$;

pour $P = 95\%$, on a $t = 1,96$ et pour $P = 99\%$, on a $t = 2,58$...

2. La définition ci-dessus des erreurs limites suppose que l'on a corrigé le résultat des erreurs systématiques ; ces erreurs limites contiendront cependant encore les « résidus » de ces erreurs systématiques.

3. La probabilité P correspond au terme statistique « niveau de confiance », et les erreurs limites au terme limites de confiance.

8.1.8.2. ERREURS LIMITES DE LA MOYENNE ARITHMÉTIQUE D'UNE SÉRIE DE MESURAGES

Erreurs extrêmes (en plus et en moins) dont la probabilité de ne pas être dépassées par l'erreur sur la moyenne arithmétique d'une série de mesurages a une valeur P telle que l'on peut estimer que la différence $1 - P$ est négligeable.

Remarques :

1. On calcule en général les erreurs limites de la moyenne arithmétique d'une série de mesurages de la même façon que celles relatives à un seul mesurage mais en utilisant l'écart moyen quadratique s_x .

2. Pour un petit nombre de mesurages, on se sert des valeurs t calculées selon la distribution de Student.

8.1.8.3. INCERTITUDE D'UN SEUL MESURAGE D'UNE SÉRIE

Incertitude exprimée par la formule : $\pm t \cdot s$

8.1.8.4. INCERTITUDE DE LA MOYENNE ARITHMÉTIQUE D'UNE SÉRIE

Incertitude exprimée par la formule : $\pm t \cdot s_x$

8.1.8.5. ZONE D'INCERTITUDE DE MESURAGE

Valeur exprimée par l'expression $2t \cdot s$ pour un seul mesurage et par $2t \cdot s_x$ pour la moyenne arithmétique d'une série de mesurages.

Elle correspond au terme statistique « intervalle de confiance ».

8.1.9. IMPRÉCISION DE MESURAGE

Imprécision qui s'exprime par l'ensemble des erreurs globales limites du mesurage comprenant toutes les erreurs systématiques ainsi que les erreurs fortuites limites.

Remarque :

Toutes les erreurs systématiques étant corrigées, l'imprécision est égale à l'incertitude de mesurage.

8.2. ERREUR INSTRUMENTALE

Erreur provenant de l'instrument utilisé pour le mesurage.

Exemples :

Erreur qui résulte entre autres :

du frottement entre les éléments mobiles de l'instrument,

de la disposition incorrecte des traits de l'échelle, de l'inégalité des bras d'une balance.

8.2.1. ERREUR (D'INDICATION) D'UNE MESURE MATÉRIALISÉE

Différence $v_n - v_c$ entre la valeur nominale v_n et la valeur conventionnellement vraie v_c reproduite par la mesure matérialisée.

Remarques :

1. Voir 5.3. remarque 1.

2. Si aucune confusion n'est à craindre, on utilise l'expression simplifiée « erreur d'une mesure matérialisée ».

Exemple :

Dans l'exemple relatif au point 8.2.5 : $e_t = v_n - v_c = 1\,000\text{ ml} - 1\,005\text{ ml} = -5\text{ ml}$

la dénomination est donc trop petite par rapport à la valeur vraie de la mesure.

8.2.2. ERREUR (D'INDICATION) D'UN APPAREIL MESUREUR

Différence $v_i - v_v$ entre la valeur indiquée par l'appareil mesureur v_i et la valeur conventionnellement vraie de la grandeur mesurée v_v .

Remarque :

Si aucune confusion n'est à craindre, on peut utiliser l'expression simplifiée « erreur d'un appareil mesureur ».

Exemple :

L'indication d'un ampèremètre est $v_i = 40$ A ; si la valeur conventionnellement vraie de l'intensité du courant mesuré est $v_v = 41$ A ; l'erreur d'indication de l'ampèremètre est $e_i = 40$ A — 41 A = — 1 A.

8.2.3. ERREUR DE ZÉRO

Indication d'un instrument de mesurage pour la valeur zéro de la grandeur mesurée.

8.2.4. ÉCART MOYEN QUADRATIQUE (ÉCART-TYPE) D'UNE SEULE INDICATION DANS UNE SÉRIE D'INDICATIONS D'UN INSTRUMENT DE MESURAGE

Indice caractérisant la dispersion des indications (9.6.1) d'un instrument de mesurage obtenues dans une série de n mesurages de la même valeur d'une grandeur mesurée, et donné par la formule :

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

x_i étant la $i^{ème}$ indication de l'instrument ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) et $\bar{x}$ la moyenne arithmétique des n indications considérées.

Remarques :

1. Selon les conditions dans lesquelles on effectue les mesurages, s peut représenter une mesure des différentes propriétés de l'instrument (fidélité, stabilité...)

2. La valeur calculée d'après cette définition est en fait une estimation de l'écart moyen quadratique apparent car d'une part on calcule s d'après des données expérimentales et d'autre part les différences $(x_i - \bar{x})$ représentent des erreurs absolues apparentes.

3. La notion envisagée se rapporte aussi bien aux appareils mesureurs qu'aux mesures matérialisées graduées.

Il est à remarquer qu'en ce qui concerne les mesures matérialisées qui ne reproduisent qu'une seule valeur (ou plusieurs valeurs séparées) d'une grandeur, il n'est théoriquement pas tout à fait correct de parler de dispersion de leurs « indications » étant donné qu'elles représentent des valeurs constantes.

Cependant, dans ce cas, on peut s'intéresser à la dispersion de la valeur reproduite de la grandeur, dispersion que l'on peut connaître par des comparaisons avec un étalon.

8.2.5. ERREUR DE CALIBRAGE D'UNE MESURE MATÉRIALISÉE

Différence $v_c - v_n$ entre la valeur conventionnellement vraie v_c reproduite par la mesure matérialisée et la valeur nominale v_n de cette mesure.

Exemple :

Une mesure de capacité contient $v_c = 1005 \text{ ml}$ et sa dénomination est « 1 litre », soit $v_n = 1000 \text{ ml}$, l'erreur de calibrage de cette mesure est égale à : $e = 1005 \text{ ml} - 1000 \text{ ml} = +5 \text{ ml}$, la valeur vraie de la mesure étant trop grande par rapport à sa dénomination.

8.2.6. ERREUR DE BASE D'UN INSTRUMENT DE MESURAGE

Erreur d'un instrument de mesurage lorsqu'on l'utilise dans des conditions de référence (9.1.3).

8.2.6.1. ERREUR COMPLÉMENTAIRE D'UN INSTRUMENT DE MESURAGE

Erreur d'un instrument de mesurage provenant du fait que les valeurs des grandeurs d'influence sont différentes de celles qui correspondent aux conditions de référence.

Remarque :

Chacune des grandeurs d'influence (4.1.2), lorsque sa valeur s'écarte de sa valeur de référence (9.1.1) ou de son domaine de référence (9.1.2), provoque sa propre erreur complémentaire.

8.2.6.1.1. VARIATION D'INDICATION D'UN INSTRUMENT DE MESURAGE

Différence entre les valeurs mesurées d'une grandeur, lorsqu'une grandeur d'influence prend successivement deux valeurs spécifiées, sans qu'on change la grandeur mesurée.

8.2.6.2. ERREUR DUE A LA TEMPÉRATURE

Erreur provenant du fait que la température de l'instrument ne conserve pas sa valeur de référence.

8.2.6.2.1. COEFFICIENT DE TEMPÉRATURE D'UN INSTRUMENT DE MESURAGE

Variation relative des indications de l'appareil mesureur ou des valeurs vraies de la mesure matérialisée lorsque sa température varie de 1°C .

Exemple :

Si le coefficient de température d'un manomètre à ressort (dont la température de référence est 20°C) est par exemple $8 \cdot 10^{-4} ^\circ\text{C}^{-1}$ et si l'instrument est utilisé à la température 30°C , son indication est affectée d'une erreur (dans ce cas en plus) de 0,8 %.

8.2.6.3. ERREUR DUE AU FROTTEMENT

Erreur due aux frottements des éléments mobiles de l'instrument de mesurage.

8.2.6.4. ERREUR DUE A L'INERTIE

Erreur due à l'inertie (mécanique, thermique ou autre) des éléments de l'instrument de mesurage.

8.3. ERREURS MAXIMALES TOLÉRÉES LORS DE LA VÉRIFICATION

Valeurs extrêmes de l'erreur tolérée (en plus et en moins) par les règlements sur les diverses vérifications pour un instrument de mesurage.

Remarques :

1. Dans la terminologie relative aux mesurages, il y a lieu, dans le même esprit que celui de la définition ci-dessus, d'éviter l'emploi du terme « tolérance ».
2. L'erreur maximale tolérée peut être exprimée en valeur absolue ou en valeur relative.
3. Pour les différentes sortes d'erreurs maximales tolérées, voir chapitre 9.

8.3.1. ERREURS MAXIMALES TOLÉRÉES EN SERVICE

Valeurs extrêmes de l'erreur tolérée (en plus et en moins) par les règlements pour un instrument de mesurage, lorsque celui-ci est en service.

8.4. ERREUR DE MÉTHODE

Erreur due à l'utilisation d'une méthode de mesurage qui est incorrecte compte tenu de la nature des instruments de mesurage utilisés.

Exemple :

Mesurage d'une force à l'aide d'un dynamomètre à ressort pour lequel on a supposé une relation linéaire entre la déformation et la force, alors qu'en réalité la fonction qui lie ces deux grandeurs n'est pas linéaire.

8.5. ERREUR D'OBSERVATION

Erreur commise par l'observateur pendant le processus de mesurage.

Exemples :

a) Lors d'un mesurage d'une intensité lumineuse ou d'une température de luminance, effectué à l'aide d'un photomètre à contraste ou d'un pyromètre optique à filament disparaissant : erreur due à une égalisation incorrecte de l'éclairement de deux zones.

b) Lors d'un mesurage effectué à l'aide d'un pont électrique à courant alternatif : erreur due à un réglage incorrect du minimum de l'intensité du son dans le récepteur téléphonique.

Dans ces deux exemples, l'erreur de lecture de l'indication des appareils de mesure utilisés ne représente qu'une petite fraction de l'erreur totale d'observation.

8.5.1. ERREUR DE LECTURE

Erreur d'observation résultant de la lecture inexacte de l'indication d'un instrument de mesurage par l'observateur.

8.5.1.1. ERREUR DE PARALLAXE

Erreur de lecture qui se produit lorsque, l'index étant à une certaine distance de la surface de l'échelle, la lecture n'est pas effectuée dans la direction d'observation prévue pour l'instrument utilisé.

8.5.1.2. ERREUR D'INTERPOLATION

Erreur de lecture résultant de l'évaluation inexacte de la position de l'index par rapport à deux repères voisins entre lesquels l'index est situé.

8.6. COURBE D'ERREURS D'UN INSTRUMENT DE MESURAGE

Courbe qui représente l'erreur d'un instrument de mesurage en fonction, soit de la grandeur mesurée, soit de toute autre grandeur qui influe sur cette erreur.

8.6.1. COURBE D'ETALONNAGE D'UN INSTRUMENT DE MESURAGE

Courbe qui exprime la correspondance entre les valeurs de la grandeur mesurée et les valeurs indiquées par l'instrument.

8.6.2. COURBE DE CORRECTION D'UN INSTRUMENT DE MESURAGE

Courbe qui exprime, en fonction d'un certain paramètre, les corrections à apporter aux résultats obtenus avec un instrument de mesurage.

CHAPITRE 9

CONDITIONS D'EMPLOI ET QUALITÉS MÉTROLOGIQUES DES INSTRUMENTS DE MESURAGE

9.1. CONDITIONS USUELLES D'EMPLOI

Conditions qui doivent être respectées pour employer correctement l'instrument de mesurage, compte tenu de sa conception, de sa réalisation et de sa destination.

Remarques :

1. Les conditions usuelles d'emploi peuvent se rapporter entre autres : à l'espèce et à l'état de la matière mesurée, aux valeurs de la grandeur mesurée, aux valeurs des grandeurs d'influence, aux conditions d'observation des indications etc.....

2. Lorsque ces conditions sont indiquées sur l'instrument ou dans un mode d'emploi de celui-ci, elles sont appelées « conditions nominales ».

9.1.1. VALEUR DE RÉFÉRENCE

Valeur d'une grandeur d'influence (4.1.2) pour laquelle sont fixées les erreurs de base (8.2.6) maximales tolérées.

9.1.2. DOMAINE DE RÉFÉRENCE

Étendue des valeurs d'une grandeur d'influence pour laquelle sont fixées les erreurs de base maximales tolérées.

9.1.3. CONDITIONS DE RÉFÉRENCE

Ensemble de valeurs de référence ou de domaines de référence des différentes grandeurs d'influence d'un instrument de mesurage.

9.1.4. DOMAINE NOMINAL D'UTILISATION (POUR UNE GRANDEUR D'INFLUENCE DÉTERMINÉE)

Étendue des valeurs que peut prendre une grandeur d'influence et à l'intérieur de laquelle les erreurs complémentaires (8.2.6.1) correspondantes ne dépassent pas des valeurs maximales tolérées.

9.2. ÉTENDUE DE MESURAGE

Étendue des valeurs de la grandeur à mesurer pour lesquelles les indications d'un instrument de mesurage, obtenues dans les conditions usuelles d'emploi en un seul mesurage, ne doivent pas être entachées d'une erreur supérieure à l'erreur maximale tolérée.

Remarques :

1. Dans certains cas, les valeurs absolues des erreurs maximales tolérées peuvent être respectées dans l'étendue de la portée minimale, mais alors les erreurs relatives risquent de devenir trop importantes pour permettre l'utilisation pratique de l'instrument (cas des environs du zéro).

2. Certains instruments de mesurage peuvent avoir plusieurs étendues de mesurage.

3. L'étendue de mesurage peut être couverte par l'étendue de l'échelle (7.4.2.1) ou bien elle peut n'en constituer qu'une partie seulement.

Aux instruments de la première catégorie appartiennent entre autres : les thermomètres médicaux, les aréomètres, etc...

Comme exemple des instruments de la deuxième catégorie, on peut citer les manomètres à tube Bourdon avec lesquels on ne doit pas mesurer des pressions, d'une part, au-dessous d'une certaine valeur car l'erreur des indications serait alors excessive, d'autre part, au-dessus d'une certaine valeur par suite d'une résistance et d'une durabilité insuffisantes (les conditions usuelles d'emploi et des raisons de sécurité n'autorisent d'ailleurs pas l'utilisation de ces manomètres dans cette dernière zone, quoique les erreurs pulssent éventuellement y rester dans les limites tolérées).

4. Pour les compteurs, au lieu de l'étendue de mesurage de la grandeur mesurée (p. ex. pour les compteurs d'eau : le volume), on applique l'étendue des charges (par ex. pour les compteurs d'eau : le débit).

9.2.1. PORTÉE MAXIMALE

Valeur de la grandeur à mesurer correspondant à la limite maximale de l'étendue de mesurage.

Remarque :

Dans certains cas la portée maximale est déterminée par des conditions de sécurité.

9.2.2. PORTÉE MINIMALE

Valeur de la grandeur à mesurer correspondant à la limite minimale de l'étendue de mesurage.

9.2.3. CHARGE D'UN COMPTEUR

Grandeur dont l'intégration en fonction du temps donne la valeur de la grandeur mesurée par le compteur.

Exemple :

Dans les compteurs de liquides et les compteurs de gaz, la charge est représentée par le débit ; dans les compteurs d'énergie électrique, c'est la puissance électrique.

9.2.4. ÉTENDUE DE LA CHARGE D'UN COMPTEUR

Étendue des valeurs de la charge pour laquelle les indications d'un compteur, obtenues dans les conditions usuelles d'emploi, ne doivent pas être entachées d'une erreur supérieure à l'erreur maximale tolérée.

9.2.5. CHARGE MAXIMALE D'UN COMPTEUR

Valeur de la charge correspondant à la limite maximale de l'étendue de la charge.

9.2.6. CHARGE MINIMALE D'UN COMPTEUR

Valeur de la charge correspondant à la limite minimale de l'étendue de la charge.

9.2.7. SURCHARGE D'UN INSTRUMENT DE MESURAGE

a) pour les instruments de mesurage autres que les compteurs : valeur de la partie de la grandeur mesurée qui excède la portée maximale de l'instrument,

b) pour les compteurs : valeur de la partie de la charge qui excède la charge maximale du compteur.

Remarques :

1. Pour la limite de la valeur tolérée de la surcharge, on utilise la dénomination « surcharge maximale tolérée ».
2. On distingue les surcharges de « faible durée » et de « longue durée ».

9.2.8. CADENCE DE MESURAGE MAXIMALE [MINIMALE]

Nombre de mesurages par unités de temps au-dessus [au-dessous] duquel les résultats de mesurage obtenus avec l'instrument sont susceptibles d'être entachés d'une erreur supérieure à l'erreur maximale tolérée.

Remarque :

Cette notion s'applique aux instruments de mesurage répétiteurs à fonctionnement discontinu (par ex. doseuses volumétriques ou pondérales, peseuses).

9.3. SÛRETÉ DE LECTURE D'UN INSTRUMENT DE MESURAGE

Qualité d'un instrument de mesurage dont le dispositif indicateur est réalisé de telle sorte qu'il permet de connaître l'indication sans ambiguïté.

9.4. SENSIBILITÉ D'UN INSTRUMENT DE MESURAGE

La sensibilité d'un instrument de mesurage, pour une valeur donnée de la grandeur mesurée, s'exprime par le quotient de l'accroissement de la variable observée par l'accroissement correspondant de la grandeur mesurée :

$$k = \frac{dl}{dG}$$

Remarques :

1. Dans les instruments les plus courants, où l'accroissement de la variable observée se traduit par le déplacement relatif d'un index et d'une échelle, la sensibilité s'exprime conventionnellement par le quotient de ce déplacement dl le long de la base de l'échelle par l'accroissement dG de la grandeur mesurée qui l'a provoqué.

Cette valeur peut être constante ou variable le long de l'échelle.

2. En pratique, on peut prendre comme valeur de la sensibilité des instruments de mesurage à échelle le quotient de la longueur de l'échelon par la valeur de celui-ci.

3. Dans le cas où le numérateur et le dénominateur sont des grandeurs de la même espèce, la sensibilité s'appelle « rapport de transmission ».

9.5. JUSTESSE D'UN INSTRUMENT DE MESURAGE

Qualité qui caractérise l'aptitude d'un instrument de mesurage à donner des indications égales à la valeur vraie de la grandeur mesurée, les erreurs de fidélité n'étant pas prises en considération.

Remarque :

D'après cette définition, la justesse caractérise l'aptitude d'un instrument à donner des indications qui ne soient pas entachées d'erreurs systématiques.

9.5.1. ERREUR DE JUSTESSE

Somme algébrique (résultante) des erreurs systématiques entachant l'indication d'un instrument de mesurage dans des conditions déterminées d'emploi.

Remarque :

Pratiquement, on détermine l'erreur de justesse e_j d'une mesure matérialisée comme étant la différence entre sa valeur nominale v_n et la moyenne arithmétique $\overline{v_o}$ des valeurs vraies conventionnelles de la mesure matérialisée trouvées comme résultats d'une série de mesurages consécutifs, effectués dans les conditions usuelles d'emploi :

$$e_j = v_n - \overline{v_o}$$

De la même façon, on détermine l'erreur de justesse d'un instrument mesureur comme étant la différence entre la moyenne arithmétique $\overline{v_i}$ des indications données par l'instrument dans une série de mesurages consécutifs d'une même grandeur, effectués dans les conditions usuelles d'emploi, et la valeur conventionnellement vraie v_e de la grandeur mesurée :

$$e_j = \overline{v_i} - v_e$$

Exemple :

Si un courant électrique est mesuré avec un microampèremètre et si les 10 valeurs suivantes en microampères ont été trouvées :

6,27 ; 6,38 ; 6,62 ; 6,18 ; 6,31 ; 6,43 ; 6,36 ; 6,00 ; 6,35 ; 6,50 ; la moyenne arithmétique de ces valeurs est :

$$\overline{v_i} = \frac{6,27 + 6,38 + 6,62 + \dots + 6,50}{10} = 6,34 \text{ } \mu\text{A (valeur indiquée)}$$

et si en mesurant le même courant par une méthode beaucoup plus précise, on a obtenu :

$$v_e = 6,42 \text{ } \mu\text{A (valeur conventionnellement vraie)}$$

L'erreur de justesse du microampèremètre est égale à :

$$e_j = \overline{v_i} - v_e = 6,34 - 6,42 = -0,08 \text{ } \mu\text{A.}$$

9.5.2. ERREURS MAXIMALES TOLÉRÉES DE JUSTESSE

Valeurs extrêmes de l'erreur de justesse (en plus et en moins) tolérées par les règlements.

Remarque :

L'instrument est appelé « juste » (dans les limites tolérées) lorsque les erreurs maximales tolérées de justesse ne sont pas dépassées.

9.5.3. CORRECTION DE JUSTESSE

Pour une mesure matérialisée : valeur $\overline{v_e} - v_n$ que l'on doit ajouter algébriquement à la dénomination (ou valeur nominale) v_n de la mesure matérialisée pour la faire coïncider avec la valeur conventionnellement vraie $\overline{v_e}$ de cette mesure.

Pour un appareil mesureur : valeur $v_e - \overline{v_i}$ que l'on doit ajouter algébriquement à la valeur moyenne $\overline{v_i}$ des indications de l'instrument (supposées obtenues sans erreur de lecture) pour la faire coïncider avec la valeur conventionnellement vraie v_e de la grandeur mesurée.

Remarque :

1. La correction de justesse d'un instrument de mesurage est égale à l'erreur de justesse changée de signe.

Exemple :

Dans l'exemple relatif au point 9.5.1 la correction de justesse est $+ 0,08 \mu A$.

9.5.4. FACTEUR DE CORRECTION DE JUSTESSE

Facteur par lequel on doit multiplier l'indication de l'instrument de mesurage pour la corriger de l'erreur de justesse.

Remarque :

En général, le facteur de correction a une valeur variable le long de l'étendue de mesure.

Toutefois, dans certains cas, il peut avoir une valeur constante par exemple :

lorsque la correction est nécessitée par un changement de la densité du liquide d'un manomètre à liquide ;
dans le cas des compteurs lorsque la valeur de la charge est constante ou peu variable.

Exemple :

Si l'indication d'un compteur d'énergie électrique, fonctionnant à intensité constante ou peu variable, est 52,3 kWh et si le facteur de correction est 1,01 : la valeur conventionnellement vraie de l'énergie débitée dans le circuit mesuré est $52,3 \cdot 1,01 = 52,8$ kWh.

9.6. FIDÉLITÉ D'UN INSTRUMENT DE MESURAGE

Qualité qui caractérise l'aptitude d'un instrument de mesurage à donner, pour une même valeur de la grandeur mesurée, des indications concordant entre elles, les erreurs systématiques des valeurs variables n'étant pas prises en considération.

Remarque :

D'après cette définition, la fidélité caractérise l'aptitude d'un instrument à donner des indications qui ne sont pas entachées d'erreurs fortuites.

9.6.1. DISPERSION DES INDICATIONS

Phénomène présenté par un instrument de mesure qui donne, dans une série de mesures d'une même valeur de la grandeur mesurée, des indications différentes.

Remarques :

1. La « dispersion des indications » peut être exprimée quantitativement par l'écart moyen quadratique (8.2.4) ou par l'étendue de dispersion des indications .

2. A ce terme se rapporte aussi la remarque 3 relative au terme 8.2.4.

3. Il est nécessaire d'indiquer les conditions dans lesquelles on effectue la série de mesures en question : si ces mesures doivent se succéder directement l'un après l'autre ; si, entre chacun d'eux, il doit y avoir un certain intervalle de temps ; s'ils doivent être exécutés par le même observateur ou par des observateurs différents etc...

9.6.2. ÉTENDUE DE DISPERSION DES INDICATIONS

Mesure de la dispersion des indications d'un instrument de mesure exprimée par la différence entre la plus grande $v_{i \max}$ et la plus petite $v_{i \min}$ des indications qui, dans une série de mesures, correspondent à une même valeur de la grandeur mesurée :

$$W = v_{i \max} - v_{i \min}$$

9.6.3. ERREUR DE FIDÉLITÉ

Un des indices de dispersion des indications d'un instrument de mesure : erreur moyenne quadratique, erreur probable, erreur moyenne, etc...

On adopte souvent l'écart moyen quadratique (8.2.4), qui est appelé alors « erreur moyenne quadratique de fidélité », pour une série d'indications consécutives dans des conditions déterminées d'emploi de l'instrument.

Exemple :

Dans l'exemple du point 9.5.1, les différences entre les résultats v_i obtenus et leurs valeurs moyennes $\bar{v}_i$ sont :
— 0,07 ; + 0,04 ; + 0,28 ; — 0,16 ; — 0,03 ; + 0,09 ; + 0,02 ; — 0,034 ; + 0,01 ; + 0,16 μA
l'erreur moyenne quadratique de fidélité d'un des résultats du mesure est :

$$s = \sqrt{\frac{0,07^2 + 0,04^2 + \dots + 0,16^2}{10 - 1}} = 0,17 \mu A$$

9.6.4. ERREURS LIMITES DE FIDÉLITÉ

Erreurs limites d'un seul mesurage (8.1.8.1) d'une valeur donnée de la grandeur à mesurer effectué dans les conditions déterminées d'emploi de l'instrument, les erreurs de justesse n'étant pas prises en considération.

Remarques :

1. On calcule en général les erreurs limites de fidélité comme le produit de l'erreur moyenne quadratique de fidélité par un nombre t (entier ou fractionnaire), on a alors : $e_1 = +ts$ et $e_2 = -ts$ où s est calculé selon 8.1.7.1 et le nombre t est fixé en fonction de la probabilité P de ne pas dépasser les valeurs e_1 et e_2 .

Dans le cas de la distribution normale des erreurs, et pour un suffisamment grand nombre de mesurages, on pose en général $t = 3$, ce qui correspond à la probabilité $P = 99,73\%$ de ne pas dépasser des erreurs limites de fidélité $e_1 = 3s$ et $e_2 = -3s$;

Pour $P = 95\%$, on a $t = 1,96$ et pour $P = 99\%$, on a $t = 2,58$...

Dans l'exemple du point 9.6.3, les erreurs limites de fidélité qui ne seront pas dépassées avec une probabilité de 99,73 % sont $e_1 = +0,17 \times 3\mu A = +0,51\mu A$ et $e_2 = -0,17 \times 3\mu A = -0,51\mu A$, c'est-à-dire que l'étendue limite d'infidélité est égale à $1,02\mu A$.

2. Pour les besoins de la métrologie légale, on définit les erreurs limites de fidélité d'un instrument de mesurage, pour une valeur donnée de la grandeur à mesurer, comme étant les différences algébriques entre les valeurs limites supérieure $v_{i\max}$ et inférieure $v_{i\min}$ des indications que peut donner l'instrument sans tenir compte des erreurs de lecture, et la valeur moyenne v_i des indications.

L'étendue limite d'infidélité est égale dans ce cas à $v_{i\max} - v_{i\min}$.

Pour simplifier les calculs, on prend généralement :

$\bar{v}_i = 1/2 (v_{i\max} + v_{i\min})$ et les erreurs limites de fidélité sont alors égales à $\pm 1/2 (v_{i\max} - v_{i\min})$.

9.6.5. ERREURS MAXIMALES TOLÉRÉES DE FIDÉLITÉ

Valeurs extrêmes de l'erreur de fidélité (en plus et en moins) tolérées par les règlements.

Remarque :

L'instrument est dit « fidèle » (dans les limites tolérées) quand les erreurs maximales tolérées de fidélité ne sont pas dépassées.

9.7. RÉVERSIBILITÉ D'UN INSTRUMENT DE MESURAGE

Qualité qui caractérise l'aptitude d'un instrument de mesurage à donner la même indication lorsqu'on atteint une même valeur de la grandeur mesurée, que cette valeur ait été atteinte par variation croissante continue ou décroissante continue de la grandeur.

9.7.1. ERREUR DE RÉVERSIBILITÉ

Différence des indications d'un instrument de mesurage lorsqu'on atteint la même valeur de la grandeur mesurée soit en croissant, soit en décroissant.

Remarque :

Dans certains cas, on détermine l'erreur de réversibilité par la différence des valeurs de la grandeur mesurée correspondant chacune à une même indication obtenue soit en croissant, soit en décroissant.

9.7.2. ERREUR LIMITE DE RÉVERSIBILITÉ

La plus grande différence des indications d'un instrument de mesurage qui peut être obtenue dans une série de mesurages lorsqu'on atteint la même valeur de la grandeur mesurée soit en croissant, soit en décroissant.

9.7.3. ERREUR MAXIMALE TOLÉRÉE DE RÉVERSIBILITÉ

Valeur maximale de l'erreur de réversibilité admise par les règlements.

Remarque :

L'instrument de mesurage est dit « réversible » (dans les limites tolérées) lorsque l'erreur maximale tolérée de réversibilité n'est pas dépassée.

9.8. MOBILITÉ D'UN INSTRUMENT DE MESURAGE

Qualité qui caractérise l'aptitude d'un instrument de mesurage à réagir aux petites variations de la grandeur mesurée.

9.8.1. ERREUR DE MOBILITÉ

Variation de la grandeur mesurée qui ne provoque pas de variation décelable de l'indication (pour un opérateur moyen et dans des conditions déterminées d'emploi de l'instrument).

Exemple :

Si l'aiguille d'un instrument de pesage ne se déplace pas, après que l'on ait placé légèrement une masse de 50 mg sur le plateau, l'erreur de mobilité est de 50 mg.

9.8.2. ERREUR LIMITE DE MOBILITÉ

La plus grande des erreurs de mobilité possibles dans des conditions de mesurage déterminées.

9.8.3. SEUIL DE MOBILITÉ

La plus petite variation de la grandeur mesurée qui provoque une variation perceptible de l'indication de l'instrument de mesurage (pour un opérateur moyen et dans les conditions déterminées d'emploi de l'instrument).

Exemple :

Si une charge de 80 mg ne provoque pas le déplacement de l'aiguille d'une balance, et si l'on constate qu'une charge de 90 mg provoque un déplacement, le seuil de mobilité est 90 mg.

9.8.4. SEUIL DE DÉMARRAGE D'UN COMPTEUR

La plus petite charge qui met en mouvement le dispositif indicateur d'un compteur.

Remarque :

Le seuil de démarrage est une qualité analogue au seuil de mobilité, mais se rapporte à la charge du compteur et non à la grandeur mesurée.

9.9. TEMPS DE RÉPONSE D'UN INSTRUMENT DE MESURAGE

Temps qui s'écoule après une variation brusque de la grandeur à mesurer jusqu'à ce que l'instrument de mesure donne une indication qui ne diffère pas de l'indication définitive relative à la nouvelle valeur de la grandeur d'une quantité supérieure à une valeur donnée.

Remarques :

Pour déterminer le temps de réponse, il faut fixer pour chaque catégorie d'instruments :

- a) la valeur initiale à partir de laquelle doit être effectué le changement de la grandeur mesurée,
- b) la valeur de ce changement,
- c) la différence entre l'indication définitive et l'indication à la fin de la période acceptée comme temps de réponse.

9.10. PRÉCISION D'UN INSTRUMENT DE MESURAGE

Qualité qui caractérise l'aptitude d'un instrument de mesure à donner des indications proches de la valeur vraie de la grandeur mesurée.

Remarque :

La précision est la qualité globale de l'instrument du point de vue des erreurs.

La précision est d'autant plus grande que les indications sont plus proches de la valeur vraie.

9.10.1. ERREUR DE PRÉCISION

Erreur globale d'un instrument de mesure, dans les conditions déterminées d'emploi, et comprenant l'erreur de justesse ainsi que l'erreur de fidélité.

Remarque :

L'erreur de précision est la différence entre la valeur nominale d'une mesure matérialisée ou l'indication d'un appareil mesureur et la valeur conventionnellement vraie de la grandeur mesurée.

9.10.2. ERREURS LIMITES DE PRÉCISION

Les erreurs limites de précision sont un ensemble de deux valeurs obtenues : l'une, en ajoutant à l'erreur de justesse la valeur absolue de l'erreur limite de fidélité, l'autre, en retranchant de l'erreur de justesse la valeur absolue de l'erreur limite de fidélité.

Exemple :

Dans l'exemple relatif aux points 9.5.1 et 9.6.4, les erreurs limites de précision ayant une probabilité 99,73 % de ne pas être dépassées sont égales à $(-0,08 \pm 0,51) \mu\text{A}$ c'est-à-dire $-0,59 \mu\text{A}$ et $+0,43 \mu\text{A}$.

Remarque :

Pour les besoins de la métrologie légale, on définit les erreurs limites de précision d'un instrument de mesure, pour une valeur donnée de la grandeur à mesurer, comme étant les différences algébriques entre les valeurs limites, supérieure $v_{i\max}$ ou inférieure $v_{i\min}$, des indications que donne l'instrument dans les conditions usuelles d'emploi, toutes erreurs comprises, et la valeur conventionnellement vraie v_c de la grandeur mesurée.

Pratiquement, ces valeurs limites sont déterminées comme il a été indiqué en 9.6.4.

9.10.3. ERREURS MAXIMALES TOLÉRÉES DE PRÉCISION

Valeurs extrêmes de l'erreur de précision (en plus et en moins) tolérées par les règlements.

Remarques :

1. L'instrument est dit « précis » (dans les limites tolérées) lorsque les erreurs maximales tolérées de précision ne sont pas dépassées.
2. L'expression « erreur maximale tolérée » sans définition plus détaillée, désigne l'erreur maximale tolérée de précision.

9.10.4. CLASSE DE PRÉCISION

Caractéristique des instruments de mesurage qui sont soumis aux mêmes conditions de précision.

Remarque :

Le plus souvent le signe indicatif de la classe de précision indique l'erreur maximale tolérée de précision, exprimée en pour cent de la plus grande indication que peut donner l'instrument (par ex. l'expression « ampèremètre de la classe 0,2 » signifie que l'erreur limite de précision de l'instrument considéré ne dépasse pas 0,2 % de son indication la plus grande),
ou bien il constitue simplement un numéro d'ordre de classe, ce qui ne donne pas directement une indication de la précision (par ex. cales-étalons de la classe de précision 0).

L'expression « de précision » est souvent omise et on dit : ampèremètre de classe 0,2 — cales-étalons de classe 0.

9.11. CONSTANCE D'UN INSTRUMENT DE MESURAGE

Qualité qui caractérise l'aptitude d'un instrument de mesurage à conserver des qualités métrologiques constantes en fonction du temps.

LISTE ALPHABÉTIQUE DES TERMES

	Article
A	
1. Admission à la vérification	2.2.3
2. Agents de vérification	1.2
3. Ajuster.	2.8.1
4. Appareil mesureur à lecture directe.	6.1.2
5. Appareil mesureur	6.1.2
6. Appareil mesureur conditionneur	6.1.2.8
7. Appareil mesureur de comparaison.	6.1.2
8. Appareil mesureur différentiel.	6.1.2
9. Appareil mesureur enregistreur.	6.1.2.7
10. Appareil mesureur indicateur	6.1.2.1
11. Appareil mesureur Intégrateur	6.1.2.2
12. Appareil mesureur prédéterminateur.	6.1.2.5
13. Appareil mesureur totalisateur	6.1.2.4
14. Approbation d'un modèle.	2.2.1
15. Approbation d'un modèle à titre provisoire	2.2.2
16. Autorités de surveillance métrologique	1.3
B	
17. Base d'une échelle à traits.	7.4.4.1
18. Bureau de vérification ambulant	1.1.6
19. Bureau International de Métrologie Légale	1. préambule
20. Bureau International des Poids et Mesures.	1. préambule
21. Bureau local de vérification.	1.1.5
22. Bureau national de métrologie légale	1.1.1
23. Bureau national de vérification	1.1.3
24. Bureau régional de vérification	1.1.4

C

Article

25. Cadence de mesurage maximale	9.2.8
26. Cadence de mesurage minimale	9.2.8
27. Cadran	7.5
28. Calibrer	2.8.2
29. Capteur	7.3.1
30. Catégorie d'instruments de mesurage	7.1.
31. Centre de vérification,	1.1.7
32. Certificat d'étalonnage	3.3.2
33. Certificat de vérification	3.3.1
34. Certificat d'expertise	3.3.2
35. Chaîne de mesurage	7.3
36. Charge d'un compteur	9.2.3
37. Charge maximale d'un compteur	9.2.5
38. Charge minimale d'un compteur	9.2.6
39. Chiffre d'une échelle	7.4.1
40. Classe de précision	9.10.4
41. Coefficient de température d'un instrument de mesurage	8.2.6.2.1
42. Comité International de Métrologie Légale	1. préambule
43. Comité International des Poids et Mesures	1. préambule
44. Compteur	6.1.2.3
45. Conditions de référence	9.1.3
46. Conditions usuelles d'emploi	9.1
47. Conférence Générale des Poids et Mesures	1. préambule
48. Conférence Internationale de Métrologie Légale	1. préambule
49. Constance d'un instrument de mesurage	9.11
50. Constante d'un instrument de mesurage	5.3.1
51. Contrôle des instruments de mesurage	2.1
52. Correction	8.1.1.1
53. Correction de justesse	9.5.3
54. Courbe d'étalonnage d'un instrument de mesurage	8.6.1
55. Courbe de correction d'un instrument de mesurage	8.6.2
56. Courbe d'erreurs d'un instrument de mesurage	8.6
57. Cycle de fonctionnement d'un appareil mesureur	7.8

D

58. Dimension d'une grandeur	4.3.3
59. Dispersion des indications	9.6.1
60. Dispositif auxiliaire de mesurage	6.2
61. Dispositif indicateur	7.3.3
62. Domaine de référence	9.1.2
63. Domaine nominal d'utilisation (pour une grandeur d'influence déterminée)	9.1.4

E

64. Écart moyen quadratique (écart type) de la moyenne arithmétique d'une série de mesurages	8.1.7.2
65. Écart moyen quadratique (écart-type) d'une seule indication dans une série d'indications d'un instrument de mesurage	8.2.4
66. Écart moyen quadratique (écart type) d'un seul mesurage dans une série de mesurages	8.1.7.1
67. Échelle	7.4
68. Échelle à traits	7.4.4
69. Échelle à valeur d'échelon constante	7.4.4.2.2
70. Échelle (de repérage) d'une grandeur	4.5
71. Échelle équidistante	7.4.4.2.1
72. Échelle linéaire	7.4.4.2.3
73. Échelle logarithmique	7.4.4.2.5
74. Échelle non-linéaire	7.4.4.2.5
75. Échelle numérique	7.4.5
76. Échelle quadratique	7.4.4.2.5
77. Échelle régulière	7.4.4.2.4
78. Échelle semi-numérique	7.4.5.1
79. Echelon	7.4.3
80. Élément récepteur du capteur	7.3.1.1
81. Élément transducteur d'un appareil mesurcur	7.3.2
82. Équation d'une échelle à traits	7.4.4.2
83. Équation entre grandeurs	4.4
84. Équation entre unités de mesure	4.4.2
85. Équation entre valeurs numériques	4.4.1
86. Équipement de mesurage	6.3.1
87. Erreur absolue	8.1.5
88. Erreur absolue apparente	8.1.5.3
89. Erreur absolue véritable	8.1.5.1
90. Erreur complémentaire d'un instrument de mesurage	8.2.6.1
91. Erreur de base d'un instrument de mesurage	8.2.6
92. Erreur de calibrage d'une mesure matérialisée	8.2.5
93. Erreur de fidélité	9.6.3
94. Erreur de justesse	9.5.1
95. Erreur de lecture	8.5.1
96. Erreur de mesurage	8.1
97. Erreur de méthode	8.4
98. Erreur de mobilité	9.8.1
99. Erreur de parallaxe	8.5.1.1
100. Erreur de précision	9.10.1
101. Erreur de réversibilité	9.7.1
102. Erreur de zéro	8.2.3

	Article
E	
103. Erreur (d'indication) d'une mesure matérialisée	8.2.1
104. Erreur (d'indication) d'un appareil mesureur	8.2.2
105. Erreur d'interpolation	8.5.1.2
106. Erreur d'observation	8.5
107. Erreur due à la température	8.2.6.2
108. Erreur due à l'inertie	8.2.6.4
109. Erreur due au frottement	8.2.6.3
110. Erreur fortuite	8.1.2
111. Erreur instrumentale	8.2
112. Erreurs limites de fidélité	9.6.4
113. Erreurs limites de la moyenne arithmétique d'une série de mesurages	8.1.8.2
114. Erreur limite de mobilité	9.8.2
115. Erreurs limites de précision	9.10.2
116. Erreur limite de réversibilité	9.7.2
117. Erreurs limites d'un seul mesurage d'une série	8.1.8.1
118. Erreurs maximales tolérées de fidélité	9.6.5
119. Erreurs maximales tolérées de justesse	9.5.2
120. Erreurs maximales tolérées de précision	9.10.3
121. Erreur maximale tolérée de réversibilité	9.7.3
122. Erreurs maximales tolérées en service	8.3.1
123. Erreurs maximales tolérées lors de la vérification	8.3
124. Erreur moyenne quadratique de fidélité	9.6.3
125. Erreur parasite	8.1.3
126. Erreur partielle	8.1.4.1
127. Erreur relative	8.1.6
128. Erreur systématique	8.1.1
129. Essai d'un modèle	2.2
130. Étalon	6.4
131. Étalon collectif	6.4.3
132. Étalon de référence	6.4.7
133. Étalon de travail	6.4.8
134. Étalon individuel	6.4.2
135. Étalon international	6.4.9
136. Étalon national	6.4.10
137. Étalon primaire	6.4.4
138. Étalon secondaire	6.4.6
139. Étalon-témoin	6.4.5
140. Étalonnage	2.5
141. Étendue de dispersion des indications	9.6.2
142. Étendue de la charge d'un compteur	9.2.4

	Article
E	
143. Étendue de l'échelle	7.4.2.1
144. Étendue de mesurage	9.2
145. Examen administratif externe	2.3.3
146. Examen de conformité avec le modèle approuvé.	2.3.1
147. Examen de surveillance	2.3.5
148. Examen d'un instrument de mesurage	2.3
149. Examen métrologique	2.3.4
150. Examen préalable	2.3.2
151. Exemplaire témoin d'un modèle approuvé.	7.1.2.3
152. Expertise métrologique.	2.5.1
F	
153. Facteur de correction de justesse	9.5.4
154. Fidélité d'un instrument de mesurage.	9.6
G	
155. Graduer.	2.8.3
156. Grandeur à mesurer	4.1.1
157. Grandeur de base.	4.3.1
158. Grandeur dérivée.	4.3.2
159. Grandeur d'influence.	4.1.2
160. Grandeur (mesurable)	4.1
161. Grandeur sans dimension	4.3.4
I	
162. Imprécision de mesurage	8.1.9
163. Incertitude de la moyenne arithmétique d'une série	8.1.8.4
164. Incertitude de mesurage	8.1.8
165. Incertitude d'un seul mesurage d'une série.	8.1.8.3
166. Index.	7.3.3.1
167. Indication d'un instrument de mesurage	5.3
168. Inscription d'identification d'un instrument de mesurage	3.4
169. Installation de mesurage	6.3
170. Institut national de métrologie légale	1.1.2
171. Instruction relative à la vérification de certains instruments de mesurage	3.1.4
172. Instruments de mesurage.	6.1

	Article
I	
173. Instrument de mesurage admissible à la vérification	6.1.4
174. Instrument de mesurage auxiliaire.	6.1.6
175. Instrument de mesurage légal	6.1.5
176. Instrument de mesurage usuel	6.1.3
J	
177. Justesse d'un instrument de mesurage.	9.5
L	
178. Limbe	7.5
179. Loi de composition des erreurs	8.1.4
180. Loi relative à la métrologie légale.	3.1
181. Longueur de l'échelon	7.4.3.1
M	
182. Marque annuelle	3.2.4
183. Marque d'approbation de modèle.	3.2.7
184. Marque de refus.	3.2.5
185. Marque de vérification	3.2.1
186. Marque du bureau.	3.2.3
187. Marques d'un instrument de mesurage	3.2
188. Marque principale de vérification	3.2.2
189. Marques de protection	3.2.6
190. Mesurage.	5.1
191. Mesure matérialisée.	6.1.1
192. Mesure matérialisée autosuffisante	6.1.1
193. Mesure matérialisée non-autosuffisante	6.1.1
194. Méthode de mesurage.	5.2
195. Méthode de mesurage combinatoire en séries fermées.	5.2.3
196. Méthode de mesurage différentiel.	5.2.5.2
197. Méthode de mesurage direct	5.2.1
198. Méthode de mesurage fondamental	5.2.4
199. Méthode de mesurage indirect	5.2.2
200. Méthode de mesurage par coïncidence	5.2.5.2.2
201. Méthode de mesurage par comparaison	5.2.5
202. Méthode de mesurage par comparaison directe	5.2.5.1

	Article
M	
203. Méthode de mesurage par déviation	5.2.5.3
204. Méthode de mesurage par substitution	5.2.5.1.1
205. Méthode de mesurage par transposition	5.2.5.1.2
206. Méthode de mesurage par zéro	5.2.5.2.1
207. Méthode étalon	6.4.1
208. Métrologie	0.1
209. Métrologie appliquée	0.3
210. Métrologie générale	0.2
211. Métrologie légale	0.6
212. Métrologie technique	0.3.1
213. Métrologie théorique	0.4
214. Mobilité d'un instrument de mesurage	9.8
215. Modèle approuvé	7.1.2.2
216. Modèle d'un instrument de mesurage	7.1.2.1
217. Modèle provisoire d'un instrument de mesurage	7.1.2
218. Moyenne pondérée	5.4.4
O	
219. Oblitération de la marque de vérification	2.7.1
220. Observation (de l'indication)	5.3.2
221. Organisation Internationale de Métrologie Légale	1. préambule
222. Organisation Internationale des Poids et Mesures	1. préambule
P	
223. Perte de validité de la vérification	2.4.11
224. Poids d'un mesurage	5.4.3
225. Poinçon	9.3
226. Poinçonnage	2.7
227. Portée maximale	9.2.1
228. Portée minimale	9.2.2
229. Précision d'un instrument de mesurage	9.10
230. Prescriptions relatives à l'approbation des modèles d'instrument de mesurage	3.1.2
231. Prescriptions relatives à la vérification d'instruments de mesurage assujettis à l'approbation de modèle	3.1.1
232. Prescriptions relatives à la vérification d'instruments de mesurage dispensés d'approbation de modèle	3.1.1
233. Présentation à l'étalonnage	2.4.9
234. Présentation à la vérification	2.4.9
235. Principe de mesurage	5.1.1
236. Processus de mesurage	5.1.2
237. Prototype international	6.4.11
238. Prototype national	6.4.11

	Article
R	
239. Refus d'un instrument de mesurage	2.4.10
240. Repère	7.3.3.2
241. Répétabilité des mesurages	5.6
242. Reproductibilité des mesurages	5.5.1
243. Résultat brut d'un mesurage	5.4.1
244. Résultat corrigé d'un mesurage	5.4.2
245. Résultat d'un mesurage	5.4
246. Réversibilité d'un instrument de mesurage	9.7

S	
247. Schéma de principe	7.2.1
248. Schéma de structure	7.2
249. Schéma d'une hiérarchie des instruments de mesurage	8.5
250. Sensibilité d'un instrument de mesurage	9.4
251. Service national de métrologie légale	1.1
252. Seuil de démarrage d'un compteur	9.8.4
253. Seuil de mobilité	9.8.3
254. Spécification des instruments de mesurage assujettis à la vérification	3.1.3
255. Support d'enregistrement	7.6
256. Surcharge d'un instrument de mesurage	9.2.7
257. Sécurité de lecture d'un instrument de mesurage	9.3
258. Surveillance métrologique	2.6
259. Symbole de l'unité de mesure	4.6.1
260. Système cohérent d'unités de mesure	4.7.1
261. Système de grandeurs	4.3
262. Système d'un instrument de mesurage	7.1.1
263. Système d'unités de mesure	4.7
264. Système International d'Unités (SI)	4.7.3
265. Système métrique décimal	4.7.2

T	
266. Tambour gradué	7.5
267. Technique des mesurages	0.5
268. Temps de réponse d'un instrument de mesurage	9.9
269. Totalisateur	7.7
270. Transducteur de mesurage	6.1.7

	Article
U	
271. Unité de mesure.....	4.6
272. Unité de mesure cohérente.....	4.6.5
273. Unité de mesure de base.....	4.6.3
274. Unité de mesure dérivée.....	4.6.4
275. Unité de mesure hors-système.....	4.6.6
276. Unité de mesure légale.....	4.6.2
277. Unité de mesure multiple.....	4.6.7
278. Unité de mesure sous-multiple.....	4.6.7

V	
279. Valeur absolue de l'erreur.....	8.1.5.2
280. Valeur conventionnellement vraie d'une grandeur.....	4.2.1.1
281. Valeur conventionnellement vraie d'une mesure matérialisée.....	5.3.5
282. Valeur de l'échelon.....	7.4.3.2
283. Valeur de référence.....	9.1.1
284. Valeur d'une grandeur déterminée.....	4.2
285. Valeur maximale de l'échelle.....	7.4.2.1.2
286. Valeur minimale de l'échelle.....	7.4.2.1.1
287. Valeur nominale partielle d'une mesure matérialisée.....	5.3.4
288. Valeur nominale totale d'une mesure matérialisée.....	5.3.3
289. Valeur numérique d'une grandeur.....	4.2.2
290. Valeur vraie d'une grandeur.....	4.2.1
291. Variation d'indication d'un instrument de mesurage.....	8.2.6.1.1
292. Vérification.....	2.4
293. Vérification complète.....	2.4.4
294. Vérification exceptionnelle.....	2.4.7
295. Vérification obligatoire.....	2.4.8
296. Vérification par échantillonnage.....	2.4.1
297. Vérification périodique.....	2.4.6
298. Vérification primitive.....	2.4.2
299. Vérification simplifiée.....	2.4.5
300. Vérification ultérieure.....	2.4.3

Z	
301. Zone de l'échelle.....	7.4.2
302. Zone d'incertitude de mesurage.....	8.1.8.5